



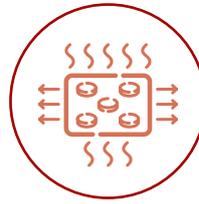
6

Трубы для
ливневой
канализации



38

ВХР паровых
котлов низкого
давления



50

Моделирование
вентиляции
спа-центра



64

Экспресс-оценка
энергетической
эффективности

НАСТЕННЫЕ КОТЛЫ



5 ЛЕТ ГАРАНТИИ*

* при покупке в официальной точке продаж
«Лемакс» или на сайте lemar-kotel.ru

ЗАЙДИ. ВЫБЕРИ. КУПИ!
LEMAR-KOTEL.RU

НОВОЕ НАЗВАНИЕ ВЫСТАВКИ
AQUATHERM MOSCOW

 **aquaflame**
by Aquatherm Moscow

29-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА БЫТОВОГО
И ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ, ВОДОСНАБЖЕНИЯ,
ИНЖЕНЕРНО-САНТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ,
БАССЕЙНОВ, САУН И СПА

4-7.02.2025

МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО, ПАВИЛЬОНЫ 2 И 3

**ЗАБРОНИРУЙТЕ
СТЕНД**

aquaflame-expo.ru



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ
СЕКТОР

**pool
& spa** 

ОДНОВРЕМЕННО С ВЫСТАВКОЙ
ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИИ
И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER

 **AIRVent**

ModelStudioCS

Комплексное решение для всех этапов жизненного цикла объектов капитального строительства

- ТИМ-моделирование
- Единая среда
- Цифровой двойник
- Автоматизированные рабочие места (АРМ)
- Входит в реестр российских программ и баз данных



АО «СиСофт Девелопмент»

+6

Реклама



www.mscad.ru



Разработки в области применения гофротруб для ливневой канализации

С каждым годом гофрированные трубы для систем водоотведения, дренажа и канализации появляются в новых уголках нашей страны. Это позволяет сделать вывод о том, что данный вид труб действительно актуален и применим при монтаже, а также реновации систем водоотведения и канализации.

6



Физическая модель процесса обратного осмоса

В процессе обратноосмотического обессоливания воды она проходит через полупроницаемые гидрофильные полимерные мембраны. Ионы, растворённые в воде, не проходят через мембраны или проходят в ограниченном количестве. В итоге получается обессоленная вода и вода, насыщенная ионами. Каким образом может происходить этот процесс?

14



Контроль водно-химического режима паровых котлов низкого давления

Возможно ли контролировать весь водно-химический режим (ВХР) паровой котельной при помощи измерений только значений pH и электропроводности котловой воды? Теоретически, да. На практике успешность контроля будет определяться точностью измерения pH и электропроводности котловой воды...

38



О соответствии российских УЦК нормативам Eurovent

В России нет недостатка в производителях установок центрального кондиционирования (УЦК). Нынешняя ситуация вынуждает проектировщиков и заказчиков искать «европейское качество» среди отечественных производителей. Многие производители заявляют выполнение нормативов Eurovent, но что это такое на самом деле и как это проверить?

46



«УралТЭП»: объединяя богатый опыт и новаторство

Дальнейшее развитие энергетической отрасли России и вывод её на высочайший технологический уровень — вызов для всех участников процесса, в который активно включились проектировщики екатеринбургской компании «УралТЭП». Здесь уже не первый год внедряются интеллектуальные средства проектирования объектов. Об этом — в статье.

58



Алгоритм экспресс-оценки энергоэффективности зданий

В статье показан алгоритм экспресс-оценки энергоэффективности зданий, демонстрирующий несостоятельность исключения бытовых теплопотуплений при расчёте систем отопления зданий, рекомендованное Изменениями №3 к СП 60.13330.2020, утверждёнными приказом Минстроя России №365/пр, так как это снижает энергоэффективность МКД...

64

Учредитель и издатель

ООО Издательский дом «МЕДИА ТЕХНОЛОДЖИ»
(адрес: 143007, МО, г.о. Одинцовский, г. Одинцово,
ул. Молодёжная, д. 48, помещ. 16, офис 10)

Главный редактор

Александр Николаевич Гудко

Технические редакторы

Сергей Брух, Александр Говорин

Руководитель отдела рекламы

Татьяна Пучкова

Ответственный секретарь

Ольга Юферева

Дизайн и верстка

Роман Головкин

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 ВПО «ННГАСУ»

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

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

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 «ЮрГАУ»

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

Секция «Энергетические системы и комплексы»

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. Тягунов, 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

И. А. Султангузин, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

А. В. Федюхин, к.т.н., доцент, ИЭВТ ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

В. А. Карасевич, к.т.н., доцент, РГУ нефти и газа (НИУ)

* Руководитель секции.

Адрес редакции: 143007, МО, г.о. Одинцовский,
г. Одинцово, ул. Молодёжная, д. 48, помещ. 16, офис 10
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

Отпечатано в типографии

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

Тираж 15 000 экз. Цена свободная.

Выпуск № 274 (10/2024). Дата выхода: 22.11.2024.

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

ISSN 1682-3524

Новости

4

Сантехника и водоснабжение

[Новейшие разработки в области применения гофрированных труб для ливневой канализации](#)

6

[Влияние тяжёлых металлов в стоках на процесс биологической очистки в аэротенках очистных сооружений](#)

8

[Физическая модель процесса обратного осмоса водных растворов](#)

14

Отопление и ГВС

[30 лет инноваций и качества в производстве теплообменников](#)

16

[Конденсационный или конвекционный котёл: разбираемся в двух «Н»](#)

18

[Giacomini: напрямую в Россию с заводов в Италии](#)

20

[Тренды на рынке котельного оборудования и обновление продуктовой линейки компании «Гермес»](#)

22

ПРОЕКТЫ ГОДА. Высокие технологии для высотного строительства: пилотный проект поквартирного отопления с газовыми котлами BAXI ECO Star

24

[Инверторные водонагреватели Royal Thermo: созданы для абсолютного комфорта](#)

26

[Настенные котлы «Лемакс» серии Prime-V: современные котлы с безупречной репутацией](#)

28

[Fondital: котлы и радиаторы российского производства для домашнего комфорта](#)

30

[Выбор электроводонагревателя для загородного дома, особенности монтажа и подключения](#)

32

[Универсальный проточный водонагреватель: всегда с горячей водой](#)

36

[Контроль водно-химического режима паровых котлов низкого давления с использованием значения pH котловой воды](#)

38

[Моделирование тепловлажностного состояния для углов зданий в нестационарном режиме в городе Луганске](#)

42

Кондиционирование и вентиляция

[Импортозамещение установок центрального кондиционирования. Соответствие российских УЦК нормативам Eurovent](#)

46

[Численное моделирование вентиляции спа-центра](#)

50

[Обзор результатов исследований влияния качества воздуха на обучение и посещаемость](#)

54

ВИМ-проектирование

[«УралТЭП»: объединяя богатый опыт и новаторство](#)

58

Энергосбережение и ВИЭ

[Алгоритм экспресс-оценки энергетической эффективности зданий](#)

64

[Экономическая эффективность электростанций на возобновляемых источниках энергии на примере показателя LCOE](#)

72

[Новый бизнес «чистой» энергетики стоимостью в триллион долларов](#)

76

References

79

Одной строкой

:: Компания АДЛ сообщила, что строительство четвёртого завода АДЛ почти завершено. Производственный корпус уже комплектуется станочным оборудованием и совсем скоро начнёт полноценную работу. Площадь нового корпуса составляет 9600 м², а общая площадь всего производственного комплекса с учётом нового корпуса — более 30 тыс. м². Запуск нового завода запланирован на четвёртый квартал этого года.



:: Президент РФ Владимир Путин в режиме работы по видеосвязи открыл новый завод ТПХ «Русклимат» и поддержал предложение Михаила Тимошенко о включении города Киржач в национальный проект «Инфраструктура для жизни». В ответ на предложения Михаила Тимошенко президент отметил, что «Владимирская область относится к ключевой части России, глубинной России, в самом хорошем смысле этого слова, поэтому внимание со стороны правительства должно быть соответствующим. Обязательно поговорю и дам поручение правительству по поводу включения в эти программы, о которых Вы сказали, и Киржача», сообщает портал Kremlin.ru.

:: Комиссия Московской объединённой энергетической компании (МОЭК) тестировала насосы Vandjord и Shinhoo более трёх месяцев. Оборудование прошло испытания и было одобрено для использования на объектах компании. В ходе опытной эксплуатации в реальных условиях насосы Vandjord CRV, Vandjord TPV и Shinhoo Basic работали без сбоев, выполняя все функции по перекачиванию рабочей среды.

:: Учёные НИУ «МЭИ» совместно с разработчиком ПО ООО «ЭсМат» создали уникальный сертифицированный отечественный программный комплекс SMath Studio для теплотехнических расчётов. Комплекс работает с теплофизическими величинами, с численной и символьной математикой, строит графики, создаёт анимацию, проводит оптимизацию и многое другое.

:: Более 1700 экологических твердотопливных котлов бесплатно установят в частных домах Красноярска до 2026 года по федеральному проекту «Чистый воздух». Об этом заявил глава Минприроды России Александр Козлов на совещании министров с Президентом РФ Владимиром Путиным, сообщает ТАСС.

LUNDA

Водопроводная арматура HELA поступила на склады LUNDA

В последнее время на рынке инженерного оборудования ощущается дефицит латунных муфт, зажимных наконечников и соединителей для полимерных и РЕ-Ха труб. Поэтому информация о появлении на складах компании LUNDA долгожданной водопроводной арматуры от известной финской компании должна обрадовать тех, кто искал подобное оборудование или аналоги.

HELA на протяжении 50 лет занимает лидирующие позиции в производстве клапанов, фитингов и специальных деталей для сантехнической и отопительной отрасли. У компании есть собственный современный автоматизированный механический цех, расположенный на побережье Ботнического залива, недалеко от города Пори в Финляндии. Производство сертифицировано признанным во всём мире стандартом управления качеством — ISO 9001:2015. В зависимости от области применения и требований, продукция имеет несколько различных сертификатов одобрения: STF, KIWA, DVGW и CSTB.

Большинство изделий изготавливаются из устойчивой к вымыванию цинка латуни, которая подходит для использования в водопроводных системах питьевой воды и является очень устойчивой к коррозии в условиях агрессивной подземной среды.



В компании LUNDA вы можете приобрести следующие товары бренда HELA:

- зажимные наконечники для полимерных труб;
- зажимные наконечники для РЕ-Ха под сварку;
- муфты латунные для полимерных труб;
- зажимные латунные соединители для полимерных труб.

Если у вас возникнут вопросы по подбору оборудования и оформлению заказа вы можете связаться с вашим персональным менеджером в компании LUNDA или обратиться в любой филиал. Также можете самостоятельно разместить заказ на сайте LUNDA.

«Ридан»

Новые термостатические элементы TR 9000 серии Ultra от Ридан

Компания «Ридан» представила новые термостатические элементы Ридан TR 9000 серии Ultra. Новая разработка — термоэлемент Ридан Ultra — предлагает современный подход к обеспечению комфорта и энергоэффективности. Она позволяет создавать оптимальную температуру в каждом помещении, снижая затраты на отопление и предотвращая перетопы. При создании модели Ридан Ultra учитывался 30-летний опыт работы компании в России, а также традиционные стандарты скандинавского качества.

Благодаря компактным размерам и простоте монтажа устройство легко интегрируется в существующие радиаторные системы. Настройка температуры осуществляется путём поворота ручки элемента на требуемое значение. Также предусмотрена возможность ограничения диапазона температур. Надёжность корпуса подтверждается многочисленными тестами. Линейка моделей включает варианты для установки в горизонталь-



ном положении (со встроенным датчиком) и в вертикальном положении или за защитным экраном (с выносным датчиком). Различные типы соединений обеспечивают совместимость с клапанами Ридан, Danfoss и другими производителями с резьбой М30×1,5. Термоэлемент Ридан Ultra предназначен для удобного управления микроклиматом и является стильным решением для отопления жилых помещений.

Выставки

Примите участие в отраслевой Премии Aquaflame Awards!



Стартовал приём заявок на участие в отраслевой Премии Aquaflame Awards. Это уникальное в России мероприятие для индустрии отопления и водоснабжения. Премия призвана определить лучших из лучших в представленных номинациях и выделить продукцию, услуги и проекты с обоснованным аргументом качества.

К участию приглашаются производственные и торговые компании, отраслевые предприятия, проектные организации, профильные ассоциации, специализирующиеся на инженерном оборудовании, проектах, продуктах, услугах.



Лидеров Премии выбирает экспертный совет, членами которого являются признанные профессионалы рынка. **Премия Aquaflame Awards организована компанией ITE Group совместно с журналом СОК.**

Участие в Aquaflame Awards позволит вашей компании:

- оценить качество своей продукции в наглядном сравнении с конкурентами;
- выявить сильные и слабые стороны для определения дальнейшей стратегии;
- быть в едином коммуникационном поле с топ-менеджерами ведущих компаний индустрии.

Статус победителя Премии:

- авторитетно заявит о конкурентных преимуществах продукта на рынке;
- повысит узнаваемость бренда среди потенциальных клиентов и партнёров;
- обеспечит добавочную ценность для потребителя;
- повысит авторитет среди профессионального сообщества.

Для всех номинантов Премии Aquaflame Awards доступна расширенная рекламная кампания с момента приёма заявки и до церемонии награждения.

Официальное награждение победителей состоится 6 февраля 2025 года в Москве (МВЦ «Крокус Экспо») на площадке Aquaflame by Aquatherm Moscow — самой крупной в Российской Федерации выставке бытового и промышленного оборудования для отопления, водоснабжения, инженерно-сантехнических систем, бассейнов, саун и спа.

Участие в Aquaflame Awards платное. Узнать подробности можно на странице Премии (QR-код №1). Подать заявку на участие в Премии можно перейдя по QR-коду №2.



QR-код №1



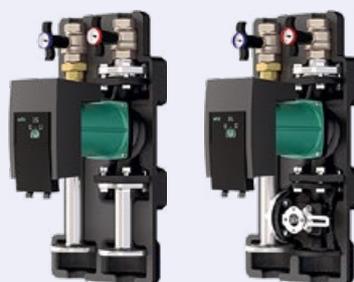
QR-код №2

Giacomini

Новые группы быстрого монтажа Giacomini – теперь Ду40

Итальянский производитель компания Giacomini начинает выпуск новых насосно-смесительных узлов для котельных — групп быстрого монтажа. Новые узлы с фланцевым соединением размера Ду40 предназначены для контуров котельных мощностью от 30 до 300 кВт. Ассортимент групп быстрого монтажа Giacomini R586R, ранее представленный в России моделями с размером Ду25 и Ду32, пополнился наиболее большими и производимыми узлами размера Ду40.

Группы быстрого монтажа Giacomini поставляются собранными в термоизоляции из вспененного полиэтилена, имеют в своём составе шаровые краны с термометрами для подающего и обратного участка и возможностью установки байпаса, обратный клапан, смесительный клапан с возможностью установки управляющего привода (для моделей R586RY153 и R586RY163), в том числе системы управления Giacomini KLIMAbus. Группы могут комплектоваться с завода производителями циркуляционными насосами Wilo с частотным регулированием (R586RY161 и R586RY163) либо поставляться со стальными проставками для установки пользовательского насоса с монтажным размером 250 мм. Подключение к системе — 1½", подключение со стороны котельной — фланцами на Ду40 с межосевым расстоянием 160 мм. Для ком-



плектации новых групп быстрого монтажа также расширен ассортимент котельных коллекторов Giacomini — введены новые модели R586SEP размера Ду40 для подключения двух или трёх смесительных групп в линию. Характерные особенности котельных коллекторов R586SEP — наличие в комплекте изоляции, автоматического воздухоотводчика и дренажного крана, а также функция встроенного регулируемого байпаса, что позволяет использовать котельный коллектор в режиме гидравлического сепаратора.

Применение новых групп быстрого монтажа Giacomini R586R втупе с котельными коллекторами с отводами Ду40 позволяет эффективно организовать котельную с независимым управлением до шести контуров, с потенциальной мощностью каждого свыше 300 кВт. Первые поставки новых моделей в Россию планируются в начале 2025 года.

Одной строкой

:: Правительство России объявило о запуске эксперимента по маркировке полимерных труб, сообщает ТАСС, ссылаясь на подписанное премьер-министром Михаилом Мишустиним постановление. Ещё в апреле Минпромторг анонсировал планы провести эксперимент по маркировке полимерных труб и сырья для их производства с 1 июля 2024 года по 31 августа 2025-го. Было объяснено, зачем понадобилась маркировка и каких продуктов она коснётся. Однако в назначенный день проект не запустили, и теперь стала известна новая дата, сообщает Rupec.ru.

:: Технологии хранения энергии подешевели в четыре раза за последние десятилетия. Если в 2013 году удельная стоимость литий-ионных накопителей составляла почти \$800 на 1 кВт·ч ёмкости, то в 2023-м — менее \$200 на 1 кВт·ч, согласно данным Международного энергетического агентства (IEA). При этом по итогам 2023 года на долю катодных материалов приходилась уже четверть стоимости накопителей, тогда как в 2013-м эта доля составляла менее 5%, сообщает «Глобальная энергия».

:: Международное энергетическое агентство (IEA) выпустило новый ежегодный доклад Renewables 2024 о развитии ВИЭ на срок до 2030 года. Агентство прогнозирует, что в период с 2024 по 2030 годы мощности ВИЭ вырастут в 2,7 раза. При этом солнце и ветер обеспечат 95% этого значительного прироста.

Новейшие разработки в области применения гофрированных труб для ливневой канализации

В статье изучается эффективность применения гофрированных труб с литым раструбом и новой кольцевой жёсткостью в системах водоотведения и канализации.



Введение

В России полипропилен впервые был произведён в 1965 году на Московском НПЗ, причём по отечественной технологии. Спустя более десяти лет полипропиленовый завод открыли в городе Атырау в Казахстане, затем в городе Томске, но уже в 1980-х. В 1990-е годы, несмотря на тяжёлую экономическую ситуацию, выпуск полипропилена набирал обороты. Сегодня большие заводы работают в Тобольске, Будённовске, Омске, Уфе и Москве.

Российские объёмы производства полипропилена значительно отстают от мировых. Лидерами в этом сегменте являются Китай, страны Западной Европы, США, Саудовская Аравия, Бразилия. Полипропилен занимает второе место по объёму потребления полимеров, обгоняет его лишь полиэтилен.

Если сравнивать эти два продукта, то полипропилен окажется менее плотным, но более твёрдым, чем полиэтилен, термостойким, но склонным к хрупкости при относительно низких температурах от -5 до -15°C . Для усиления морозостойкости на производстве слегка меняют химический состав полипропилена, вводя этилен.

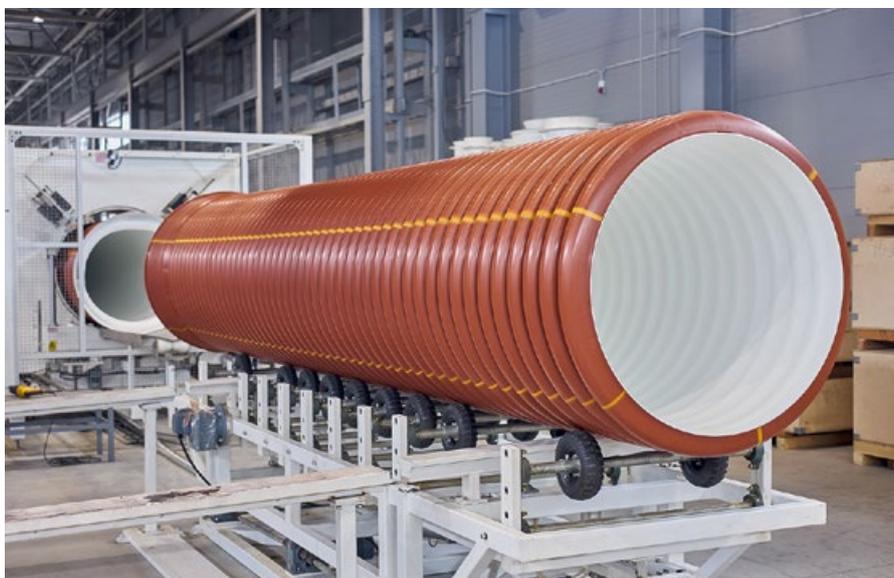
Полипропилен относится к классу химически стойких пластмасс. Бойтся он

только сильных окислителей (например, 98% азотной кислоты). Этот материал абсолютно стоек к коррозии, однако в чистом виде отличается чувствительностью к ультрафиолетовому излучению и кислороду. Для купирования этих свойств также применяются специальные технологии.

Полипропиленовые гофрированные трубы

Трудно спорить с тем, что полипропиленовые трубы очень популярны, равно как и другие полимерные стройматериалы. Тем интереснее тот факт, что среди продуктов профильного производства они занимают далеко не первое место. Лидером считается полипропиленовая тара, волокна и плёнка.

Трубы из полипропилена активно используются в частном и многоэтажном строительстве. Полипропиленовые трубы стойки к коррозии и износу, эластичны, не подвержены гниению, долговечны, не способствуют накоплению отложений на внутренних стенках, они лёгкие, экологичные, удобные в монтаже



Тем не менее, трубы из полипропилена активно используются в частном и многоэтажном строительстве. Зайдя в новостройку, вы скорее увидите пластиковые разводки, нежели стальные. И это вполне очевидно, если учесть низкую цену и универсальность этого материала. Перечислим преимущества полипропилена:

- стойкость к коррозии и износу;
- эластичность;
- не подверженность гниению и долговечность (срок эксплуатации полипропиленовых труб составляет свыше 50 лет);
- отсутствие отложений на внутренних стенках труб;
- лёгкость, удобство в сборке и монтаже;
- экологичность, не происходит образования плесени и грибка.

Весомый аргумент в пользу полипропиленовых труб для сборки трубопровода — дешёвый и быстрый монтаж. Соединения между трубами получаются неразъёмные и герметичные. Количество резьбовых разъёмных соединений минимально, что делает систему безопасной и подходящей для изоляции. Основные сферы применения полипропиленовых труб в наши дни:

- водоснабжение и водоотведение;
- отопление;
- системы сжатого воздуха;
- дренажные системы;
- поливные трубопроводы на придомовых территориях;
- орошение и мелиорация сельскохозяйственных земель;
- производственные трубопроводы;
- транспортировка химических веществ.

Для повышения прочностных свойств и сокращения удлинения при нагреве полипропиленовые трубы армируют алюминием или стекловолокном.

Маркировка труб призвана ориентировать потребителя в области применения материала. Она отражает строение трубы и номинальное давление — два главных критерия при выборе.

Основные нововведения в наши дни

Сейчас лидеры производства гофрированных труб на рынке предлагают несколько решений, которые способны дать новый виток развития сферам водоотведения и ливневой канализации. Таковыми являются литой раструб прямо с завода, а также расширенная линейка гофрированных труб по классу кольцевой жёсткости (Stiffness Number, SN).

Так ли эти новшества полезны на практике, и могут ли они дать дополнительный стимул для развития рынка трубопроводной продукции в России?

Давайте разберёмся.



Литой раструб

Технология производства гофрированной трубы непосредственно с раструбом весьма интересна. С завода выходит стандартная шестиметровая труба, но уже с готовым раструбом. Казалось бы, зачем он нужен? На практике этот элемент сильно упрощает работу складов, подрядных и монтажных организаций. Для сборки партии груза гораздо проще позаботиться об одних резинках в дополнении к трубам, нежели переживать, что отдельные комплекты раструбов будут потеряны при погрузке или разгрузке.



Поэтому готовые раструбы не только облегчают, но и ускоряют процесс транспортировки. Намного приятнее знать, что всё необходимое сразу придет на объект, и не волноваться из-за того, что при исчезновении одной составляющей «встанет» вся стройка. Конечно, готовые раструбы исключительно удобны и при монтаже. В строительстве всегда сроки поджимают, и чем скорее будет закончена работа, тем лучше. Человеческий и природные факторы никто не отменял, поэтому любое решение, которое упрощает, облегчает и ускоряет рабочий процесс, всегда к месту.

Расширенная линейка SN

Это новшество наиболее подходит для проектировщиков. В последние годы наблюдается рост прокладки новых или реконструкции имеющихся систем водоотведения, дренажа и канализации в самых удалённых регионах России. Состав и характеристики грунта там редко бывают благоприятными для строительства и не всегда позволяют устраивать траншеи на удобную глубину и в комфортных условиях. Благодаря новым гофрированным трубам с кольцевой жёсткостью SN11, SN17 и SN20 больше не нужно думать о том, что придётся копать глубже или заменять материал труб с полипропилена на сталь. Можно сохранить все выгоды полипропилена, как материала для трубопроводов (в особенности его длительный срок службы), благодаря расширенной линейке гофрированных труб по классу кольцевой жёсткости. Параметр SN даёт трубам необходимые прочностные характеристики, снимая особые требования к их монтажу и глубине, на которой будет проложена система водоотведения или канализации. Также сокращается время создания и согласования проектов, что, в свою очередь, позволяет запускать строительство объектов в разы быстрее, а это выгодно всем.

Заключение

С каждым годом гофрированные трубы для систем водоотведения, дренажа и канализации появляются в новых уголках нашей страны. И то, что качество жизни граждан России при этом улучшается, — несомненный факт. На основании указанной выше информации можно сделать вывод о том, что гофрированные трубы действительно актуальны и применимы при монтаже и реновации систем водоотведения и канализации. ●



⇨ Иловая площадка после вывоза почвогрунта [1]

Влияние тяжёлых металлов в стоках на процесс биологической очистки в аэротенках очистных сооружений

Рецензия эксперта на статью получена 21.10.2024 [The expert review of the article was received on October 21, 2024]

Выполнение требований норм технологического режима при эксплуатации очистных сооружений имеет определяющее значение. В наибольшей степени это относится к процессу биологической очистки в аэротенках. В них, вследствие сочетания сложнейших биологических процессов и современных инженерных решений, по-прежнему остаётся множество до конца не выявленных аспектов, даже при соблюдении всех требований норм технологического режима.

Сложность контроля процесса биологической очистки и его регулирования многократно возрастает по причине непостоянного состава поступающих на очистку сточных вод и разнообразия составляющих элементов. Контроль состава и качества поступающих загрязнителей всегда затруднён и требует существенных затрат. Влияние изменения состава или превышения значений концентраций многих загрязнителей приводит к серьёзным нарушениям процесса очистки.

Основные факторы, влияющие на процесс очистки: загрязнители, которые косвенно определяются показателями химического потребления кислорода (ХПК) и биологического потребления кислорода (БПК), и их соотношение, водородный показатель рН, биогенные элементы, тяжёлые металлы, трудно определяемые, токсичные для активного ила вещества.

Большой частью выводы о воздействии тяжёлых металлов на микроорганизмы активного ила делаются на основании данных о превышении предельно допустимых концентраций (ПДК) металлов в поступающих сточных водах. Величины данных ПДК в настоящее время определяются Постановлением Правительства РФ от 29 июля 2013 года №644 [2].

По результатам научных работ, выполненных в последние 20 лет и посвящённых исследованию влияния тяжёлых металлов на биологический процесс очистки, нельзя с уверенностью констатировать, что нарушение процесса явилось следствием воздействия тяжёлых металлов. Во всех случаях присутствовал фактор превышения величины ХПК над БПК, причём более чем в 2,5 раза. Превышение данного соотношения согласно действующему СП 32.13330.2018 [3] гарантировано приводит к нарушению структуры флоккул активного ила. Нашими исследованиями в течение 30 лет установлено, что нарушение процесса биологической очистки — биоценоза активного (зрелого) ила — наступает уже при превышении концентрации ХПК над БПК в 1,5 раза.

Проблеме влияния тяжёлых металлов на биологический процесс посвящено множество научных исследований, например [4–14]. Однако наиболее полно оно рассмотрено в трудах Н. С. Жмур.

УДК 628.356: Научная специальность: 2.1.4.

Влияние тяжёлых металлов, поступающих со стоками на очистные сооружения, на процесс биологической очистки в аэротенках

В. Б. Смирнов, д.т.н., инженер-эксперт АО «Воскресенские минеральные удобрения» (г.о. Воскресенск, Московская область); **Д. А. Гуськов**, начальник канализационных очистных сооружений г.о. Коломна (Московская область)

Описаны основные характеристики процесса биологической очистки в аэротенках с продлённой аэрацией, глубокой нитрификацией и симультанной денитрификацией. Приведены исследования влияния тяжёлых металлов, накопленных во флоккулах активного ила, на структуру флоккул. Определены значения концентраций тяжёлых металлов, при которых не происходит нарушений структуры флоккул и качества очистки стоков. Предложен существующий нормативный документ с этими значениями.

Ключевые слова: биологическая очистка, тяжёлые металлы, качество очистки сточных вод, продлённая аэрация, глубокая нитрификация, симультанная денитрификация, аэротенки, активный ил.

UDC 628.356: Scientific specialty 2.1.4.

The effect of heavy metals coming from wastewater treatment plants on the process of biological purification in aerotanks

V. B. Smirnov, Doctor of Technical Sciences, expert engineer of "Voskresensk Mineral Fertilizers", JSC (Voskresensk city district, Moscow region); **D. A. Guskov**, Head of Sewage Treatment Plants of Kolomna city district (Moscow region)

The main characteristics of the biological purification process in aerotanks with prolonged aeration, deep nitrification and simultaneous denitrification are described. Studies of the effect of heavy metals accumulated in activated sludge flocs on the structure of flocs are presented. The values of concentrations of heavy metals have been determined, at which there are no violations of the structure of flocs and the quality of wastewater treatment. An existing regulatory document with these values is proposed.

Keywords: biological purification, heavy metals, wastewater treatment quality, prolonged aeration, deep nitrification, simultaneous denitrification, aerotanks, activated sludge.

:: Концентрации тяжёлых металлов в активном иле очистных сооружений

табл. 1

Элемент	Макс. концентрация тяжёлых металлов в иловых осадках очистных сооружений г.о. Воскресенск в XXI веке, мг/кг	Очистные сооружения города Новосибирска, мг/кг	Очистные сооружения города Москвы (среднее значение), мг/кг	Очистные сооружения города Челябинска, мг/кг	Очистные сооружения города Казани, мг/кг	Очистные сооружения городов Республики Беларусь, мг/кг	Очистные сооружения городов Швеции, мг/кг
Кадмий	2	31	91	следы	0,01	н.д.	1,0
Медь	650	1960	1600	3350	33	1200	550
Никель	40	290	365	1317	217	н.д.	18
Ртуть	0,4	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Свинец	20	295	611	2399	0,1	н.д.	44
Цинк	470	3460	4000	31000	н.д.	670	598
Мышьяк	30	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Хром	н.д.	1623	2800	2260	346	140	н.д.

В работах [7, 12] приведён большой массив данных, полученных при проведении исследований по накоплению тяжёлых металлов в активном иле в пересчёте на сухое вещество. Проведено сравнение значений концентраций тяжёлых металлов в возвратном иле очистных сооружений многих городов России, Республики Беларусь, Европы и США. Сводные данные представлены в табл. 1.

Этот показатель представляется более информативным и реальным по сравнению с концентрацией в водном растворе. Этот значение по существу является наиболее постоянным во времени. Лучше характеризует процесс накопления тяжёлых металлов в иле сверх каких-то предельных значений. Однако предельно-допустимых концентраций для нашей страны Н.С. Жмур в своих работах не приводит. Ссылки в её статье на то, что в городах Беларуси начиналось нитчатое вспухание при превышении некоторых значений по цинку, меди, кобальту, вероятно, зависят от превышения удельных нагрузок и соотношения ХПК/БПК.

В работах [10, 14, 15], выполненных в университетах Республики Беларусь на

сточных водах городов Бреста, Гродно и Минска, выводы о влиянии тяжёлых металлов также некорректны. Во всех случаях превышены удельная нагрузка и соотношение ХПК/БПК.

В данной статье предполагается установить влияние накопления тяжёлых металлов в активном иле и определить значения концентрации металлов, которые не приводят к нарушению структуры флоккул активного ила.

Основанием служит опыт эксплуатации крупных очистных сооружений г.о. Воскресенск в течение последних 40 лет и исследования, проведённые на реальных сточных водах за это время специалистами ОАО «НИИ КВОВ», Сельскохо-

Биоценоз активного ила представлен флоккулирующими формами бактерий. Простейшие представлены более 40 видами. Во множестве присутствуют микроорганизмы третьего трофического уровня (хищники, коловратки, тихоходки, сосущие инфузории)

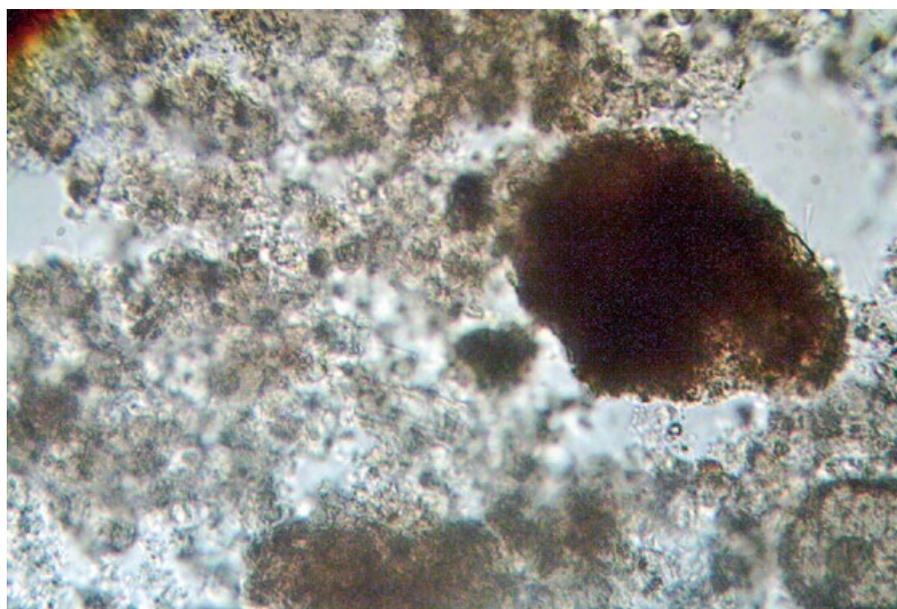
зяйственной академии имени К.А. Тимирязева (ТСХА), ООО «Бифар». Работы были посвящены глубокому исследованию процесса очистки в аэротенках и последующему обезвоживанию иловых осадков, их стабилизации и повторному использованию в полном объёме от образовавшегося количества.

В цехе нейтрализации и очистки промышленных сточных вод (НиОПСВ) предприятия АО «Минудобрения» (очистные сооружения г.о. Воскресенск) в полной мере реализован процесс очистки биоценозом зрелого ила (илом большого возраста, с большой дозой ила).

Активный ил имеет следующие характеристики:

- нагрузка по БПК — 40–100 мг на грамм сухого вещества БПК в сутки;
- нагрузка по ХПК — 100–300 мг на грамм сухого вещества ХПК в сутки;
- весовая доля ила в иловой смеси — 4–8 г/л;
- концентрация растворённого кислорода в аэротенке — 4–6 мг/л;
- период аэрации — 10–16 часов;
- коэффициент рециркуляции — 0,8–1,2;
- расход стоков — 60–80 тыс. м³/сут.;
- концентрация растворённого кислорода во вторичных отстойниках — 1,6–2,1 мг/л;
- удельный расход воздуха на процесс аэрации — 5–7 м³/м³;
- удельный расход электроэнергии на процесс аэрации — 0,12–0,18 кВт/м³.

Биоценоз активного ила представлен флоккулирующими формами бактерий. Простейшие представлены более 40 видами. Во множестве присутствуют микроорганизмы третьего трофического уровня (хищники, коловратки, тихоходки, сосущие инфузории). Высока эффективность удаления тяжёлых металлов: так, например, по меди — 97–98% (при значении на входе и выходе 0,5 и 0,002 мг/л, соответственно), по цинку — 97–98% (значения на входе и выходе 0,1 и 0,003 мг/л), по железу — 96–97% (значения на входе и выходе до 6,0 и 0,2 мг/л). На фото 1 показан зрелый, хорошо флоккулированный ил.



:: Фото 1. Зрелый, хорошо флоккулированный ил

На фото 2 представлен флоккулированный, минерализованный ил с кутикулой тихоходки. На фото 3 — водный гриб.

Основной причиной сброса недостаточно очищенных и не соответствующих нормам очистки стоков является вынос активного ила из вторичных отстойников в результате патологического нарушения структуры активного ила. По данным службы эксплуатации, это имело место в 90 % случаев. Также причиной может являться неисправность оборудования, однако это довольно легко устранимо. Другой причиной является способность незрелого активного ила к патологическим изменениям структуры ила от малейших изменений качественного состава поступающих на очистку стоков.



:: Фото 2. Флоккулированный, минерализованный ил с кутикулой тихоходки

Существует шесть патологических нарушений структуры флоккул активного ила, которые препятствуют его отстаиванию, а в конечном итоге приводят к потере до 80 % его массы, нарушению биологической очистки в течение нескольких месяцев. Это вспухание, вспенивание, всплывание, диспергирование, микрофлоккуляция и дефлоккуляция

В условиях невозможности оперативного контроля за предприятиями-абонентами необходимо использовать процессы, устойчивые к токсичным и ингибирующим очистку сбросам сточных вод. Таким процессом является полная биологическая очистка от органических веществ с денитрификацией и симультанной денитрификацией (БНЧСД) — с низкими удельными нагрузками, большой дозой ила и большим возрастом ила.

Существует шесть патологических нарушений структуры флоккул активного ила, которые препятствуют его отстаиванию, а в конечном итоге приводят к потере до 80 % его массы, нарушению биологической очистки в течение нескольких месяцев. Это вспухание, вспенивание, всплывание, диспергирование, микрофлоккуляция и дефлоккуляция.

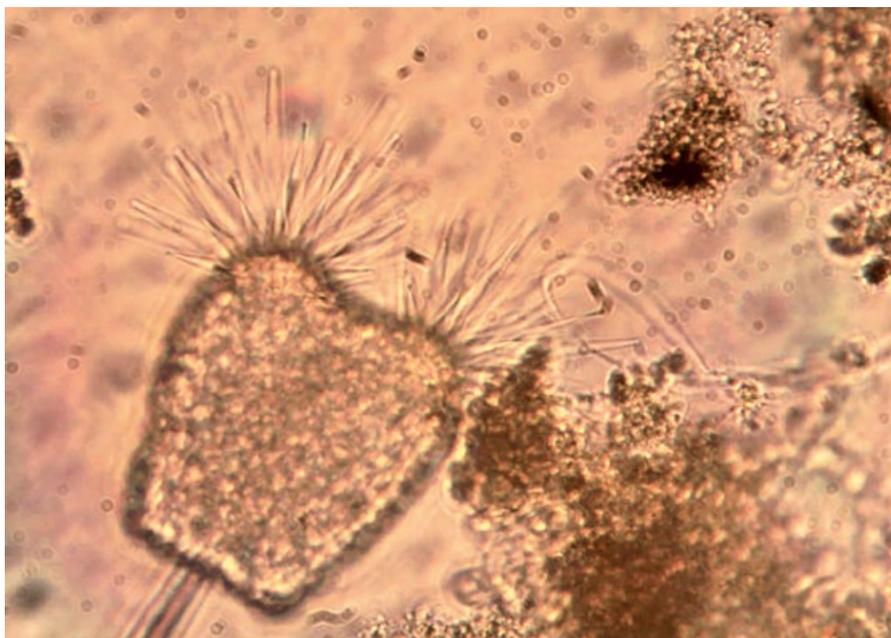
Вспухание — это преобладание нитчатых форм бактерий над флоккулированными или увеличение размеров флоккул (ветвистость). Под «всплыванием» подразумевается подъем частичек ила (в виде крупы) из отстойной зоны отстойника на поверхность. Вспенивание можно наблюдать как образование серой или коричневой пены при росте числа актиномицетов

в биоценозе вследствие неблагоприятных условий. Диспергирование представляет собой массовый рост бактерий, при котором размножающиеся бактерии утрачивают способность роста ворсинок, которыми соединяются во флоккулы. Микрофлоккуляцией называется нарушение флоккуляции, вызванное массовым развитием ювенильных (молодых) флоккул (зрелые флоккулы не образуются, под микроскопом флоккулы прозрачные). Дефлоккуляция — это распад флоккул на не оседающие части (фрагменты), при этом надильная вода непрозрачна, фрагменты также непрозрачны.

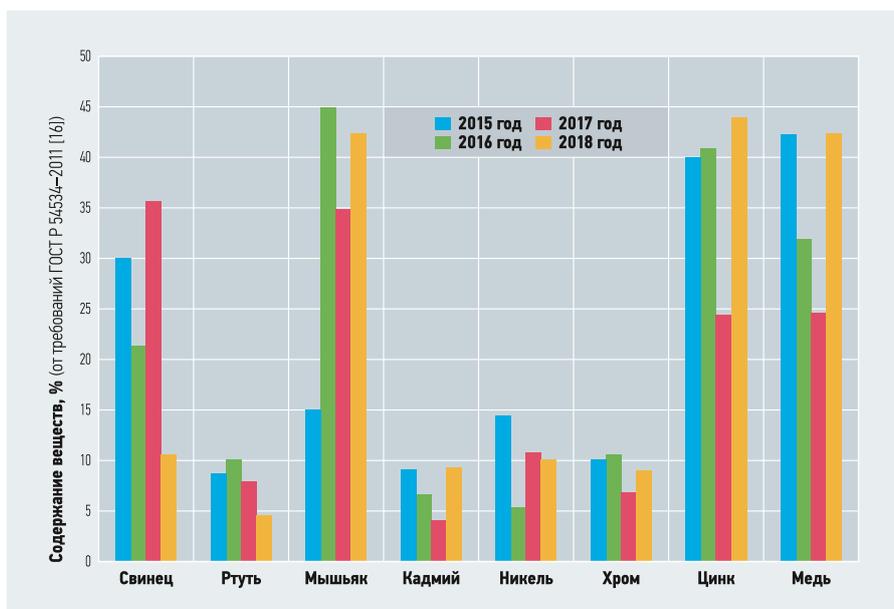
Перечисленные нарушения устранимы только при использовании в аэротенках зрелого, хорошо флоккулированного ила.

В течение многолетней эксплуатации технологического процесса БНЧСД отмечались случаи нитчатого вспухания активного ила при поступлении большой

концентрации аммонийного азота (50–100 мг/л) и одновременно большой концентрации ХПК (500–800 мг/л). Большое количество кислорода идет на окисление органических веществ, и по причине недостатка кислорода для процесса нитрификации её эффективность снижается до 40–50%. Преимущество в развитии получают микроорганизмы с большой поверхностью для поглощения кислорода, то есть нитчатые. Иловый индекс возрастает до 150–220 мг/г. При прекращении сброса биоценоз восстанавливается в течение 5–10 периодов аэрации (три-пять суток). Гелевое вспухание ила наблюдается при поступлении больших концентраций ХПК и тяжёлых металлов. Иловый индекс возрастает до 150–200 мг/г в течение двух-трёх периодов аэрации. Биоценоз восстанавливается в течении 5–10 периодов аэрации после прекращения сброса.



:: Фото 3. Сосущая инфузория и ловчая петля хищного водного гриба вида *Zooph. tentaculum*



❖ **Рис. 1.** Сравнение содержания тяжёлых металлов и мышьяка в иловых осадках очистных сооружений в процентах от требований ГОСТ Р 54534–2011 [16] (рис. 3 из [1])

Всплывание крупы во вторичных отстойниках происходит при поступлении аммонийного азота концентрацией выше 80–100 мг/л при невозможности увеличения концентрации кислорода выше 4–6 мг/л в одном или двух из четырёх работающих аэротенков. И при поступлении стоков концентрацией аммонийного азота более 50 мг/л и ХПК более 300–500 мг/л. Нарушение устраняется после прекращения сброса в течение двух-четырёх периодов аэрации. Всплывание не происходит при поступлении большой концентрации аммонийного азота и возможности увеличить концентрацию растворённого кислорода во всех аэротенках более 6 мг/л.

Плётка на поверхности вторичных отстойников возникает при развитии актиномицетов рода *Microthrix*, как следствие начала нитчатого вспухания, описанного выше. Она наблюдается одновременно с образованием пены на поверхности аэротенков. Нитчатое вспухание обусловлено развитием актиномицетов, которые при всплывании образуют серую пену при поступлении аммонийного азота концентрацией более 50 мг/л и ХПК — более 400–500 мг/л. Проявляется через один-два периода аэрации. При прекращении поступления больших концентраций и вспенивание, и плётка исчезают через период аэрации. При продолжительном поступлении больших концентраций этих веществ поверхность аэротенка не покрывается пеной более чем на 25–30% площади поверхности аэротенков. При повышении концентрации растворённого кислорода в аэротенке более 5–6 мг/л вспенивание прекращается.

Образовавшаяся пена разлагается в течение 5–10 периодов аэрации.

Микрофлоккуляции и диспергирования за годы эксплуатации не наблюдались. Редко наблюдались признаки дефлоккуляции (распада хлопков) при поступлении большой концентрации ХПК и низкой концентрации растворённого кислорода в одном из аэротенков. После прекращения сброса или увеличения концентрации кислорода в неисправном аэротенке признаки микрофлоккуляции исчезали через один-три периода аэрации.

В течение указанного периода времени проводился еженедельный контроль концентраций поступающих на очистные сооружения тяжёлых металлов.

В 1980-х годах регулярно проводился контроль состава и количества тяжёлых металлов в иловых осадках очистных сооружений с привлечением вышеперечисленных научно-исследовательских институтов. С начала 1990-х годов каждые три года проводится добровольная сертификация иловых осадков ООО «Бифар Экология» с участием Роспотребнадзора и лаборатории Центра лабораторного анализа и технических измерений по Центральному федеральному округу (ФГБУ «ЦЛАТИ по ЦФО»). Получен большой массив данных. Сопоставление результатов лабораторного контроля, гидробиологических наблюдений, процессов на очистных сооружениях и результатов определения концентраций накопленных в иловых осадках тяжёлых металлов позволяет судить о влиянии накопления тяжёлых металлов в иловых осадках на биологический процесс в аэротенках.

Концентрации тяжёлых металлов в иловых осадках очистных сооружений г.о. Воскресенск представлены на рис. 1 (рис. 3 из [1]).

Из приведённой диаграммы видно, что некоторое превышение нормы наблюдалось в 1990-е годы по мышьяку и хрому. В последующие годы нет превышений норм. В периоды превышения норм по мышьяку и хрому не наблюдалось нарушений структуры флокул активного ила: вспухания (гелевого или нитчатого), всплывания или вспенивания. И тем более не наблюдалось серьёзных нарушений: микрофлоккуляции, дефлоккуляции, диспергирования. В последующие десятилетия концентрации тяжёлых металлов не превысила 50% от нормы.



❖ **Процесс буртования осадка на иловой площадке [1]**

Концентрации тяжёлых металлов в сточных водах г.о. Воскресенск в сравнении с нормативами

табл. 2

Элемент	ПДК тяжёлых металлов для биологической очистки, мг/л	Средние значения концентрации тяжёлых металлов на входе очистных сооружений г.о. Воскресенск, мг/л	Концентрации тяжёлых металлов на входе очистных сооружений г.о. Воскресенск в 1980-е годы, мг/кг	Максимальная концентрация тяжёлых металлов в иловых осадках в XXI веке, мг/кг	Норма концентрации тяжёлых металлов в осадке для биологической рекультивации, мг/кг	Норма концентрации тяжёлых металлов в иловых осадках для технической рекультивации, мг/кг	Норма концентрации тяжёлых металлов в иловых осадках, используемых в качестве удобрений в странах ЕС, мг/кг
Кадмий	0,015	0,001–0,01	2,0	3,8	30	60	40,0
Медь	1,0	0,05–0,01	650	400	750	1500	1500,0
Никель	0,25	0,02–0,05	40	66	400	800	400,0
Ртуть	0,005	0,0001–0,0002	0,4	0,0003	15	30	5,0
Свинец	0,25	0,02–0,04	20	250	500	1000	1000,0
Цинк	1,0	0,1–0,5	470	1100	3500	7000	3000,0
Мышьяк	0,05	0,04–0,1	30	4,0	20	40	–
Хром общий	0,5	1,0–1,5	530	40	1000	2000	1200,0

На основании данных по исследованию состава иловых осадков, состава поступающих на очистку сточных вод, данных по лабораторному контролю очищенных сточных вод, которые получены в течение 30–40 лет, составлена табл. 2.

Из приведённых в табл. 2 данных можно сделать следующие выводы:

1. Тяжёлые металлы, поступающие на биологическую очистку стоков, в концентрациях, не превышающих значений, указанных в Постановлении Правительства РФ №644 [2], не приводят к замещению флокулирующих форм бактерий филаментными. Они также не приводят к патологическим нарушениям структуры флоккул активного ила. Следует отметить, что допустимые концентрации тяжёлых металлов в [2] по многим элементам в несколько раз менее жёсткие, чем в ныне действующих нормах.
2. Накопление тяжёлых металлов в иловых осадках, которое происходит при таких концентрациях тяжёлых металлов, в поступающих сточных водах также не приводит к замещению флокулирующих форм бактерий ферментами.

3. Следовательно, норму содержания тяжёлых металлов в осадках сточных вод, используемых для технической рекультивации нарушенных земель, приведённую в ГОСТ Р 54534–2011 [16], можно считать допустимой нормой накопления тяжёлых металлов в активном иле, при которой тяжёлые металлы не оказывают токсического действия на биоценоз активного ила.

Предложен простейший способ определения одной из причин вспухания активного ила и последующих нарушений структуры флоккул — определение весовой концентрации тяжёлых металлов, накопленных активным илом

4. Нарушения биоценоза активного ила — структуры его флоккул, замещение зооглейных форм бактерий нитчатными или водными грибами (фото 3), — начинается уже при превышении соотношения ХПК к БПК более чем в 1,5 раза.

При превышении данного соотношения ХПК к БПК более чем в 2,5 раза процесс вспухания активного ила приводит к возрастанию илового индекса до 200–230 мг/л, а время для восстановления биоценоза может составить более двух-трёх недель после прекращения сброса, как это показано в работе [9].

5. Предложен простейший способ определения одной из причин вспухания активного ила и последующих нарушений структуры флоккул — определение весовой концентрации тяжёлых металлов, накопленных активным илом. Если значение концентрации накопления в активном иле тяжёлых металлов не превышает значений норм, приведённых в ГОСТ Р 54534–2011 [16], тогда причиной вспухания следует считать нарушения соотношения ХПК/БПК, но не поступление со стоками таких металлов в повышенных концентрациях.

6. Тяжёлые металлы могут оказывать влияние на биоценоз и нарушать его при накоплении в активном иле нескольких тяжёлых металлов в концентрациях более 3000–5000 мг/кг. ●

1. Смирнов В.Б., Гуськов Д.А., Беляева С.Д., Петров М.И. Подготовка и повторное использование осадков сточных вод на очистных сооружениях Воскресенска // Журнал СОК. 2018. №11. С. 22–27.
2. Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ: Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 №644 (с изм. и доп.).
3. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения (с Изм. №1–3) / Дата введ.: 26.06.2019.
4. Понтер Л.И., Беляева М.А., Юдина Л.Ф. Влияние технологических параметров работы аэротенков на формирование биоценозов и биохимические характеристики активного ила // Науч. труды Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова, 1976. Вып. 105. С. 3–14.
5. Шеломков А.С., Захватаева Н.В. Активный ил как управляемая экологическая система. — М.: Экспо-Медиа-Пресс, 2013. 286 с.
6. Никитина О.Г. Биоэстимация: контроль и регулирование процессов биологической очистки и самоочищение воды. Автореф. дисс. доктора биологических наук по спец. 03.02.08, 03.02.10. — М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2012. 47 с.
7. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. — М.: Акварос, 2003. 512 с.
8. Смирнов В.Б., Шевченко Н.П. Влияние поступающих со стоками тяжёлых металлов на очистные сооружения и процесс биологической очистки в аэротенках // Вода Magazine, 2018. №6. С. 12–14.
9. Смирнов В.Б., Шевченко Н.П., Гуськов Д.А. Биоценоз активного ила аэротенков продлённой аэрации // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение, 2021. №3. С. 54–63.
10. Голуб Н.М. Анализ влияния сточных вод на гидробионты активного ила // Экологический вестник, 2017. №1. С. 20–25.
11. Фролова С.Н., Козлова Г.А. Влияние тяжёлых металлов на активный ил при очистке сточных вод в режиме продлённой аэрации // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ). Химические технологии и биотехнология, 2010. №11. С. 180–191.
12. Жмур Н.С. Новые аспекты причин вспухания активного ила на очистных сооружениях // Экология и промышленность России, 2011. №4. С. 44–50.
13. Сибиева Л.Н., Сироткин А.С., Вдовина Т.В., Трёл И., Бровдюева Т., Кобелева Й.В. Элементарный анализ биомассы активного ила в процессах совместной биологической очистки сточных вод и оценки возможности её утилизации // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология, 2018. №4. С. 184–191.
14. Кирей В.А., Юхневич Г.Г. Влияние технологического режима аэротенков очистных сооружений канализации на видовой состав активного ила / Актуальные проблемы экологии: Мат. XII Межд. науч.-практ. конф. (г. Гродно, Республика Беларусь, 04–06.10.2017). — Гродно: ЮрСа-Принт, 2017. С. 208–210.
15. Брылка Е, Марцуль В. Ограничение поступления тяжёлых металлов в компоненты природной среды с городскими сточными водами / Организационно-техническое управление в межотраслевых комплексах: Мат. II Межд. науч.-техн. конф. (г. Минск, РБ, 20–21.11.2007). — Минск: БГТУ, 2007. С. 446–450.
16. ГОСТ Р 54534–2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель / Дата введ.: 01.01.2013.

References — see page 79.

BIM '24 **ФОРУМ** ЗИМА

11-12 ДЕКАБРЯ 2024

IX МЕЖДУНАРОДНЫЙ **BIM-ФОРУМ**

AMBER PLAZA,
МОСКВА, М. НОВОСЛОБОДСКАЯ,
КРАСНОПРОЛЕТАРСКАЯ УЛИЦА, 36

BIM-ФОРУМ — это ежегодное профессиональное мероприятие в сфере цифрового строительства. Формат форума объединяет насыщенную дискуссионную программу и экспозицию ведущих программных и программно-аппаратных продуктов и сервисов.



ОТРАСЛЕВОЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР

BIMFORUM.PRO

Физическая модель процесса обратного осмоса водных растворов

В статье рассмотрен вопрос о том, каким образом вода и растворённые в ней ионы могут проходить через гидрофильные полимерные обратноосмотические мембраны.

Автор: [Иван ТИХОНОВ](#), директор по развитию ООО «Сарфильтр»

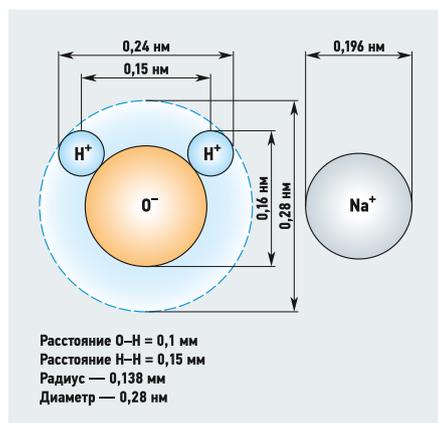


Рис. 1. Размеры молекулы воды и иона натрия

В процессе обратноосмотического обессоливания воды она проходит через полупроницаемые гидрофильные полимерные мембраны. Ионы, растворённые в воде, не проходят через мембраны или проходят в крайне ограниченном количестве. В результате получается обессоленная вода и вода, насыщенная ионами. Каким образом может происходить этот процесс?

Для начала необходимо представить, в каком состоянии находятся ионы в воде. Ионы в воде содержатся в растворённом состоянии, то есть каждый ион окружён молекулами воды. При этом разделяют первичный слой воды вокруг иона и вторичный слой. Например, с ионом натрия в первичном слое находятся и взаимодействуют шесть молекул воды. Во вторичном слое (оболочке) содержатся 18 молекул воды. Считается, что с одной молекулой воды первичной оболочки взаимодействуют три молекулы вторичной. Все оболочки иона являются более структурированными, чем молекулы остальной воды. То есть данные оболочки довольно жёстко связаны с ионом. При этом они продолжают контактировать с остальными «свободными» молекулами воды.

В поре полимерной гидрофильной мембраны также образуется слой воды, связанной за счёт водородных связей молекул воды и полимера. Предположим, что у мембраны также образуется связанный слой воды, состоящий из первичной и вторичной оболочки.

На рис. 1 представлены размеры молекулы воды и размеры иона натрия. Радиус молекулы воды составляет 0,138 нм (нанометр — 10^{-9} м). При условии того, что молекула постоянно вращается и взаимодействует с остальными молекулами воды, её диаметр можно принять равным 0,28 нм. Если бы молекула воды не вращалась и была бы строго ориентирована в направлении водородной связи, то её размер (габарит) был бы 0,16 нм. Диаметр иона натрия равен 0,196 нм.

Зная ключевые размеры молекулы воды и иона натрия, нарисуем примерную схему возможного нахождения молекул воды и иона в поре мембраны (рис. 2).

На поверхности и в поре мембраны образуется связанный слой воды. Молекулы воды в этом слое в большей степени ориентированы в направлении мембраны, чем на остальные «свободные» молекулы. В результате данный связанный слой является существенным препятствием для переноса ионов через пору мембраны. Понятно, что без наличия гидратных оболочек ион не может существовать в воде в виде заряженной частицы. Если есть заряженная частица (ион), есть и гидрат-

ная оболочка. Иону проще взять воду для гидратной оболочки из исходного объёма «свободной» воды, чем из связанного слоя мембраны. Поэтому в поре мембраны создаётся сопротивление переносу ионов.

Давайте определим примерный радиус гидратированного иона натрия. Зная, что размер иона натрия составляет 0,196 нм, а размер молекулы воды принимается 0,28 нм, можно определить примерный радиус первой гидратной оболочки. Но, так как молекула воды ориентирована атомом кислорода строго по направлению к иону натрия, то определяющий размер молекулы первой гидратной оболочки катиона будет 0,16 нм (рис. 1). Получаем своего рода сферу, в центре которой находится ион, а вокруг этого иона имеется оболочка толщиной в одну молекулу воды. Диаметр этой сферы будет равен:

$$0,196 + 0,16 + 0,16 = 0,516 \text{ нм.}$$

В поре полимерной гидрофильной мембраны также образуется слой воды, связанной за счёт водородных связей молекул воды и полимера

Можно сделать вывод, что принципиально ион натрия может быть перенесён направленным потоком воды через пору мембраны, если размер этой поры будет не менее 0,516 нм.

Наименьший радиус поры обратноосмотической мембраны указывается как 0,1 или 0,2 нм (диаметр 0,2 и 0,4 нм). Это означает, что молекула воды может пройти через такую пору мембраны только через связанный слой воды. Если предположить, что пора не подвержена расширению, то минимальный размер для прохождения молекулы воды должен быть 0,24 нм (рис. 2). В этом случае молекула ориентирована одним катионом водорода к одной стороне поры и вторым катионом водорода к прямо противоположной стороне поры. На рис. 2 предпринята попытка изобразить, как могут быть размещены молекулы воды в поре полимерной гидрофильной мембраны, при том, что постоянно активно образуются водородные связи между молекулами воды и между ними и мембраной. Также необходимо принимать во внимание, что анионы и катионы, хотя и притягиваются друг к другу, сами анионы или катионы отталкиваются друг от друга. В результате система должна прийти в некое равновесно-распределённое состояние. Описание работы принципа равномерного распределения ионов воде представлено в [1].

30 лет инноваций и качества в производстве теплообменников

В современном мире, где эффективность и надёжность оборудования играют ключевую роль, компания «Ридан» на протяжении 30 лет является ключевым поставщиком теплообменников на российском рынке. За эти годы было создано более 200 тыс. единиц продукции, реализованы десятки тысяч успешных проектов в различных отраслях, включая жилищно-коммунальное хозяйство, энергетику, химическую и пищевую промышленности.

О производстве

В основе успешного производства теплообменников Ридан лежит собственная современная площадка в Нижегородской области. Здесь хорошо организованы все процессы, включая сертифицированную технологию сварки, использование гидравлических прессов для штамповки пластин, подготовку плит с помощью дробемётной установки перед нанесением полимерного покрытия и другие этапы производства.



Контроль качества

Контроль на каждом этапе создания теплообменников обеспечивает высокое качество и уникальные характеристики продукции. Производственный процесс начинается с проверки всех входящих материалов. Собственная лаборатория отдела технического контроля проводит тесты уплотнений на твёрдость, проверяет соответствие геометрическим размерам и измеряет остаточную деформацию с использованием сертифицированного оборудования в соответствии с действующими ГОСТами. После сборки каждый теплообменник проходит опрессовочные испытания. Лишь у «Ридан» контуры теплообменников в стандартном исполнении могут выдержать разницу до 16 кгс/см², что гарантирует дополнительную надёжность и прочность конструкции.

Разработки

В настоящее время ведётся разработка оптимальной конструкции теплообменной пластины. Её геометрия и материал играют решающую роль в эффективности теплопередачи и снижении потерь давления. Используя современные методы компьютерного модели-

рования, инженеры «Ридан» разрабатывают новый профиль с уникальным «рисунком», благодаря чему повысится эффективность теплообмена при контролируемом увеличении перепада давления и уменьшится металлоёмкость устройств.

Гидравлическая балансировка расхода между каналами — ещё одно важное направление, над которым сейчас работают в компании. Эта технология позволит повысить эффективность работы теплообменника в условиях переменных гидравлических режимов, свойственных для новых домов, корпуса которых вводятся в эксплуатацию поэтапно.

Применение

Основные заказчики продукции — крупные застройщики, которые ценят её качество и надёжность, а также способность реализовывать крупные объёмы поставок, не срывая сроки. Решения Ридан активно применяются и в программе реновации жилья в Москве. Быстрый срок исполнения (три дня) и широкий ассортимент (19 типов теплообменников в складской программе и девять типов под заказ, DN от 32 до 400 мм) обеспечивают гибкость в выборе подходящего решения для любого проекта.

Назначенный срок службы теплообменников составляет 25 лет, однако при должном уходе он может быть продлён. Также на раме предусмотрено пространство для добавления пластин, что даёт возможность увеличить тепловую мощность и адаптировать оборудование к изменяющимся требованиям.

Подбор

С помощью расчётной программы HEX Design, которая находится в свободном доступе, можно быстро осуществить подбор пластинчатых теплообменников под заданные технические параметры. Таким образом уже было сделано более 300 тыс. расчётов в этом году. Предусмотрен свой «Расчётный центр», где обрабатываются запросы на подбор более сложных конфигураций.

«Ридан» не только следует мировым тенденциям, но и задаёт новые стандарты в производстве теплообменников, обеспечивая клиентов продукцией, которая соответствует их высоким ожиданиям и требованиям. ●



Освобождаем вас от рутины,
открывая свободу **для творчества:**

- сервисы для подбора и расчета инженерных систем
- полная техническая документация
- экспертные консультации
- персональный менеджер
- согласованные и апробированные решения



реклама

Производим в России
тепловую автоматику уже 30 лет





Конденсационный или конвекционный котёл: разбираемся в двух «К»

Конец нашим страданиям и разочарованиям, ведь в доме наступает хорошая погода. Вы прошли все «квесты», и долгожданная жёлтая труба с газом вот-вот будет заведена в дом. Значит, настало время для поиска котла. Поскольку этот «спутник жизни» выбирается не на один десяток лет, вопрос его выбора весьма непрост. Но, пожалуй, начать нужно с главного: какой из двух «К» — конденсационной или конвекционной технологии — стоит отдать предпочтение?

А в чём разница?

По большому счёту, разница в количестве тепловой энергии, которую мы можем получить от сжигания топлива, в нашем случае — газа. Тут придётся обратиться к собственному опыту и чуть-чуть к школьной физике: вот мы дохнули на оконное стекло и нарисовали на застывшем участке сердечко. Получилось оно потому, что на прохладной гладкой поверхности сконденсировалась вода, пары которой содержатся в выдыхаемом воздухе. При этом пар превратился в мелкие капельки, слегка нагрев стекло.

В «дыхании» любого отопительного котла — дымовых газах — содержится много водяного пара. В конвекционных котлах этот пар просто улетает в трубу, образуя заметное облачко. Но вместе с ним «убегает» порядка 11% энергии, которую можно было использовать. Для этого примерно 50 лет назад придумали конденсационную технологию, позволяющую получить дополнительное тепло, сконденсировав водяной пар из продуктов сгорания, и тем самым ещё немного подогреть теплоноситель.

Охлаждённые дымовые газы летят дальше, в дымоход, сконденсировавшаяся на теплообменнике вода сливается, а теплоноситель «бесплатно» получает дополнительный нагрев, который позволит сэкономить «голубое топливо».

Какая технология лучше?

На самом деле хороши обе: современные газовые котлы — и конвекционные, и конденсационные — имеют высокие для своего класса коэффициенты полезного действия.

Однако, прежде чем сравнивать КПД, нужно немного вспомнить теорию. КПД рассчитывается очень просто: полученная энергия делится на подведённую (затраченную) и умножается на 100%.

В дымовых газах любого отопительного котла содержится много водяного пара. В конденсационных котлах теплота этого пара улавливается и используется, добавляя примерно 5–10% к нагреву теплоносителя



Автор: Игорь КЛЫКОВСКИЙ,
технический директор ООО «Гермес»

Для расчёта подведённой энергии в случае с газовыми котлами используется очень важный показатель — теплота сгорания газа. Этот показатель показывает, сколько теоретически, в идеальных условиях получится тепловой энергии при сжигании 1 м³ газа. Так вот, для природного и сжиженного газа этих показателей два: высшая теплота сгорания и низшая. Высшая теплота сгорания равна сумме низшей теплоты сгорания и теплоты конденсации водяных паров, выделяющейся при охлаждении продуктов сгорания (те самые 11 % для природного газа).

На заре котлостроения при производстве котлов использовались медь, сталь и чугун. С такими материалами нельзя работать в конденсационном режиме, потому что они будут разъедаться коррозией. Поэтому сложилась практика, когда для расчёта КПД использовалась низшая теплота сгорания, и это привело к тому, что, когда появились конденсационные котлы, их КПД формально оказался выше 100%. Например, у конденсационного котла СОРА Еomix он составляет 108,5%. Конечно, если считать КПД по высшей теплоте сгорания, учитывающей дополнительные 11%, то КПД котла СОРА Еomix составит 97,5%, и никакие физические законы здесь нарушены не будут.

Так какой же КПД правильный?

С физической точки зрения правильный КПД — это рассчитанный через высшую теплоту сгорания, но тогда сравнение с конвекционными котлами, у которых КПД считается по низшей теплоте сгорания, будет некорректным. Поэтому для конденсационных котлов даётся оба значения — реальный физический КПД по высшей теплоте сгорания и КПД по



низшей теплоте сгорания. Делается это для того, чтобы иметь возможность увидеть реальную разницу в КПД между конденсационными и не конденсационными моделями.

Теперь, когда мы больше разобрались в вопросе КПД, можно посмотреть на их значения для разных котлов. У классического конвекционного котла СОРА Еop



КПД составляет 89%, а у конденсационного котла СОРА Еomix — 108,5%. Очевидно, что конденсационный котёл имеет более высокий КПД, но и цена пропорционально больше. Чем больше отапливаемая площадь и дольше отопительный период, тем быстрее окупается первоначальная разница в стоимости. Даже на относительно дешёвом природном газе в северных регионах уже через два-три года экономия окажется ощутимой. На сжиженном газе это будет ещё заметнее. Однако если у вас небольшой дом площадью до 60 м² или квартира в южной части страны, то для такого сценария конвекционный котёл Еop будет экономически оправданным выбором.

О чем ещё нужно знать?

Чтобы сделать выбор, нужно знать, на что обратить внимание. В любом случае нам придётся задуматься о таких вещах, как:

1. Горячее водоснабжение (ГВС). Двухконтурные модели в заводском исполнении обеспечивают работу системы ГВС, но комфортно использовать можно будет лишь одну точку водоразбора одновременно. Если у вас большая семья и/или несколько санузлов, то стоит посмотреть к варианту «одноконтурный котёл + бойлер».

2. Материал дымохода. Для конвекционного котла обычно используется алюминиевый дымоход, для конденсационного — пластиковый или из нержавеющей стали. Если использовать алюминиевый дымоход с конденсационным котлом, то алюминиевые стенки дымохода могут разрушиться из-за коррозии уже через несколько месяцев эксплуатации. А если пластиковый дымоход поставить на конвекционный котёл, то пластик расплавится от слишком высоких температур продуктов сгорания.

3. Подготовка воды. Соли жёсткости, которые выпадают на внутренних поверхностях теплообменника, ухудшают теплообмен. Это приводит к тому, что ухудшается КПД котла, а в предельном случае происходит перегрев теплообменника и выход его из строя. Поэтому для контура или контуров системы отопления лучше использовать подготовленную смягчённую воду и не доливать без серьёзной нужды систему из обычного водопровода.

Итак, выбор между двумя «К» — конденсационной или конвекционной технологиями — не так сложен, как может показаться. Ведь главное правило звучит следующим образом: каким бы ни был котёл, конденсационным или конвекционным, он должен быть качественным и служить долго! ●





Штаб-квартира Giacomini и один из четырёх её итальянских заводов находится в небольшом городке Сан-Маурицио-д'Опальо в предгорьях Альп — недалеко от границы со Швейцарией

Giacomini: напрямую в Россию с заводов в Италии

Итальянский производитель Giacomini S.p.A. вскоре отметит 30-летие деятельности в России. Всё это время компания поставляет на отечественный рынок качественную запорно-регулирующую арматуру и трубопроводные системы, не прекращая поставки даже в 2022 году, когда многие международные производители покинули РФ.

В последние годы, когда спрос на качественную запорно-регулирующую арматуру в России вырос в разы, компания Giacomini смогла увеличить производство, нарастив логистические возможности и расширив российский склад, и продолжила снабжение российского рынка оборудованием уже в увеличенном объёме.

Целенаправленная работа в части разработки и внедрения в производство решений, ориентированных на отечественный рынок, также даёт заметный результат. Сегодня Giacomini, если оценивать доступность — наличие на складах в РФ, стоимость, ассортиментный ряд, практику реализации масштабных проектов, — становится на нашем рынке лидирующим европейским производителем оборудования для систем отопления и водоснабжения зданий. Компания сохраняет и наращивает прямые поставки оборудования с собственных предприятий — «сделанного в Италии, доступного в России».

Итальянская компания Giacomini S.p.A. является одним из крупнейших в мире про-

изводителей латунной арматуры, а также компонентов современных систем отопления, водоснабжения и кондиционирования зданий. Компания владеет тремя фабриками по производству латунных изделий и одной фабрикой по выпуску полимерных трубопроводов, которые расположены на севере Италии.

Ежедневно компания перерабатывает 100 тонн латуны ежедневно и выпускает до 150 км труб. Идеология Giacomini заключается в выпуске современного оборудования для инженерных систем и его компонентов исключительно на своих заводах.



Широкая гамма продукции Giacomini — от настоящего итальянского производителя

1. Клапаны для отопительных приборов: термостатического и ручного регулирования, термостатические головки, узлы нижнего и бокового подключения для одно- и двухтрубных систем, воздухоотводные клапаны.
2. Запорная арматура: различные шаровые краны и клиновые задвижки для воды, газа, теплоносителей, жидких углеводородов.
3. Балансировочная арматура: клапаны ручного и автоматического регулирования, сервоприводы и контроллеры для автоматизированного управления.
4. Коллекторы различных типоразмеров, коллекторные сборки для систем отопления и водоснабжения и тёплых полов.
5. Коллекторные узлы с индивидуальным учётом тепла и воды для горизонтальных систем многоэтажных зданий.
6. Индивидуальные тепловые пункты и квартирные станции для отопления и ГВС.
7. Приборы и узлы учёта тепла и воды.
8. Трубопроводы: полипропиленовые, из сшитого полиэтилена (PE-X и PE-RT), металлопластиковые, фитинги различных типов.
9. Предохранительная арматура для котельных и тепловых пунктов, зональные смесительные клапаны и группы быстрого монтажа на их основе.
10. Система отопления и охлаждения помещений на базе тёплого пола и потолочных панелей.
11. Системы отопления и ГВС, использующие солнечную энергию.
12. Уникальная отопительная установка на базе водородного теплогенератора HydroGem с нулевым выбросом вредных веществ.



❖ Компактные автоматические балансировочные клапаны Giacomini серии R206A-1, предназначенные для регулировки и обеспечения постоянства расхода в системе отопления

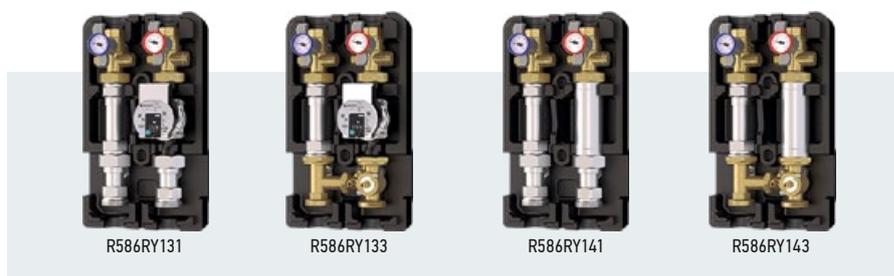
Производство Giacomini отличается высоким уровнем автоматизации и технологичности, соответствует стандартам качества EN ISO 9001 и системе безопасности и охраны окружающей среды OHSAS 18001 и EN ISO 14001.

Компания имеет 16 филиалов в Европе, Азии, Северной и Южной Америке. Продукция Giacomini экспортируется более чем в 100 стран мира. В Россию поставки продукции начались более четверти века назад. Таким образом, в отечественных системах оборудование итальянского производителя имеет весьма значительный опыт эксплуатации.

В течение 2024 года Giacomini представила значительное количество нового оборудования, предназначенного в первую очередь для регулирования и гидравлической балансировки систем отопления. В частности, можно отметить расширение ассортимента балансировочных клапанов: в популярной серии компактных автоматических клапанов — регуляторов постоянства расхода R206A-1 добавлены клапаны новых размеров и с различными диапазонами регулирования. Также появились новые сервоприводы и моторы для комплектации как балансировочных, так и зональных клапанов.

Комплект обвязки фанкойлов R280K получил признание в России в уже реализованных проектах, в том числе в Москве и Татарстане. Новая модель имеет обозначение R280KS, где литера «С» обозначает компактность. Комплект для управления и обслуживания конечных устройств си-

В течение 2024 года Giacomini представила значительное количество нового оборудования, предназначенного в первую очередь для регулирования и гидравлической балансировки систем отопления



❖ Насосные группы быстрого монтажа Giacomini серии R586R

стем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (фанкойлы, охлаждающие панели и т.д.) поставляется собранным в корпусе-теплоизоляции, в размерах Ду15 и Ду20 с клапанами с различными значениями рабочего расхода. Комплект содержит в том числе уникальные разработанные Giacomini элементы арматуры: «байпас — шаровой кран», применяемый для отключения устройства от первичного контура, шаровой кран со встроенным в запорный элемент фильтром, а также включает в себя балансировочный клапан регулирования постоянства расхода с возможностью установки регулирующего мотора, дренажный клапан, штуцеры для измерения перепада давления и расхода.

Группы быстрого монтажа Giacomini R586R также выпускаются в размере Ду32, что позволяет применять их в том числе для организации независимых контуров систем отопления в котельных, в том числе с высокопроизводительными конденсационными котлами. Новые группы имеют подключение со стороны первичного контура (котельного коллектора) размером 2", подключение вторичного контура — 1 1/4". Они поставляются в теплоизоляционном корпусе в исполнении без смешения или со смесительным трёхходовым поворотным клапаном, могут содержать циркуляционный насос с частотным регулированием либо имеют проставку для установки пользовательского насоса.

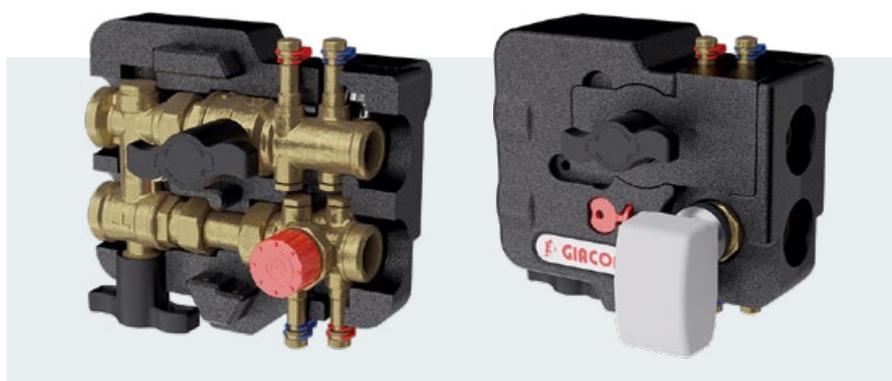
На начало 2025 года компания запланировала начать поставки в Россию групп быстрого монтажа ещё большего размера — Ду40 — с потенциальной мощностью контура отопления до 300 кВт.

Новые сантехнические коллекторы R585CS представляют собой наиболее популярную на нашем рынке конструкцию коллекторов для водоснабжения: сборные коллекторы размерами 3/4" или 1" с нике-



❖ Сантехнический коллектор Giacomini серии R585CS для систем водоснабжения

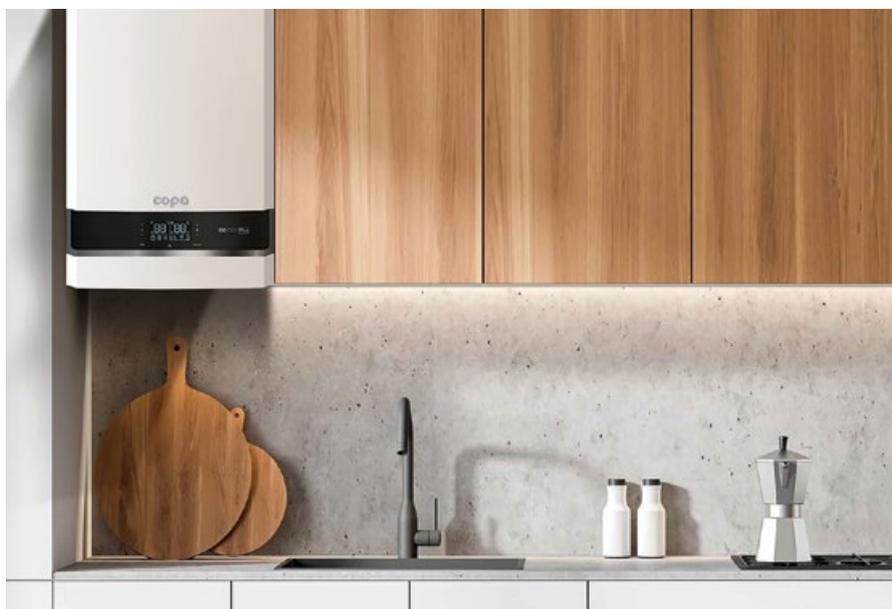
лированным корпусом, которые имеют два, три или четыре отвода с подключением 3/4" Е. И даже здесь производитель Giacomini добавил оригинальное решение: корпуса коллекторов имеют уплотнительные кольца, что позволяет проводить быструю сборку и подключение коллекторов без использования дополнительных уплотнительных материалов.



❖ Комплекты обвязки фанкойлов Giacomini серии R280KS — комплекты для управления и обслуживания конечных устройств ОВиК — в корпусе-теплоизоляции, в размерах Ду15 и Ду20, с клапанами с различными значениями рабочего расхода и специальными элементами арматуры

Тренды на рынке котельного оборудования и обновление продуктовой линейки компании «Гермес»

Компания «Гермес» занимает ключевые позиции на рынке котельного оборудования, предлагая профессиональные решения для отопления. В докладе на конференции «Обновлённый рынок котлового оборудования 2024 года: тренды, игроки, технологии», организованной [журналом СОК](#) в рамках выставки «Тепло и энергетика» | Heat & Electro 2024, отечественный производитель представил текущие тренды рынка и новинки своей продуктовой линейки.



❖ Настенный газовый конденсационный котёл COPA Eomix Plus

Группа компаний «Гермес» – на передовой машиностроительного сектора

Группа компаний «Гермес» — один из ведущих российских производителей отопительного оборудования в России. Компания активно развивает своё производство и работает не только на российский рынок, но и экспортирует продукцию в страны СНГ и Европу. Группа компаний состоит из четырёх предприятий, включающих в себя производственные площадки в городах Липецке и Екатеринбурге, конструкторское бюро и управляющую компанию. Годовая выручка группы в 2022 году превысила 2,2 млрд руб., а численность сотрудников составляет около 300 человек.



Завод в Екатеринбурге ежегодно производит свыше 150 сосудов и аппаратов под давлением и более 25 тыс. днищ для ёмкостного оборудования. Завод в Липецке выпускает водогрейные котлы мощностью от 100 кВт до 16 МВт и паровые котлы с давлением до 25 бар и производительностью до 18 т/ч. Продукция завода ранее производилась под брендом Viessmann и хорошо себя зарекомендовала в профессиональной среде. Благодаря полной локализации производства и использованию современных европейских технологий «Гермес» входит в ТОП-3 производителей промышленных котлов.

Тренды на рынке котельного оборудования

Современный рынок котельного оборудования демонстрирует несколько ключевых тенденций:

- 1. Рост спроса на котлы мощностью свыше 100 кВт.** В 2023 году продажи водогрейных котлов выросли на 30%, а паровых — на 10%. В настоящее время наблюдается ситуация, когда существующих мощностей российских производителей не хватает, чтобы удовлетворить весь спрос. Особенно сильно это проявляется в промышленном сегменте (более 2 МВт).
- 2. Смещение спроса в сторону настенных конденсационных котлов в сегменте до 200 кВт.** Компактные и энергоэффективные настенные котлы становятся предпочтительным выбором как для частных, так и для коммерческих объектов и вытесняют напольные котлы в этом сегменте.
- 3. Смещение продаж в сторону отечественного оборудования и оборудования, произведённого «дружественными» странами.** Это касается не только отопительного рынка в целом, но и рынка промышленного оборудования. Удлинение цепочек поставок и связанное с ним удорожание сделало европейскую продукцию неконкурентоспособной, к тому же отсутствие официальных представительств дополнительно повышает риски для покупателей. В связи с этим интерес потребителей закономерно сместился в сторону отечественных производителей и продукции из Турции и Китая.
- 4. Сегмент бытовых настенных котлов после дефицита оборудования в 2022 году полностью восстановился.** Образовавшийся после ухода большей части европейских производителей дефицит достаточно быстро заполнился оставшимися игроками, турецким и китайскими производителями.



●● Настенный газовый конденсационный котёл Hermes Legacy 100-W

Обновление продуктовой линейки

Для того чтобы соответствовать текущим изменениям и вызовам, группа компаний «Гермес» на 100% локализовала производство котлов Vitomax в Липецке, создала полноценный конструкторский отдел, заменила систему регулирования для водогрейных котлов на отечественную Unomatic и расширила свой продуктовый портфель за счёт продукции турецких производителей. Обновлённая продуктовая линейка, предлагая оптимальные по соотношению «цена/качество» современные решения как для бытового, так и для промышленного сектора:

1. Настенные котлы Hermes Legacy 100-W. Котлы серии Legacy 100-W, доступные в мощностях 24, 30 и 34 кВт, предназначены для работы на природном и сжиженном газе. Они оснащены цифровым дисплеем, поддерживают удалённое управление благодаря интерфейсу OpenTherm и имеют широкие возможности для диагностики. Это универсальное решение для частного сектора и малых коммерческих объектов.

2. Настенные и напольные газовые конденсационные котлы COPA. Традиционные котлы COPA Eon (24, 28 и 32 кВт), конденсационные котлы Eomix (20, 24 и 35 кВт) и Eomix Plus (24, 32 и 37 кВт) турецкого



●● Настенные газовые котлы Hermes Eomix и Eon



производства разработаны для работы на природном газе. Котлы Eon и Eomix также можно переоборудовать для работы на сжиженном газе. Все котлы оснащены цифровым дисплеем, конденсационные котлы поддерживают удалённое управление благодаря интерфейсу OpenTherm. Эта линейка позволяет закрыть практически любую потребность в бытовом сегменте.



●● Настенный газовый котёл Gassero

3. Конденсационные котлы Gassero. Линейка газовых конденсационных котлов Gassero включает как настенные (от 42 до 200 кВт), так и напольные котлы мощностью до 2,8 МВт. Модельный ряд включает в себя котлы, построенные на основе теплообменников из нержавеющей стали либо выполненных из сплава алюминия, кремния и марганца. Высокие показатели мощности и энергоэффективности при



●● Напольный газовый котёл Gassero

компактных размерах этих котлов делают их отличным выбором для широкого ряда крупных промышленных, муниципальных и коммерческих объектов.

4. Промышленные водогрейные и паровые котлы Vitomax. Водогрейные жаротрубные котлы Vitomax с мощностью до 16 МВт — это надёжное и эффективное решение для промышленных и муниципальных объектов. Данные котлы в качестве опции оснащаются каскадируемой системой регулирования Unomatic отечественного производства. Котлы на перегретой воде мощностью до 16 МВт и паровые котлы с рабочим давлением до 25 бар и производительностью до 18 т/ч предназначены для обеспечения потребности различных производств.



Планы на будущее и новые проекты

Компания «Гермес» продолжает вкладывать средства в модернизацию и расширение производственных мощностей. В 2025 году планируется ввод в эксплуатацию нового цеха для выпуска промышленных котлов, а также внедрение автоматизированной сварки. Это позволит существенно увеличить производственные объёмы и улучшить контроль качества на каждом этапе производства. На 2025 год также запланированы запуск в производство трёхходового котла Vitomax SX2A мощностью до 2 МВт, а также увеличение максимальной производительности котлов существующих серий.

Кроме того, компания активно работает над созданием новых продуктов, для чего создано конструкторское бюро, получившее статус резидента Инновационного центра «Сколково».

Обучение и поддержка партнёров

«Гермес» активно поддерживает своих партнёров через образовательные программы и сервисные решения. Академия «Гермес» проводит обучающие семинары для специалистов отрасли, консультантов и проектировщиков. Сервисная служба компании предлагает техническую поддержку на всех этапах: от проектирования до пусконаладочных работ и обслуживания котельного оборудования. ●

ОТОПЛЕНИЕ И ГВС:
ПРОЕКТЫ ГОДА



Высокие технологии для высотного строительства: пилотный проект поквартирного отопления с газовыми котлами BAXI ECO Star

В октябре 2022 года был дан старт строительству девятиэтажного жилого комплекса комфорт-класса «Высотка на Боровой» в городе Костроме. Сдачу объекта запланировали на конец 2024 года, но работы шли с опережением графика, и дом ввели в эксплуатацию во втором квартале. Для комплектации системы отопления застройщик остановил выбор на новинке BAXI 2024 года — настенных газовых котлах ECO Star 24F. Это первый в РФ проект поквартирного отопления с данной моделью котлов.

Описание жилого комплекса

Многоэтажный многоквартирный монолитно-кирпичный жилой дом возводился в тихом спальном районе города с развитой инфраструктурой. Дом представляет собой двухсекционное девятиэтажное здание с техническим подпольем. На первом этаже в каждой секции предусмотрены нежилые помещения с отдельными самостоятельными выходами и расположены помещения общего пользования: тамбуры, вестибюль, лифтовой холл, лестничная клетка, помещения для уборочного инвентаря, колясочные и электрощитовая.

В доме всего 112 квартир. В нижней части здания находится техническое подполье для прокладки коммуникаций. Витражное остекление лоджий придаёт зданию современный вид и выделяет строящийся жилой дом на фоне существующей застройки.

В доме установлены пластиковые окна, витражное остекление лоджий, смонтированы системы отопления, газоснабжения (с установкой двухконтурных газовых котлов), водоснабжения, водоотведения и электроснабжения с установкой приборов учёта (общедомовых и поквартирных). Поквартирное автономное отопление и ГВС позволяет значительно экономить на коммунальных платежах.

Этапы реализации

В феврале 2024 года компанией ОАО «Газпром газораспределение Кострома» на объекте «Высотка на Боровой» был выполнен первый пуск настенных газовых котлов ECO Star 24F. Это первый в России проект поквартирного отопления с данной моделью котлов.



Жилой комплекс «Высотка на Боровой» представляет собой двухсекционное девятиэтажное монолитно-кирпичное здание с техподпольем. На первом этаже в каждой секции находятся нежилые помещения с отдельными выходами и помещения общего пользования

Объект «Высотка на Боровой». Краткая справка

Объект:	Жилой комплекс «Высотка на Боровой».
Адрес:	РФ, Костромская область, г. Кострома, ул. Боровая, д. 34а.
Заказчик:	ООО «Специализированный застройщик «Надёжный дом».
Генподрядчик:	ООО «Стройка».
Начало строительства:	Ноябрь 2022 года.
Сроки ввода объекта в эксплуатацию:	IV квартал 2024 года (планируемый срок). II квартал 2024 года (фактический срок).

Оборудование на объекте

Объём поставки:	112 настенных газовых котлов BAXI ECO Star 24F для систем поквартирного отопления.
Сервисная организация:	ОАО «Газпром газораспределение», г. Кострома.



❖ Настенный газовый котёл серии ECO Star

В феврале произвели запуск 64 котлов в первом подъезде. Пуск котлов осуществлялся при уличной температуре в -10°C , но процесс пуска прошёл без сбоев, не было зафиксировано ни одного сообщения об ошибке в работе котельного оборудования.

Запуск систем отопления в квартирах, несмотря на зимнее время года, позволил застройщику выполнять работы по отделке общественных пространств (подъезды, лестничные клетки, лифтовые холлы).

Запуск 48 котлов второго подъезда был осуществлён в апреле. В июне жилой комплекс «Высотка на Боровой» был сдан в эксплуатацию.

Настенные газовые котлы BAXI ECO Star – идеальное проектное решение

Настенные газовые котлы BAXI ECO Star, установленные в жилом комплексе «Высотка на Боровой», компания «БДР Термия Рус» представила на российском рынке в начале 2024 года. Модели относятся к компактному классу оборудования и оснащены отдельными теплообменниками систем отопления и горячего водоснабжения. Котлы ECO Star разработаны специалистами исследовательского центра BAXI в Италии специально для российских потребителей и выпускаются на высокотехнологичном заводе в городе Цзясин (Jiaxing), КНР.

Выбор заказчиком этих моделей отопительных котлов для жилого комплекса в Костроме обусловлен доступностью по цене, надёжностью оборудования, а также простотой в установке, эксплуатации и обслуживании. Для котельного оборудования, устанавливаемого в системах поквартирного отопления, эти критерии являются приоритетными.



Котлы ECO Star оснащаются всем необходимым для работы системы отопления и имеют закрытую камеру сгорания. Котёл ECO Star — двухконтурный, то есть гарантирует возможность производства горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд. Котлы адаптированы к российским условиям и устойчиво работают при понижении входного давления природного газа до 5 мбар в диапазоне питающего напряжения 170–270 В, обеспечивая не менее 50% мощности.

В феврале 2024 года в ЖК «Высотка на Боровой» был выполнен первый пуск настенных газовых котлов BAXI ECO Star 24F. Поквартирное автономное отопление и ГВС позволяет значительно экономить на коммунальных платежах

Газовые котлы ECO Star укомплектованы новейшими устройствами контроля и безопасности и имеют класс защиты IPX5D. Класс защиты IPX5D означает, что распылённые струи воды не оказывают вредного воздействия на котёл. Котлы можно устанавливать на кухне, поскольку их компоненты надёжно защищены от брызг и паров масла и жира, образующихся при приготовлении пищи.

Компактные и надёжные котлы BAXI ECO Star хорошо себя зарекомендовали и в полной мере оправдали ожидания пользователей в пилотном проекте — жилом комплексе «Высотка на Боровой». После успешного старта эти модели применяются на других объектах поквартирного отопления и обеспечивают теплом жителей нашей страны. ●

Инверторные водонагреватели Royal Thermo: созданы для абсолютного комфорта

Круглосуточный доступ к горячей воде — неотъемлемая составляющая высокого качества жизни в современном мире. Именно поэтому электрические накопительные водонагреватели в последнее время стали незаменимыми помощниками в быту. Обеспечивая постоянное наличие горячей воды в любое время, они избавляют нас от неудобств, связанных с перебоями в централизованном горячем водоснабжении. Однако такие устройства имеют одну особенность — большой расход электроэнергии.



❖ Водонагреватель Royal Thermo Aqua Inverter

Royal Thermo — бренд №1 в системах отопления и лидер рынка климатической техники — предложил рынку целую линейку флагманских приборов — Aqua Inox Inverter, Aqua Inverter, Major Inverter, Centurio DL Inverter и Smalto Inverter, созданных на основе новой энергоэффективной концепции нагрева воды, позволяющей значительно снизить расходы на электричество.

Экономически выгодный нагрев воды

Главным преимуществом флагманской линейки, которое помогло снизить расход электроэнергии до рекордных показателей (более чем на 30%) и вывести их на новый уровень, стало использование инновационной технологии digital Inverter. Такая технология установлена во всех устройствах новой линейки.

Обычные водонагреватели работают по принципу циклического нагрева воды на полной мощности ТЭНа, что приводит в результате к перерасходу электроэнергии. В отличие от традиционных приборов в основе инверторной технологии заложена возможность постоянной поддержки заданной температуры воды с точностью до 1°C. Сверхточные термодатчики осуществляют непрерывный контроль за уровнем температуры

и настраивают работу ТЭНов так, чтобы не допустить их выхода на полную мощность. Благодаря этому вода греется с высокой точностью без перегрева, нагрузка на ТЭН снижается, срок службы нагревательного элемента увеличивается, а расходы на электричество уменьшаются.

Такая экономия может стать решающей, как при выборе устройства для подачи горячей воды в сезон отключения горячего водоснабжения, так и при покупке водонагревателя для дома, не подключённого к центральной системе ГВС.

«Сухие» ТЭНы

Не меньшее влияние на экономию оказывает сокращение расходов на комплектующие. Те, кто раньше пользовались обычными водонагревателями, знают, как быстро на ТЭНах образуется накипь, что приводит к неэффективной работе или даже поломке прибора.

Сократить расходы, сделать нагрев воды эффективным и продлить срок службы оборудования помогает используемая в водонагревателях серий Aqua Inox Inverter, Aqua Inverter и Smalto Inverter технология «сухих» ТЭНов.

Главное преимущество технологии — отсутствие контакта нагревательных элементов с водой, для чего ТЭНы помещены в специальные металлические кожухи.



❖ Водонагреватель Royal Thermo Smalto Inverter Grafit

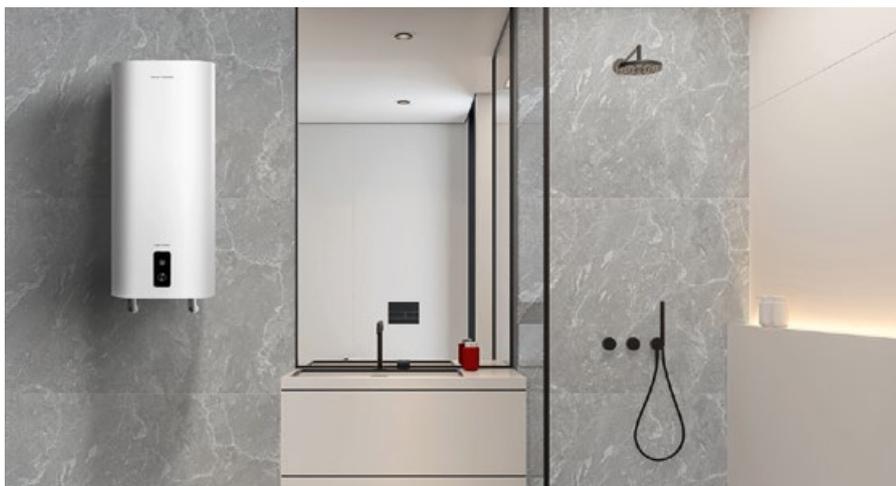
Это предупреждает появление накипи на нагревательном элементе, сохраняет работоспособность прибора и позволяет сократить расходы на замену комплектующих.

Отсутствие коррозии

Даже самое надёжное и долговечное оборудование может быть подвержено коррозии и разрушению. Стенки металлического бака и ТЭНы неизбежно вступают в химическую реакцию с кислородом, содержащимся в воде, образуя оксид железа. Это — процесс коррозии. Поэтому одним из значимых параметров надёжной водо-



❖ Водонагреватель Royal Thermo Aqua Inox Inverter



❖ Водонагреватель Royal Thermo Major Inverter

нагревательной техники является их возможность противостоять разрушительным процессам.

Нейтрализовать реакцию и предотвратить появление ржавчины в Major Inverter и Aqua Inox Inverter помогает использование электронного анода. В отличие от магниевых элементов, здесь защитный ток вырабатывается внешним источником напряжения. Анод подключается к электросистеме водонагревателя. Стенки бака и активный анод составляют между собой катодно-анодную пару. При этом стенки бака играют роль катода, образуя катионы, за счёт чего происходит восстановление стенок. В результате внутренняя поверхность бака в меньшей степени подвергается коррозии, а сам анод, принимая весь процесс окисления на себя, не изнашивается благодаря высокой коррозионной стойкости титана.

Всегда свежая вода

Если вы не пользуетесь водонагревателем постоянно, а только время от времени, например, когда приезжаете на дачу раз в неделю по выходным, возникает проблема застаивания воды из-за нечастого применения. Сохранить качество воды поможет

система профессиональной антибактериальной обработки воды Bacteria Stop System, установленная во всех инверторных моделях. Благодаря регулярному запуску цикла термической обработки, при которой бактерии гибнут, вода остаётся свежей и безопасной.



❖ Royal Thermo Centurio DL Inverter

Защита от замерзания

Ещё один режим, который по достоинству оценят владельцы загородных домов, — это режим «Антизамерзание». Он помогает сохранять работоспособность прибора при низких температурах. В ситуации, когда температура в баке опустится ниже +5 °С, инверторные водонагреватели автоматически подогреют воду до безопасных значений, предотвращая тем самым поломку прибора или аварийную ситуацию. Режим создаёт дополнительный комфорт, избавляя от необходимости сливать воду из бака, надолго уезжая из загородного дома.

Современное управление с помощью Wi-Fi

Удалённое управление — это не дань моде. Это удобство и разумный подход к расходу ресурсов. Наличие дистанционной настройки позволяет не просто управлять Aqua Inox Inverter, Aqua Inverter, Major Inverter и Smalto Inverter в одно касание экрана из любой точки мира, позволяя нагревать воду точно к вашему возвращению домой. Управление через Wi-Fi даёт возможность задать работу прибора согласно индивидуальному ритму жизни пользователя. Подключив водонагреватель к приложению Номмуп, можно не просто включать и выключать оборудование, но и прописывать сценарии работы по разным дням недели с учётом собственного расписания.

Также управление посредством Wi-Fi позволяет подключать к устройству голосовых ассистентов «Алису» и «Марусю».

Инверторные электрические водонагреватели Royal Thermo — это воплощение высокотехнологичных решений, гарантирующих круглосуточный доступ к горячей воде, экономии на платежах и техобслуживании, а также поддержание активного темпа жизни. Выбирая электрические водонагреватели Royal Thermo, вы заботитесь о своём удобстве. ●

Настенные котлы «Лемакс» серии Prime-V: современные котлы с безупречной репутацией

Востребованность настенного газового оборудования стремительно растёт, ведь оно обеспечивает высокую степень автоматизации процессов в системах отопления. Современные модели котлов оснащены интеллектуальными системами управления, которые позволяют пользователю контролировать работу котла, задавать режимы отопления, а также получать уведомления о необходимости проведения тех или иных работ, что делает эксплуатацию оборудования более комфортной и эффективной.

Кроме того, настенные газовые котлы отличаются высокой эффективностью и низким уровнем выбросов, что соответствует современным экологическим стандартам. Использование настенных котлов не только снижает потребление энергоресурсов, но и минимизирует негативное воздействие на окружающую среду. За счёт применения современных технологий при производстве настенных котлов «Лемакс» серии Prime становится возможным обеспечить стабильное функционирование системы отопления и горячего для различных типов помещений — от небольших помещений с индивидуальным отоплением и ГВС до крупных коммерческих и производственных зданий.

Серия настенных котлов «Лемакс» Prime-V предназначена для отопления различных помещений с принудительной циркуляцией теплоносителя и обеспечения горячего водоснабжения с высокой производительностью. Модельный ряд включает в себя котлы от 10 до 32 кВт. Использование отдельных теплообменников увеличивает срок службы котла и уменьшает стоимость его владения.

В корпусах котлов серии Prime-V установлена теплоизоляция на основе оксида алюминия и неорганического связующего с увеличенной в полтора раза толщиной, улучшающая эффективность работы. Циркуляцию воды обеспечивает встроенный насос, а расширительный бак компенсирует тепловое расширение отопительной воды. В качестве уплотнителей используется каучук NBR, устойчивый к высоким температурам.

Управление работой котла осуществляется электронной платой со встроенным модулем защиты от перегрева, замерзания и других аварийных ситуаций.

Серия настенных газовых котлов «Лемакс» Prime-V предназначена для отопления различных помещений с принудительной циркуляцией теплоносителя и обеспечения горячего водоснабжения с высокой производительностью. Модельный ряд включает в себя котлы мощностью от 10 до 32 кВт



На правах рекламы.





Котлы собираются из высококачественных деталей и компонентов, включая оригинальную автоматику безопасности 845 Sigma.

Для удобства эксплуатации котлы Prime-V обладают функцией дистанционного управления по релейному типу контактов через устройства на базе iOS и Android. Ремонт и обслуживание котлов удобны благодаря унифицированным узлам и запчастям, доступным на сайте и в сервисных центрах предприятия.

На данный момент на территории предприятия строится ещё один завод для производства настенных котлов с объёмом производства 200 тыс. единиц в год.

200000
НАСТЕННЫХ КОТЛОВ
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МОЩНОСТЬ
НОВОГО ЗАВОДА «ЛЕМАКС»

Все настенные котлы «Лемакс», приобретённые с 1 января 2024 года, имеют увеличенные сроки гарантии: **три года заводской гарантии и два года дополнительной гарантии** при покупке в **официальной точке продаж «Лемакс»** или в интернет-магазине lemax-kotel.ru.



Для активации дополнительной гарантии необходимо получить специальный промокод и зарегистрировать его на официальном сайте lemax-kotel.ru в разделе «Регистрация котла».

В настоящее время «Лемакс» занимает первое место по производству напольных газовых котлов и второе место по производству стальных панельных радиаторов, а также входит в ТОП-10 на российском рынке котлов отопления по итогам 2023 года в количественном и денежном выражении, согласно данным исследования «Литвинчук Маркетинг» за 2023 год. ●

Fondital: котлы и радиаторы российского производства для домашнего комфорта

С 1970 года компания Fondital предлагает котлы и радиаторы Made in Italy в более чем 70 странах мира, наилучшим образом удовлетворяя различные потребности своих клиентов. Быть международным — значит иметь возможность предлагать широкий ассортимент продукции в соответствии с особенностями рынка той или иной страны.

Российский рынок всегда занимал и занимает важное место для бренда Fondital, настолько важное, что были сделаны значительные инвестиции в строительство производственного завода в Липецкой области, который начал работать с 2019 года. Помимо офисов, было налажено и производство, а с открытием завода в Липецке и недавним завершением строительства литейного цеха компания Fondital достигла нового рубежа, который позволит выполнять все технологические операции на месте. Реализация этого проекта, на который сделала упор компания Fondital, позволила получить важные преимущества в коммерческом и логистическом плане, гарантировать постоянное наличие продукции и значительное сокращение сроков изготовления в интересах своих коммерческих партнёров в России.

Помимо производства отопительного оборудования Fondital предоставляет ряд услуг, среди которых постоянная поддержка торговых представителей по всей территории РФ

вышают свою квалификацию. Для проведения семинаров на липецком заводе также был создан учебный класс, в котором установлены котлы для проведения практических занятий и совершенствования навыков монтажа.

Но в основе всего лежит качество предлагаемой продукции, гарантированное проводимыми внутренними испытаниями и прохождением сертификаций, как в российских, так и европейских сертификационных центрах, что гарантирует



❖ Биметаллический радиатор Fondital Evostal

С этой же целью Fondital предоставляет ряд услуг, среди которых постоянная поддержка командой торговых представителей по всей территории, которая быстро и уверенно растёт за счёт новых сотрудников компании. Это даёт возможность клиентам иметь прямой контакт с торговыми представителями, которые в любое время ответят по всем вопросам и потребностям. К команде коммерческих сотрудников Fondital добавились высококвалифицированные технические специалисты, обеспечивающие оперативную послепродажную поддержку, позволяя в кратчайшие сроки устранить любые проблемы и сбои в работе, в том числе благодаря запасным частям, которые всегда есть в наличии. По всей территории Российской Федерации активно работает сеть сервисных центров: они постоянно модернизируются, а их сотрудники по-

реальность заявленных технических показателей продукции: производительности и теплоотдачи.

Продукция

Компания Fondital предлагает обширную гамму радиаторов и разнообразие моделей, например, биметаллические радиаторы Evostal и Alustal, которые особенно подходят для систем центрального отопления, а также модель Calidor, которая уже более 30 лет используется в многоэтажных домах. Биметаллические радиаторы Evostal и Alustal состоят из стального внутреннего сердечника, обладающего высокой прочностью и способного защитить радиатор от высокого давления и коррозии, и алюминиевого корпуса, способного быстро достигать оптимальной температуры, адаптируясь к различным температурным изменениям.



❖ Завод «Фондиталь» в Липецкой области — одно из самых передовых предприятий в России

Alustal выпускается с различными межосевыми расстояниями, теперь его можно заказать и с межосевым расстоянием 350 мм, что позволяет устанавливать радиатор в любых помещениях. Для систем того же типа существует также модель Aleternum с запатентованной антикоррозионной обработкой, позволяющей дополнительно защитить внутреннюю поверхность радиатора. Модели Aleternum полностью изготовлены из алюминия — материала, обладающего исключительными техническими качествами, такими как высокая теплоотдача и низкая тепловая инерция, что позволяет радиаторам мгновенно реагировать и тем самым не только поддерживать комфортную температуру в помещении, но и значительно экономить на потреблении энергии. Кроме того, благодаря оптимальному использованию сырья, вес радиатора был оптимизирован без ущерба для эксплуатационных характеристик, что ещё больше облегчает перемещение и установку батарей с разным количеством секций.

Радиаторы Fondital также имеют ряд запатентованных инноваций, которые ещё больше повышают их эффективность и качество. Среди них следует отметить

заднюю стенку радиатора «шахматного типа», обеспечивающую большую циркуляцию воздуха, а также термодиффузионную заглушку. Благодаря процессу термоэлектрической диффузии заглушка становится единым целым с радиатором, исключая появление заусенцев и стружки; данная особенность заглушки позволяет исключить участки, где может скапливаться грязь, которая со временем может повредить изделие.



❖ Радиатор Blitz Super B4 в цвете Black Coffee



❖ Настенный газовый котёл серии Antea

Наконец, нельзя не упомянуть и о процессе покраски, который осуществляется в два этапа: первый — анафорез, который гарантирует защиту металла и большую долговечность изделия, второй — порошковая окраска, придающая эстетические характеристики изделию, сохраняя его первоначальный вид. Для обеспечения безупречного и долговечного внешнего вида перед окрашиванием проводится предварительная обработка каждой батареи, что позволяет добиться устойчивости к коррозии.

Говоря о модели Blitz Super B4, недавно этот литой под давлением биметаллический радиатор был представлен в новом цвете — Black Coffee, который придаёт радиатору дизайнерский стиль и делает его настоящим предметом интерьера в любом помещении.

Что касается линейки котлов, то здесь представлены атмосферные модели, такие как Minorca CTN и CTFS (Made in Russia) с широким диапазоном модуляции и датчиком комнатной температуры, позволяющим модулировать работу котла в зависимости от температуры в помещении. Среди гаммы атмосферных котлов, сделанных в России, можно отметить модели Antea CTFS и RBTF5 — компактные, высокопроизводительные и простые в монтаже котлы, и Formentera — технологичные и развитые с инновационным дизайном, которые можно заказать в различных модификациях.

Компания Fondital предлагает на российском рынке также конденсационные котлы Made in Italy, такие как Formentera и Antea KRB с бойлером, и конденсационные высокопроизводительные котлы Itaca CH KR.

Стратегическое присутствие

Открытие собственного литейного завода в Липецке ещё больше укрепляет местные производственные мощности Fondital, позволяя быстрее и шире распространять продукцию на территории России. Эти инвестиции подтверждают стремление компании гарантировать то же качество Made in Italy непосредственно в сердце России, удовлетворяя потребности как коммерческих партнёров, так и конечных потребителей.

Fondital на выставке Aquaflame by Aquatherm Moscow 2025

Fondital будет присутствовать на очередной выставке Aquaflame by Aquatherm Moscow 2025, которая станет важным событием для ознакомления с новинками в секторе отопления и общения с экспертами в этой области. Мы будем рады видеть вас на нашем стенде! ●

Выбор электро-водонагревателя для загородного дома, особенности монтажа и подключения

Электрические водонагреватели всё чаще становятся неотъемлемой частью оснащения большинства загородных домов. Данное оборудование незаменимо для объектов, не подключённых к центральному водоснабжению. Также оно полезно для временной эксплуатации, например, при плановом отключении горячей воды.

Автор: Артём ЗЕБРОВ, продавец-консультант «Лемана ПРО» («Леруа Мерлен»), г. Красногорск

Электрический водонагреватель безопасен и прост в установке, в отличие от газового аналога. Современные модели электроводонагревателей автоматизированы, имеют несколько рабочих программ, включая режимы экономии электроэнергии. Благодаря подобным преимуществам оборудование применяют в качестве и основного, и дополнительного источников горячего водоснабжения.

Виды электроводонагревателей

Электрические водонагреватели делят на две категории: накопительные (бойлеры) и проточные. Об особенностях работы и подключении каждого расскажем ниже.

Накопительный тип

Водонагреватель накопительного типа подходит для подключения к нескольким точкам водоразбора одновременно (душ, смеситель и т.д.). Нагрев воды происходит постепенно, поэтому оборудование не требует большой электрической мощности. Оно подходит для монтажа в любом помещении. Обычно его размещают в котельной. Устанавливают прибор в одном из двух положений: вертикальном или горизонтальном. Вариант монтажа выбирают по характеристикам помещения, где будет размещён прибор, исходя из наличия свободного места.

Накопительный водонагреватель состоит из корпуса, бака, магниевого анода, термоизоляции, ТЭНа, термостата, блока управления, системы защиты, температурного датчика, предохранительного клапана, электрического кабеля.

Мощность трубчатого электронагревателя (ТЭНа) и вместимость оборудования влияют на время нагрева. Чем больше

Накопительный водонагреватель состоит из корпуса, бака, магниевого анода, термоизоляции, ТЭНа, термостата, блока управления, системы защиты, температурного датчика, предохранительного клапана, электрокабеля

объём бака, тем дольше температура будет подниматься до нужного уровня, а также потребуется больше энергии.

После нагрева воды заданный температурный режим (от +35 до +75°C) будет поддерживаться автоматически. Для сохранения тепла в системе баки теплоизолируют. Чем качественнее теплоизоляция, чем толще её слой, тем экономнее будет электроводонагреватель. Наличие автоматической системы защиты предохранит прибор от замерзания и перегрева.

Проточный тип

Проточный водонагреватель работает по принципу мгновенного нагрева воды. Его отличают прежде всего компактные размеры. При его подключении необходимо проложить отдельный электрокабель и поставить автомат защиты на электрическом щитке, так как прибор склонен к пиковым нагрузкам.

Повышение температуры в устройстве происходит во время обтекания жидкостью нагревательного элемента. При установке оборудования в регионе с повышенной жёсткостью воды предпочтение отдают моделям со спиралью, так как она не способствует образованию отложений солей жёсткости. В остальных случаях разрешается использовать в качестве нагревательного элемента ТЭН.





Стандартные модели оборудования имеют гидравлическое управление. Температура подаваемой потребителю воды находится в прямой зависимости от мощности прибора, его пропускной способности и начальной температуры жидкости. Чем больше объём проходящей воды, тем ниже её температура. Мощность в таких водонагревателях не меняется.

Альтернативной служат электронные «проточники», которые имеют более сложное устройство. Они способны сохранять заданный температурный режим при любых условиях. Это возможно за счёт присутствия в конструкции специального прибора — гидравлического реле, которое автоматически изменяет расход воды через водонагреватель.

Характеристики электрического водонагревателя

Основная характеристика оборудования для нагрева воды — мощность. Чем она выше, тем прибор эффективнее и производительнее. Проточные модели имеют больший показатель (2,5–6,0 кВт), чем у накопительных (1,2–3,0 кВт). Это связано с их задачей быстрого поднятия температуры воды. Проточные водонагреватели мощностью свыше 8 кВт обычно не допускают к установке в частных домах.

Мощность агрегата показывает, какой объём воды нагревает прибор за единицу времени при определённой разнице температур (Δt) на входе и выходе. Параметр актуален для проточных моделей. Для накопительного оборудования используют значение ёмкости бака.

Приборы вместимостью до 150 л относятся к бытовым, они ориентированы на умеренное водопотребление. Оборудование подбирают с учётом нужд пользователя.

Существуют приблизительные показатели, на которые можно опираться при подборе литража. Например, для мытья рук на кухне достаточно бака 5–15 л, для принятия душа одним человеком — 30 л, для семьи из трёх человек — 50–100 л, для большего количества людей (до пяти человек) — 150 л. Данные показатели характерны для приборов, которые используют в качестве дополнительного источника ГВС. Если частный дом не подключён к центральной системе горячего водоснабжения и требуется оборудование, которое способно его заменить, то выбирают объём бака не менее 300 л (для большого коттеджа — 500 л). Его размещают в отдельной котельной.

Приборы для бытового назначения небольшого объёма обычно монтируют на стену, тяжёлое оборудование располагают на полу и отводят для него отдельное хозяйственное помещение в доме.

Накопительные водонагреватели отличаются по форме корпуса (цилиндрический, прямоугольный, плоский) и исполнению прибора (горизонтальный, вертикальный, универсальный). Сочетание



этих параметров помогает подобрать оптимальную по геометрии модель и удобно расположить её на объекте индивидуального жилищного строительства (ИЖС).

Порядок установки

Начало установки электрического водонагревателя одинаковое, вне зависимости от его типа. Работы начинают с определения места, где будет располагаться оборудование. Далее следует важнейший этап — определение числа водоразборных точек. Их количество влияет на мощность, которая потребуется прибору, а также на особенности его подключения.

Перед установкой проверяют характеристики электрической проводки в доме, а именно размер сечения, материал и предельную нагрузку, на которую она рассчитана.



Это особенно важно при подключении проточных моделей. Если работа от существующей проводки невозможна, то к водонагревателю прокладывают от электрического щитка отдельный кабель.

Немаловажным шагом является оценка состояния воды в доме. Если для неё характерны примеси, то устанавливают фильтры. Они снизят нагрузку на оборудование и предотвратят его поломку от загрязнения.

Дальнейшие действия зависят от типа нагревателя — проточного или накопительного. В любом случае монтаж производится согласно инструкции, приложенной к прибору. В ней для определённой модели прописывают рекомендации по установке и подключению (необходимое число отверстий в стене, особенность фиксации, порядок соединения шлангов и их параметры). Подводку к центральному водопроводу выполняют из пластиковых (PP-R), медных, стальных или металлопластиковых (PE-X/AL/PE-X) труб. При гибком способе соединения оно быстро приходит в негодность, поэтому не рекомендовано.

Накопительный водонагреватель

Водонагреватели ёмкостью менее 200 л крепят к стене, при объёме свыше 200 л — ставят на пол. Если оборудование имеет бак более 50 л, то его располагают на несущей конструкции с помощью кронштейнов, которые крепят анкерными болтами. Вертикальные приборы подвешивают на два крюка, горизонтальные — на четыре. Стена, на которую устанавливают водонагреватель, должна выдерживать как минимум двойной вес прибора, предельно заполненного водой. На ней не допускается наличия трещин и других повреждений. В ином случае необходимо принять меры по усилению креплений или монтировать водонагреватель на специальной опоре. Чтобы обеспечить удобное обслуживание прибора в дальнейшем, расстояние между его защитной крышкой и стеной оставляют в пределах 30–50 см (зависит от формы модели и его размеров), от верха прибора до потолка должно быть не менее 10 см.

Помещение котельной, где располагают водонагреватель, должно иметь гидроизоляцию пола или водосборные каналы. Если их нет, то прибор ставят на защитный поддон и проводят дренажную трубку. Её подключают к предохранительному клапану, который выполняет роль выпуска лишней воды из системы при повышении в ней давления. Чтобы уменьшить теплотери в трубопроводе, место расположения нагревательного оборудования должно находиться как можно ближе к точке водоразбора.

Установку производят с помощью анкерных болтов. При подключении давление в системе водоснабжения должно быть минимум 0,1 МПа, но не больше 0,7 МПа. При более высоком параметре необходимо установить перед оборудованием редуктор давления, чтобы снизить его значение до 0,7 МПа. Затем переходят к двум патрубкам на приборе. Обычно они находятся снизу бака (синим цветом обозначают вход для холодной воды, красным — выход для горячей). Для подключения водонагревателя к водопроводу используют трубы диаметром ½". На резьбовые окончания ставят уплотнительные прокладки. Если есть необходимость установки фильтра, то его ставят на входе в водонагреватель. На патрубок холодной воды накручивают тройник, к нему присоединяют шаровый кран для слива воды и предохранительный клапан.

Затем переходят к стояку ХВС. На входной кран устанавливают запорную арматуру — шаровый кран — и соединяют его с предохранительным клапаном на приборе с помощью подводки. Для крепления используют накидные гайки с ре-



зиновыми прокладками. На предохранительный клапан надевают дренажную трубку и выводят её в канализацию. К выходному патрубку подсоединяют нужное количество точек потребления.

Далее осуществляют подключение к электросети. Комплектация обычно предусматривает заводскую вилку, её достаточно вставить в сетевую розетку с заземлением. Розетку размещают на уровне верхней части прибора. Если на это место может попасть вода, то высота установки должна быть не менее 1,8 м. Требования к розетке: 220–240 В / 10 А, однофазная, трёхпроводная. Используется электрокабель с жилой сечением не менее 3 × 1,5 мм² (для меди).

После выполняют пробный запуск водонагревателя. Для этого перекрывают кран на стойке ГВС и открывают запорные краны на оборудовании. Заполняют бак водой. Температуру воды устанавливают с помощью терморегулятора в диапазоне от +35 до +75 °С. На готовность прибора указывает отсутствие пузырьков воздуха и равномерный напор из смесителя. После заполнения проверяют соединения и наличие протечек. Вилка и розетка не должны чрезмерно нагреваться (выше +50 °С на поверхности).

Проточный водонагреватель

Водонагреватель проточного типа рассчитан на обслуживание одной точки водоразбора, поэтому его располагают как можно ближе к ней. Напорные модели ориентированы на обслуживание нескольких точек, поэтому их соединяют со стояками. Если от места установки оборудования до точки выпуска воды более 3 м, выполняют теплоизоляцию труб горячей воды, чтобы уменьшить теплотери.

Выбор типа водонагревателя для частного дома зависит от потребностей пользователей в горячей воде и особенностей самого строения. Накопительные модели ориентированы на обслуживание нескольких водоразборных точек

При монтаже несущая способность стены должна превышать массу оборудования минимум в два раза, оптимально — в четыре. Затем просверливают отверстия, вкручивают в них крюки или саморезы с потайной крестообразной головкой и навешивают прибор. Чтобы не допустить затопления, рядом с местом монтажа должно быть дренажное отверстие.

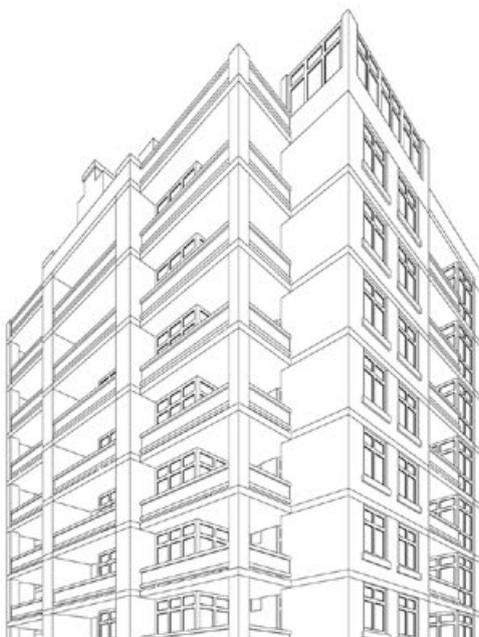
Подключение к водопроводу проточного водонагревателя схоже с накопительным, только не требует предохранительного клапана и отводов для слива воды. В системе необходимо предусмотреть реле защиты от протечек. Его монтируют в зоне, куда невозможно случайное попадание воды. На патрубки прибора ставят шаровые краны, соединения уплотняют. На стояках ГВС и ХВС ставят тройники, их соединяют с запорной арматурой оборудования с помощью подводки. Для того чтобы ограничить давление, которое должно находиться в пределах 0,1–0,7 МПа, ставят редуктор на входном патрубке. Подключение моделей мощностью до 3,5 кВт к электропроводке выполняют через кабель с вилкой, остальные — напрямую через кабель.

Перед запуском перекрывают стояк горячей воды и открывают запорные краны на приборе. Включают воду в смесителе/душе. Важно дождаться ровного потока без наличия в нём воздуха, а потом проверить качество соединений. Затем включают оборудование на нагрев и проверяют, повысилась ли температура жидкости из-под крана. При включении проточника в системе водоснабжения обязательно должна быть вода.

Выбор типа водонагревателя для частного дома зависит от потребностей пользователя в горячей воде и особенностей самого строения. Накопительные модели ориентированы на обслуживание нескольких водоразборных точек. Они потребляют меньше электроэнергии. Проточные водонагреватели при большом расходе воды ставить нецелесообразно, если дом является местом постоянного проживания, а не летней дачей.

В зависимости от вместительности бака водонагревательное оборудование может справиться с обслуживанием всего загородного домостроения (каждой точки водоразбора). Однако такой тип водонагревателя нуждается в периодическом обслуживании (прежде всего замене анода). Работа проточных моделей не ограничена объёмом бака, так как нагрев воды происходит мгновенно. Но для установки необходимо подготовить проводку в доме из-за большой потребляемой прибором мощности. ●

Сделайте сложные системы простыми



Новые группы быстрого монтажа Giacomini R586R.
Идеальная гибкость для любой системы.

Giacomini: высококачественные компоненты для создания комфортных систем климата и водоснабжения жилых и общественных зданий. Тысячи продуктов, которые входят в нашу повседневную жизнь. Giacomini: часть жизни.



Универсальный проточный водонагреватель: всегда с горячей водой

Горячая вода является неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Поэтому перебои с ГВС становятся настоящим стрессом. Как сделать так, чтобы горячая вода в кране никогда не заканчивалась?

Ещё недавно такое было невозможно, но сегодня подобное решение существует — это проточный электрический водонагреватель-насадка на кран UniTap Mini, сделанный Royal Thermo — российским производителем широкого спектра бытовой климатической техники и лидером по разработке и выпуску радиаторов отопления.

UniTap Mini: водонагреватель-насадка на любой смеситель

UniTap Mini — универсальное оборудование, которое пригодится везде и всегда, ведь устройство с лёгкостью монтируется на любой стационарный кран. Благодаря ему в вашем кране в любое время и в любой ситуации будет горячая вода. Водонагреватель идеально подходит для квартир, летних кухонь и даже зданий коммерческого назначения. Простота установки позволит без труда произвести подключение водонагревателя к водопроводной системе и пользоваться водой комфортной температуры в тот же день.

Пять преимуществ UniTap Mini

Главное преимущество UniTap Mini, как и любого проточного водонагревателя — это возможность подавать горячую воду мгновенно без продолжительного ожидания нагрева. Мощный ТЭН обладает достаточной производительностью, позволяющей обеспечивать пользователя водой комфортной температуры.

Однако ожидать от этой малютки такой же эффективности, как от накопительного водонагревателя, не стоит. Надо принять во внимание, что насадка на смеситель не подходит для принятия душа или ванной. UniTap Mini — это временное решение, не предназначенное для полноценной замены ГВС.

Ещё один немаловажный плюс — непревзойдённая экономия места. Подобная насадка на кран не занимает полезное пространство, а значит подходит для эксплуатации даже в самых небольших по площади помещениях.

Модель невероятно проста в установке. Она не требует даже демонтажа старого крана — UniTap Mini монтируется непосредственно на выход стандартного смесителя. Монтаж настолько простой, что с ним справится даже неподготовленный обыватель. Для установки пользователю не понадобятся профессиональные инструменты, специальные навыки или дополнительные запчасти, ведь в комплектацию уже входит всё необходимое — шнур электропитания и евровилка. Установка займёт всего несколько минут. Мощность 3,3 кВт позволяет просто подключить устройство к обычной электрической розетке 220 В. Это идеальное решение для тех, кто ценит своё время и хочет получить горячую воду без долгих ожиданий и хлопот.

UniTap Mini удобен в эксплуатации. Достаточно просто открыть кран, чтобы пользоваться горячей водой. Контролировать уровень нагрева помогает цифровой дисплей, расположенный на передней части прибора. Управление температурой осуществляется с помощью механического регулятора, расположенного на боковой части корпуса прибора.

Устройство безопасно в эксплуатации и рассчитано на продолжительный срок службы. Нагревательный элемент сделан из нержавеющей стали, а для защиты от перегрева и протечки установлены датчики.

Водонагреватель-насадка — это универсальное решение, которое пригодится везде. Дома, на даче — в любом месте, где нужно мгновенное обеспечение горячей водой, не занимая при этом места, он станет настоящей находкой. Не нужно тратить время на ожидание, пока нагреется бойлер. Просто откройте кран и наслаждайтесь горячей водой. ●



30 ЛЕТ YEARS **MosBuild**

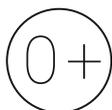
**30-я Международная
строительно-интерьерная
выставка**

1–4 апреля 2025

Москва, Крокус Экспо

80 000+
посетителей

1 400+
участников



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER

Забронируйте
стенд на сайте
mosbuild.com



Контроль ВХР паровых котлов низкого давления с использованием значения рН котловой воды

В данной статье описывается технология контроля параметров котловой воды с контролем значения рН котловой воды и величины её электропроводности. Представлены примеры данного контроля. Указаны условия, при которых контроль является достаточно эффективным.

Возможно ли контролировать весь водно-химический режим (ВХР) паровой котельной при помощи измерений только значений рН и электропроводности котловой воды? Теоретически, да. На практике успешность данного контроля будет определяться точностью измерения рН и электропроводности котловой воды.

Необходимо сказать, что всё изложенное ниже относится к непрямочным паровым котлам низкого давления, то есть к котлам, в которых котловая вода формируется путём многократного упаривания питательной воды.

Параметрами качества котловой воды являются следующие показатели: щёлочность по фенолфталеину, Φ щёлочность по метилоранжу M , солесодержание S , относительная щёлочность $Ш_{от}$ котловой воды.

Все четыре показателя качества котловой воды связаны между собой, то есть величина каждого показателя зависит от величин других показателей.

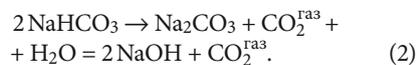
Относительная щёлочность котловой воды как раз является показателем, который связывает значение щёлочности котловой воды и её солесодержание.

Относительная щёлочность [%] определяется по формуле:

$$Ш_{от} = \frac{40(\Phi + M)100}{S}, \quad (1)$$

где Φ — щёлочность по фенолфталеину, ммоль/л; M — щёлочность по метилоранжу, ммоль/л; S — солесодержание котловой воды, мг/л.

Число 40 в формуле (1) говорит о том, что предполагается, что в котле существует только фенолфталеиновая щёлочность, то есть весь бикарбонат натрия, содержащийся в исходной воде в котле, переходит в гидрат натрия в условиях отгонки углекислоты с паром по уравнению:



Сначала бикарбонат натрия переходит в карбонат при удалении углекислоты с паром, а затем карбонат натрия гидролизует в воде с образованием гидрата натрия. Таким образом, котловая вода всегда имеет довольно высокий водородный показатель рН.

При расчёте относительной щёлочности делается два предположения. Во-первых, то, что в котле содержится только фенолфталеиновая щёлочность, то есть гидрат натрия, и, во-вторых, что солесодержание котловой воды определяют по значению электропроводности котловой воды с учётом переводного коэффициента.

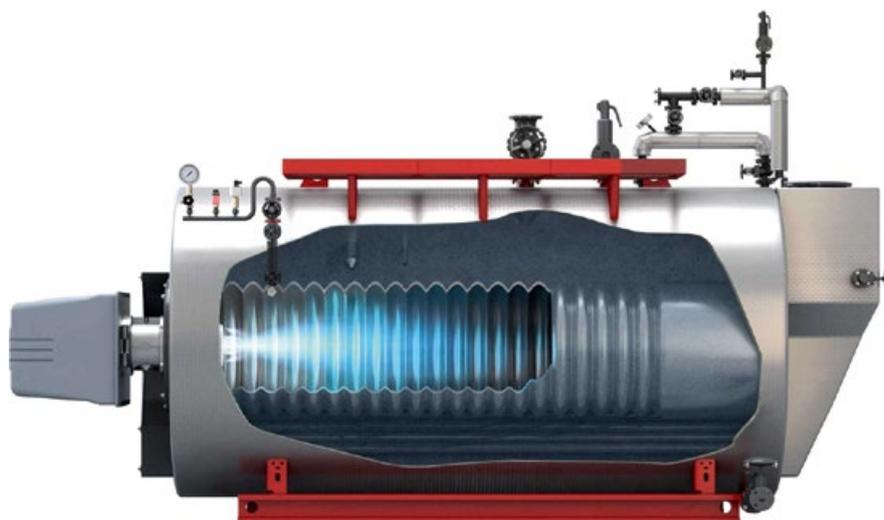
Все четыре показателя качества котловой воды (щёлочность по фенолфталеину и по метилоранжу, солесодержание, относительная щёлочность) связаны между собой, то есть величина каждого показателя зависит от величин других показателей

Это приводит к значительным неточностям в определении непосредственно солесодержания котловой воды. Однако при расчёте относительной щёлочности это не влияет на полученное значение $Ш_{от}$, так как допустимый диапазон относительной щёлочности составляет 10–50%.

Фактически относительная щёлочность говорит только о том, возможно ли протекание в котле кислотной (если $Ш_{от}$ менее 10%) или щелочной (если $Ш_{от}$ более 50%) коррозии.

Относительная щёлочность по факту связывает щёлочность и солесодержание котловой воды, но из-за используемых допущений при её расчёте не позволяет судить о том, попадают ли в котёл соли жёсткости с питательной водой и (или) конденсатом и происходит ли в котле накипь и шламообразование.





Гораздо эффективнее для целей контроля качества котловой воды использовать контроль величины рН котловой воды и значения электропроводности котловой воды. Важными преимуществами такого контроля является то, что по соотношению значений рН и электропроводности котловой воды можно судить о том, поступают ли в котёл соли жёсткости, и что он может быть полностью автоматизирован. По факту не будет требоваться проведение химических анализов (они потребуются только на стадии пусконаладочных работ). В чём же заключается суть такого контроля водно-химического режима парового котла?

Для начала необходимо чётко понимать, что значение рН воды в котле определяется количеством гидрата (OH^-), который получается в результате разложения бикарбонатов в котле по уравнению (2). Количество гидрата будет зависеть от концентрации бикарбоната натрия в питательной воде и коэффициента упаривания котловой воды. Можно сказать, что для котловой воды парового котла определённого давления при определённой концентрации бикарбонатов в питательной воде и определённом коэффициенте упаривания будет существовать только одно значение водородного показателя рН.

Определить такое значение рН можно, зная значение фенолфталеиновой Φ и метилоранжевой M щёлочности. Методика для расчёта значения рН по Φ и M представлена в статье автора [1]. Данная работа содержит теоретическое обоснование, практические расчёты, результаты экспериментов и алгоритм расчёта значения рН от значений Φ и M с учётом ионной силы раствора.

Соответственно, проведя анализ котловой воды на Φ и M , можно рассчитать значение рН котловой воды. При этом для учёта ионной силы котловой воды в расчёте рН необходимо знать концентрацию всех солей, находящихся в котло-

вой воде. Это довольно легко определить по значению электропроводности котловой воды.

Ионный состав котловой воды будет определяться составом питательной воды. В питательной воде содержатся катионы натрия Na^+ и анионы бикарбоната HCO_3^- , сульфата SO_4^{2-} и хлорида Cl^- . Соответственно, бикарбонат натрия будет разлагаться в котле по уравнению (2), а хлорид и сульфат натрия будут упариваться, и их концентрация будет равна их концентрации в исходной воде, умноженной на коэффициент упаривания.

Электропроводность котловой воды можно определить по формуле:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & C_{\text{OH}^-} \frac{40}{0,17} + C_{\text{HCO}_3^-} 84 n_1 + \\ & + C_{\text{CO}_3^{2-}} \frac{106}{0,6} + K_y \mathcal{E}_{\text{ин}}, \text{ мкСм/см}, \end{aligned} \quad (3)$$

здесь C_{OH^-} , $C_{\text{HCO}_3^-}$ и $C_{\text{CO}_3^{2-}}$ — концентрации гидрата, бикарбоната и карбоната натрия, соответствующие полученному значению рН котловой воды по разработанному алгоритму, ммоль/л; 40 — молярная масса гидрата натрия, г/моль; 0,17 — коэффициент пересчёта удельной электропроводности раствора гидрата натрия в солесодержание [2]; 84 — молярная масса бикарбоната натрия, г/моль; 106 — молярная масса карбоната натрия, г/моль; 0,6–0,65 — коэффициент пересчёта значения электропроводности раствора карбоната натрия в солесодержание; n_1 — коэффициент пересчёта значения электропроводности раствора бикарбоната натрия в солесодержание, $n_1 = 0,95$ –1,05; $\mathcal{E}_{\text{ин}}$ — электропроводность солей хлорида и сульфата натрия питательной воды, мкСм/см:

$$\mathcal{E}_{\text{ин}} = \mathcal{E}_{\text{пит}} - \mathcal{I}_{\text{пит}} \frac{84}{0,95}, \text{ мкСм/см}, \quad (4)$$

$\mathcal{E}_{\text{пит}}$ — электропроводность питательной воды, мкСм/см; 84 — молярная масса бикарбоната натрия, г/моль; 0,95 — коэффициент пересчёта электропроводности раствора бикарбоната натрия в солесодержание при электропроводности раствора до

700 мкСм/см (если электропроводность раствора свыше 700 мкСм/см, то коэффициент пересчёта принимается равным 1,0); K_y — коэффициент упаривания:

$$K_y = \frac{\Phi + M}{\mathcal{I}_{\text{пит}}}. \quad (5)$$

здесь $\mathcal{I}_{\text{пит}}$ — щёлочность питательной воды, ммоль/л.

Измерив значение электропроводности питательной воды по формуле (4), можно определить значения электропроводности, которые дают сульфат и хлорид натрия $\mathcal{E}_{\text{ин}}$. По формуле (5) определяют коэффициент упаривания. Затем рассчитывается электропроводность котловой воды по формуле (3).

В результате получаем, что, зная значение Φ и M , а также значение электропроводности котловой воды, можно рассчитать значение рН котловой воды (по методике, изложенной в [1]), и данное значение рН будет определено при отсутствии в котле солей жёсткости и при конкретном коэффициенте упаривания. Если провести измерения рН котловой воды, то измеренное значение рН будет совпадать с расчётным при температуре котловой воды +25°C.

Если температура пробы в процессе работы котла отличается от +25°C, то измеренное значение рН пробы котловой воды необходимо пересчитывать с учётом температуры пробы по уравнению:

$$\text{pH}_t = k(t_{\text{пр}} - 25) + \text{pH}, \quad (6)$$

где рН — измеренный (расчётный) рН котловой воды при температуре +25°C; $t_{\text{пр}}$ — температура пробы, при которой производится измерение значения рН (pH_t), °C; k — коэффициент наклона линейного графика зависимости значения рН от температуры пробы котловой воды:

$$k = \frac{\text{pH}_t - \text{pH}}{t_{\text{пр}} - t}.$$

Коэффициент наклона k необходимо определять индивидуально для каждого котла на этапе пусконаладочных работ.

В результате, используя представленную выше методику, можно рассчитать значения функции в виде $\mathcal{E} = f(\text{pH})$.

В том случае, если в котёл с подпиточной водой или с конденсатом начинают поступать соли жёсткости, будет наблюдаться отклонение текущих измеренных значений \mathcal{E} и рН котловой воды от значений, определённых по изначально построенной функции $\mathcal{E} = f(\text{pH})$ для полностью умягчённой воды. Именно в этом и заключается контроль водно-химического режима парового котла по рН и электропроводности котловой воды.

Таким образом, по предложенной методике можно даже контролировать работу установки умягчения и качество возвращаемого конденсата с определённой задержкой.

Необходимо сказать, что точность измерения рН и электропроводности должна быть достаточно высокой. Чем выше точность измерения рН и электропроводности, тем меньшее количество солей жёсткости может быть обнаружено в котловой воде.

Рассмотрим в качестве примера применение данного способа для контроля водно-химического режима жаротрубного парового котла давлением 8 бар.

В качестве подпиточной воды для котла используется вода следующего состава (табл. 1).

В котельной осуществляется возврат конденсата. На момент пуска котла состав конденсата составлял около 70%. Щёлочность питательной воды в данном случае равна 0,6 ммоль/л. Концентрация сульфата равна 0,284 ммоль/л, хлорида — 0,211 ммоль/л.

• • Состав подпиточной воды

Параметр	Значение
Общая жёсткость, мг-экв/л	0,02
Общая щёлочность, мг-экв/л	2,0
Хлориды, мг/л	25

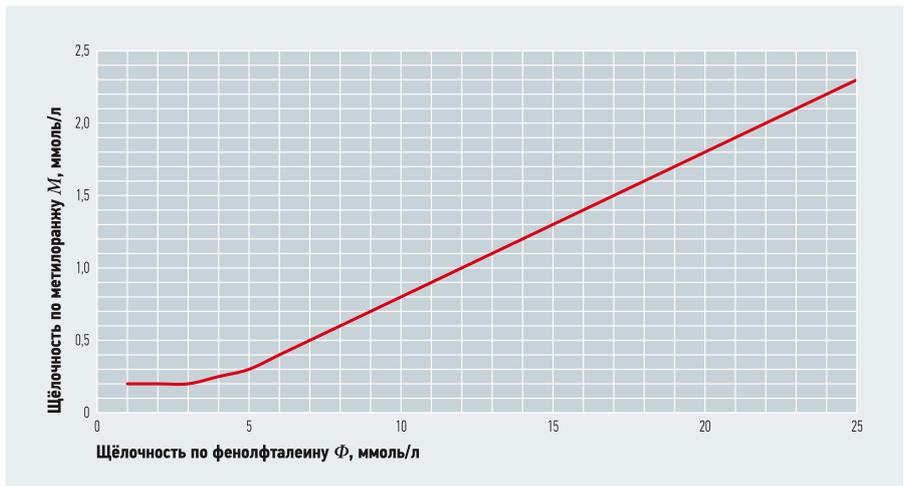
Для котловой воды была установлена величина электропроводности, равная 3000 мкСм/см. При данном значении электропроводности в котловой воде значения щёлочности составят $\Phi = 8$ ммоль/л и $M = 0,5$ ммоль/л.

Соответственно, коэффициент упаривания будет равен:

$$K_y = \frac{\Phi + M}{\text{Щ}_{\text{пит}}} = \frac{8 + 0,5}{0,6} = 14,16.$$

По разработанной методике для значений $\Phi = 8,0$ и $M = 0,5$ определяем значение рН. Значение рН равно 11,69 (при +25°C), что с погрешностью 0,03 единиц рН соответствовало измеренному значению котловой воды.

Затем определяем соотношение Φ к M для данного парового котла. Соотношение будет зависеть прежде всего от коэффициента упаривания котловой воды. Чем выше коэффициент упаривания, тем больше времени в котле находится котловая вода и тем больше времени протекает реакция по уравнению (2). То есть чем больше коэффициент упаривания, тем больше в котле Φ по отношению к M . С определённым допущением для расчёта рН можно пользоваться данными рис. 1.



• • Рис. 1. Зависимость метилоранжевой щёлочности котловой воды от фенолфталеиновой

Но всё же рекомендуется уточнять соотношение Φ к M для каждого конкретного котла на этапе пуска котла.

Стоит отметить, что если в котёл начнут поступать соли жёсткости, то будет наблюдаться увеличение метилоранжевой щёлочности в котловой воде. Этот процесс рассмотрен в статье автора [3].

Затем по формуле (3) рассчитываем значение электропроводности котловой воды с учётом сульфатов и хлоридов.

табл. 1

Параметр	Значение
Сульфаты, мг/л	82
Натрий + калий, мг/л	18
Электропроводность, мкСм/см	454

Получается, что каждому значению Φ и M соответствует одно значение рН и одно значение электропроводности. На рис. 2 представлен график зависимости значения электропроводности от рН для котловой воды, рассчитанный для значений Φ и M в диапазоне $\Phi = 1,0-25$, $M = 0,2-2,5$.

Приведём пример: $\Phi = 8,0$ ммоль/л, $M = 0,5$ ммоль/л. Тогда рассчитанное значение рН составит 11,69, электропровод-

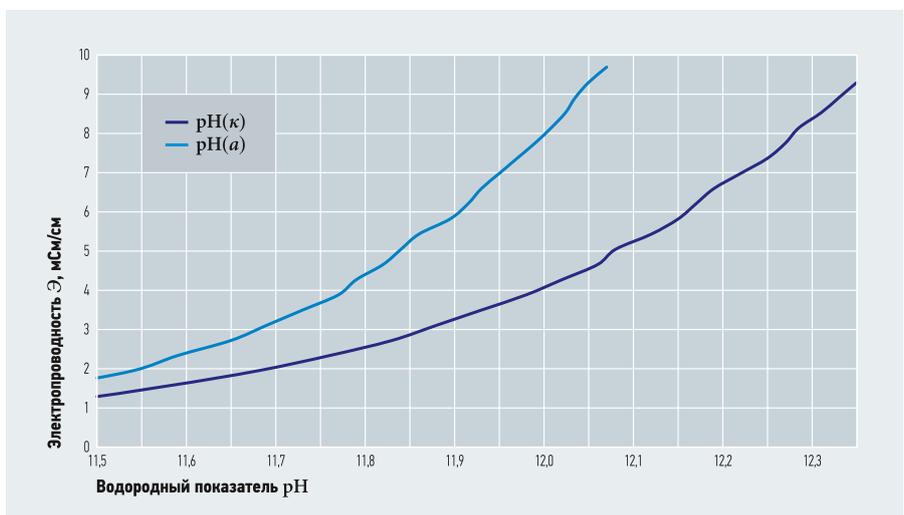
ность $\Xi = 3109$ мкСм/см. И так для каждого значения Φ и M .

График зависимости рН(a) построен при использовании в расчёте значений рН-активностей. Данный график равен реально измеренным значениям рН котловой воды при данном значении электропроводности.

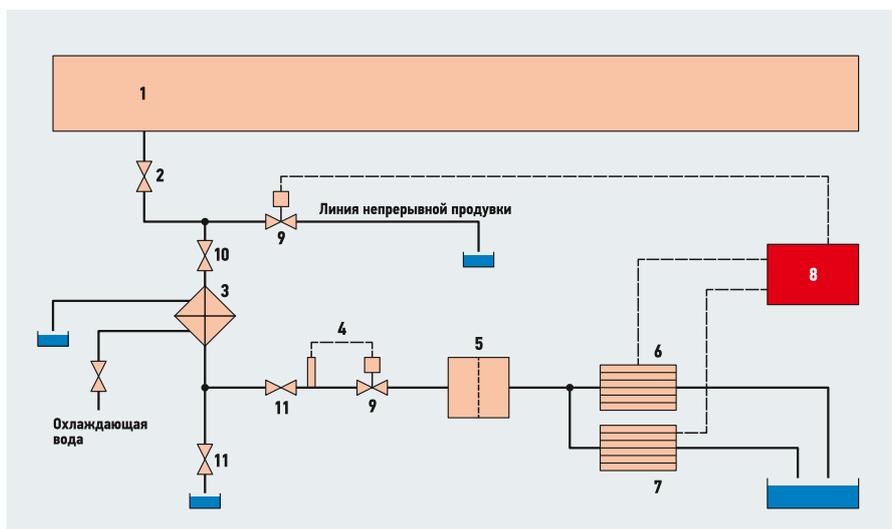
График зависимости рН(к) построен при использовании в расчёте значений рН-концентраций. В результате наглядно видно, как при увеличении концентраций ионов (увеличении ионной силы котловой воды) измеренное значение рН будет отличаться от рассчитанного с использованием концентраций. Чем выше концентрация ионов (выше электропроводность), тем сильнее различие между значениями рН, рассчитанными с использованием активностей и концентраций.

График зависимости функции $\Xi = f[\text{pH}(a)]$ и есть искомая функция.

В процессе работы котла необходимо проводить непрерывные измерения значений рН и электропроводности Ξ котловой воды. Пересчитывать полученные значения рН и электропроводности для 25°C. Затем сравнивать, находятся ли полученные значения на графике функции $\Xi = f[\text{pH}(a)]$.



• • Рис. 2. Зависимость электропроводности от рН котловой воды



•• **Рис. 3.** Принципиальная схема отбора проб котловой воды с линии непрерывной продувки для непрерывного измерения pH и электропроводности (1 — паровой котёл; 2 — запорный вентиль; 3 — водо-водяной холодильный прибор; 4 — датчик температуры с отсечным клапаном; 5 — фильтр тонкой очистки; 6 — проточный датчик pH; 7 — проточный датчик проводимости; 8 — контроллер автоматической продувки котла; 9 — автоматический регулирующий клапан непрерывной продувки котла; 10 — регулирующий вентиль; 11 — запорный вентиль)

Вернёмся к рассматриваемому примеру. После протечки теплообменника ГВС качество конденсата ухудшилось. При попадании в конденсат исходной воды жёсткость конденсата время от времени составляла до 0,3 мг-экв/л. В результате попадания солей жёсткости с конденсатом в питательную и котловую воду часть карбонатов котловой воды начала выпадать в осадок, а не гидролизироваться с повышением pH котловой воды. В результате начала уменьшаться электропроводность котловой воды, а поскольку её значение было установлено на уровне 3000 мкСм/см, произошло большее упаривание котловой воды (уменьшилась непрерывная продувка котла), и, соответственно, доля некарбонатных солей (сульфата и хлорида натрия) в котловой воде выросла. В результате при том же значении электропроводности значение pH стало несколько меньше.

В рассматриваемом примере измеренное значение pH составило в среднем от 11,55 до 11,6 при попадании солей жёсткости в котёл с конденсатом. При этом электропроводность поддерживалась на уровне 3000 мкСм/см. Если на графике $pH(a)$ (рис. 2) найти точку пересечения для $pH = 11,57$ и $\Sigma = 3000$ мкСм/см, то обнаружится, что точка пересечения лежит выше данного графика. Это и будет говорить о том, что в котёл поступают соли жёсткости. К достоинствам данного способа контроля можно отнести:

1. Чрезвычайную простоту применяемых технических решений, а также надёжность и изученность применяемого оборудования.
2. Нет необходимости в установке датчика электропроводности внутрь котла, что значительно удешевляет схему и повы-

шает надёжность и точность измерения электропроводности котловой воды.

3. Непрерывность контроля. Контроль водно-химического режима котла осуществляется постоянно и дистанционно, что позволяет сразу выявлять проблемы с ВХР и постоянно поддерживать оптимальный режим.

К недостаткам метода относится то, что данный способ контроля довольно чувствителен к точности измерения значения pH котловой воды. Необходимая точность измерения pH составляет не более 0,03 единиц pH. Также данный способ контроля чувствителен к изменению соотношения бикарбонатов к хлоридам и сульфатам исходной воды. Поэтому если предполагается, что котельная будет работать из нескольких источников водоснабжения, то для каждого источника водоснабжения необходимо рассчитывать свою функцию $\Sigma = f(pH)$.

Важно при использовании графика $\Sigma = f(pH(a))$ ввести некий допустимый диапазон значений pH. Например, $\pm 0,2$ от значения pH на графике.

На рис. 3 представлена принципиальная схема отбора проб котловой воды с линии непрерывной продувки для непрерывного измерения pH и электропроводности.

Котловая вода с линии непрерывной продувки парового котла 1, проходя запорный вентиль 2, поступает в водо-водяной холодильный прибор 3, в котором осуществляется охлаждение котловой воды до $+10...+30^{\circ}\text{C}$ за счёт подвода охлаждающей воды. Затем охлаждённая проба котловой воды проходит датчик температуры 4 с отсечным клапаном. В том случае, если проба воды превышает $+50^{\circ}\text{C}$, клапан автоматически закрывается для предотвраще-

ния повреждения проточных датчиков pH и электропроводности. Затем проба котловой воды проходит через фильтр тонкой очистки 5 и параллельно поступает на проточный датчик pH 6 с датчиком температуры и на проточный датчик проводимости 7. Измеренные значения pH, электропроводности и температуры котловой воды фиксируются контроллером 8 автоматической продувки котла и сравниваются со значениями pH и электропроводности котловой воды, которые заранее заданы в контроллере в виде функции зависимости электропроводности воды от pH, то есть $\Sigma = f(pH)$, которые характерны для котловой воды, в которую не попадают соли жёсткости с подпиточной водой или конденсатом. Контроллер также поддерживает постоянное значение электропроводности или pH котловой воды посредством продувки части котловой воды с помощью автоматического регулирующего клапана 9 непрерывной продувки котла. Подача пробы котловой воды на систему контроля и регулировки ВХР осуществляется через регулирующий вентиль 10. При помощи запорных вентилей 11 осуществляется продувка пробоотборной линии.

В заключение следует сказать, что использование данного способа контроля ВХР совместно с кондуктометрическим контролем установки Na-катионитового умягчения воды и электропроводности возвратного конденсата позволит получить среду дистанционного контроля ВХР паровой котельной, в которой реализован принцип перекрёстного контроля. То есть, если один параметр не соответствует нормативному и при этом наблюдается изменение в других параметрах, это однозначно будет требовать выяснения причин данного отклонения. В этом случае требования к точности измерения отдельных параметров могут быть значительно снижены. Вероятно, это сможет позволить контролировать ВХР с менее высоким требованием к точности измерения значения pH котловой воды.

На данный способ контроля ВХР получен патент на изобретение [4]. •

1. Тихонов И.А. Влияние различных форм углекислоты в воде на её значение pH [Электр. текст]. Режим доступа: tiwater.info. Дата обрац.: 05.08.2024.
2. СТП 34.37.302 (РД 34.37.302). Методические указания по применению кондуктометрического контроля для ведения водного режима электростанций: МУ 34-70-114-85 / Утв. Минэнерго СССР 23.08.1985. Дата введ.: 01.01.1986.
3. Тихонов И.А. К вопросу о процессе шламо- и накипобразования в паровом котле [Электр. текст]. Режим доступа: tiwater.info. Дата обрац.: 10.08.2024.
4. Патент РФ № 2724451. МПК G01N, G01N. Способ контроля и регулировки водно-химического режима парового котла / И.А. Тихонов. Патентообл.: И.А. Тихонов; заявл.: 14.01.2020; опубл.: 23.06.2020.



Моделирование тепловлажност- ного состояния для углов зданий в нестационарном режиме в городе Луганске

Рецензия эксперта на статью получена
24.10.2024 [The expert review of the article
was received on October 24, 2024]

В Луганской Народной Республике (ЛНР) здания жилого и гражданского назначения практически в полном объёме были возведены по типовым проектам, соответствующим нормам проектирования, действовавшим на территории бывшего Советского Союза. Современные реалии требуют адаптации этих объектов к новым требованиям по тепловой защите, что приводит к необходимости утепления фасадов, а также ремонту и реконструкции помещений для создания комфортных условий проживания. Опыт применения технологий обслуживания таких объектов показывает их значительный потенциал для эффективной модернизации зданий при сравнительно низких затратах времени и ресурсов, что делает их актуальными в будущем.

С учётом вышеизложенного необходимо уже сейчас сосредоточиться на теоретических разработках и обоснованиях оптимизации технологий, направленных на обеспечение комфортного теплового режима в помещениях этих категорий зданий. Однако решение этих задач

усложняется значительным различием климатических условий в разных регионах Российской Федерации. Особенно это актуально для современных и ранее построенных многоэтажных зданий [1–9].

При разработке технологий по энергосбережению необходимо учитывать характеристики теплообменных процессов в конструктивных элементах зданий на фоне изменения внешней среды. Понимание свойств паровоздушной смеси, потенциальных зон конденсации и образования льда, а также правильный выбор утепляющих материалов позволят избежать появления сырости и плесени, продлевая срок службы зданий и обеспечивая комфортный микроклимат, что, в свою очередь, приведёт к снижению эксплуатационных расходов.

В данной модели анализируется недостаточно исследованный вопрос влияния одновременно температуры и влажности на работу многослойной ограждающей конструкции, состоящей из внутреннего слоя штукатурки, стены здания, теплоизоляционного слоя, который отделяет

УДК 69.05. Научная специальность: 2.1.3.

Моделирование тепловлажностного состояния для углов зданий в нестационарном режиме в городе Луганске

О. А. Малыгина, старший преподаватель, Луганский государственный университет имени Владимира Даля (ЛГУ, г. Луганск)

В статье представлены результаты имитационного моделирования тепловлажностного состояния ограждающих конструкций в нестационарном режиме работы на примере фрагмента угла стены реконструированного жилого дома в городе Луганске. В процессе исследования были получены физико-механические характеристики материалов, а также коэффициенты переменных параметров, которые были интегрированы в программный комплекс COMSOL Multiphysics. Выявлено, что разработанная имитационная модель эффективно учитывает комбинированное воздействие тепла и влаги на конструктивные элементы действующих зданий. Чтобы минимизировать негативное влияние влаги, была предложена концепция внедрения защитного барьера внутри конструкции стены. Исследование показало, что после определённого временного интервала времени нестационарный процесс тепло- и влагопереноса переходит в стационарный режим. Результаты исследования подчёркивают важность комплексного подхода к проектированию теплоизоляционных систем, что позволит обеспечить надёжность и эффективность функционирования современных зданий в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: теплозащита зданий, тепловлажностный режим, современная теплоизоляция, тепловые потери, COMSOL Multiphysics, защитный барьер.

UDC 69.05. The number of scientific specialty: 2.1.3.

Modeling of the heat and humidity state for the corners of buildings in non-stationary mode in the city of Lugansk

O. A. Malygina, senior lecturer, Luhansk State University named after Vladimir Dahl (Lugansk city)

The article presents the results of simulation modeling of the thermal and moisture state of enclosing structures in a non-stationary mode of operation using the example of a fragment of a wall corner of a reconstructed residential building in the city of Lugansk. In the course of the study, the physical and mechanical characteristics of materials were obtained, as well as coefficients of variable parameters, which were integrated into the COMSOL Multiphysics software package. It is revealed that the developed simulation model effectively takes into account the combined effects of heat and moisture on the structural elements of existing buildings. In order to minimize the negative impact of moisture, the concept of introducing a protective barrier inside the wall structure was proposed. The study showed that after a certain time interval, the non-stationary process of heat and moisture transfer goes into a stationary mode. The results of the study emphasize the importance of an integrated approach to the design of thermal insulation systems, which will ensure the reliability and efficiency of modern buildings in the long term.

Keywords: thermal protection of buildings, heat and humidity regime, modern thermal insulation, heat losses, COMSOL Multiphysics, protective barrier.

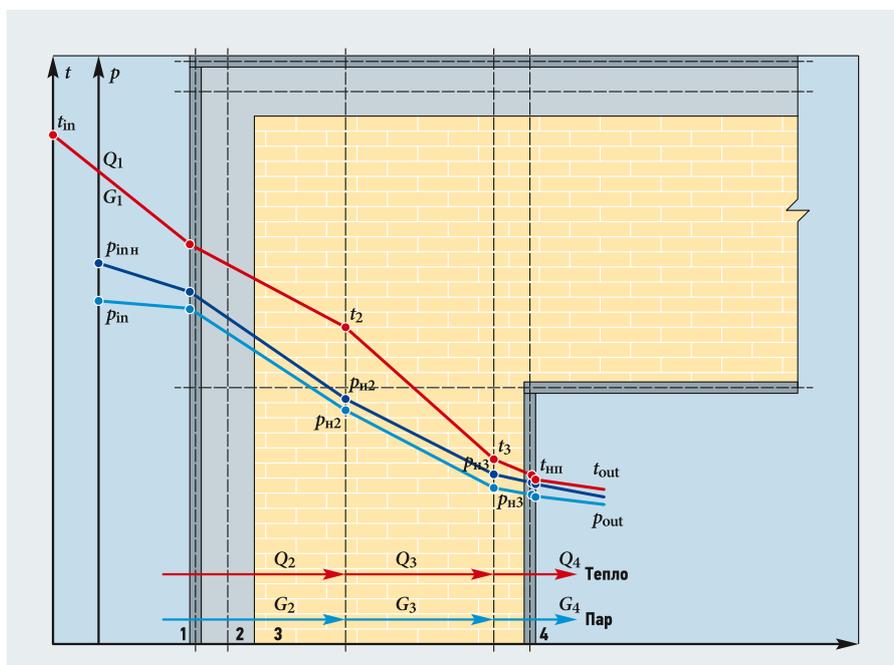


Рис. 1. Фрагмент схемы ограждающей конструкции [1 — штукатурный слой известковой штукатурки; 2 — кирпичная стена; 3 — теплоизоляционный материал «Пеноплекс»; 4 — облицовочный слой (внешняя штукатурка)]

стену от холодной внешней среды, и внешнего защитного покрытия в виде керамогранитных плит, сайдинга или декоративной штукатурки. Этот конструктивный элемент может быть охарактеризован как отдельный строительный блок, отражающий свойства теплового моста. Формирование тепловой защиты типового здания происходит на основании определённого комплекта однородных элементов на фасаде в процессе его модернизации или ремонта. Исследование особенностей данной конструкции становится важным для создания эффективных систем теплоизоляции и защиты от воздействия внешней среды, что, в свою очередь, приводит к улучшению энергетической эффективности зданий и повышению их долговечности. Таким образом, комплексный подход к исследованию данных параметров способен значительно улучшить качество и устойчивость современных строительных решений.

При решении задач теплопроводности необходимо учитывать требования к программам, которые используются для расчёта температурных полей и тепловых потоков через конструкции. Моделирование тепловых мостов в строительстве включает серию тестовых исследований для проверки численных методов. Программное обеспечение COMSOL Multiphysics успешно проходит тестовые испытания, описанные в стандарте, с созданием точных моделей узлов, генерацией расчётной сетки и достижением заданной точности результатов [1, 4].

Предложенная методика определения тепло- и влажностного состояния ограждающих конструкций основывается на законе теплопроводности Фурье и на законах диффузии пара и влагопроводности в капиллярно-пористых средах [9].

Реализация предложенной модели для вычисления тепло- и влагопереноса в ограждающих конструкциях осуществлена

с применением инструментов и функций программного комплекса COMSOL Multiphysics 6.2. Исходные данные, использованные для анализа, были собраны на основе климатических условий города Луганска. В расчётах учитывалась температура воздуха внутри помещения, а также относительная влажность внутреннего воздуха. При этом особое внимание было уделено параметрам наружной среды, включая температуру и относительную влажность наружного воздуха, что особенно важно для динамического анализа при изменении этих значений. Применение специализированных функций позволит более точно моделировать процессы теплопередачи и влагопереноса, что, в свою очередь, способствует оптимизации проектирования ограждающих конструкций и повышению их энергоэффективности.

Для расчёта взяты значения физико-технических параметров материальных слоёв наружной ограждающей конструкции, получены экспериментальным путём.

Предложенная методика определения тепло- и влажностного состояния ограждающих конструкций основывается на законе теплопроводности Фурье и на законах диффузии пара и влагопроводности в капиллярно-пористых средах

С помощью COMSOL Multiphysics 6.2 была создана имитационная модель ограждающей конструкции, где с помощью интерфейсов Heat Transfer in Building Materials и Moisture Transport in Building Materials смоделирован совместный перенос тепла и влаги через ограждающую модель. При этом перенос влаги осуществлялся капиллярными силами, а перенос пара — с помощью диффузии.

Результатом проведённого компьютерного моделирования являются характеристики энергозащищённости в зависимости от условий эксплуатации, полученные при одновременном действии тепла и влаги внутри стены при нестационарном режиме работы ограждающей конструкции.

Фрагмент ограждающей конструкции стены, смоделированный в программном обеспечении COMSOL Multiphysics 6.2, представлен на рис. 1. Данная модель состоит из четырёх слоёв, характеристики которых заданы в табл. 1. Граничными условиями являлась температура внутри и снаружи конструкции.

Теплотехнические характеристики четырёхслойной модели стены

табл. 1

Параметры	Внутренняя штукатурка	Кирпичная кладка	«Пеноплекс Комфорт»	Внешняя штукатурка
Толщина слоя, м	0,02	0,51	0,10	0,02
Плотность, кг/м ³	1800	1800	30	1800
Удельная теплоёмкость, кДж/(кг·°C)	0,84	0,88	1,0	0,84
Коэффициент теплопередачи λ в сухом/влажном состоянии, Вт/(м ² ·°C)	0,76 / 0,93	0,7 / 0,81	0,034 / 0,0348	0,76 / 0,93
Коэффициент паропроницаемости μ, мг/(м·ч·Па)	0,09	0,1	0,013	0,09
Коэффициент теплообмена поверхности ограждения с внутренним/наружным воздухом, Вт/(м ² ·°C)	8,7/23,0	8,7/23,0	8,7/23,0	8,7/23,0
Коэффициенты переменной A ₁ / A ₂ / A ₃ / B ₀ / B ₁	0,0121 / -0,0178 / 0,0158 / 0,0099 / 0,0062	0,0123 / -0,0180 / 0,0161 / 0,0238 / 0,0199	0,0245 / -0,0320 / 0,0260 / 0,000157 / -0,000198	0,0121 / -0,0178 / 0,0158 / 0,0099 / 0,0062

Рассмотрим результаты исследуемой конструкции в январе при $t_{in} = 21^\circ\text{C}$, $\varphi_{in} = 50\%$, $t_{out} = -10^\circ\text{C}$, $\varphi_{out} = 86\%$. С помощью COMSOL Multiphysics 6.2 на рис. 2–4 получены функциональные характеристики энергозащищённости ограждающей конструкции угла здания.

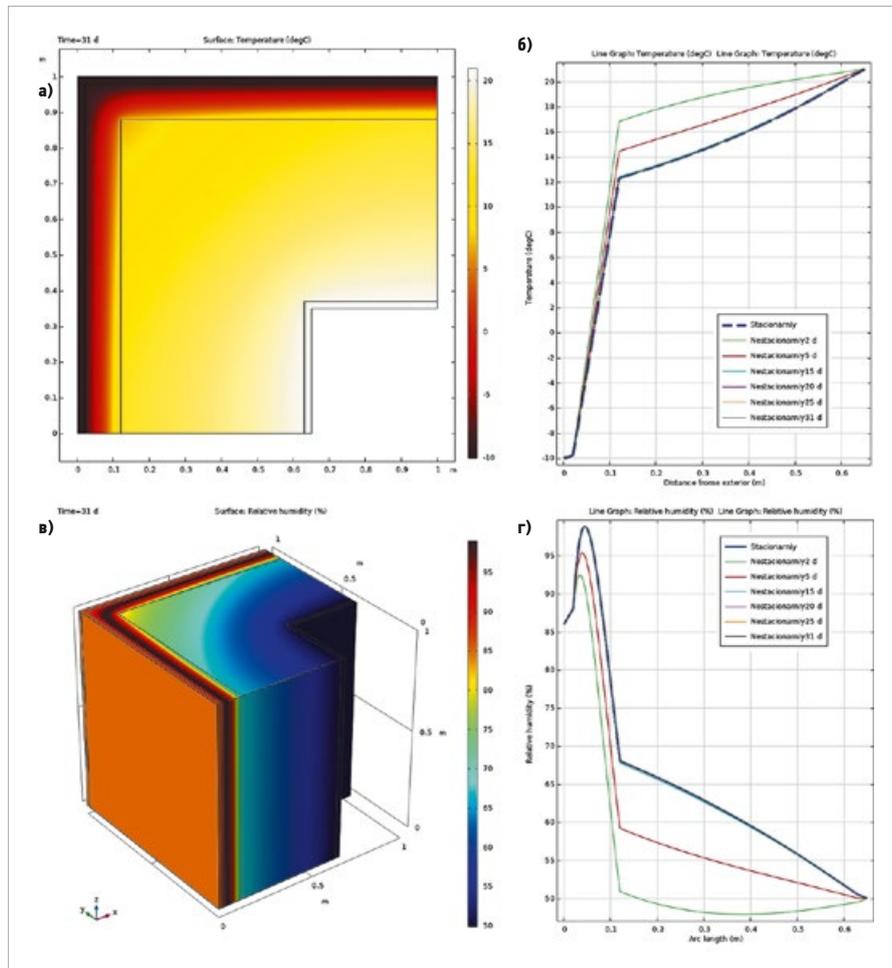
Так, на рис. 2а показано распределение температуры на поверхностях слоёв фрагмента конструкции. Задача решалась как в стационарной, так и в нестационарной постановках. На рис. 2б показаны графики изменения температуры в слоях фрагмента ограждающей конструкции при стационарном и нестационарном режимах (расчёт произведён при 31 дне).

Как видно из графиков, в теплоизоляционном слое происходит «перегиб» графика. График при стационарном и нестационарном режимах имеет идентичную форму. Как видно из графиков, нестационарный режим на большом интервале времени переходит в стационарный.

На рис. 2в представлены результаты расчёта влажности данной модели при совместном действии температуры и влажности. График изменения влажности в слоях ограждающей конструкции показан на рис. 2г. Как видно из рис. 2г, в слое утеплителя наблюдается «скачок» значения влажности до 98%, а затем уменьшается до 68% и равномерно понижается по толщине стены до 50%.

Влажность воздуха определяется парциальным давлением пара в его составе, а начальная температура — давлением насыщенности пара. На рис. 3 показаны графики изменения парциального давления и давления насыщенного водяного пара в сечении ограждающей конструкции. Как видно из рис. 3, парциальное давление и давление насыщенного пара в толще утеплителя постепенно увеличиваются и при значении 500 Па сближаются. В этом месте на графике изменения влажности (рис. 2г) наблюдается максимальное значение влажности — 98%. В начале слоя кирпичной стены парциальное давление равно 985 Па, а давление насыщенного пара — 1440 Па. Далее в толще кирпичной стены и слоя внутренней штукатурки наблюдается плавное увеличение значений обоих давлений до их максимальных значений.

В сечении кирпичной стены температура от внутренней стены к внешней постепенно снижается с 21 до 12,3°C (рис. 2б), и с такой же скоростью уменьшается и давление насыщенных паров в кирпичной стене, при этом относительная влажность растёт равномерно. В утеплителе резко растёт скорость уменьшения температуры и давления насыщенных паров.

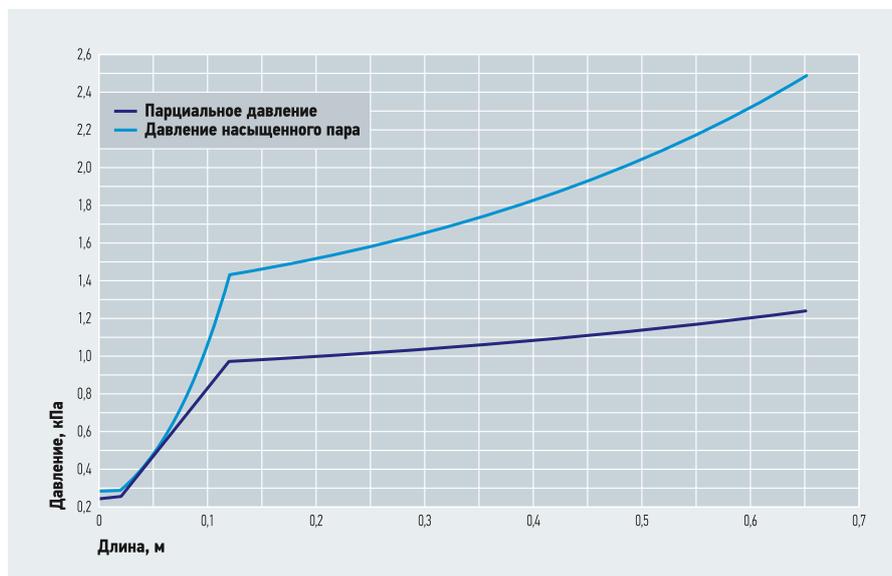


• • • Рис. 2. Характеристики энергозащищённости ограждающей конструкции угла здания (а — изополя изменения температуры в слоях угла стены, б — графики изменения температуры по толщине угла стены, в — изополя изменения влажности в слоях угла стены, г — изменение парциального давления и давления насыщенного пара по толщине стены угла)

Применяя комплексное воздействие тепла и влажности, проведённые исследования продемонстрировали риск конденсации внутри ограждающей конструкции. Хотя сам конденсат, образующийся при отрицательных температурах, не локализуется непосредственно в кирпичной стене, а скапливается в утеплителе, необ-

ходимость в дальнейшем исследовании для снижения концентрации водяного пара и предотвращения накопления влаги остаётся актуальной.

Для оценки возможности устранения конденсации водяного пара в слое теплоизоляции ограждающей конструкции при идентичных условиях температуры



• • • Рис. 3. Парциальное давление и давление насыщенных паров в слоях угла ограждающей конструкции

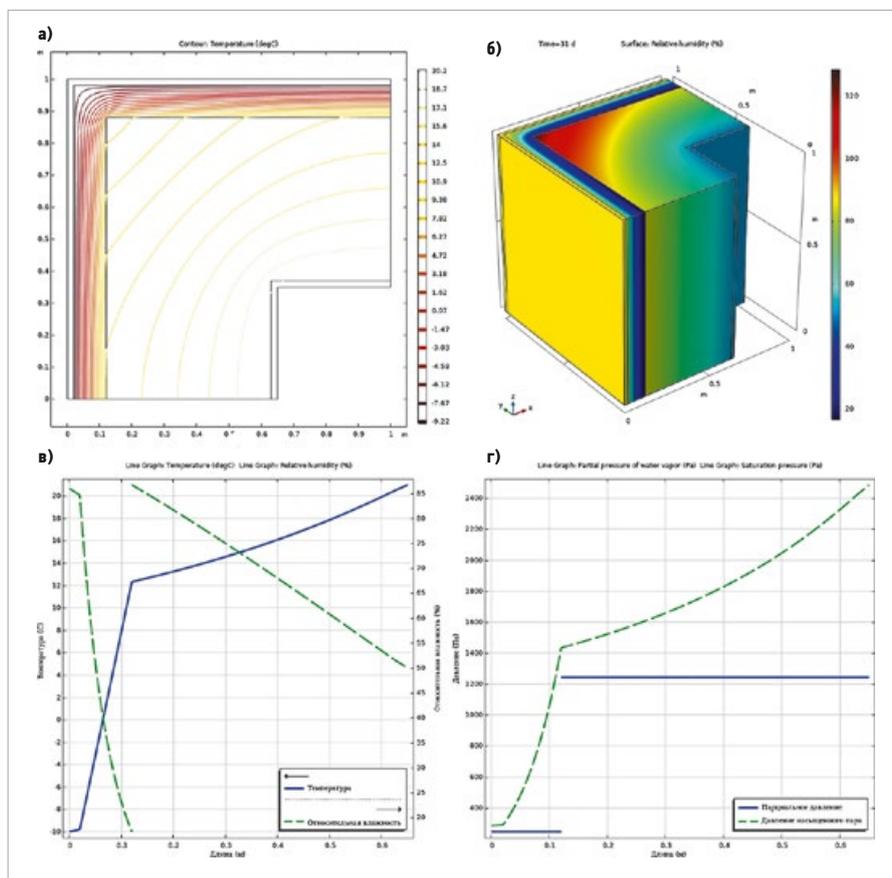


Рис. 4. Характеристики энергозащищённости ограждающей конструкции угла зданий с плёночным барьером (а — изополя изменения температуры в слоях стены угла; б — изополя изменения влажности в слоях угла стены; в, г — изменение температуры и относительной влажности, парциального давления и давления насыщенного пара по толщине угла стены)

и относительной влажности внешней среды, исследуем вторую модель, в которой между кирпичной стеной и утеплителем располагается влагозащитная плёнка. Этот элемент служит дополнительным барьером для диффузии водяного пара снаружи стены. Параметры влагозащитного барьера, включая коэффициент паропроницаемости и толщину, устанавливаются в блоке Thin Moisture Barrier.

Результаты моделирования при включении в геометрию ограждающей конструкции плёночного барьера представлены на рис. 4.

Распределение температуры по толщине конструкции (рис. 4а и 4в) показывает, что значения температур по сравнению с рис. 2а и 2б почти не изменились. А вот при распределении относительной влажности на графиках наблюдаются существенные изменения. Так, относительная влажность возрастает с 50 до 87% в слое кирпичной стены, а в зоне защитной плёнки наблюдается резкое уменьшение относительной влажности до 17%. Далее в слое теплоизоляционного материала относительная влажность растёт до 86%. В угле утеплителя (рис. 4б) наблюдается максимальное значение влажности — 122%.

На рис. 4г приведены графики распределения парциального давления и давления насыщенного пара в сечении огра-

ждающей конструкции. Парциальное давление в месте утеплителя имеет постоянное значение 246 Па, после защитной плёнки происходит резкий прыжок до 1243 Па, и затем это давление не меняется. Место скачка парциального давления соответствует скачку относительной влажности в этой точке (рис. 4в). Давление насыщенного пара в месте утеплителя (рис. 4г) постепенной увеличивается с 286 до 1433 Па, потом происходит перегиб и давление продолжает увеличиваться до 2487 Па к концу толщины ограждающей конструкции.

Полученные данные позволили определить функциональные характеристики энергозащищённости, как для конструкции со слоем теплоизоляционного материала с защитным барьером, так и без него, в стационарном и нестационарном режимах

Заключение

В современном Луганске осуществляется активное обновление фасадов и реконструкция помещений многоквартирных зданий. Практика работы с такими объектами демонстрирует их потенциальные

возможности для модернизации при относительно невысоких затратах. Для повышения энергоэффективности зданий критически важно учитывать характеристики теплообмена внутри стен в зависимости от изменений температуры и влажности внешней среды. Для этой цели применяют компьютерное моделирование. Предложенная методика, разработанная авторами, включает вычисленные физико-механические параметры материалов ограждающей конструкции и коэффициенты изотермии сорбции, реализованные в программном пакете COMSOL Multiphysics.

В рамках данного исследования была проведена всесторонняя оценка тепло- и влагозащиты фрагмента стеновой конструкции. Полученные данные позволили определить функциональные характеристики энергозащищённости, как для конструкции со слоем теплоизоляционного материала с защитным барьером, так и без него, в стационарном и нестационарном режимах. Анализ результатов показал, что при увеличении интервала времени нестационарный процесс переходит в стационарный. Использование защитного барьера между кирпичной стеной и утеплителем подтверждает целесообразность повышения тепло- и влагозащиты, что особенно актуально при реконструкции существующих зданий. ●

1. Султангузин И.А., Кругликов Д.А., Яцок Т.В., Клякин И.Д., Яворовский Ю.В., Баргенов А.И., Говорин А.В., Жигулина Е.В., Хромченко В.Г. Применение BIM-, BEM- и CFD-технологий для проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективного дома // Журнал СОК, 2019. №3. С. 36–42.
2. Елохов А.Е. Методики и примеры расчёта тепловых мостов // Строительство и техногенная безопасность, 2015. №1. С. 86–93.
3. Сучилин В.А., Кочетков А.С., Губанов Н.Н. Моделирование в COMSOL Multiphysics энергосбережения типовых зданий ЖКХ при реконструкции и ремонте // Журнал СОК, 2020. №6. С. 44–50.
4. Сальников В.Б., Беляков В.А. Теплотехнические расчёты строительных конструкций с применением программного комплекса COMSOL Multiphysics. — Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2016. 48 с.
5. Парфёнов Г.И., Смирнов Н.Н., Яблоков А.А., Пыжов В.К. Имитационное моделирование прикладных задач тепло- и воздухообмена в программе COMSOL Multiphysics. — Иваново: Изд-во ИГЭУ, 2023. 132 с.
6. Разаков М.А., Рудакова Е.В. Влияние ориентации здания на проектные тепловые потери // Журнал СОК, 2018. №11. С. 49–51.
7. Стаценко Е.А., Мусорина Т.А., Островая А.Ф., Ольшевский В.Я., Антуськов А.Л. Влагоперенос в вентилируемом канале с нагревательным элементом // Инженерно-строительный журнал, 2017. №2. С. 11–17.
8. Лелеков А.Т., Сахнов М.Ю., Галочкин С.А., Величко Е.В. Моделирование тепловых объектов с распределёнными параметрами с использованием программных комплексов COMSOL Multiphysics, MATLAB, Simulink // Вестник СибГУ, 2010. №4. С. 40–44.
9. Малыгина О.А. Разработка математических моделей определения тепловлажного режима ограждающих конструкций зданий при нестационарном тепловом потоке // Современные проблемы гражданской защиты, 2024. №3. С. 93–104.

References — see page 79.



Импортозамещение УЦК. Соответствие российских УЦК нормативам Eurovent

В России нет недостатка в производителях установок центрального кондиционирования (УЦК), особенно после 2022 года их общее число превысило 150 компаний, и новые появляются почти ежемесячно. Сложности с привозом «настоящих» европейских УЦК с сертификатом Eurovent для «чистых» помещений вынуждают проектировщиков и заказчиков искать «европейское качество» среди тех самых отечественных производителей. Многие производители заявляют выполнение нормативов Eurovent, но что это такое на самом деле и как это проверить?

Автор: Ф.И. АНДРОНОВ,
независимый эксперт по системам
центрального кондиционирования

В ответ на вопрос «что такое Eurovent-сертификация?» многие производители в РФ ссылаются на отдельные виды испытаний всех компонентов УЦК согласно нормам Европейского союза — Euronorm (EN), например, на вентиляторы и теплообменники, фильтры и клапаны, корпус установки, но это лишь малая часть требований сертификации разработанной для разных групп HVAC оборудования, — независимой частной коммерческой фирмой (Париж, Франция) под торговой маркой Eurovent.

Изначально (до введения сертификации Eurovent — АНУ) в Европе насчитывалось более 100 изготовителей УЦК, которые честно декларировали выполнение основных стандартов EN, поскольку все компоненты были максимально унифицированы и закупались у общих поставщиков: Ziehl-Abegg, Gebhardt, Comefri, Klingenburg, Camfil, Arosio, Geocoil, Termokeu и пр. Казалось бы, всё было прекрасно, ведь компоненты хорошие. Однако сертификация Eurovent стала гарантировать именно правильный подбор УЦК и их общую достоверную работу, а не выполнение отдельных требований EN.

Сборка УЦК похожа на автомобиль. Пример — проблемы с китайскими легковыми автомобилями: двигатель, коробка передач, подвеска и прочие узлы полностью аналогичны европейским моделям, но и машина едет не так, и чего-то не хватает, а где-то тесно и неудобно.

Важна общая совместная работа всех элементов УЦК согласно проекту, правильная сборка отдельных элементов невозможна с ошибками при проектировании УЦК. Ошибки производителя при проектировании УЦК отсекаются сертификацией Eurovent через проверку работы программы подбора, то есть она не менее важна, чем сами компоненты УЦК.

Располагая большим объёмом информации, накопленным за 25 лет производства УЦК в России, можно утверждать, что все их компоненты, применяемые в РФ, не соответствуют заявленным параметрам и нормативам EN и ГОСТ, причём даже у самых крупных производителей. При этом привоз оригинальных компонентов фактически невозможен, поэтому используются «суррогаты», внешне приближённые к настоящим и стоящие зачастую дороже оригинала.



Как подтверждается качество УЦК в том числе по Eurovent? Для этого производится:

1. Проверка на соответствие стандарту ISO / EN / ANSI / ГОСТ / ГОСТ Р отдельных частей УЦК.
2. Применение правил RLT / Eurovent / AHRI / ASHRAE при наборе состава УЦК из компонентов.
3. Программа подбора УЦК сертифицирована Eurovent, а сам подбор УЦК имеет идентификационный номер ID Eurovent.
4. Натурные замеры работы УЦК на заводе и объекте.

С первым вопросом всё вроде как просто, ведь все 100% компонентов УЦК по отдельности могут быть проверены в РФ в аккредитованной по ГОСТ ИСО 17025 [1] независимой лаборатории на соответствие стандартам, например, ГОСТам, гармонизированным с ЕС или ISO. Важно понимать, что сами замеры аккредитованная Федеральной службой аккредитации (ФСА) лаборатория выполняет с оформлением протокола, на основании которого далее можно проводить классификацию различного оборудования. Любое декларирование качества без протокола испытаний — лукавство и обман.

Приведём стандарты и параметры для элементов УЦК:

1. **Корпус УЦК:** ГОСТ Р ИСО 1886 [2], ГОСТ Р ЕН 13053 [3] (плотность, жёсткость, тепло- и шумоизоляция).
2. **Клапаны УЦК:** ГОСТ Р ЕН 1751 [4] (сопротивление потоку, герметичность, прочность, теплоизоляция).
3. **Фильтры УЦК:** ГОСТ ЕН 779 [5] (сопротивление потоку, эффективность).
4. **Вентиляторы УЦК:** ГОСТ Р ИСО 5801 [6] (аэродинамика, включая шум и КПД).
5. **Теплообменники УЦК:** ГОСТ Р ЕН 306/308 [7, 8] (тепловые параметры, гидравлика, аэродинамика).



Ни одной фирмы, выполнившей независимые испытания в лаборатории, аккредитованной ФСА, хотя бы по одному компоненту УЦК, в России нет, включая самые крупные. Это удивительно, но факт — товар, не имеющий протоколов испытаний, в Европе или США продавать нельзя, но в России это правило не работает, и в итоге покупатели просто не знают, что получают на объект в реальности.

Фактически в России нет достоверных документов на комплектующие УЦК, и тому есть лишь редчайшие исключения.

Важна общая совместная работа всех элементов установки центрального кондиционирования согласно проекту, правильная сборка отдельных элементов невозможна с ошибками при проектировании

Есть отдельные заводские (редко аттестованные) стенды, достоверность которых зависит от ситуации и воли собственников завода. Ещё есть исключения: независимая аккредитованная ФСА лаборатория ООО «Лабораторно-испытательный центр вентиляторов и вентиляционных устройств» (ООО «ЛИЦ ВВУ») вентиляторов и пассивных элементов работает в городе Ростове на территории «Ростовского воздухозавода» (ООО «РВЗ»). Также есть лаборатория при ООО «НИИсантехники» (начальник лаборатории радиальных и осевых вентиляторов — Г.А. Харченко) в Москве и Научно-исследовательская лаборатория аэродинамики и акустики (НИЛАА) при заводе «Арктос» в городе Санкт-Петербурге. Также готовится к аккредитации лаборатория технопарка «Русклимат ИКСЭл» в городе Киржач Владимирской области.



Даже крупные заводы отказываются проводить независимые испытания, например, своих вентиляторов — возможно, из экономии или от неуверенности в реальном качестве продукции.

Завод вентиляторов «ТЕХНОГРУПП-Белгород», компании «Аэрдин» и «Ровен», как редкие исключения из правил, проводят также межлабораторные испытания вентиляторов.

Обычные факты по результатам замеров в аккредитованной лаборатории «АК-ИТР» (Москва) — это дефицит производительности серийных вентиляторов до 20% по расходу и до 30–40% по давлению. «АК-ИТР» также фиксирует значительное превышение (50–100%) начального и рабочего сопротивления фильтров, особенно фильтров класса выше F9. Можно утверждать, что 99,9% фильтров не соответствует заявленным параметрам по сопротивлению и пропускной способности. Получить необходимые перепады давления между чистыми зонами крайне трудно. Поменять фильтр на более качественный также сложно.



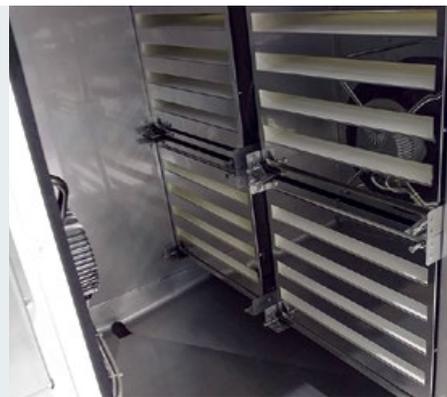
Замеры наладчиков и холодильщиков при пусконаладочных работах (ПНР) постоянно подтверждают дефицит производительности теплообменников УЦК до 25–30%. Это обычное дело для 90% и более проектов, особенно с гликолевым теплоносителем. Расхождение между контрольными расчётами теплообменников в достоверных программах и документации производителя УЦК достигает 30%. Всегда трудно получить осушку воздуха от УЦК до необходимой влажности летом при валидации «чистых» помещений. Выполнение стандартов на теплообменники ГОСТ Р EN 306 [7] и EN 308 [8] не считается обязательным для производителей теплообменников в России.

Про наличие стандарта EN 1751 [4] на русском языке многие пользователи узнают случайно. Стандартные клапаны АВК, УВК, ПВК с пластиковыми шестернями и лопатками 100 мм выглядят абсолютно неотличимо у разных изготовителей, при этом имеют протечку до 1 м³/(с·м²). Фактически байпасные и паразитные перегородки воздуха в установке центрального кондиционирования могут достигать 30% от общего расхода и более через закрытые клапаны. Получить реально плотные клапаны с достоверно низкой протечкой можно, но нужно поискать. Аргументом при поиске плотного клапана может быть только наличие протокола испытаний по ГОСТ Р EN 1751 [4] в аккредитованной лаборатории.

Удивительный факт — в перечне на сайте ФСА представлено большое число аккредитованных лабораторий, найти подходящую и выполнить испытания своей продукции несложно, но это делают 1–2% производителей, причём не самые крупные.

Второй пункт: как правильно собрать УЦК из качественных и достоверных компонентов? Все части УЦК идут от разных поставщиков и даже частично из Европы — «европейские» вентиляторы и теплообменники до сих пор являются популярным решением. Например, есть 99% копии вентиляторов Ziehl-Abegg из города Королёва и есть 99% копии теплообменников фирмы Roenest, столь популярные в России, вполне хорошие по достоверности параметров.

В то же самое время в установках центрального кондиционирования есть множество ограничений, например, по скоростям воздуха в элементах УЦК, расстояниям между элементами, углом входа потока воздуха в блоки УЦК и т.п. Иными словами, всегда существует масса правил для каждого блока УЦК, которые должны быть исполнены корректно.



Пример таких правил сборки УЦК в виде документа RLT-01 [9] в 2012 году выпустила «Немецкая ассоциация производителей УЦК» (German AHU Manufacturers Association). Общее число простых и понятных правил превышает 300 штук — это 12 страниц мелким шрифтом. Правила RLT защищают клиента от поставки УЦК с теми самыми упрощениями и ошибками, которыми грешат 99% российских производителей. Изначально участники ассоциации RLT договорились о защите немецкого рынка от дешёвой продукции из Италии, Польши, Франции и любой другой страны, где УЦК были просто товаром, а не гарантией качества. Важно, что у RLT правила более полные и подробные, чем сам стандарт Eurovent, так как основаны на огромном опыте именно немецких потребителей.

В УЦК имеется множество ограничений, например, по скоростям воздуха в элементах УЦК, расстояниям между элементами, углом входа потока воздуха в блоки УЦК и т.п. Иными словами, всегда существует масса правил для каждого блока УЦК, которые должны быть исполнены корректно

Правила RLT можно применять вручную (что очень долго и сложно) или внести в программу подбора УЦК, что намного удобнее, но требует понимания всех ограничений от RLT и Eurovent. Немецкие производители уже давно так сделали — внесли правила RLT в свои программы подбора и заявили об этом в чисто рекламных целях на русском языке.

Третий пункт: программа подбора УЦК, сертифицированная Eurovent. Как уже говорилось, в программу подбора УЦК можно внести очень много правил, а можно, наоборот, всё сильно упростить. Eurovent установил обязательный минимум по содержанию программы подбора УЦК, чтобы не было рисков обмана и сокрытия информации. Фактически «сертифицируется», то есть подтверждается именно программа подбора УЦК, но не сами установки центрального кондиционирования. Это очень похоже на «Яндекс.Такси»: мы заказываем услуги в программном обеспечении «Яндекса», без которого поездки были бы дорогие, криминальные и с опозданием. Парадокс, но ПО «Яндекс» важнее самого водителя такси и его машины, ведь за любое нарушение правил «Яндекса» водитель просто не получит заказ. Именно такую систему проверки УЦК и ввёл Eurovent: нет программы проверенной Eurovent — нет продаж УЦК в Европе. Любые расчёты УЦК в программе получают уникальный идентификационный номер ID, затем они архивируются и могут выборочно автоматически проверяться на правильность. Ручная подгонка данных с параметрами УЦК в программе, подтверждённой Eurovent, невозможна, что иногда неудобно. Выпуск подбора УЦК без архивного номера ID невозможна в Европе, зато возможна в Турции, России, Казахстане. То есть, например, фирмы Systemair, Wolf или York могут использовать программу подбора УЦК и никак не отвечать за качество расчётов перед Eurovent, если продажа производится в России. Очевидно, что на общее качество подборов УЦК это влияет в сторону увеличения рисков и меньшей достоверности.



❖ Сотрудники Eurovent гордятся тем, что строят доверие к российскому рынку установок центрального кондиционирования, который, без сомнения, имеет прекрасные перспективы

Российское ПО для подбора УЦК

Старейший завод «ВЕЗА» с 1997 года использует собственную программу, построенную на принципах фирмы Aircalc, то есть это очень мощный продукт с открытыми базами данных типа blackbox DLL. Программа подбора УЦК от «ВЕЗА» никак не гарантирует достоверность самих комплектующих «ВЕЗА», так как нет протоколов независимых испытаний, но грубых ошибок в целом немного. Европейские компании Aircalc и Altec — два крупнейших разработчика ПО для подбора УЦК в Европе, чьи программы сертифицированы Eurovent, также есть фирмы в России, купившие эти программы. Все остальные заводы используют общую программу подбора, изначально разработанную для KORF и NED в 2013 году. Данная программа стала стандартом для рынков России, Казахстана и Беларуси и оказалась очень удобной для продавцов простых УЦК, но совершенно недостоверной для проектирования сложных УЦК, в первую очередь под технологические и «чистые» помещения. Масса ошибок заложена во внутренние базы данных рассматриваемой программы (внешние библиотеки DLL от европейских производителей недоступны), подбор УЦК требует перепроверки вручную. Для простых УЦК общая программа подбора вполне приемлема, для больших и сложных — ошибка в расчётах накапливается и становится критической, нужна ручная проверка каждого элемента УЦК.

Схема типового УЦК для «чистого» помещения дана в ГОСТ 56638–2015. Собрать УЦК по указанной в данном ГОСТ схеме в общей программе подбора без

грубых ошибок невозможно. Принципиальная её проблема — невозможность свободного набора отдельных элементов УЦК из базы данных. Можно утверждать, что более 90% грубых ошибок в составе УЦК генерируется именно в программе подбора УЦК, так как обычно недостоверность в компонентах УЦК сравнима с точностью замеров при ПНР.

Теперь о пункте №4 — натурные испытания и пусконаладочные работы. Поскольку достоверности в подборах УЦК не хватает, необходима инструментальная проверка изготовленного УЦК в натурных испытаниях. Такие тесты крайне редко проводят отдельные производители по настоянию капризных клиентов и только на параметры расхода и давления. Испытать УЦК на все параметры, включая температуру и влажность, не может ни один изготовитель, включая крупнейшие. Остаётся делать это при ПНР на объекте. Все обнаруженные при ПНР несоответствия УЦК проекту очень долго не признаются изготовителем установки, после чего система принимается в неполноценном виде или идёт заказ и замена тех самых первичных компонентов УЦК, достоверность которых изначально не была ничем подтверждена.

Общие потери времени на приведение УЦК в соответствие проекту могут составлять от трёх месяцев до двух лет. Именно эти потери времени и финансов и отличают любую европейскую УЦК от отечественной продукции. Лотерея при заказе УЦК имеет очень низкий процент удачного выигрыша, причём этот процент снижается по мере усложнения и удорожания самой установки.

Отдельные небольшие компании в России научились делать вручную сложные проекты УЦК и могут выполнить сложное проектирование всех компонентов — так называемый «кастом-проект».

Для крупных компаний изменение программы подбора УЦК, базы данных на комплектующие и документации для производства крайне тяжело и дорого. Таким образом, заказ УЦК без сертифицированной Eurovent программы — это и есть поездка на такси без «Яндекса», которая может сложиться удачно, если повезёт, а можно и вообще не доехать.

Многие заказчики, понимающие специфику российского рынка УЦК, стали требовать документы, подтверждающие параметры установок, вплоть до протоколов заводских испытаний «на всё и вся». Это серьёзный шаг к повышению качества, но при этом и исключение из правил. Сертификация Eurovent гарантирует каждому, что «зелёный треугольник» снимает риски получить «кота в мешке». ●

Электронные версии документов, упомянутые в статье, включая RLT и EN, выложены в частном телеграмм-канале Eurovent Russia: t.me/euroventRussia.



1. ГОСТ ISO / IEC 17025–2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий / Дата введ.: 01.09.2019.
2. ГОСТ Р EN 1886 [проект]. Вентиляция зданий. Установки обработки воздуха. Механические характеристики (EN 1886:2007, NEQ). — М.: ООО «ВЕЗА»; Стандартинформ, 2024.
3. ГОСТ Р EN 13053 [проект]. Вентиляция зданий. Установки обработки воздуха. Оценка эксплуатационных характеристик отдельных агрегатов, компонентов, секций (EN 13053:2019, NEQ). — М.: ООО «ВЕЗА»; Стандартинформ, 2024.
4. DIN EN 1751–2014. Ventilation for buildings — Air terminal devices — Aerodynamic testing of damper and valve [Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства. Аэродинамические испытания регистров и клапанов] / Дата введ.: 01.06.2014.
5. ГОСТ Р EN 779–2014. Фильтры очистки воздуха общего назначения. Определение технических характеристик / Дата введ.: 01.12.2015.
6. ГОСТ Р ИСО 27327–1–2012. Вентиляторы. Агрегаты воздушной завесы. Ч. 1: Лабораторные методы испытаний для оценки аэродинамических характеристик / Дата введ.: 01.01.2014.
7. ГОСТ Р EN 306–2011. Теплообменники. Измерения и точность измерений при определении мощности / Дата введ.: 01.01.2013.
8. ГОСТ Р EN 308–2011. Теплообменники. Методы испытаний для определения критериев мощности установок регенерации тепла из смеси «воздух — воздух» и «воздух — отработанный газ» / Дата введ.: 01.01.2013.
9. RLT-Richtlinie 01. Allgemeine Anforderungen an Raumlufttechnische Geräte [Общие требования к оборудованию для вентиляции помещений]. Herstellerverband Raumlufttechnische Geräte e.V. [Ассоциация производителей оборудования для вентиляции помещений]. Bietigheim-Bissingen, Deutschland. Februar 2018. 26 s.



Численное моделирование вентиляции спа-центра

Введение

Одним из важных приоритетных направлений политики России является сохранение и укрепление здоровья граждан, в том числе благодаря строительству новых спортивных комплексов и спа-центров. Общие требования по проектированию спортивных сооружений, в том числе к системам обеспечения микроклимата, представлены в ряде нормативных документов — СП 332.1325800.2017, СП 31-112-2007, СП 310.1325800.2017, СП 31-113-2004, Р НП «АВОК» 7.1-2020. Разработаны и обобщены методы инженерных расчётов теплого, влажностного и воздушного режимов бассейнов и ледовых арен, в частности, в работах [1–2]. В [3–4] предложены также способы учёта влияния лучистого теплообмена.

Для повышения эффективности проектных решений в настоящее время уже недостаточно использовать общепризнанные интегральные (балансовые) методы расчёта воздухообменов для обеспечения комфортных параметров микроклимата или эмпирические зависимости для расчёта струйных течений при выборе способов воздухораспределения. Для всесторонней оценки проектных решений в области вентиляции необходимо иметь возможность проанализировать

ситуацию в целом, то есть оценить пространственную неоднородность в распределении температуры, скорости и влажности воздуха в общественных и производственных помещениях, имеющих сложную геометрию и тепло-, влаго- и газовыделения.

В последние годы широкое распространение получили методы численного моделирования вентиляционных процессов с использованием различных гидродинамических программных комплексов. Их реализация позволяет проанализировать пространственное распределение параметров микроклимата для проектного варианта организации воздухообмена и выбранных способов подготовки воздуха, а также оценить их соответствие требованиям нормативных документов. Это особенно важно, поскольку в редких случаях есть возможность выполнить проверку принятых инженерных решений в натурных условиях [5, 6].

Воздушный режим в помещениях специального назначения с большим количеством людей формируется за счёт совокупности турбулентных приточных струй, взаимодействующих с менее активными течениями вблизи вытяжных отверстий, ниспадающими потоками вблизи холодных поверхностей и конвек-

Рецензия эксперта на статью получена 18.06.2024 [The expert review of the article was received on June 18, 2024]

УДК 697.953. Научная специальность: 2.1.3.

Численное моделирование вентиляции спа-центра

Т.А. Дацюк, д.т.н., профессор; **А.М. Гримитлин**, д.т.н., профессор; **В.Р. Таурит**, д.т.н., профессор; **Ю.В. Иванова**, к.т.н., доцент, старший преподаватель, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)

Представлены результаты численного моделирования параметров микроклимата на примере организации воздушного режима спа-центра. Рассмотрены особенности формирования исходных данных для численного эксперимента, в частности, характеризующих тепловлажностный режим помещений с открытой водной поверхностью. Проанализирован выбор модели турбулентности при использовании программного комплекса STAR-CCM+. Изучены проблемы, возникающие при анализе частных решений с точки зрения сравнения с требованиями нормативных документов. Предложены рекомендации для использования результатов численного моделирования при корректировке проектных решений.

Ключевые слова: численное моделирование, воздушный режим, тепло-массообмен, турбулентные течения, воздухообмен, спа-центр, открытая водная поверхность

UDC 697.953. The number of scientific specialty: 2.1.3.

Numerical simulation of spa ventilation

T.A. Datsyuk, Doctor of Technical Sciences, Professor; **A.M. Gritmitlin**, Doctor of Technical Sciences, Professor; **V.R. Taurit**, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Ju.V. Ivanova**, PhD, Associate Professor, senior lecturer, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

The results of numerical modeling of microclimate parameters are presented using the example of organizing the air regime of a spa. The features of the formation of initial data for a numerical experiment are considered, in particular, those characterizing the heat and humidity regime of rooms with an open water surface. The choice of a turbulence model using the STAR-CCM+ software package is analyzed. The problems that arise when analyzing private solutions from the point of view of comparison with the requirements of regulatory documents are studied. Recommendations are proposed for using the results of numerical modeling when adjusting design solutions.

Keywords: numerical modeling, air regime, heat and mass transfer, turbulent flows, air exchange, spa, open water surface.

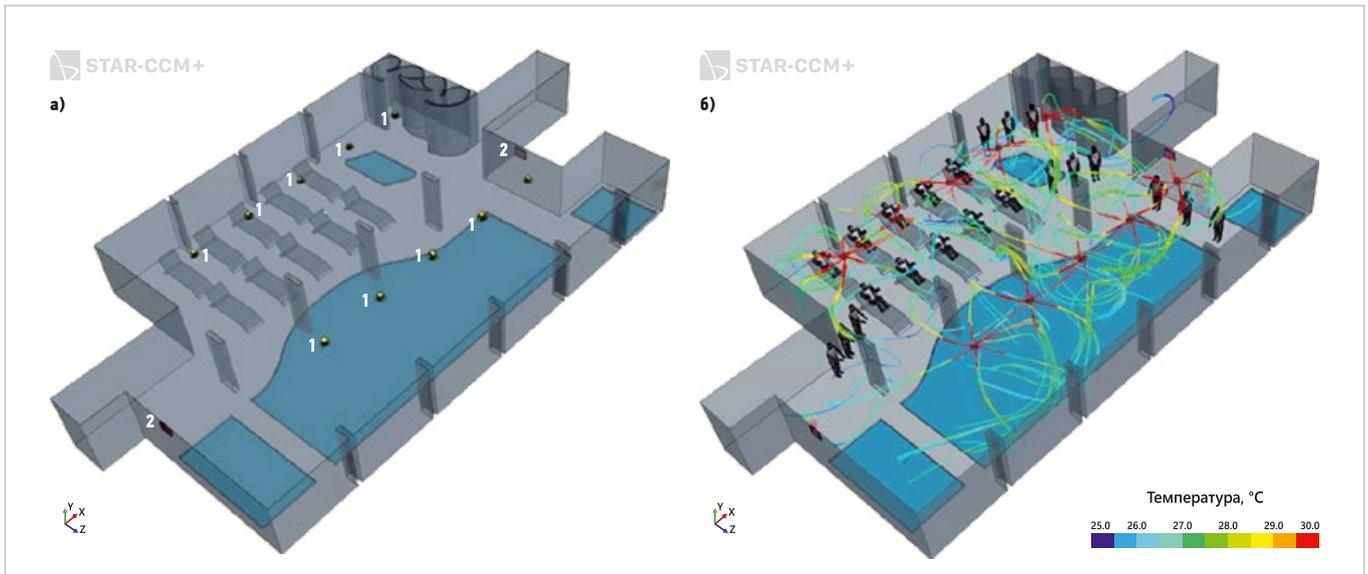


Рис. 1. Размещение вентиляционных устройств и циркуляционные течения в зоне отдыха спа-центра [а — модель спа-центра (1 — приточные диффузоры; 2 — вытяжная решётка), б — траектории струйных течений от воздухораспределителей]

тивными течениями от источников тепловыделений. Вследствие такой сложной картины движения воздуха оценить пространственное распределение параметров микроклимата возможно только с использованием методов математического моделирования. В значительной степени это относится и к обеспечению стационарных комфортных условий в спа-центрах с открытой водной поверхностью, где скорость воздушного потока не должна превышать 0,1 м/с, а относительная влажность — 60%.

Методы

В статье использовано численное моделирование для организации комфортных условий в спа-центре.

Численное моделирование тепломассообмена и аэродинамики вентиляционных процессов основано на решении системы дифференциальных уравнений в частных производных Навье — Стокса, неразрывности, энергии и примесей [7–9]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{p}}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{\rho} \bar{u}_i + \bar{\rho}' u_i') &= S_m; \\ \rho \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial \tau} + \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \right) &= -\frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \\ &+ \mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + S_i; \\ \frac{\partial (\bar{\rho} a)}{\partial \tau} + \frac{\partial (\bar{\rho} \bar{u}_i a)}{\partial x_j} &= -\frac{\partial (\bar{\rho} u_i a')}{\partial x_j} + \bar{J}_a, \end{aligned}$$

где τ — время; ρ — плотность; μ — коэффициент динамической вязкости; \bar{u}_i — компоненты вектора осреднённой скорости по осям координат; τ_{ij} — турбулентные напряжения (дополнительные

напряжения Рейнольдса); \bar{u}_i , \bar{u}_j , \bar{t} и \bar{c} — локальные пульсации скорости, температуры и примеси потока; \bar{a} — осреднённые значения удельной плотности скалярной величины; S_m и S_i — интенсивность источников массы и импульса; \bar{J}_a — интенсивность источников примеси.

Достоверность получаемой методом моделирование информации о распределении параметров микроклимата зависит от выбора модели турбулентности [8]. Наиболее часто при использовании сертифицированных гидродинамических пакетов для расчёта турбулентных течений

применяется модель турбулентности $k-\epsilon$ или более поздние её модификации. Модели этой группы, к сожалению, не всегда обеспечивают необходимую для практики точность при изучении турбулентных течений вблизи твёрдых поверхностей со сложной геометрией или при больших размерах расчётной области. Поэтому проводятся оценочные расчёты, направленные на выбор модели турбулентности.

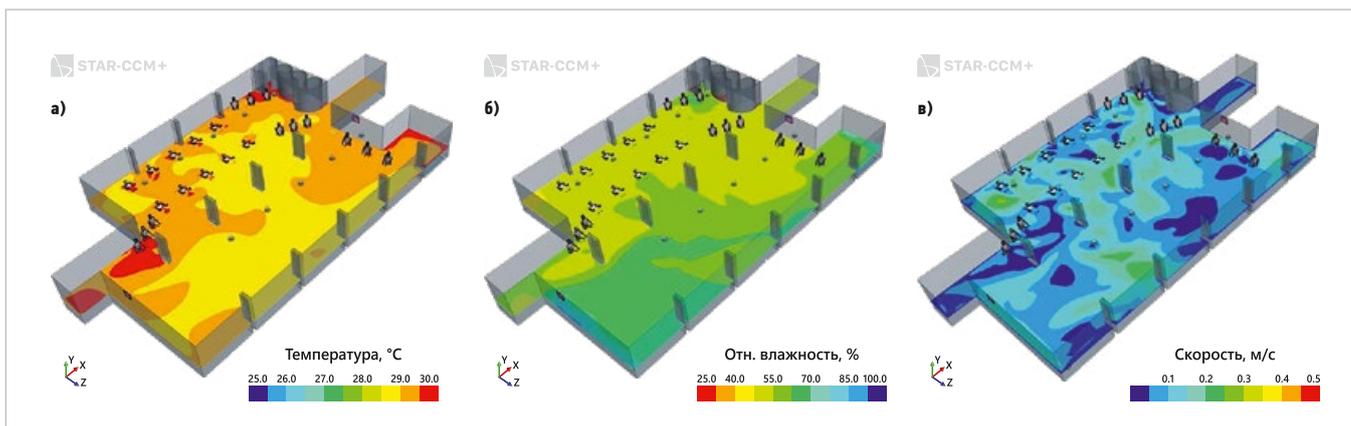
Этапы расчёта, таким образом, сводятся к следующему:

- описание всех геометрических особенностей вентилируемого объекта и построение трёхмерных моделей, например, в программном комплексе SolidWorks (рис. 1а);
- разработка и построение расчётной сетки, причём количество ячеек должно быть достаточным для получения достоверного решения и выявления тонких структур течения (последнее достигается измельчением расчётной сетки в критических областях);
- корректная формулировка граничных условий для решаемой задачи;
- выбор одной из полуэмпирических моделей турбулентности для решения рассматриваемой задачи и обоснование её применения.

Расчёты, приведённые в статье, выполнены в программном комплексе Siemens STAR-CCM+ версии 13.02.011-R8, в качестве модели турбулентности принята модель $k-\omega$. В этой модели вместо уравнения для ϵ используется уравнение удельной скорости диссипации кинетической энергии турбулентности ω . Применение модели $k-\omega$ позволяет получить более точные результаты, так как учитывается влияние малых чисел Re [4].

Расчёты, приведённые в статье, выполнены в программном комплексе STAR-CCM+, в качестве модели турбулентности принята модель $k-\omega$. В этой модели вместо уравнения для ϵ используется уравнение удельной скорости диссипации кинетической энергии турбулентности ω





•• Рис. 2. Распределение параметров микроклимата в обслуживаемой зоне спа-центра (а — поле температуры, б — поле относительной влажности, в — поле подвижности воздуха)

Результаты и обсуждение

В общем случае для различных периодов года необходимо рассчитать достаточно много вариантов организации воздухообмена и воздухораспределения, учитывая особенности размещения всех объектов, влияющих на распределение параметров воздуха в помещении, особенно при наличии открытой водной поверхности.

Спа-центры характеризуются разнообразием как объёмно-планировочных, так и технологических решений. Для любых проектных решений важно исключить конденсацию влаги, особенно на светопрозрачных конструкциях. Подачу воздуха рекомендуется осуществлять через систему приточной вентиляции, совмещённой с воздушным отоплением, на уровне пола вертикальными струями вдоль наиболее холодных поверхностей. В зависимости от объёмно-планировочных решений возможны особые требования с точки зрения устройства системы отопления, воздушного баланса, утилизации теплоты и осушения удаляемого воздуха.

Однако применение общих рекомендаций, к сожалению, недостаточно для создания комфортных условий в зонах отдыха. Основной проблемой в помещении спа-центра является обеспечение в зоне отдыха скорости движения воздуха 0,1 м/с, относительной влажности до 60% и концентрации CO₂, не превышающей 600 ppm.

Для организации воздухообмена в помещении спа-центра, включающем джакузи, взрослый и детский бассейны, использована потолочная подача приточного воздуха с использованием воздухораспределителей фирмы «Арктос» (рис. 16), формирующих веерные струи.

При расчёте граничные условия учитывали тепло- и влагопоступления от людей, водных и смоченных поверхностей, а также количество выделяющегося углекислого газа.

Результаты численного моделирования (рис. 2) показывают, что при выбранной схеме вентиляции и типе воздухораспределителей практически все параметры соответствуют нормируемым значениям. В зоне пребывания людей температура воздуха колеблется в диапазоне от 28,5 до 30 °С, что соответствует условиям комфортности для спа-центров (рис. 2а). Поле относительной влажности воздуха в зоне отдыха однородно, значения не превышают 60% (рис. 2б). Однако выявлены зоны с подвижностью воздуха от 0,2 до 0,3 м/с (рис. 2в). Низкие скорости (0 м/с) также не относятся к оптимальным значениям, поскольку это связано с образованием застойных зон.

В результате анализа расчётных вариантов разработаны рекомендации по регулированию расхода и направления потоков приточного воздуха. Например, было предложено изменить расположение приточных диффузоров, переместив один из них в зону расположения детского бассейна для повышения температуры воздуха в этой зоне.

Заключение

Объекты, характеризующиеся проблемами при создании микроклимата, к числу которых, несомненно, относятся спа-центры, ледовые арены, плавательные бассейны и зрительные залы, подлежат обязательному математическому моделированию термодинамического состояния внутреннего воздуха для оценки соответствия нормируемым параметрам.

Разработаны рекомендации по регулированию расхода и направления потоков приточного воздуха. Предложено изменить расположение приточных диффузоров, переместив один из них в зону детского бассейна

Результаты численного моделирования состояния воздушной среды в виде полей распределения температуры, скорости воздуха, относительной влажности и концентраций вредных веществ в характерных зонах помещения позволяют выполнить анализ целесообразности выбранной схемы организации воздухообмена и устройств распределения воздуха в рассматриваемом здании.

При несоответствии параметров возможны различные варианты корректировки проектных решений, разработка программы наладочных работ систем вентиляции или регламента обслуживания систем, а также разработка новых проектных решений. ●

1. Краснов Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий. — М.: Термокул, 2006. 288 с.
2. Тарабанов М.Г. Кондиционирование воздуха. Ч. 1. — М.: АВОК-Пресс, 2015. 212 с.
3. Уляшева В.М., Иванова Ю.В., Аверьянов В.К., Цыганков А.В. Особенности обеспечения параметров микроклимата плавательных бассейнов // Промышленное и гражданское строительство, 2024. №3. С. 11–16.
4. Денисихина Д.М., Луканина М.А., Самолетов М.В. Математическое моделирование микроклимата в помещении бассейна // АВОК, 2012. №3. С. 56–60
5. Dmitriev A.A., Ivanova Yu.V., Tayrit V.R. Analysis of indoor air quality in the swimming pool in Ulan-Ude. Proc. of Engineering, Construction and Infrastructure Solutions for Innovative Medicine Facilities (ECSF-2021). May 19–21, 2021. Pp. 99–109.
6. Palmowska A., Lipska B. The experimental validation of numerical modeling of the air distribution in the indoor Ice Rink Arena. Proc. of the World Congress on Mechanical, Chemical and Material Engineering (MCM-2015). July 20–21, 2015. Barcelona, Spain.
7. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. — М.: Энергоатомиздат, 1984. 152 с.
8. Averb'yanov V., Ulyasheva V., Vasiliev V. Selection of turbulence models in case of numerical simulation of heat, air and mass exchange processes. Proc. of 10th Conference on Interdisciplinary Problems in Environmental Protection and Engineering (EKO-DOK 2018). April 16–18, 2018. Polanica-Zdroj, Poland. E3S Web of Conf. Vol. 44. 2018.
9. SolidWorks | 3D CAD Design Software & PDM Systems [Электр. текст]. Dassault Systèmes — SolidWorks Corp. Режим доступа: solidworks.com. Дата обращ.: 12.06.2024.

References — see page 80.

AIRVent

4–7.02.2025
Москва, Крокус Экспо

3-я Международная выставка оборудования, технологий и услуг для вентиляции, кондиционирования и холодоснабжения

150+
участников

10 мероприятий
деловой программы

56% посетителей
нашли новых партнеров на выставке 2024

Разделы выставки:



Вентиляционное оборудование



Оборудование для кондиционирования



Комплектующие для кондиционирования и вентиляции



Системы промышленного и коммерческого холода / холодильное оборудование



Автоматизация зданий / программное обеспечение



Системы контроля качества воздуха



Инструменты



Услуги



Получите билет
по промокоду **sok**

Одновременно и на одной площадке с крупнейшей в России выставкой комплексных инженерных решений для отопления, водоснабжения, канализации и бассейнов

 **aquaflame**
by Aquatherm Moscow

Генеральный партнер



Генеральный информационный партнер



РЕКЛАМА



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER





Обзор результатов исследований влияния качества воздуха на обучение и посещаемость

Выполнен обзор результатов работ, в которых исследовалась связь качества воздуха в помещениях с обучением и посещаемостью. Анализ результатов исследований показал, что при обеспечении большей величины воздухообмена и низкого уровня концентрации углекислого газа в учебных кабинетах можно ожидать улучшения результатов обучения и снижения количества пропущенных по болезни занятий.

Авторы: Д.С. СИМОНОВ, аспирант, старший преподаватель; А.Ю. МОРОЗОВ, к.т.н., доцент; К.Д. КОНОВАЛОВА, магистрант; Е.Л. МИСЬКОВА, магистрант, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ, г. Екатеринбург)

Введение

Концентрация углекислого газа (CO_2) в помещении рассматривается как один из показателей качества воздуха, который может служить инструментом для его оценки и индикатором недостаточности воздухообмена (с увеличением концентрации CO_2 также будут увеличиваться концентрации других загрязняющих веществ, источники которых присутствуют в помещении). Тем не менее, величина концентрации CO_2 в зданиях общественного назначения не даёт исчерпывающего представления о качестве воздуха, так как выделения загрязняющих веществ от некоторых источников не зависят от количества людей в помещении (например, строительные материалы, мебель).

Также до сих пор недостаточно знаний о величине требуемого воздухообмена, при которой может быть обеспечена приемлемая безопасность в отношении заболеваний, передающихся воздушно-капельным путём [2]. Однако, при прочих равных условиях, более высокие концентрации CO_2 соответствуют меньшим величинам воздухообменов, а значит потенциальному повышению риска передачи таких заболеваний.

Появление симптомов, характерных для «синдрома больного здания», и снижение производительности людей при работе и обучении обычно связывают с уровнями CO_2 , превышающими 1000 ppm [1].

При определении величины воздухообмена в учебных кабинетах [3, 4] в соответствии с требованиями ГОСТ 30494–2011 [5] учитывается не абсолютная концентрация CO_2 в воздухе помещения, а её превышение относительно концентрации в наружном воздухе. Стандарт ANSI/ASHRAE 62.1 (ASHRAE 2019b) [6] также не устанавливает ограничивающего значения концентрации CO_2 в помещениях (в издании стандарта вентиляции ASHRAE 1989 года было указано ограничение в размере 1000 ppm, но оно было удалено из последующих изданий из-за распространившегося неправильного толкования) [1].

CEN 16798-1 (2019) [7] предусматривает четыре класса качества внутреннего воздуха в зависимости от значения превышения концентрации CO_2 для индикации интенсивности вентиляции [1]. Стоит отметить, что величина превышения концентрации CO_2 в стандарте CEN 16798-1 (2019) [7] выше, чем в ГОСТ 30494–2011 [5] (например, для первого класса значения составляют 550 против 400 ppm, соответственно).

Несмотря на принимаемые мировым сообществом меры по достижению углеродной нейтральности, концентрация CO_2 в воздухе атмосферы продолжает увеличиваться [1], что оказывает непосредственное влияние и на концентрацию в воздухе помещений. При этом в месте расположения здания могут наблюдаться

Применение технологий по очистке внутреннего воздуха помещений общественного назначения от углекислого газа может привести к неоправданному ожиданию повышения качества воздуха

колебания концентрации CO_2 , вызванные как местными источниками загрязнений (промышленными предприятиями, транспортной инфраструктурой и др.), так и текущим состоянием атмосферы. Колебания уровня CO_2 в атмосферном воздухе приводят к необходимости его измерения, как при наблюдении за уровнем CO_2 в воздухе помещений, так и при управлении производительностью систем вентиляции.

Также стоит отметить, что применение технологий по очистке внутреннего воздуха помещений общественного назначения от CO_2 (например, рециркуляционных адсорберов) может привести к неоправданному ожиданию повышения качества воздуха. Необходимо понимать, что при очистке воздуха помещения от CO_2 не удаляются другие загрязняющие вещества.



Особенно важно учитывать применение адсорберов углекислого газа при работе систем вентиляции с регулированием расхода воздуха на основании концентрации CO₂ в помещении [1].

В настоящей статье представлен обзор результатов работ [2, 8–27], в которых исследовалась связь качества воздуха в помещениях на основании данных о концентрации CO₂ и величины воздухообмена с обучением и посещаемостью.

Основная часть

Основные результаты исследований представлены в табл. 1. Часть работ рассмотрим подробнее.

В исследовании [12] участвовали 18 учащихся (возраст 10–11 лет), которые были набраны из одного класса начальной школы в Англии. Помещение учебного кабинета, в котором проводилось исследование, имеет площадь 50,8 м², высоту 3,9 м и возможность сквозного проветривания. Интенсивность вентиляции изменялась за счёт открытия окон для обеспечения низкой концентрации CO₂ в помещении и закрытия окон для создания ситуации с высокой концентрацией (во многих испытаниях окна открывались только с одной стороны, чтобы исключить слишком высокую интенсивность вентиляции). Тестирование проводилось на протяжении десяти учебных дней в течение трёх недель.

Участники завершили по четыре сеанса тестирования в условиях низкого уровня углекислого газа (диапазон 501–983 ppm) и по четыре сеанса в условиях высокого уровня CO₂ (2096–4140 ppm). Значительное влияние уровня CO₂ было отмечено на показатели времени реакции и уровня внимания (снижение примерно на 5% при высоком уровне CO₂). Авторы исследования пришли к выводу, что при более высоких концентрациях CO₂ учащиеся, скорее всего, будут менее внимательны и хуже сконцентрированы.

В работе [13] влияние вентиляции в учебных кабинетах на успеваемость учащихся исследовалось в восьми начальных школах Англии. В каждой школе в течение трёх недель в двух классах измерялась концентрация CO₂. Результаты заданий, выполненных более чем 200 учащимися с применением компьютеров, показали более быстрые и точные ответы (в различных тестах от 2,2 до 15%) при более высокой величине воздухообмена. Исследование показывает, что низкая величина воздухообмена в учебных кабинетах снижает внимание и бдительность учеников и отрицательно влияет на память и концентрацию.

Анализ результатов эксперимента [15], в котором принимали учащиеся (возраст 10–12 лет) четырёх классов показал, что при выполнении различных тестов на успеваемость количество правильных ответов увеличилось на 3,2–7,4% при изменении расхода воздуха на одного учащегося с 6,1 до 23,8 м³/ч.

В исследовании [16], целью которого было определение степени влияния параметров микроклимата, вентиляции и освещения на академические способности, принимали участие 92 учащихся

в возрасте 10–12 лет. В течение четырёх недель учащиеся отвечали на вопросы анкеты и выполняли три теста, с помощью которых измеряли концентрацию, скорость обработки, логическое мышление и способность решать математические задачи. В ходе эксперимента применялось два варианта освещения: постоянный тёплый свет со средней цветовой температурой 2900 К (освещённость 450 люкс) и динамический холодный свет со средней цветовой температурой 4900 К (освещённость 750 люкс). При этом низкой интенсивности вентиляции соответствовал расход воздуха на одного учащегося 14,0 м³/ч, высокой интенсивности — 38,2 м³/ч. Наибольшее улучшение результатов тестирования (скорость обработки на 6,6%, концентрация на 8,3%, решение задач по математике на 11,8%) было зафиксировано при высокой интенсивности вентиляции и динамическом холодном свете.

Влияние качества воздуха в учебных кабинетах на обучение и посещаемость [2, 8–24] табл. 1

Качество воздуха	Основные результаты	Источ.
CO ₂ 1500–4000 ppm в сравнении с менее 1000 ppm	Улучшение времени реакции при снижении уровня CO ₂	[9]
CO ₂ от 3800 до 870 ppm	Улучшение концентрации и внимания при более низких уровнях CO ₂	[10]
CO ₂ от 2000 до 500 ppm	Улучшение концентрации при более низких уровнях CO ₂	[11]
CO ₂ от 2900 до 690 ppm	Улучшение времени реакции при более низких уровнях CO ₂	[12]
Воздухообмен от 3,6 до 28,8 м ³ /ч на человека (CO ₂ от 1500–5000 до менее 1000 ppm)	Улучшение эффективности при больших воздухообменах (время реакции, концентрация, внимание)	[13]
Воздухообмен от 10,8 до 36,0 м ³ /ч на человека	Увеличение воздухообмена привело к увеличению скорости выполнения задач без изменения количества ошибок	[14]
Воздухообмен от 1,1 до 57,6 м ³ /ч на человека	Увеличение воздухообмена привело к увеличению производительности при выполнении задач	[13]
Воздухообмен от 6,1 до 23,8 м ³ /ч на человека	Увеличение воздухообмена привело к увеличению эффективности обучения	[15]
Воздухообмен от 14,0 до 38,2 м ³ /ч на человека	Улучшились скорость обработки, концентрация внимания и решение математических задач	[16]
Различные концентрации CO ₂ при воздухообмене до 25,2 м ³ /ч	При увеличении воздухообмена на каждые 3,6 м ³ /ч на человека количество учащихся, сдавших тесты по математике и английскому языку, увеличивалось на 3,0%	[17]
Различные концентрации CO ₂ при воздухообмене до 25,2 м ³ /ч	При увеличении воздухообмена на каждые 3,6 м ³ /ч на человека результаты обучения по математике улучшались на 0,5%	[18]
Воздухообмен и концентрация CO ₂	Увеличение воздухообмена на 10% приводило к увеличению оценки на 0,6 балла	[19]
Естественная и механическая вентиляция	Более низкие результаты тестирования наблюдались при естественной вентиляции, которой соответствовала более высокая концентрация CO ₂	[20]
CO ₂ от 600 до 2100 ppm	Связи между концентрацией CO ₂ и обучением не наблюдалось	[21]
Кратность воздухообмена от 0,4 до 3,5 ч ⁻¹ (колледж)	При увеличении кратности воздухообмена улучшались результаты обучения	[22]
Кратность воздухообмена от 0,4 до 3,5 ч ⁻¹ (колледж)	При увеличении кратности воздухообмена улучшались результаты обучения	[23]
Концентрация CO ₂	Количество пропусков занятий увеличилось на 10–20% при увеличении концентрации CO ₂ в помещении на 1000 ppm относительно концентрации в наружном воздухе	[24]
CO ₂ от 600 до 2100 ppm	Увеличение концентрации CO ₂ на 100 ppm приводит к увеличению количества пропусков на 0,2%	[21]
Недостаточность вентиляции	Более высокий уровень пропусков по болезни связан с недостаточностью вентиляции	[25]
CO ₂ меньше 1000 ppm при среднем значении 640 ppm (детсад)	Увеличение воздухообмена на 1,0 ч ⁻¹ снижает количество больничных дней на 12%	[26]
Концентрация CO ₂	При увеличении воздухообмена на каждые дополнительные 3,6 м ³ /ч на человека количество пропусков снижалось на 1,6%	[27]



При этом результаты теста на внимание показали, что одновременное увеличение величины воздухообмена и улучшение освещённости усиливают положительный эффект друг друга.

Исследование [24] проводилось в 434 учебных кабинетах в 22 начальных школах штата Вашингтон (США). Учебные кабинеты были оснащены индивидуальными системами отопления, вентиляции и кондиционирования (в двух кабинетах отсутствовала система механической

вентиляции). В ходе эксперимента фиксировалось количество учащихся, посещающих и пропускающих занятия, проводились краткосрочные измерения концентрации CO₂ в наружном атмосферном воздухе и в центре учебных кабинетов на высоте 1,0 м. Полученные данные были обработаны с помощью специального программного обеспечения. По результатам работы были отмечено, что увеличение концентрации CO₂ в воздухе учебных кабинетов на 1000 ppm относительно

концентрации в наружном воздухе было связано с уменьшением годовой посещаемости на 0,5–0,9%, что соответствует относительному увеличению отсутствия учащихся на 10–20%. Авторы исследования предполагают, что одним из возможных объяснений полученных результатов является увеличение случаев респираторных заболеваний, вызванное уменьшением воздухообмена.

Целью работы [26] было изучение наличия связи между вентиляцией в детских дошкольных организациях и больничными листами, выданными по причине инфекционных заболеваний. В эксперименте приняли участие 635 детей в 20 детских дошкольных организациях Дании. Наибольшее количество дней, пропущенных по болезни, было зафиксировано при меньших величинах воздухообмена. Результаты исследования показали, что при увеличении воздухообмена на 1,0 ч⁻¹ количество дней на больничном уменьшается на 12%.

Выводы

Рассмотренные исследования показывают, что при обеспечении большей величины воздухообмена и низкого уровня концентрации CO₂ в учебных кабинетах можно ожидать улучшения результатов обучения и снижения количества пропущенных по болезни занятий. ●

- ASHRAE Position Document on Indoor Carbon Dioxide 2022. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Atlanta, Georgia, U. S. 2022. 21 p.
- Sadrizadeh S., Yao R., Yuan F. et al. Indoor air quality and health in schools: A critical review for developing the roadmap for the future school environment. *Journal of Building Engineering*. 2022. Vol. 57.
- Савельев Ю.Л. Основы проектирования систем обменной вентиляции учебных кабинетов и классов образовательных организаций // *Журнал СОК*, 2016. №9. С. 56–67.
- Симонов Д.С., Морозов А.Ю., Жилина Т.С. Воздухообмен и воздухораспределение в учебных кабинетах образовательных организаций // *Журнал СОК*, 2024. №7. С. 62–65.
- ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (с Попр., с Изм. №1) / Дата введ.: 01.01.2013.
- ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022. Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality. ASHRAE. Peachtree Corners, Georgia, U.S. 2022. 90 p.
- EN 16798-1:2019. Energy performance of buildings — Ventilation for buildings — Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. European Committee for Standardization (CEN). Brussels, Belgium. Publ.: May 1, 2019. Withdr.: November 30, 2019.
- Wargocki P. Effects of classroom air quality on learning in schools. In: *Handbook of Indoor Air Quality*; edited by Y. Zhang, Ph.K. Hopke, C. Mandin. Springer Singapore. 2022. 2194 p.
- Myhrvold A.N., Olsen E., Lauridsen O. Indoor environment in schools-pupils health and performance in regard to CO₂ concentrations. *Proc. of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Nagoya, Japan. July 21–26, 1996. Vol. 4. Pp. 369–374.
- Ribic W. Nachweis des Zusammenhanges zwischen Leistungsfähigkeit und Luftqualität, Heizung, Lüftung/Klima. *Haustechnik*. 2008. Vol. 59. Issue 7. Pp. 43–46.
- Sarbu I., Pacurar C. Experimental and numerical research to assess indoor environment quality and schoolwork performance in university classrooms. *Building and Environment*. 2015. Vol. 93. Pp. 141–154.
- Coley D.A., Greeves R., Saxby B.K. The effect of low ventilation rates on the cognitive function of a primary school class. *International Journal of Ventilation*. 2007. Vol. 6. Pp. 107–112.
- Bakó-Biró Z., Clements-Croome D.J., Kochhar N., Awbi H.B., Williams M.J. Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and Environment*. 2012. Vol. 48. Pp. 215–223.
- Wargocki P., Wyon D.P. Providing better thermal and air quality conditions in school classrooms would be cost-effective. *Building and Environment*. 2013. Vol. 59. Pp. 581–589.
- Petersen S., Jensen K.L., Pedersen A.L.S., Rasmussen H.S. The effect of increased classroom ventilation rate indicated by reduced CO₂ concentration on the performance of schoolwork by children. *Indoor Air Program*. 2016. Vol. 26. Pp. 366–379.
- Hviid C.A., Pedersen C., Dabelsteen K.H. A field study of the individual and combined effect of ventilation rate and lighting conditions on pupils' performance. *Building and Environment*. 2020. Vol. 171.
- Haverinen-Shaughnessy U., Moschandreas D.J., Shaughnessy R.J. Association between standard classroom ventilation rates and students' academic achievement. *Indoor Air Program*. 2011. Vol. 21. Issue 2. Pp. 121–131.
- Haverinen-Shaughnessy U., Shaughnessy R.J. Effects of classroom ventilation rate and temperature on students' test scores. *PLoS One*. 2015. Vol. 10. Pp. 1–14.
- Mendell R.J., Eliseeva E.A., Davies M.M., Lobscheid A. Do classroom ventilation rates in California elementary schools influence standardized test scores? Results from a prospective study. *Indoor Air Program*. 2016. Vol. 26. Pp. 546–557.
- Clausen G., Toftum J., Bekö G. Large-scale CO₂ measurement campaigns in Danish schools. *Proc. of the 14th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. July 3–8, 2016. Ghent, Belgium. 2016.
- Gaihre S., Semple S., Miller J., Fielding S., Turner S. Classroom carbon dioxide concentration, school attendance, and educational attainment. *Journal of School Health*. 2014. Vol. 84. Pp. 569–574.
- Murakami Sh., Kaneko T., Ito K., Fukao H. Study on the productivity in classroom (part 1) field survey on effects of air quality/thermal environment on learning performance. *Proc. of the Healthy Buildings 2006 Conference: Creating a Healthy Indoor Environment for People (HB 2006)*. June 4–8, 2006. Lisbon, Portugal. Vol. 1. Pp. 271–276.
- Murakami Sh., Kaneko T., Ito K., Fukao H. Study on the productivity in classroom (part 2) realistic simulation experiment on effects of air quality/thermal environment on learning performance. *Proc. of the Healthy Buildings 2006 Conference: Creating a Healthy Indoor Environment for People (HB 2006)*. June 4–8, 2006. Lisbon, Portugal. Vol. 3. Pp. 207–212.
- Shendell D.G., Prill R., Fisk W.J., Apte M.G., Blake D., Faulkner D. Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho. *Indoor Air Program*. 2004. Vol. 14. Pp. 333–341.
- Simons E., Hwang S.A., Fitzgerald E.F., Kielbaso C., Lin S. The impact of school building conditions on student absenteeism in upstate New York. *American Journal of Public Health*. 2010. Vol. 100. Pp. 1679–1686.
- Kolarik B., Andersen Z.J., Ibfelt T., Englund E.H., Møller E., Bräuner E.V. Ventilation in day care centers and sick leave among nursery children. *Indoor Air*. 2016. Vol. 26. Pp. 157–167.
- Mendell M.J., Eliseeva E.A., Davies M.M. et al. Association of classroom ventilation with reduced illness absence: A prospective study in California elementary schools. *Indoor Air Program*. 2013. Vol. 23. Pp. 515–528.

ВЕНТИЛЯЦИЯ

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ

ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ

ОТОПЛЕНИЕ

**ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД
НА ВЫСТАВКУ 2025 ГОДА**

climatexpo.ru



«УралТЭП»: объединяя богатый опыт и новаторство

Дальнейшее развитие энергетической отрасли России и вывод её на высочайший технологический уровень — это вызов для всех участников процесса, в который активно включились проектировщики екатеринбургской компании «УралТЭП». Здесь уже не первый год внедряются интеллектуальные средства проектирования объектов электроэнергетики.

Не изменяя традициям

ООО «УралТЭП» — компания, одним из участников которой является ООО «Сибирская генерирующая компания», в свою очередь входящая в энергетический холдинг Группы компаний «Сибирская угольная энергетическая компания» («СУЭК»). Организация занимается комплексным проектированием тепловых электростанций и электросетевых объектов на территории Уральского и Сибирского федеральных округов. Головной офис расположен в городе Екатеринбурге.

Инженерно-проектная компания «УралТЭП» была создана в 2019 году на базе старейших проектных организаций уральского региона — «УралТЭП» и «УралВНИПИэнергопром».

Ещё в 1940 году в Свердловске был учреждён проектный институт «УралТЭП», призванный обеспечить уральские промышленные объекты электроэнергией и теплом. В 1940–1950-х годах организация выполнила проекты ряда крупнейших на то время электростанций на Урале, а также многочисленные проекты в других регионах страны.

В свою очередь, «УралВНИПИэнергопром» ведёт свою историю с 1960 года.

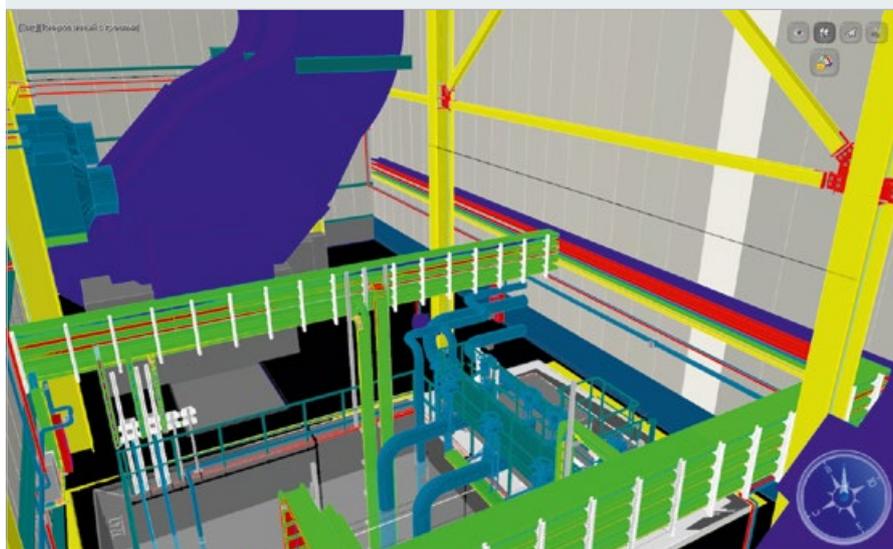
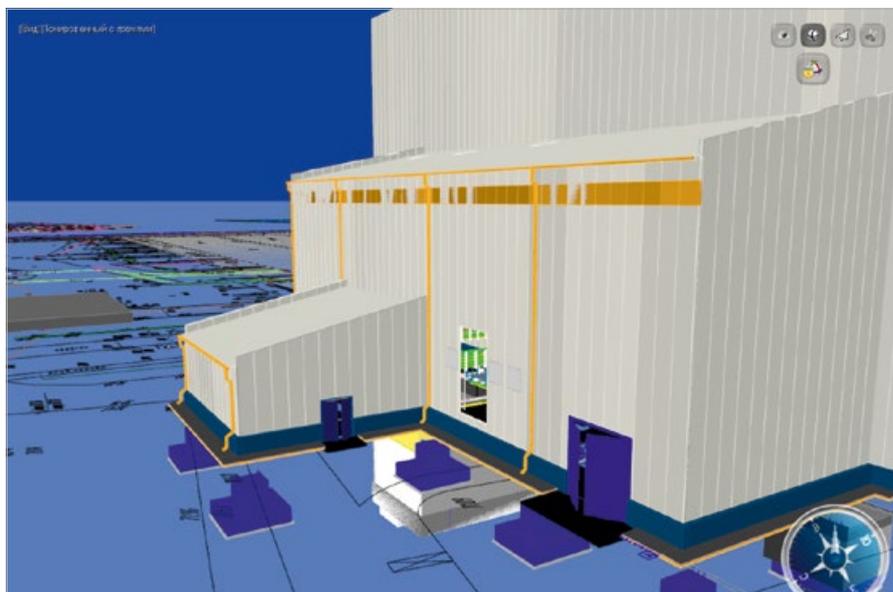
Этот проектный институт был создан для разработки ТЭЦ крупных промышленных узлов страны. Его специалистами были спроектированы и введены в строй многие ТЭЦ Урала, Сибири и Дальнего Востока.

Сохраняя традиции качественного проектирования, ООО «УралТЭП» доказывает свою состоятельность на новом этапе перевооружения отрасли. Сегодня среди заказчиков проектной организации такие энергетические компании России, как ООО «Сибирская генерирующая компания», НПО «ЭЛСИБ» ПАО, АО «НАК «Азот», АО «Сибирьэнергоремонт» — АО «СибЭР», АО «Екатеринбургская теплосетевая компания», ОАО «Енисейская ТГК» (ТГК-13), АО «СУЭК», АО «МХК «ЕвроХим», ПАО «Т Плюс», ООО «Приморская ГРЭС» и др.

В компании действует система менеджмента качества, соответствующая требованиям международного стандарта ISO 9001:2015. Кроме того, функционирует интегрированная система менеджмента качества и система экологического менеджмента, сертифицированная в едином реестре зарегистрированных систем сертификации NAUCERT.



•• Трёхмерная модель ТЭЦ



❖ Трёхмерная модель дымососного отделения в составе проектируемого блока ГРЭС — пилотного BIM-проекта, выполненного специалистами ООО «УралТЭП» в Model Studio CS

ООО «УралТЭП» состоит в СРО «Ассоциация “Уральское общество изыскателей”» и СРО АП «УралАСП» и имеет право на осуществление проектных и изыскательских работ в отношении особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства.

Задачи, стоящие перед компанией, решает коллектив высококвалифицированных, опытных, грамотных специалистов, обладающих опытом проектирования энергетических объектов. Всего здесь работают более 300 человек.

Комплексная работа: в ответе за всё

ООО «УралТЭП» осуществляет комплексное проектирование строительства, реконструкции и технического перевооружения объектов энергетики — ТЭЦ, ГРЭС, котельных промышленных предприятий и жилищно-коммунального сектора, тепловых сетей, включающее разработку всех видов проектной продукции (предварительное ТЭО, ТЭО, проектная документация, рабочая документация).

Компания выполняет функции генерального проектировщика строящихся и реконструируемых объектов энергетики с разработкой всех видов проектной продукции. В её послужном списке — разработка проектов строительства газотурбинных и газопоршневых установок собственной генерации на нефтегазовых месторождениях и предприятиях различных отраслей промышленности, подготовка бизнес-планов и разработка инвестиционных проектов с оценкой их эффективности, оказание услуг по техническому сопровождению в процессе строительства объекта и осуществление функций автор-

В компании «УралТЭП» внедрение технологии 3D-моделирования и системы электронного документооборота TDMS было сопряжено с реорганизацией производственного процесса и переобучением сотрудников

ского надзора за строительством, а также организация, контроль и сопровождение комплексных инженерных изысканий и технического обследования зданий, сооружений и оборудования с выдачей соответствующего заключения и т.п.

Инженеры и проектировщики организации разрабатывают схемы теплоснабжения городов, регионов, промышленных узлов и предприятий с последующим выполнением проектной и рабочей документации на строительство, реконструкцию и техническое перевооружение магистральных тепловых сетей.

Важное значение в строительной сфере имеет выполнение работ по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) в отношении планируемой хозяйственной и иной деятельности объектов энергетики с последующей организацией публичных слушаний и сопровождением при прохождении экологической экспертизы. Этому аспекту специалисты ООО «УралТЭП» уделяют должное внимание.

В рамках комплексного выполнения работ сотрудники компании также оказывают услуги профессионального сопровождения при выполнении всех видов экспертиз проектной и рабочей документации на этапах проверок инспекторами ФАУ «Главгосэкспертиза» и региональных филиалов, негосударственной экспертизы, Государственной экологической экспертизы, экспертизы по промышленной безопасности.

В приоритете – автоматизация

В компании «УралТЭП», как и во многих других проектных институтах, внедрение технологии 3D-моделирования и системы электронного документооборота TDMS было сопряжено с реорганизацией производственного процесса и переобучением сотрудников. Что и было успешно сделано. Однако, как здесь говорят, надолго задержаться в зоне комфорта жизнь не позволяет — бросает всё новые и новые вызовы. Очередным вызовом в связи с уходом с российского рынка продуктов зарубежных производителей стала необходимость осваивать новое программное обеспечение автоматизированного информационного BIM-моделирования — уже полностью отечественного производства.

В 2022 году в компании провели анализ возможностей представленных на рынке российских программных продуктов, сравнив решения разных вендоров по нескольким критериям. В том числе оценивали перечень разделов проектирования и работ, выполняемых с помощью ПО, возможность работать в среде общих данных и проводить проверки на коллизии.

Было выяснено, что наибольший спектр разделов проектирования — у программного комплекса Model Studio CS, разработанного компанией «СиСофт Девелопмент». На тот момент он представлял собой 12 специализированных модулей для комплексной системы информационного моделирования объектов промышленного и гражданского строительства, совмещённых с платформой CADLib «Модель и Архив».

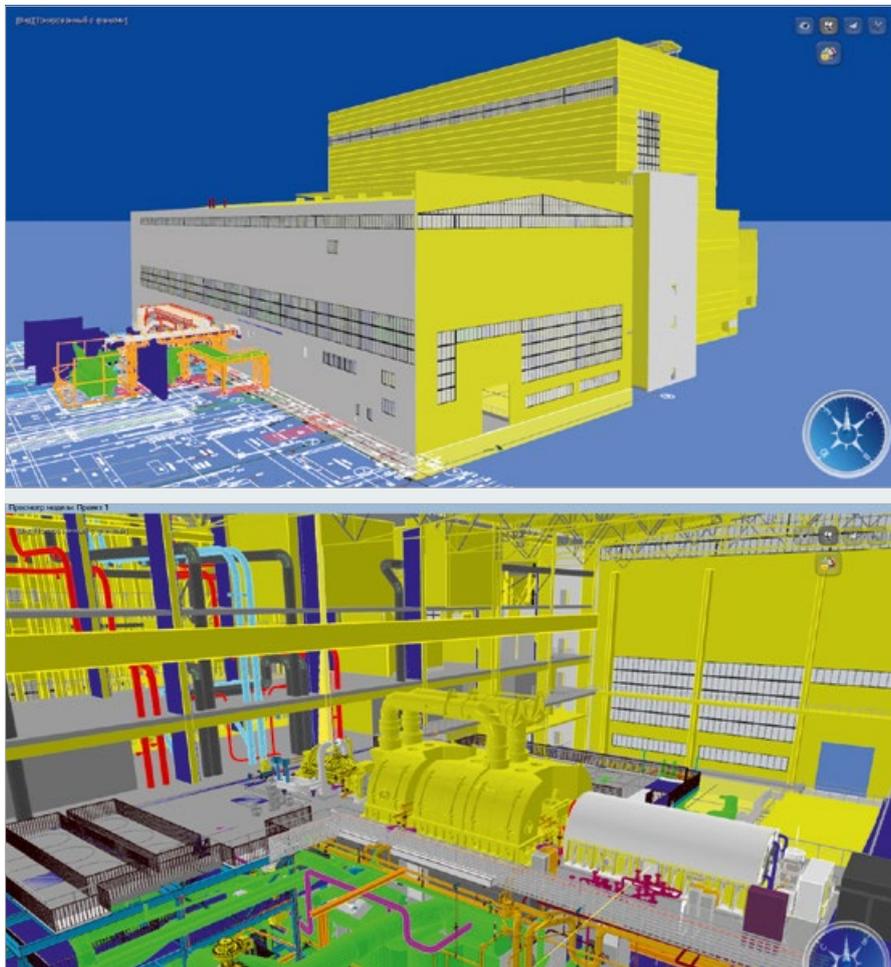
Понравилось, что, используя данную платформу, проектировщики разных специальностей могут видеть работу друг друга, а также подгружать внешние файлы, облака точек, результаты лазерного сканирования. С помощью CADLib «Модель и Архив» выполняется проверка на коллизии с последующим формированием отчёта. Специалисты «УралТЭП» отметили, что, кроме построения трёхмерной модели и выпуска документации (чертежей и спецификации), в Model Studio CS представлены дополнительные возможности: интеграция со сметами, обмен данными с расчётным ПО, подключение план-графиков и т.д.

Основываясь на результатах проведённого анализа, руководство ООО «УралТЭП» приняло решение о внедрении отечественной технологии информационного моделирования (ТИМ) на базе программного обеспечения Model Studio CS и CADLib. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- обучение с целью создания коллектива специалистов производственных отделов и ТИМ-администраторов департамента информационных технологий (ДИТ), работающего в Model Studio CS;

Руководство ООО «УралТЭП» приняло решение о внедрении отечественной технологии информационного моделирования (ТИМ) на базе программного обеспечения Model Studio CS и CADLib

- адаптация Model Studio CS под нужды и стандарты предприятия (наработка компетенций администраторов ДИТ по настройке и сопровождению среды Model Studio CS, создание базы данных оборудования, а также настройка оформления чертежей);
- разработка информационной трёхмерной модели по реально существующему текущему объекту;
- настройка выпуска документации;
- разработка инструкций.



•• Трёхмерная модель ГРЭС — второй по мощности тепловой электростанции в РФ

Внедрение программного комплекса Model Studio CS осуществлялось при непосредственном участии специалистов компании-разработчика «СиСофт Девелопмент». В работе по проектированию и моделированию сооружений использовалось несколько решений программного комплекса Model Studio CS: Model Studio CS «Технологические схемы», Model Studio CS «Кабельное хозяйство», Model Studio CS «Трубопроводы», Model Studio CS «Строительные решения», Model Studio CS «Отопление и вентиляция», Model Studio CS «Водоснабжение и канализация», Model Studio CS «Электротехнические схемы», CADLib «Модель и Архив».

Поэтапное обучение

В ООО «УралТЭП» был разработан план поэтапного вовлечения отделов в процесс проектирования в трёхмерной информационной среде. Обучение работе в модулях Model Studio CS и CADLib «Модель и Архив» проводили сертифицированные преподаватели «СиСофт Девелопмент» в очном формате на территории «УралТЭП». По результатам обучения были выданы соответствующие сертификаты.

Первыми прошли обучение и приступили к выполнению пилотного проекта строители, далее подключились технологи, электрики, отдел отопления и венти-

ляции, затем специалисты ОАСУ и отдела гидротехнических сооружений. Наступил момент, когда компания «УралТЭП» уже своим силами смогла подключить отдел сигнализации и пожаротушения к работе в Model Studio CS.

В процессе обучения были освоены все аспекты 3D-проектирования:

- формирование трёхмерной модели разделов;
- размещение созданных элементов баз данных (БД);
- управление параметрическими элементами;
- формирование планов, разрезов и сечений на основе преднастроенных проекций;
- оформление чертежей;
- получение табличных форм и спецификаций.

Преподаватели «СиСофт Девелопмент» старались учитывать особенности технологии проектирования в ООО «УралТЭП» и при обучении уделяли этому аспекту должное внимание. Кроме того, даже в перерывах и после занятий они находили возможность для консультирования проектировщиков и ТИМ-администраторов ДИТ по вопросам, касающимся работы всех модулей Model Studio CS (необязательно того, по которому проводится обучение).



Рис. 1. Пилотный проект

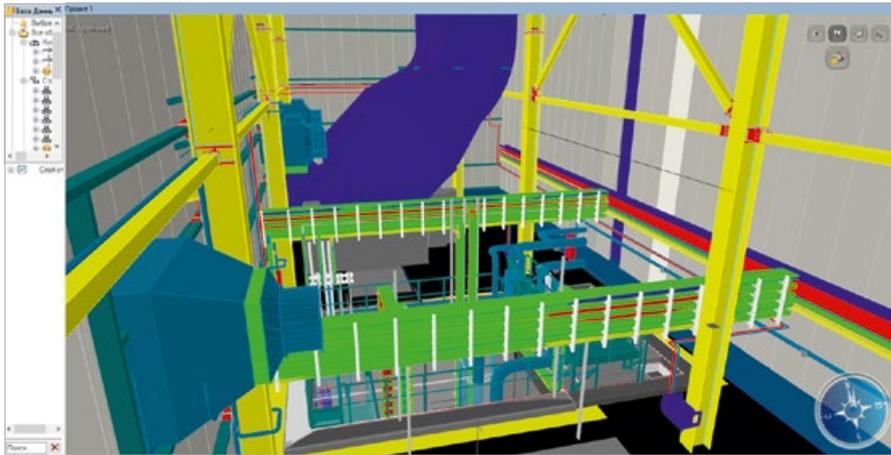


Рис. 2. Пилотный проект. Машинный зал

Пилотный проект

Для выполнения пилотного проекта был выбран реальный объект — дымососное отделение в составе проектируемого блока ГРЭС. Этот выбор был обусловлен участием в нём специалистов нескольких специальностей. Таким образом, на относительно компактном объекте можно было попробовать разместить 3D-модели строителей, инженерных систем, электро-технического оборудования и т.д.

В ходе выполнения пилотного проекта ТИМ-администраторы ДИТ ООО «УралТЭП» адаптировали Model Studio CS под нужды предприятия по заявкам от проектировщиков. Были созданы все необходимые элементы библиотеки стандартных изделий и материалов. Особенно хочется отметить, что удалось научиться разрабатывать параметрические элементы БД (в частности, узлы металлоконструкций), в которых заложены зависимости пара-

метров друг от друга. Далее этот опыт нашёл своё применение при разработке подвесных опорных элементов для трубопроводных систем и кабельных конструкций (лотков и т.д.).

После наполнения базы данных необходимыми элементами участники пилотного проекта приступили к разработке информационной 3D-модели дымососного отделения. ТИМ-администраторы ДИТ еженедельно выполняли мониторинг проекта, сборку общей 3D-модели в CADLib «Модель и Архив» и проверку на коллизии (рис. 1 и 2).

Для выполнения пилотного проекта был выбран реальный объект — дымососное отделение в составе проектируемого блока ГРЭС. Этот выбор был обусловлен участием в нём специалистов нескольких специальностей. В ходе выполнения пилотного проекта ТИМ-администраторы ДИТ ООО «УралТЭП» адаптировали Model Studio CS под нужды предприятия по заявкам от проектировщиков

После завершения построения трёхмерной модели участники проекта перешли к выпуску необходимой документации (чертежей, спецификаций), как это показано на рис. 3–5.

После выпуска документации ТИМ-администраторы ДИТ приступили к разработке инструкций, отражающих технологию разработки 3D-модели в Model Studio CS и получения документации в ООО «УралТЭП».

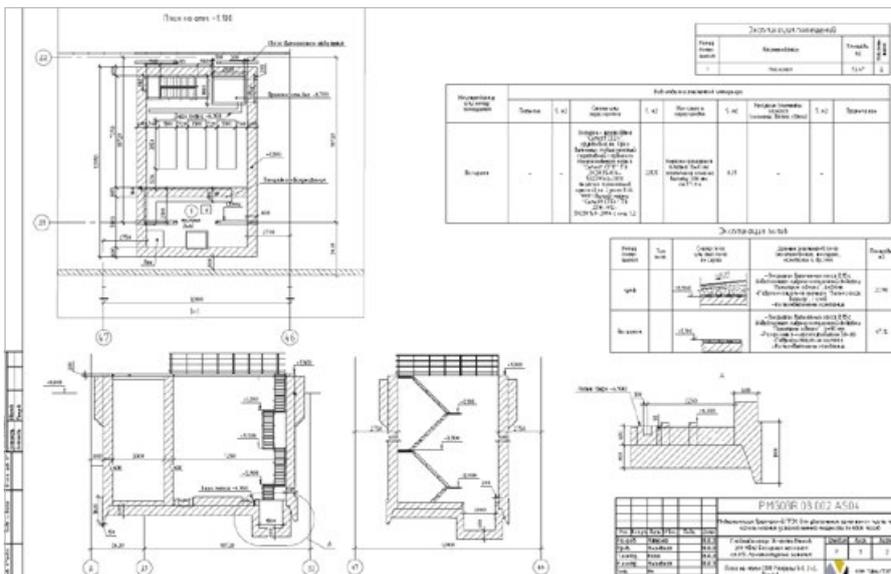


Рис. 3. Чертеж строительной части объекта

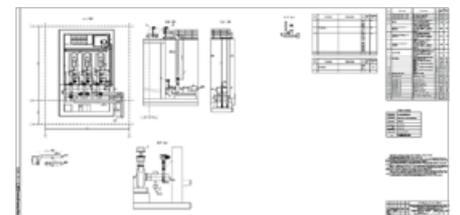


Рис. 4. Чертеж тепломеханической части объекта

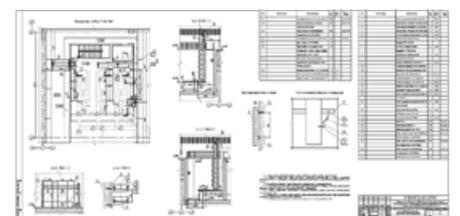
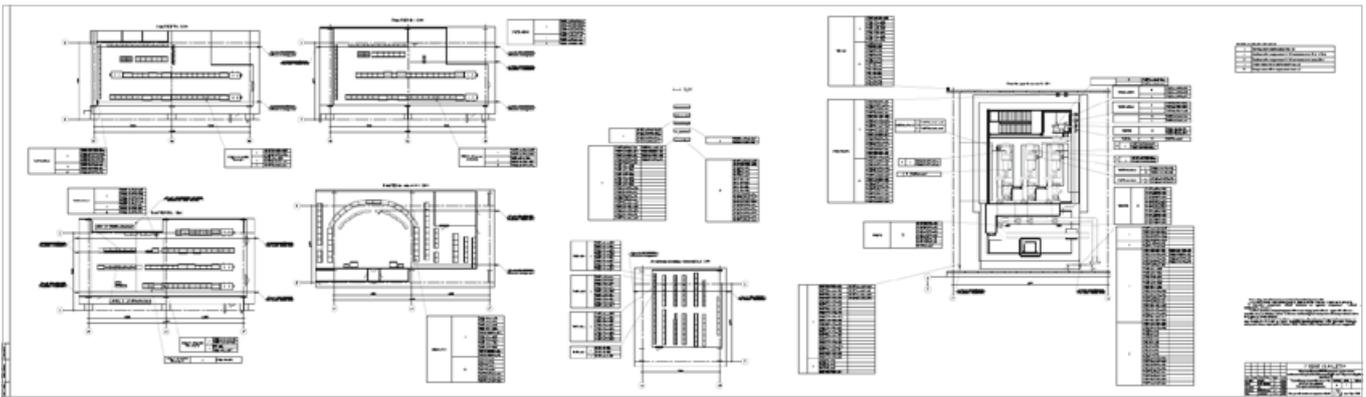


Рис. 5. Чертежи электротехнической части объекта



•• Рис. 6. ГРЭС, вид с улицы

Подводя первые итоги

В процессе выполнения пилотного проекта специалисты компании «УралТЭП» освоили построение 3D-моделей марок АСО, ТМО, ЭТО, ОиС, ОГС, ОАСУ. Была разработана база данных и выпущена соответствующая документация. Большим преимуществом стала возможность использовать результаты лазерного сканирования, а также 3D-модели, которые ранее были выполнены в программе Revit.

В настоящее время специалисты компании продолжают совершенствовать

свои навыки, полученные при работе над пилотным проектом. Иными словами, в производстве сейчас уже другие проекты, при выполнении которых осуществляется автоматизация выпуска документации, наполнение БД для нужд текущих проектов, в том числе параметризованными элементами. Сотрудники продолжают работать над стандартизацией ТИМ, и в настоящее время уже разработаны регламенты УТЭП 07-10-2024 «Основные этапы и принципы разработки BIM-проекта в ООО «УралТЭП», пра-

вила УТЭП 07-16-2024 «Правила выдачи локальных и комплексных заданий в MS» и УТЭП 07 15-2023 «Инструкция по взаимодействию смежных подразделений с электротехническим отделом» и другие необходимые инструкции.

Важной задачей при внедрении отечественной программной системы автоматизированного информационного моделирования Model Studio CS является интеграция с другими САПР, благодаря чему выполняется передача моделей из Model Studio CS в программные системы «СТАРТ» и «ЛИРА». Подразделения компании обмениваются заданиями в единой информационной среде, привыкают к выдаче заданий в формате 3D.

В компании «УралТЭП» между тем продолжается освоение теории и практики применения возможностей Model Studio CS. Примечательно, что обучение сотрудников отдела пожаротушения и связи специалисты организации провели уже своими силами.

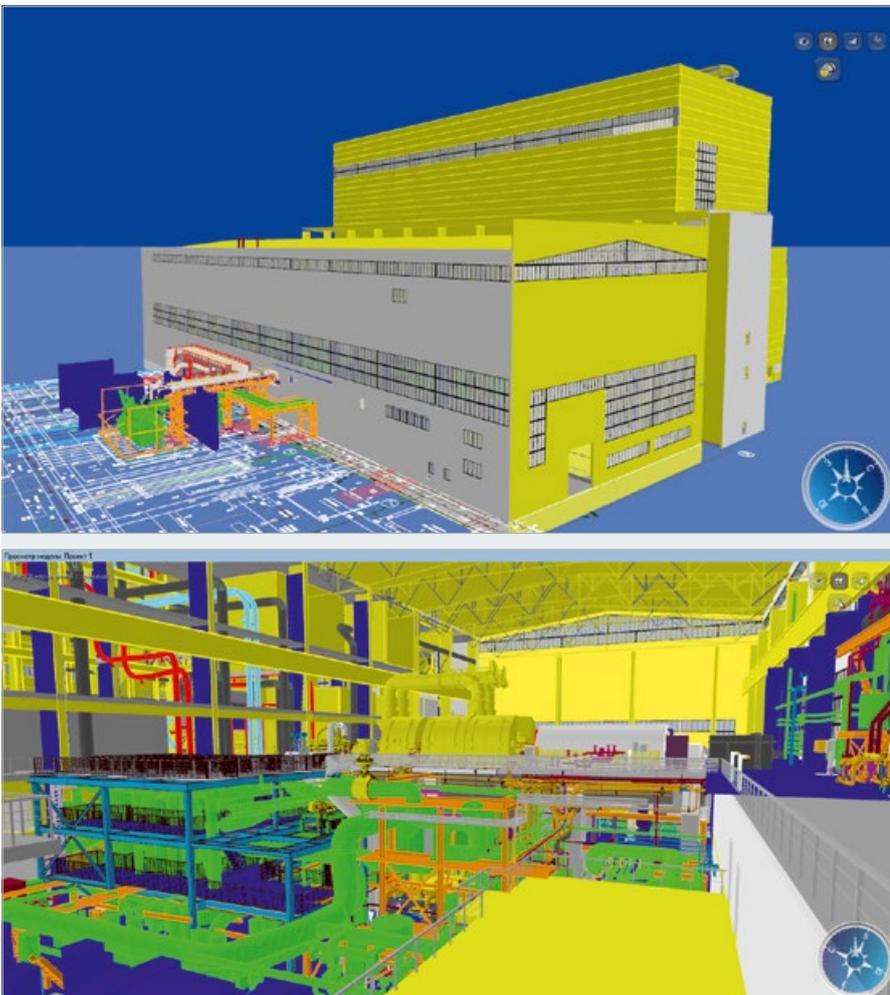
Совершенству нет предела

Внедрение платформы CADLib «Модель и Архив» создало условия для совершенствования проверок моделей на коллизии (табл. 1). К настоящему времени проектировщики завершили работу над оптимизацией проверок, которые были объединены в восемь профилей, включающих 1929 правил. В итоге специалисты компании пришли, например, к выводу, что правила позволяют не считать коллизиями такие пары элементов, как «труба — заглушка» (затвор, задвижка, клапан, компенсатор и т.д.), то есть элементы оборудования, размещённые на данной трубе.

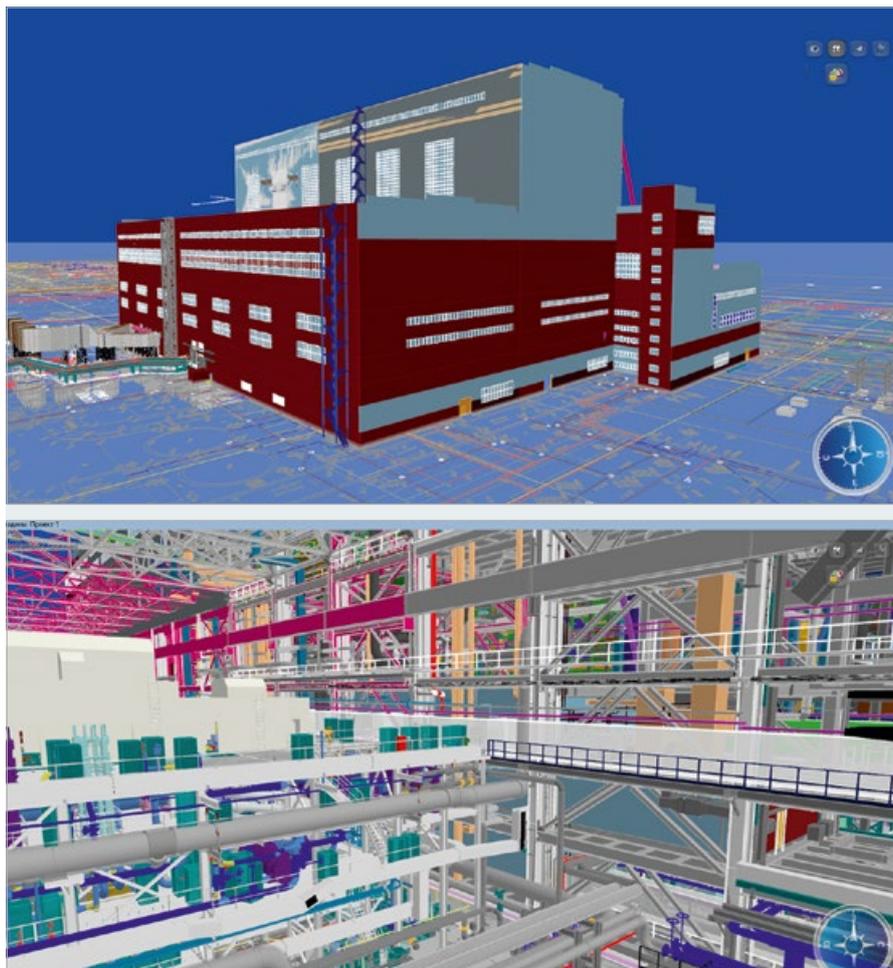
Model Studio CS для новых проектов

Сегодня полным ходом идёт работа по выполнению крупных комплексных проектов в Model Studio CS (рис. 6–9).

Опыт работы в отечественном программном комплексе Model Studio CS убедил специалистов инженерно-проектной



•• Рис. 7. ГРЭС, вид внутри и изнутри



●● Рис. 9. ТЭЦ, вид внутри и изнутри

Программный комплекс Model Studio CS. Краткая справка

Model Studio CS — комплексная система информационного моделирования и трёхмерного проектирования объектов промышленного и гражданского строительства. Это готовое решение для проектной организации.

Разработчик Model Studio CS — компания CSoft Development — является ведущим российским создателем программного обеспечения в области машиностроения, промышленного и гражданского строительства и др. Предприятием разработано 60 готовых приложений, выдано 1,5 млн лицензий, компания обеспечивает 600 тыс. рабочих мест, работая с 35 тыс. предприятий-клиентов. CSoft Development предлагает готовые комплексные решения на базе Model Studio CS под разные задачи промышленного и гражданского проектирования: жилищное строительство, городская инфраструктура, промышленность, добыча и переработка, энергетика, нефтегазовый комплекс, химическая и пищевая промышленность, объекты специального назначения.



Продукты серии Model Studio CS обеспечивают автоматизацию проектной деятельности при оптимальной совокупной стоимости решения и включают в себя следующие программные модули: Model Studio CS «Генплан»; Model Studio CS «Технологические схемы»; Model Studio CS «Строительные решения»; Model Studio CS «Отопление и вентиляция»; Model Studio CS «Водоснабжение и канализация»; Model Studio CS «Трубопроводы»; Model Studio CS «Охранно-пожарная сигнализация»; Model Studio CS «Кабельное хозяйство»; Model Studio CS «Электрика»; Model Studio CS «Электротехнические схемы»; Model Studio CS «Открытые распределительные устройства»; Model Studio CS «Компновщик щитов»; Model Studio CS «Линии электропередач»; Model Studio CS «Молниезащита»; CADLib «Модель и Архив»; CADLib «Персональная модель» и др.

компании «УралТЭП» в том, что, несмотря на уход с рынка иностранного ПО для 3D-проектирования, в котором они до недавнего времени работали над проектами крупных объектов, по-прежнему можно продолжать выполнять свои обязательства перед заказчиками: создавать трёхмерные модели объектов, проверять их на коллизии, выпускать документацию на том же высоком уровне. Обеспечена преемственность разработки 3D-моделей Revit в российском программном обеспечении, поскольку уже есть возможность загружать в CADLib внешние файлы от заводов-изготовителей оборудования, в том числе крупных объектов (котлов, турбин), а также результаты лазерного сканирования.

●● Проверки на коллизии табл. 1

Профиль проверки на коллизии	Примечания
УТ_ВФ-ВФ	Проверка между внешними файлами (ВФ). Это файлы, пришедшие из Revit (196 файлов IFC), а также от заводов-изготовителей оборудования (турбина, котёл и т.д.) и файлы лазерного сканирования
УТ_MS-ВФ	Проверка между файлами Model Studio (MS) и внешними файлами (ВФ)
УТ_MS-MS	Проверка между файлами Model Studio (MS) между (внутри) марками EL-TM, TM-VT, VK-AK и т.д.
УТ_MS-Renga	Проверка между файлами Model Studio (MS) и файлами, пришедшими из Renga
УТ_MS-ZL/ZK	Проверка между файлами Model Studio (MS) и файлами заданий (локальных и комплексных), передаваемых в MS в 3D
УТ_ВФ-ZL/ZK	Проверка между внешними файлами (ВФ) и файлами заданий (локальных и комплексных), передаваемых в MS в 3D
УТ_Renga-ВФ	Проверка между файлами, пришедшими из Renga, и внешними файлами (ВФ)
УТ_Renga-ZL/ZK	Проверка между файлами, пришедшими из Renga, и файлами заданий (локальных и комплексных), передаваемых в MS в 3D

Специалисты проектной компании могут своими силами наполнять базы данных, а также разрабатывать и параметрические элементы. Наличие полноценной сопроводительной документации по Model Studio CS и CADLib позволяет полноценно осваивать ПО не только молодым специалистам, но и сотрудникам с уже имеющимся опытом работы.

Таким образом, считают в компании, если не поддаваться панике, грамотно спланировать и, конечно же, приложить определённые усилия, то вполне реально осуществить переход в «новую реальность» без импортного ПО, причём в довольно сжатые сроки. ●



Алгоритм экспресс-оценки энергетической эффективности зданий

В статье показан алгоритм экспресс-оценки энергетической эффективности зданий, демонстрирующий несостоятельность Изменений № 3 к СП 60.13330.2020 [1] об исключении учёта бытовых теплопоступлений при расчёте систем отопления гражданских зданий.

Минстроем России приказом от 31 мая 2024 года № 365/п утверждены Изменения № 3 к СП 60.13330.2020 [1] (СП 60), согласно которым в соответствие с Приложением А «Расчёт тепловых нагрузок на системы отопления и вентиляции» в формуле (А.1) пункта А.1, определяющей расчётную тепловую нагрузку на систему отопления, исключены бытовые теплопоступления от людей, электрических приборов и оборудования, освещения, трубопроводов горячего водоснабжения (последнее — только для жилых зданий). Там же указывается, что расчётные параметры внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях следует принимать по пункту 5.1 СП 60 [1]: в жилых помещениях — по оптимальным параметрам ГОСТ 30494 [2] (+20...+22 °С в районах с температурой наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92, выше -31 °С); в общественных и административно-бытовых зданиях — минимальную из допустимых температур при отсутствии избытков теплоты в помещениях или в пределах допустимых параметров в помещениях с избытками теплоты (+18...+23 °С в помещениях, в которых люди заняты умственным трудом или учёбой).

В отношении расчётных параметров внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях следует заметить, что во всех зарубежных нормах, как и в СССР, и позже в России, нормировался не диапазон температур, а конкретное значение нормируемой температуры, и по-другому быть не могло, поскольку это значение должно подставляться при определении тепловой нагрузки системы отопления и далее при подсчёте тепловой мощности

источника, определении расходов теплоносителя, подборе оборудования и др. И приниматься нормируемое значение температуры внутреннего воздуха должно не по желанию проектировщика или заказчика, а исходя из сочетания санитарно-гигиенических и экономически целесообразных условий, установленных авторским коллективом разрабатываемых норм. Так и было определено в предыдущей редакции СП 60.13330.2016 [3], в разработке которого я принимал участие.

Во всех нормах (в СССР и в РФ) нормировалось конкретное значение нормируемой температуры, которое подставляется при определении тепловой нагрузки системы отопления и далее при подсчёте тепловой мощности источника, определении расходов теплоносителя и др.

В ней было записано: «5.1 а) в холодный период года в обслуживаемой зоне жилых помещений температуру воздуха следует принимать минимальную из оптимальных температур по ГОСТ 30494...», то есть +20 °С. Такая же температура внутреннего воздуха была принята в СНиП 23-02-2003 [4], в разработке которого я также принимал участие (это первый федеральный нормативный документ по проектированию энергоэффективных зданий), при определении градусо-суток отопительного периода (ГСОП) районов строительства — и, я считаю, она должна быть заменена в новой редакции СП 60.

Об авторе

Вадим Иосифович ЛИВЧАК — к.т.н., почётный строитель России, лауреат премии Совета Министров СССР, специалист в области теплоснабжения жилых микрорайонов и повышения энергоэффективности зданий, вице-президент НП «АВОК» в 2000–2012 годах, начальник отдела «Энергоэффективность зданий и систем их инженерного обеспечения» Мосгосэкспертизы при правительстве города Москвы в 1998–2010 годах, участник разработки многих государственных нормативных документов в области теплоснабжения.

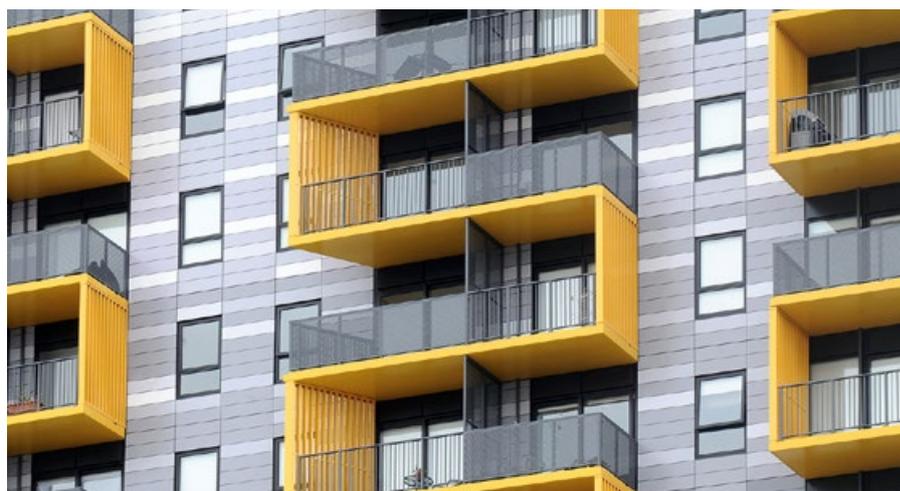
Автор: [В.И. ЛИВЧАК](#), к.т.н., государственный эксперт по проведению экспертизы проекта энергоэффективности зданий

Также непонятно, если во времена СССР расчётная температура внутреннего воздуха в жилых помещениях нормировалась, как для общественных, так и для административно-бытовых зданий, на уровне минимальной из допустимых температур (+18°C), то почему для современных зданий её не подняли (так же, как и в жилых) до уровня минимальной из оптимальных температур (+19°C)?

Но главное, конечно, исключение бытовых теплопоступлений, сначала в последующей редакции 2020 года, когда новый авторский коллектив убрал Изменения № 1 к СП 60.13330.2016 [3] в авторстве А.Ю. Неклюдова, в которых ещё сохранялся учёт бытовых теплопоступлений в предлагаемой мной записи из СНиП 23-02-2003 [4], а затем сохранив в формуле теплового баланса системы отопления учёт бытовых (внутренних) теплопоступлений, но оборвав информацию о том, какие принимать удельные величины этих поступлений в зависимости от назначения здания и плотности заполнения отапливаемых помещений людьми. Это, по существу, исключает возможность его учитывать. На что я, естественно, отреагировал как на недоработку авторов: дополнительно были рассчитаны удельные величины этих теплопоступлений — в журнале СОК была опубликована статья [«Уточнение величин внутренних теплопоступлений в зданиях для периодов отопления и охлаждения»](#) [5]. В данной статье [5] на базе наших натурных испытаний ряда многоквартирных домов типовых серий [6, 7] и европейских норм [8], в которых приводится табл. G.12, где на основе накопленного опыта измерения тепло- и электропотребления перечисленных в таблице жилых и общественных зданий широкого назначения даны величины составляющих внутренних теплопоступлений, как от людей, находящихся в помещениях здания (метаболические притоки на кондиционируемую площадь в течение заданного времени), так и от искусственного освещения, и от включённых электроприборов и оборудования, находящихся в этих помещениях, в объёме годового удельного электропотребления (такого опыта по зданиям общественного назначения у нас нет).

Ещё одна особенность заключается в том, что по российским нормам плотность фактического заселения в жилых домах (20–25 м² площади квартир на одного человека) отличается от европейской — 40–45 м² на человека, что соответствует заселению коммерческих домов в России, которых намного меньше, чем муниципальных. То же самое проис-

ходит и с заполнением офисных помещений (8 м² полезной площади помещений на человека в России против 20 м² на человека в табл. G.12). Но после того, как наши расчёты для МКД с заселённостью 40 м² общей площади квартир на одного жителя совпали с расчётом по табл. G.12, я добавил вертикальные колонки к МКД, офисам и больницам с российской плотностью заселения (заполнения), обозначив их как относящихся ко второй категории, а оставшимся колонкам в табл. G.12 с таким же названием присвоил первую категорию. Это позволяет



интерполяцией находить показатели для промежуточных значений заселённости. Также добавил нижнюю строку удельных величин среднечасовых бытовых теплопоступлений за рабочее время в течение отопительного и охлаждающего периодов для жилых и общественных зданий различного назначения, дополненная таблица приводится в [5].

НП «АВОК» были разработаны предложения и переданы в НИИ строительной физики, которому поручили разработку новой редакции СП 60, и в ФАУ «ФЦС» (письмом от 20 мая 2023 года на имя директора ФАУ «ФЦС»). После формального обсуждения на подкомитете ПК-14 ТК 465 «Строительство» второго августа 2023 года мне было устно по телефону сообщено, что мои предложения не были



поддержаны членами подкомитета, которые, судя по задаваемым мне вопросам, были далеки от рассматриваемой тематики. Третьего и восьмого августа я обратился к председателю подкомитета Д.Ю. Желдакову с просьбой до утверждения Изменений к СП 60 передать мои сокращённые предложения с ранее направленными обоснованиями специалисту в области теплотехнических расчётов систем отопления жилых и общественных зданий и их реализации при настройке контроллера регулятора подачи теплоты в эти системы для достижения экономии

энергии при эксплуатации, чтобы он доказал ошибочность моих предложений не общими фразами, а конкретными расчётами — до настоящего времени ответа не получил. 18 и 27 августа я повторно обратился в ФАУ «ФЦС», как организацию, контролирующую выпуск нормативно-технических документов, однако, как видно из утверждённого Минстроем России документа, — безрезультатно!

К чему приводит исключение бытовых теплопоступлений из теплотехнического расчёта систем отопления жилых и общественных зданий? Покажем это на примере алгоритма расчёта энергопоказателей 12-этажного 84-квартирного МКД типовой серии П-18-01/12: удельной величины расчётной тепловой нагрузки системы отопления q_h^p и годового теплопотребления на отопление и вентиляцию q_h^y в соответствии с требованиями: 1) прошлого века, 2) при достижении базовых показателей по СНиП 23-02-2003 [4] и 3) превышающими базовый уровень на 50% (уровень энергоэффективности «зданий с низким потреблением энергии»), намечаемый к достижению в 2030 году за счёт повышения теплозащиты здания и перенастройки регулятора подачи теплоты в систему отопления на оптимизированный график авторегулирования.

Это с учётом рекомендуемых НП «АВОК» значений бытовых теплопоступлений и увеличении их доли в тепловом балансе здания с повышением температуры наружного воздуха и демонстрации того, что отказ от учёта бытовых теплопоступлений приведёт к снижению энергоэффективности проектируемых зданий до самого низкого уровня (табл. 1).

Алгоритм расчёта энергопоказателей МКД типовой серии П-18-01/12, представленный в табл. 1, построен на базе проекта рекомендаций НП «АВОК» [9], предлагаемых взамен стандарта СТО НОП 2.1.2014 [10]. В данной таблице приняты следующие обозначения:

1. A_h — площадь квартир без летних помещений.
2. A_r — площадь жилых помещений в квартирах (жилая площадь).
3. $A_w + A_f + A_{ed}$ — сумма площадей наружных стен от верха покрытия последнего отапливаемого этажа до низа перекрытия пола первого этажа и от угла до угла здания по горизонтали, а также окон и наружных дверей подъездов и наружных переходов.
4. A_{ext} — суммарная площадь наружных ограждений здания, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и перекрытие пола нижнего отапливаемого помещения.
- 5, 6. A_w — площадь наружных стен, отличающихся конструкцией.
7. A_{fl} — площадь окон квартир.
8. A_{l2} — площадь окон лестнично-лифтового узла дома (ЛЛУ).
9. A_{ed} — площадь наружных дверей подъездов и наружных переходов.
10. A_c — площадь чердачных перекрытий или совмещённых покрытий.
11. A_{fl} — площадь перекрытий над техподпольем или полов отапливаемого подвала.
12. V_h — отапливаемый объём здания, равный объёму, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания.
16. H — высота здания от отметки пола нижнего входа в здание до верха вытяжной шахты.
- 17–23. R_o — приведённое сопротивление теплопередаче каждой конкретной конструкции наружного ограждения, принимается из проекта или рассчитывается согласно СП 50.13330.2024 [11].
24. $K_{m, tr}$ — приведённый трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплотери через наружные ограждения. Данное здание — с «тёплым чердаком» с расчётной температурой внутреннего воздуха в нём +16 °С, расчётная температура воздуха в техподполье принята +12 °С.

•• Алгоритм расчёта энергопоказателей МКД типовой серии П-18-01/12

табл. 1

№	Обозначение	Существующий — 1970 год		Базовый — 2003 год		50 % ≥ базового — 2030 год	
		A	B	C	D	E	F
		$q_{int} = 0$	$q_{int} = 17$	$q_{int} = 0$	$q_{int} = 17$	$q_{int} = 0$	$q_{int} = 15,6$
1	A_h, m^2	3618	3618	3618	3618	3618	3618
2	A_r, m^2	2496	2496	2496	2496	2496	2496
3	$A_w + A_f + A_d, m^2$	3025	3025	3025	3025	3025	3025
4	A_{ext}, m^2	3809	3809	3809	3809	3809	3809
5	A_w, m^2	2320	2320	2320	2320	2320	2320
6	A_w, m^2	0	0	0	0	0	0
7	A_f, m^2	670	670	670	670	670	670
8	A_f, m^2	28	28	28	28	28	28
9	A_{ed}, m^2	7	7	7	7	7	7
10	A_c, m^2	392	392	392	392	392	392
11	A_{fl}, m^2	392	392	392	392	392	392
12	V_h, m^3	14157	14157	14157	14157	14157	14157
13	$A_{ext}/A_h, m^2/m^2$	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
14	$A_{ext}/V_h, m^2/m^3$	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
15	$A_f/(A_w + A_f), m^2/m^2$	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
16	H, m	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
17	$R_w, m^2 \cdot ^\circ C/Bt$	0,93	0,93	3,0	3,0	4,5	4,5
18	$R_w, m^2 \cdot ^\circ C/Bt$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
19	$R_f, m^2 \cdot ^\circ C/Bt$	0,34	0,34	0,65	0,65	1,0	1,0
20	$R_f, m^2 \cdot ^\circ C/Bt$	0,34	0,34	0,5	0,5	0,5	0,5
21	$R_{ed}, m^2 \cdot ^\circ C/Bt$	0,7	0,7	1,2	1,2	1,2	1,2
22	$R_c, m^2 \cdot ^\circ C/Bt$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
23	$R_{fl}, m^2 \cdot ^\circ C/Bt$	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
24	$K_{m, tr}, Bt/(m^2 \cdot ^\circ C)$	1,242	1,242	0,535	0,535	0,373	0,373
25	$K_{m, inf, h}, Bt/(m^2 \cdot ^\circ C)$	0,551	0,551	0,551	0,551	0,440	0,440
26	$K_{m, inf, hy}, Bt/(m^2 \cdot ^\circ C)$	0,522	0,522	0,522	0,522	0,417	0,417
27	$Q_{tr, h}, кВт$	240,5	240,5	103,6	103,6	72,2	72,2
28	$Q_{tr, hy}, кВт \cdot ч$	516 473	516 473	222 547	222 547	155 002	155 002
29	$Q_{inf, h}, кВт$	94,4	94,4	94,4	94,4	75,5	75,5
30	$Q_{inf, hy}, кВт \cdot ч$	217 044	217 044	217 044	217 044	173 635	173 635
31	$Q_{(tr+inf), h}, кВт$	334,9	334,9	198	198	147,7	147,7
32	$Q_{(tr+inf), hy}, кВт \cdot ч$	733 517	733 517	439 591	439 591	328 637	328 637
33	$q_{int}, Bt/m^2$	0	17	0	17	0	15,6
34	$Q_{int, y}, кВт \cdot ч$	0	208 765	0	208 765	0	191 573
35	$Q_h, кВт$	368,4	321,7	217,8	171,1	162,4	119,6
36	$q_h, Bt/m^2$	102	89	60	47	45	33
37	$Q_{h, y}, кВт \cdot ч$	806 869	577 227	483 550	253 908	361 501	150 770
38	$q_{h, y}, кВт \cdot ч/m^2$	223	160	134	70	100	42
39	$Q_h^{np}, кВт$	290	290	205	205	144	144
40	$q_h^{np}, Bt/m^2$	80	80	57	57	40	40
41	$Q_{h, y}^{np}, кВт \cdot ч$	703 733	703 733	497 467	497 467	348 227	348 227
42	$q_{h, y}^{np}, кВт \cdot ч/m^2$	195	195	137	137	96	96
43	Кол-во жителей, чел.	181	181	181	181	145	145
44	Заселённость, м ² на чел.	20,0	20,0	20,0	20,0	25,0	25,0
45	$K_{зап}$	–	0,90	–	1,2	–	1,2
46	Перерасход (к проекту), %	–	22	–	96	–	130
47	$K_{тп, тр}$	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
48	$K_{тп, зд}$	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
49	$Q_{int, h}, кВт$	0	42	0	42	0	39
50	$Q_{int, h}/Q_h$	0	0,13	0	0,25	0	0,33

Пояснение к таблице: построчно формулы приводятся для базового варианта — колонка D с учётом бытовых теплопоступлений, для других вариантов они аналогичны.

Данный коэффициент определяется как:

$$K_{m, tr} = \frac{1}{D_4} \times \left(\frac{D_5}{D_{17}} + \frac{D_6}{D_{18}} + \frac{D_7}{D_{19}} + \frac{D_8}{D_{20}} + \frac{D_9}{D_{21}} + \frac{20-16}{20+25} \times \frac{D_{10}}{D_{22}} + \frac{20-12}{20+25} \times \frac{D_{11}}{D_{23}} \right)$$

25. $K_{m, inf, h} = 0,28 \times 30 \times 1,2 \times 1,15 \times D_{43}/D_4$ — условный расчётный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери на нагрев наружного воздуха для вентиляции квартир в объёме нормативного воздухообмена 30 м³/ч на жителя и инфильтрующегося через окна и наружные двери в лестнично-лифтовом узле (при расчёте здания в целом допускается принимать в виде надбавочного коэффициента 1,15), D_{43} — количество жителей в доме, исходя из заданной заселённости в строке D_{44} .

26. $K_{m, inf, hy} = 0,28 \times 30 \times 1,2 \times 1,09 \times D_{43}/D_4$ — условный для расчёта годового теплопотребления коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери на нагрев наружного воздуха для вентиляции квартир в объёме нормативного воздухообмена 30 м³/ч на жителя и инфильтрующегося через окна и наружные двери в ЛЛУ (при расчёте здания в целом допускается принимать в виде надбавочного коэффициента 1,09).

27. $Q_{tr, h} = D_{24} \times D_{47} \times (20 + 25) \times D_4/1000$ — расчётный расход теплоты на компенсацию трансмиссионных теплопотерь через наружные ограждения оболочки здания, принимаем согласно пункту 9.3 [9] с учётом добавочных теплопотерь D_{47} на ориентацию наружных ограждений по сторонам света и на угловые помещения, задаваемые в долях единицы, при расчёте здания в целом принимаются для жилых домов, как в типовом проектировании в размере $\beta_{доб.тр.ж} = 1,13$, для нежилых зданий — $\beta_{доб.тр.н/ж} = 1,1$, но не к основным теплопотерям вертикальных ограждений, а для упрощения к суммарной их величине, что создаёт небольшой запас по отношению к расчёту по пункту 9.2.

28. $Q_{tr, hy} = D_{24} \times 4550 \times 24 \times D_4/1000$ — это трансмиссионные теплопотери через наружные ограждения за отопительный период, принимаем согласно пункту 8.2 [9] без добавочных теплопотерь с учётом ГСОП = 4550 °С·сут. и 24 ч в сутки.

29. $Q_{inf, h} = D_{25} \times D_4 \times (20 + 25)/1000$ — расчётный расход теплоты на нагрев наружного воздуха, поступающего для вентиляции в квартиры и инфильтрующегося в лестничных клетках жилых зданий, определённый при расчётной для проектирования системы отопления $t_{нр}$.

30. $Q_{inf, hy} = D_{26} \times 4550 \times 24 \times D_4/1000$ — теплопотери здания за счёт вентиляционного воздухообмена с учётом инфильтрации за отопительный период.

31. $Q_{(tr+inf), h} = D_{27} + D_{29}$ — расчётный расход теплоты на компенсацию трансмиссионных теплопотерь через наружные ограждения и на нагрев наружного воздуха, поступающего для вентиляции в квартиры и инфильтрующегося в ЛЛУ.

32. $Q_{(tr+inf), hy} = D_{28} + D_{30}$ — расход теплоты на компенсацию трансмиссионных теплопотерь и на нагрев наружного воздуха, поступающего для вентиляции в квартиры и инфильтрующегося в ЛЛУ за отопительный период.

33. q_{int} — удельная величина бытовых (внутренних) теплопоступлений за средний час суток рабочего времени в отопительном периоде, отнесённая к 1 м² жилой площади или к 1 м² полезной площади помещений для общественных зданий. Принимается по табл. В.4 [9].

34. $Q_{int, y} = D_{33} \times D_2 \times 205 \times 24/1000$ — бытовые (технологические) теплопоступления за отопительный период, где 205 × 24 — длительность отопительного периода в часах.

35. $Q_h^p = (D_{31} - D_{33} \times D_2/1000) \times D_{48}$ — расчётная тепловая нагрузка системы отопления, где $D_{48} = \beta_{тп.зд}$, по пункту 8.1 [9]. Принимается для односекционных многоквартирных домов $\beta_{тп.зд} = 1,1$, для многосекционных — $\beta_{тп.зд} = 1,13$.

36. $q_h^p = D_{35}/D_1 \times 1000$ — удельная величина тепловой нагрузки системы отопления, отнесённой к площади квартир без летних помещений.

37. $Q_{h, y} = (D_{32} - D_{34}) \times D_{48}$ — расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период.

38. $q_{h, y} = D_{37}/D_1$ — удельная величина расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период.

39–42. То же, что в пунктах 35–38, но принятое в разделе «Отопление и вентиляция» проекта. Если в проекте $Q_h^{пр}$ принято как сумма теплоотдачи установленных в помещениях отопительных приборов, то для получения тепловой нагрузки системы отопления эту величину следует умножить на $D_{48} = \beta_{тп.зд}$, если в проекте не определено $Q_{h, y}$, то его надо найти по формуле:

$$Q_{h, y} = Q_h^p \times 205 \times 24 \times \frac{t_b - t_{нр}^{ср}}{t_b - t_{нр}^p}$$

45. $K_{зап} = D_{39}/D_{35}$ — запас тепловой мощности смонтированной системы отопления по сравнению с рассчитанной в соответствии с рекомендуемой в [9] методикой.

46. Перерасход в годовом теплопотреблении системы отопления с регулированием по оптимизированному графику по

сравнению с проектным режимом, который составляет $(D_{42} - D_{38})/D_{38} \times 100$.

49. $Q_{int, h} = D_{33} \times D_2/1000$ — величина бытовых (внутренних) теплопоступлений в здании за средний час суток рабочего времени.

50. $Q_{int, h}/Q_h^p$ — доля бытовых теплопоступлений в здании в расчётной тепловой нагрузке его системы отопления.



Представленный в табл.1 алгоритм расчёта показателей энергетической эффективности зданий применяется для оценки здания в целом при выполнении энергоаудита, как суммы всех отапливаемых помещений в здании, в отличие от методики, изложенной в [9], по которой определяются теплопотери и теплопотребность отдельно каждого помещения для установления площади поверхности нагрева отопительного прибора системы отопления, которые потом складываются для определения тепловой нагрузки системы отопления всего здания. При этом допускаются следующие упрощения:

- теплопотери на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха через окна и наружные двери в ЛЛУ отдельно не рассчитываются, а принимаются в виде надбавочного коэффициента к расходу теплоты на нагрев наружного воздуха для вентиляции квартир — при определении $K_{m, inf, h}$ в размере 1,15, а при определении $K_{m, inf, hy}$ в размере 1,09;

- при определении $Q_{tr, h}$ добавочные теплопотери на ориентацию наружных ограждений по сторонам света и на угловые помещения принимаются для жилых домов в размере $\beta_{доб.тр.ж} = 1,13$, для нежилых зданий — $\beta_{доб.тр.н/ж} = 1,1$, а при определении $Q_{tr, hy}$ они не учитываются;

- при определении $Q_{h, y}$ — расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период — не учитываются теплопоступления от солнечной радиации (компенсируются термостатами — индивидуальным авторегулированием на отопительных приборах), поэтому в формуле (14) в [9] коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их над теплопотерями, принимают $v = 1$.



Из приведённой табл. 1 результатов расчёта энергопоказателей МКД типовой серии П-18-01/12, построенных в 1960–1970-х годах, при исходных данных: сопротивление теплопередаче стен $R_w = 0,93 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и окон $R_f = 0,34 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, приведённый трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери через наружные ограждения — $K_{\text{тр,до.2000}} = 1,242 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, заселённость квартир 20 м^2 на человека, что соответствует минимальному воздухообмену $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ на одного жителя и, как мы считаем, удельной величине бытовых тепlopоступлений $q_{\text{int}} = 17 \text{ Вт}/\text{м}^2$ жилой площади, можно сделать следующие выводы:

1. Расчётная тепловая нагрузка системы отопления дома по проекту была $Q_{\text{h}}^{\text{pp}} = 290 \text{ кВт}$ (колонка В, строка 39), это ниже нашего расчёта (колонка В, строка 35) — $Q_{\text{h}}^{\text{p}} = 321,7 \text{ кВт}$, что не противоречит принятому значению удельной величины бытовых тепlopоступлений $17 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (при их меньшей величине расхождение было бы ещё больше). Запас тепловой мощности $K_{\text{зап}} = 0,9$ составил отрицательную величину (меньше единицы на 10%), что объясняется тем, что автор проекта — Московский научно-исследовательский и проектный институт типологии, экспериментального проектирования (МНИИ-ТЭП) — в этот период считал оправданным снижение расчётной нагрузки на 10% с учётом того, что не в каждом году встречаются расчётные температурные условия (средняя температура наружного воздуха ниже $-26 \dots -25 \text{ °C}$ в течение пяти дней подряд), а если такие низкие температуры и бывают, то из-за их кратковременности аккумулирующая способность здания и мебели в квартирах не позволяют температуре воздуха в жилых помещениях опуститься ниже критической ($+16 \text{ °C}$).

Это позволило московской теплоснабжающей организации узаконить верхнюю «срезку» температурного графика отпуска теплоты на источнике.

Тем не менее, годовое тепlopотребление системы отопления за счёт возможности сокращения подачи теплоты на отопление при авторегулировании по графику с учётом возрастающей доли бытовых тепlopоступлений в тепловом балансе здания с повышением температуры наружного воздуха ($q_{\text{hy}} = 160 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$), оказалось ниже проектного, ориентированного на традиционный график местного авторегулирования $q_{\text{hy}}^{\text{pp}} = 195 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, перерасход теплоты при переходе на проектный режим составил $(195 - 160)/160 \times 100 = 22\%$. Если бы при проектировании системы отопления данного здания бытовые тепlopоступления не учитывались ($q_{\text{int}} = 0$, колонка А), тепловая нагрузка системы отопления по нашему расчёту составила бы $368,4 \text{ кВт}$, что в $368,4/321,7 = 1,15$ раза больше, чем с учётом бытовых тепlopоступлений.



В годовом тепlopотреблении (строка 38) без учёта ($q_{\text{int}} = 0$) будет больше, чем при $q_{\text{int}} = 17 \text{ Вт}/\text{м}^2$, в $223/160 = 1,4$ раза — годовой перерасход тепловой энергии на отопление дома составит **40%**.

2. При переходе на уровень зданий с нормируемой по СНиП 23-02-2003 [4] теплозащитой для ГСОП = $4550 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$, с сопротивлением теплопередаче стен $R_w = 3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и окон $R_f = 0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ (базовые показатели), приведённый трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери через наружные ограждения, $K_{\text{тр,баз}} = 0,535 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, заселённость дома — те же 20 м^2 на человека, расчётная тепловая нагрузка системы отопления дома по проекту была $Q_{\text{h}}^{\text{p}} = 205 \text{ кВт}$ (колонка D, строка 39), что уже выше нашего расчёта (колонка D, строка 35) $Q_{\text{h}}^{\text{p}} = 171,1 \text{ кВт}$, потому что при проектировании комплексного капитального ремонта приняли удельную величину внутренних тепlopоступлений не по СНиП 23-02-2003 [4], а по СНиП 41-01-2003 [1], где в пункте 6.3.4 записано: «2) ... Тепловой поток, поступающий в жилые комнаты и кухню, следует принимать не менее $10 \text{ Вт}/\text{м}^2$ пола».

Это опять подтверждает правильность расчётов по методике, изложенной в [9], что выявило запас тепловой мощности системы отопления (колонка D, строка 45) $K_{\text{зап}} = Q_{\text{h}}^{\text{pp}}/Q_{\text{h}}^{\text{p}} = 205/171 = 1,2$, а реализация регулирования подачи теплоты в систему отопления по оптимизированному графику, с учётом выявленного запаса тепловой мощности системы отопления и возрастающей доли бытовых тепlopоступлений в тепловом балансе здания с повышением температуры наружного воздуха позволили снизить удельную величину годового тепlopотребления системы отопления до $q_{\text{hy}} = 70 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$. Эта величина при регулировании подачи теплоты в систему отопления по проект-



ному режиму (а не по предлагаемому оптимизированному графику) возрастает до $q_{h,y}^{np} = 137$ кВт·ч/м² (колонка D, строка 42), и перерасход теплоты при переходе на проектный режим составил бы

$$(137 - 70)/70 \times 100 = 96\%$$

(колонка D, строка 46).

Если бы при проектировании системы отопления данного здания бытовые теплопоступления не учитывались ($q_{int} = 0$, колонка C, строка 35), тепловая нагрузка системы отопления по нашему расчёту составила бы 218 кВт или в $218/171 = 1,27$ раза больше, чем с учётом бытовых теплопоступлений. В годовом исчислении (строка 38) без учёта бытовых теплопоступлений ($q_{int} = 0$) теплопотребление системы отопления увеличилось бы до 134 кВт·ч/м² на $(134 - 70)/70 \times 100 = 91\%$ по сравнению с предлагаемым нами решением по методике, изложенной в [9].

При этом нормируемое значение базового удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию МКД в 12 этажей для ГСОП = 4550 градусо-суток составляет 83,5 кВт·ч/м² [12], и в сопоставлении с МКД, **запроектированного с учётом бытовых теплопоступлений, его энергоэффективность будет соответствовать нормальному классу «D»:** $(70 - 83,5)/83,5 \times 100 = -16\%$ (в пределах отклонения рассчитанного и базового показателя от 0 до -25%). **А без учёта бытовых теплопоступлений** удельное годовое теплопотребление по отношению к нормируемому базовому возрастёт на $(134 - 83,5)/83,5 \times 100 = 60\%$, **что соответствует низкому классу энергоэффективности «F»** (отклонение от 70 до 35%) и неприемлемо для нового строительства и капитального ремонта существующих МКД.

3. Рассмотрим такой же дом с тепловой защитой, превышающей базовую в 1,5 раза, что соответствует требованиям третьего этапа Постановления Правительства РФ № 603 [13], то есть достижения в 2030 году уровня «здания с низким потреблением энергии» (по данному ППРФ — в 2028 году,

но из-за задержки в реализации переносим на 2030 год). Соответственно, повышаем сопротивление теплопередаче стен до $R_w = 4,5$ м²·°C/Вт (обосновано в статье И. Н. Ковалёва и Ю. А. Табунщикова [14]), со сроком окупаемости дополнительного утепления в шесть-семь лет при стабильном индексе доходности в диапазоне 0,5–0,7. При этом сопротивление теплопередаче стен остаётся ниже нормируемого в скандинавских странах, несмотря на то, что по градусо-суткам отопительного периода центрально-европейский регион РФ превышает скандинавский в 1,5 раза, окон до $R_{f1} = 1,0$ м²·°C/Вт (окна ЛЛУ остались на базовом уровне — $R_{f2} = 0,5$ м²·°C/Вт), $K_{тр,зэт} = 0,373$ Вт/(м²·°C) (колонки E и F, строка 24). В связи с этим и тем, что планируемая плотность заселения предполагается 25 м² на человека ($q_{int} = 15,6$ Вт/м²), расчётная тепловая нагрузка на систему отопления q_h без учёта бытовых теплопоступлений возрастает с 33 до 45 Вт/м² на $(45 - 33)/33 \times 100 = 36\%$ (см. табл. 1, строка 36, колонки E и F).

Удельное годовое теплопотребление системы отопления без учёта бытовых теплопоступлений ($q_{h,y} = 100$ кВт·ч/м², см. табл. 1, строка 38) превышает показатель с учётом бытовых теплопоступлений (42 кВт·ч/м²) на $(100 - 42)/42 \times 100 = 138\%$, а по отношению к базовому значению 83,5 кВт·ч/м² на $(100 - 83,5)/83,5 \times 100 = 20\%$, **что соответствует пониженному классу энергоэффективности «E»** (отклонение от 35 до 0%), и это также неприемлемо на практике!



В то время как МКД с учётом бытовых теплопоступлений ниже базового на $(42 - 83,5)/83,5 \times 100 = -50\%$, **что соответствует высокому классу энергоэффективности «A»** (отклонение от -50 до -60%).

Следует отметить, что такой высокий класс энергоэффективности обеспечивается **без использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ)**, а только за счёт дополнительного утепления наружной оболочки здания и автоматического регулирования подачи теплоты в систему отопления по оптимизированным графикам, с учётом увеличивающейся доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе дома с повышением температуры наружного воздуха и выявленного запаса тепловой мощности системы отопления.

Если предположить, что проектная тепловая нагрузка системы отопления МКД с тепловой защитой, превышающей базовую в 1,5 раза, так же, как и при базовой теплозащите, будет в 1,2 раза превышать расчётную тепловую защиту дома с системой отопления, запроектированной по методике [9] — $Q_h^p = 119,6$ кВт (колонка F, строка 35), тогда:

$$Q_h^{np} = 1,2 Q_h^p = 1,2 \times 119,6 = 144 \text{ кВт.}$$

А ожидаемое проектное удельное годовое теплопотребление системы отопления составит величину:

$$q_{h,y}^{np} = \frac{Q_h^{np} \times 4550 \times 24}{(t_b - t_h^p) A_h} = \frac{144 \times 4550 \times 24}{(20 + 25) \times 3618} = 96 \text{ кВт·ч/м}^2,$$

и перерасход теплоты при переходе на проектный режим составил бы величину $(96 - 42)/42 \times 100 = 130\%$ (колонка F, строка 46).

4. В отношении общественных зданий офисного назначения. В качестве примера в [15] принят строящийся в московском регионе четырёхэтажный офис полезной площадью $A_{пол} = 1243$ м², с заполнением 10 м² полезной площади на одного работника, с теплозащитой в двух вариантах: с базовым уровнем сопротивления теплопередаче наружных ограждений (стен $R_{w,баз} = 2,68$ м²·°C/Вт), окон $R_{f,баз} = 0,54$ м²·°C/Вт), приведённый трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери через наружные ограждения, $K_{тр,баз}^{np} = 0,514$ Вт/(м²·°C); и на 25% превышающем базовый уровень теплозащиты, что отвечает требованиям первого этапа повышения энергоэффективности зданий по ППРФ № 603 [13], то есть, соответственно, $R_{w,1эт} = 3,08$ м²·°C/Вт, $R_{f,1эт} = 0,8$ м²·°C/Вт, $K_{тр,1эт}^{np} = 0,407$ Вт/(м²·°C). Удельные расчётные внутренние теплопритоки при принятой заселённости составляют $q_{вн,оф} = 22,02$ Вт/м² (получено интерполяцией из табл. 1 статьи [5]).

Расчётный расход теплоты на отопление $Q_{от}^{р.тр}$, равный расчётным теплопотерям через наружные ограждения с базовым уровнем теплозащиты $Q_{от}^p$ с добавочными теплопотерями на ориентацию помещений по сторонам света и на угловые помещения, оцениваемые повышающим коэффициентом $\beta_{доб} = 1,1$, с учётом полезного использования внутренних теплопоступлений только в помещениях, относящихся к расчётной площади, составляющей в офисах $A_{расч} = 0,8 \times A_{пол}$, будет:

$$\begin{aligned} Q_{от.баз}^{р.тр} &= (Q_{от}^p - Q_{вн}^p) \beta_{гп} 10^{-3} = \\ &= [\beta_{доб} K_{тр} A_{от}^{сум} (t_{в} - t_{нр}) - \\ &- 0,8 A_{пол} q_{вн.оф}] \beta_{гп} 10^{-3} = \\ &= [1,1 \times 0,514 \times 2146 \times (20 + 26) - \\ &- 0,8 \times 1243 \times 22,02] \times 1,1 \times 10^{-3} = \\ &= (55,8 - 21,9) \times 1,1 = 37,3 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Внутренние теплопоступления по отношению к тепловой нагрузке системы отопления составляют:

$$Q_{вн}^p / Q_{от.баз}^{р.тр} = 21,9 / 37,3 = 0,59,$$

а температура наружного воздуха за рабочий период времени, при которой должно прекращаться отопление при подаче теплоты по оптимизированному графику, будет:

$$\begin{aligned} t_{н.при} \bar{Q}_{от.опт=0} &= \\ t_{в} + t_{н}^p \frac{Q_{вн}^p}{Q_{от}^{р.тр}} &= \frac{20 - 26 \times \frac{21,9}{37,3}}{1 + \frac{Q_{вн}^p}{Q_{от}^{р.тр}}} = +3^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

Расчётная тепловая нагрузка системы отопления без учёта внутренних теплопоступлений составит: $Q_{от.баз.без.вн}^{р.тр} = Q_{от}^p \beta_{гп} 10^{-3} = 55,8 \times 1,1 = 61,4$ кВт, что превышает тепловую нагрузку с базовым уровнем теплозащиты и с учётом внутренних теплопоступлений на $(61,4 - 37,3) / 37,3 \times 100 = 65\%$. Напомним, что превышение тепловой нагрузки многоквартирных домов без учёта внутренних теплопоступлений было всего на 28%, или более чем в два раза ниже, чем в офисе.

Для варианта с увеличенной на 25% тепловой защитой здания офиса средняя температура наружного воздуха за рабочий период времени, при которой должно прекращаться отопление при подаче теплоты по оптимизированному графику, будет $t_{н.при} \bar{Q}_{от.опт=0} = -1,7^{\circ}\text{C}$, расчётная тепловая нагрузка системы отопления с учётом бытовых теплопоступлений составит 24,5 кВт и их, а без их учёта — 48,6 кВт, доля внутренних теплопоступлений в тепловой нагрузке на отопление: $21,9 / 48,6 = 0,45$, относительный перерасход теплоты на отопление без учёта внутренних теплопоступлений будет выше на $(48,6 - 24,5) \times 100 / 24,5 = 98\%$, или в два раза больше, чем с их учётом.



Предложенные новым авторским коллективом СП 60 [1] Изменения №3 в части исключения бытовых теплопоступлений при расчёте систем отопления зданий полностью игнорируют новые, вышедшие до редакции этих предложений, требования изменения Постановления Правительства РФ №963 [16], по которому в пункте 19 к подразделу «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети» раздела 5 сформулирована «необходимость включения в проектную документацию»:

«...е) сведения о тепловых нагрузках на отопление, вентиляцию...», чему отвечает первая часть Приложения А в моей редакции [17]: пункты А.1–А.16, включая мои дополнения, и

«...л) описание систем автоматизации и диспетчеризации процесса регулирования отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха...», чему отвечает вторая часть моего дополнения к Приложению А [17]: Методика расчёта графиков регулирования подачи теплоты в системы отопления, пункты А.17–А.22. Это, как ничто другое из предлагаемых авторами СП 60 [1] предложений, отвечает на призыв Постановления Правительства РФ №963 [18] «распространить действие предлагаемого документа» не только на строительство новых зданий, а также при их реконструкции и капитальном ремонте, но и «с расширением распространения принятых в проектной документации технических решений на возможность их реализации при эксплуатации объекта капитального строительства» (см. Изменения №2 к пункту 3 «Состава разделов проектной документации»).



Выводы

1. Исключение бытовых теплопоступлений при расчёте систем отопления зданий, рекомендованное Изменениями №3 к СП 60.13330.2020 [1], утверждёнными приказом Минстроя России №365/пр, снижает энергоэффективность запроектированных многоквартирных домов с базовым уровнем теплозащиты до низкого класса энергетической эффективности «F» с увеличенной на 25–30% расчётной тепловой нагрузкой системы отопления по сравнению с проектом, учитывающим бытовые теплопоступления в размере, указанном в СНиП 23-02–2003 [4] и повторённом в СП 60.13330.2016 [3]. Ожидаемое годовое теплопотребление системы отопления МКД, рассчитанной без учёта бытовых теплопоступлений и с тепловой защитой, соответствующей базовому уровню, примерно в два раза превышает теплопотребление системы отопления, рассчитанной с учётом бытовых теплопоступлений и с автоматическим регулированием подачи теплоты с учётом увеличения доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе МКД с повышением температуры наружного воздуха и выявленным запасом тепловой мощности системы отопления.

При предлагаемом ППРФ от 20.05.2017 №603 [12] (которое объявлено недействующим, потому что сорваны сроки продекларированного в нём повышения энергоэффективности зданий) **повышении энергоэффективности МКД в 1,5 раза по сравнению с базовым уровнем расчётная тепловая нагрузка на систему отопления, запроектированную без учёта бытовых теплопоступлений, возрастёт до 35–45%, а годовой перерасход тепловой энергии превысит в 2–2,5 раза требуемый при учёте бытовых теплопоступлений.**

В общественных зданиях с механической приточной вентиляцией, когда нагрев наружного воздуха для вентиляции осуществляется централизованно в калориферах, а не как в МКД с естественной вентиляцией — отопительными приборами, вентиляционная составляющая теплопотерь выпадает из теплового баланса системы отопления, за счёт чего доля бытовых теплопоступлений в этом балансе возрастает, и отказ от их учёта в ещё большей степени увеличивает требуемую тепловую нагрузку системы отопления по сравнению с проектом, учитывающим бытовые теплопоступления. Расчёты показывают, что для офисных зданий с базовым уровнем теплозащиты расчётная тепловая нагрузка системы отопления, рассчитанной без учёта внутренних

(бытовых) теплоступлений, превышает на 60–70 % тепловую нагрузку системы отопления, рассчитанной с учётом этих теплоступлений, или более чем в два раза по сравнению с МКД. При этом сохраняется тенденция увеличения этого разрыва с ростом тепловой защиты здания — так, с увеличением теплозащиты на 25 % тепловая нагрузка системы отопления, рассчитанной без учёта теплоступлений, почти в два раза выше, чем системы, рассчитанной с их учётом.

2. Для устранения последствия этого непрофессионального, безграмотного решения в Изменении №3 необходимо пересмотреть содержание действующих СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [1] и СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий» [11]. В первом документе надо **в обязательном порядке включить учёт бытовых теплоступлений при проектировании систем отопления как жилых, так и общественных зданий**, принимая удельные величины среднечасовых бытовых теплоступлений за рабочее время в течение отопительного периода, в том числе: от людей, электрических приборов, освещения, горячего водоснабжения (только для жилых домов), и в период охлаждения летом при кондиционировании воздуха, в соответствии с табл. А.1 рекомендуемого Приложения А к СП 60 [17].

Здесь же следует учесть и другие Приложения, изложенные в тексте следующей статьи. В том числе учесть, что, согласно Постановлению Правительства РФ от 27 мая 2022 года №963 [18], в подразделе



«3. Отопление, вентиляция, кондиционирование...» появились новые требования (закрепляющие наши предложения) «о необходимости включения в проектную документацию этого подраздела: ...3) сведений о показателях энергетической эффективности объекта капитального строительства, в том числе о показателях, характеризующих годовую удельную величину расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию в объекте капитального строительства», а значит в СП 60 [1], которые ранее излагались в СП 50 [11], исключив из последнего текста, связанные с расчётом энергоэффективности зданий и тепловой энергии на их отопление и вентиляцию (об этом — в следующем номере журнала). ●

ОТ АВТОРА. Формат [журнала СОК](#) в электронном виде удобен тем, что после каждой статьи имеется раздел «Комментарии», в котором читатель может оспорить или подтвердить то или иное положение, высказанное автором. Учитывая, что я, находясь в рамках постановлений Правительства РФ (ППРФ от 25.01.2011 №18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений...» [19], ППРФ от 20.05.2017 №603 [13], ППРФ от 27.05.2022 №963 [18]) и указа Президента РФ №812 [20], призывающих к повышению энергоэффективности зданий, и на фоне того, что на практике после перехода строительства новых зданий в России на базовый уровень энергоэффективности согласно СНиП 23-02-2003 [4] никакого повышения данной энергоэффективности зданий повсеместно с 2003 года не произошло, доносяю возможность указанного повышения энергоэффективности и предлагаю методики реализации такого повышения (которые можно ввести в практику проектирования и эксплуатации зданий нового строительства и капитального ремонта существующего жилищного фонда), обращаясь не только к читателям, но и в руководящие органы, издающие и утверждающие нормативно-технические документы, но в ответ — тишина и никаких письменных обоснований невыполнения. Поэтому я обращаюсь к читателям журнала с просьбой сообщить в комментариях, с чем вы не согласны и почему, а что поддерживаете, или что осталось непонятным. Я готов через комментарии ответить каждому.

- СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [СНиП 41-01-2003] (с Изм. №1-4) / Дата введ.: 01.07.2021.
- ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (с Попр. и Изм. №1) / Дата введ.: 01.01.2013.
- СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализ. ред. СНиП 41-01-2003 (с Изм. №1) / Дата введ.: 17.06.2017. [Утр. силу с 01.07.2021]
- СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий [взамен СНиП П-3-79*] / Дата введ.: 01.10.2003.
- Ливчак В.И. Уточнение величин внутренних теплоступлений в зданиях для периодов отопления и охлаждения // Журнал СОК, 2023. №5.
- Ливчак В.И. Учёт внутренних теплоступлений в жилых домах // АВОК, 2013. №6. С. 114–115.
- Ливчак В.И. Гармонизация исходных данных российских норм, определяющих величину внутренних теплоступлений, с европейскими нормами // АВОК, 2014. №1. С. 66–73.
- ISO 13790:2008. Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling [Энергоэффективность зданий. Расчёт потребления энергии для отопления и охлаждения помещений]. Оpubл.: 01.03.2008. [Утр. силу с 19.07.2017; пересмотрен на ISO 52016-1:2017 “Energy performance of buildings — Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads”].
- Реализация требований повышения энергетической эффективности зданий и систем их инженерного обеспечения. Энергетический паспорт зданий. Примеры расчёта энергоэффективности проекта зданий: Рекомендации НП «АВОК» (проект) [прил. к статье В.И. Ливчака «Последствия исключения учёта бытовых теплоступлений из теплотехнического расчёта систем отопления зданий»] / В.И. Ливчак, Ю.А. Табунчиков, М.М. Бородач, Ю.В. Миллер [Электр. текст]. Библиотека научных статей АВОК, раздел «Проектирование и нормативно-правовые документы». Ноябрь 2023. Режим доступа: avok.ru. Дата обрац.: 15.10.2024. Этими Рекомендациями предлагается заменить стандарт СТО НОП 2.1.2014 [10].
- СТО НОП 2.1.2014. Требования по составу и содержанию энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания / Дата введ.: 04.06.2014.
- СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий. Актуализ. ред. СНиП 23-02-2003 / Дата введ.: 16.06.2024.
- Ливчак В.И. Новый взгляд на Проект Постановления Правительства РФ от 27 сентября 2021 года №1628 «Об утверждении правил установления требований энергетической эффективности для зданий и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» // Журнал СОК, 2024. №1. С. 102–111.
- О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 года №18: Постановление Правительства РФ от 20.05.2017 №603. [Утр. силу с 01.01.2021]
- Ковалёв И.Н., Табунчиков Ю.А. Особенности оптимизации толщины утеплителя наружных стен зданий. Системные аспекты // Энергосбережение, 2017. №8. С. 22–32.
- Ливчак В.И. Почему перегреваются офисные здания и что делать? // АВОК, 2014. №7. С. 4–10.
- Ливчак В.И. Комментарий к Постановлению Правительства РФ от 27 мая 2022 года №963 «О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» // АВОК, 2022. №7. С. 38–39.
- Ливчак В.И. Новая редакция СП 60.13330.2020 не позволяет правильно рассчитать тепловую нагрузку и годовое теплоступление системы отопления зданий. Предложение к изменению СП 60.13330.2020 // Журнал СОК, 2021. №11. С. 64–73.
- 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: Постановление Правительства РФ от 27.05.2022 №963.
- Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: Постановление Правительства РФ от 25.01.2011 №18. [Утр. силу с 01.01.2021]
- Об утверждении Климатической доктрины России: Указ Президента РФ от 26.10.2023 №812.



Экономическая эффективность электростанций на возобновляе- мых источниках энергии на примере показателя LCOE

Рецензия эксперта на статью получена
17.10.2024 [The expert review of the article
was received on October 17, 2024]

Тенденция развития энергогенерации на основе возобновляемых источников энергии объясняется желанием многих стран стать независимыми от импорта углеводородного сырья, однако Российская Федерация, несмотря на достаточное количество запасов нефти и природного газа, также стремится к развитию возобновляемой энергетики.

В «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» [1] в качестве приоритетов государственной энергетической политики указаны положения, согласно которым в России должно осуществляться стимулирование и поддержка инновационной деятельности организаций топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и смежных отраслей промышленности в направлении повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и производственного потенциала ТЭК; минимизация негативного влияния добычи, производства, транспортировки и потребления энергоресурсов на окружающую среду, климат и здоровье людей.

Помимо этого, в «Энергетической стратегии...» [1] указано, что задачами развития возобновляемых источников энергии являются:

1. Ввод в эксплуатацию новых генерирующих мощностей, функционирующих на основе ВИЭ, при условии их экономической эффективности.

2. Развитие отечественной научно-технической базы и освоение передовых технологий в области использования возобновляемых источников энергии, наращивание производства на территории Российской Федерации основного генерирующего и вспомогательного оборудования для ВИЭ [1].

Развитие энергогенерации на основе ВИЭ обусловлено также следствием политики энергосбережения, которая направлена на сдерживание роста эмиссии парниковых газов и сокращение вредных выбросов энергетического комплекса в окружающую среду. Однако, несмотря на энергоэффективность и экологичность проектов возобновляемой энергетики, развитие генерации на основе возобновляемых источников энергии в условиях оптового рынка электрической энергии и мощности предъявляет требования к экономической эффективности новых проектов, которые должны быть конкурентоспособными по сравнению с электростанциями, основанными на традиционных способах генерации.

УДК 620.92. Научная специальность: 24.5.

Экономическая эффективность электростанций на возобновляемых источниках энергии на примере показателя LCOE

В. А. Зубакин, д.э.н., заведующий кафедрой (базовой) возобновляемых источников энергии (ВИЭ); **П. А. Жуков**, магистрант второго курса кафедры (базовой) ВИЭ, Российский государственный университет (РГУ) нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина (г. Москва)

В данной статье был произведён расчёт показателя LCOE для электростанций разного типа, рассмотрены возможные альтернативные методики расчёта данного показателя, проведён сравнительный анализ результатов. Согласно «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года», одним из приоритетных направлений развития в стране является строительство новых генерирующих мощностей, функционирующих на основе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, при условии их экономической эффективности. Одним из критериев экономической эффективности электростанций разного типа является показатель LCOE.

Ключевые слова: Энергетическая стратегия РФ, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), ветровая электростанция (ВЭС), солнечная электростанция СЭС, Levelized Cost of Electricity (LCOE).

UDC 620.92. The number of scientific specialty: 24.5.

The economic efficiency of renewable energy power plants using the example of the LCOE indicator

V. A. Zubakin, Doctor of Economics, Head of the Department (Basic) of Renewable Energy Sources (RES); **P. A. Zhukov**, second-year undergraduate student of the Department (basic) of RES, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (Moscow city)

In this article, the LCOE indicator was calculated for power plants of different types, possible alternative methods for calculating this indicator were considered, and a comparative analysis of the results was carried out. According to the "Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035", one of the priority areas of development in the country is the construction of new generating capacities operating on the basis of non-traditional and renewable energy sources, subject to their economic efficiency. One of the criteria for the economic efficiency of power plants of various types is the LCOE indicator.

Keywords: Energy Strategy of the Russian Federation, renewable energy sources (RES), wind power plant (WPP), solar power plant (SPP), Levelized Cost of Electricity (LCOE).

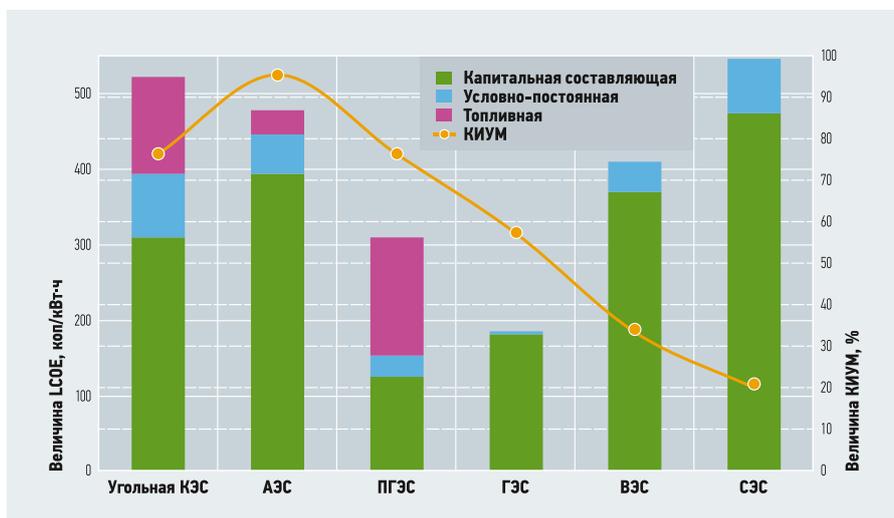


Рис. 1. Величина LCOE при WACC = 12 %

Наиболее популярным показателем экономической эффективности работы электростанций разного типа является методика для расчёта нормированной (средней) расчётной себестоимости производства электроэнергии на протяжении всего жизненного цикла генерирующего объекта, получившая обозначение Levelized Cost of Electricity (LCOE):

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}, \quad (1)$$

где I_t — инвестиционные затраты в год t ; M_t — операционные затраты и затраты на содержание в год t ; F_t — затраты на топливо в год t ; E_t — производство электроэнергии в год t ; r — ставка дисконтирования; t — жизненный цикл системы [8].

LCOE отражает стоимость выработанного мегаватт-часа электроэнергии на протяжении всего жизненного цикла энергоустановки, учитывая плановый коэффициент извлечения установленной мощности (КИУМ), капитальные расходы на строительство, операционные расходы, топливо, проценты по привлекаемым кредитам, ремонт и вывод из эксплуатации. Величина LCOE представляет собой среднюю минимальную цену продажи электрической энергии, которая обеспечивает безубыточность генерирующего объекта в течение всего срока эксплуатации [3].

Проблема использования показателя LCOE для анализа экономической эффективности работы электростанций разного типа заключается в том, что не существует единой методики, которая будет строго предписывать нормативы, входящие в состав расчёта LCOE.

Исходя из общепринятого понятия LCOE, представленного в формуле (1), используя данные по укрупнённым технико-экономическим характеристикам

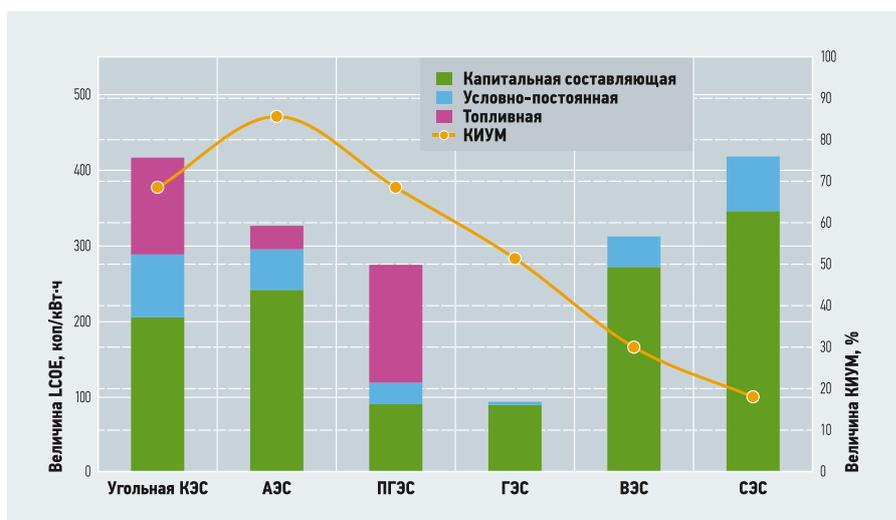


Рис. 2. Величина LCOE при WACC = 8 %

LCOE отражает стоимость выработанного МВт·ч электроэнергии на протяжении всего жизненного цикла энергоустановки, учитывая плановый КИУМ, капитальные расходы на строительство, операционные расходы, топливо, проценты по кредитам, ремонт и вывод из эксплуатации. LCOE представляет собой среднюю минимальную цену продажи электроэнергии, которая обеспечивает безубыточность генерирующего объекта в течение всего срока эксплуатации

являются парогазовые электростанции (ПГЭС) и гидроэлектростанции. Данные значения проиллюстрированы рис. 1.

Почти аналогичная ситуация наблюдается при снижении средневзвешенной стоимости капитала, то есть средней процентной ставки по всем источникам финансирования проекта, до 8 %. Данные по расчёту проиллюстрированы на рис. 2.

Для более разностороннего анализа экономической эффективности электростанций разного типа следует рассмотреть показатели LCOE, которые были рассчитаны по данным АО «Системный оператор Единой энергетической системы».

Показатель LCOE, рассчитанный на основе укрупнённых ТЭХ*

табл. 1

LCOE, коп/кВт·ч	Угольная КЭС	АЭС	ПГЭС	ГЭС	ВЭС	СЭС
LCOE при WACC = 12 %	522	478	311	186	412	546
Капитальная составляющая	311	393	126	182	371	473
Условно-постоянная	83	54	29	4	41	72
Топливная	128	31	156	–	–	–
LCOE при WACC = 8 %	416	326	274	93	312	418
Капитальная составляющая	205	241	89	88	271	346
Условно-постоянная	83	54	29	4	41	72
Топливная	128	31	156	–	–	–
КИУМ, %	68	86	68	51	30	18

* ТЭХ — технико-экономические характеристики.

Для расчёта показателей LCOE возьмём формулу, которая официально применяется отраслевым регулятором — Ассоциацией НП «Совет рынка»:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{A+B+C}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}, \quad (2)$$

где E_t — выработка электроэнергии объектом генерации в году t ; $A = HBB ДПМ_t$ — необходимая валовая выручка по договорам о предоставлении мощности (ДПМ) в году t ; $B = HBB РСВ_t$ — необходимая валовая выручка на «рынке на сутки вперёд» (РСВ) в году t ; $C = HBB КОМ_t$ — необходимая валовая выручка на рынке конкурентного отбора мощности (КОМ) в году t [3]. Данные по расчёту представлены в табл. 2.

Как видно, показатели LCOE, рассчитанные по формуле (1) и представленные «Системным оператором», разнятся. Для ВЭС и СЭС величина LCOE, предложенная «Системным оператором», более консервативна, однако экономическое превосходство ВЭС над угольной КЭС также очевидно. Наибольшая разница наблюдается у показателя ГЭС, что обусловлено

Сравнение LCOE по технологиям по данным АО «СО ЕЭС»

табл. 2

LCOE, коп/кВт·ч	Угольная КЭС	АЭС	ПГЭС	ГЭС	ВЭС	СЭС
LCOE фактический за 2021 год	520	460	350	650	540	860
КИУМ фактический, %	46	84	46	80	25	25
LCOE перспективный	480	490	330	630	340	610
КИУМ перспективный, %	50	80	50	50	19,7	45

разным подходом к оценке жизненного цикла проекта, а также разницей расчётов капитальных затрат.

В перспективе наибольший рост экономической эффективности и увеличение КИУМ должна иметь солнечная и ветряная генерация, а единственная технология, LCOE которой будет в дальнейшем расти, — это АЭС. Данные табл. 2 показаны на рис. 3.

Факторами, которые положительно влияют на снижение LCOE ВИЭ в России, являются:

1. Рост конкуренции между участниками конкурсных отборов.
2. Перспектива реализации отечественных НИОКР, которые должны улучшить имеющиеся технологии ВЭС, повысить КДП и КИУМ ветроустановок (ВЭУ) и дополнительно снизить себестоимость выработки.
3. В рамках программы поддержки ДПМ ВИЭ 1.0 были предусмотрены требования по локализации, которые стимули-

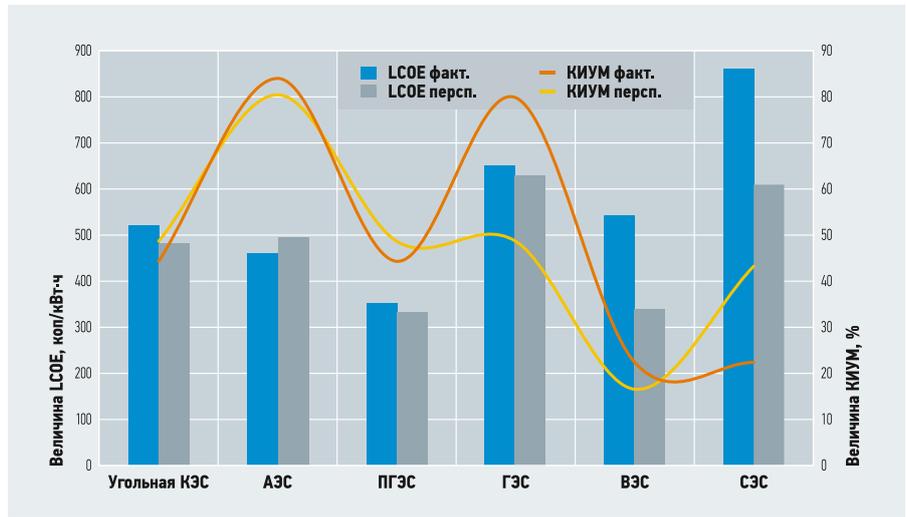


Рис. 3. Сравнение величин LCOE по технологиям по данным АО «СО ЕЭС»

ровали создание отечественных высокотехнологичных производств, основными инвесторами в проекты ветрогенерации выступали Фонд развития ветроэнергетики, АО «НоваВинд» и ПАО «ЭЛ5-Энерго». Основными инвесторами в проекты солнечной генерации стали: ГК «Хевел», ООО «Солар Системс», ПАО «Фортум» и ООО «Вершина Девелопмент». В рамках второй программы на конкурсах 2021 и 2023 годов победителями отборов стали структуры ГК «Юнигрин Энерджи» и ООО «Солар Системс» [5].

что должно стимулировать повышение конкурентоспособности российского генерирующего оборудования на внутренних и внешних рынках [5].

5. Исходя из долгосрочного прогноза темпа роста инфляции, равного 4% ежегодно, перспективы роста цен на энергоресурсы, оборудование и техническое обслуживание для газовых и угольных станций, при условии снижения операционных и капитальных затрат для ВИЭ и роста КИУМ, можно предположить паритет между LCOE ВИЭ и LCOE традиционной генерации к 2030 году [3].

Более того, отмечается, что одноставочные цены на электроэнергию в рамках проектов ДПМ 1.0 могут быть в сотни раз ниже показателей по некоторым незагруженным тепловым электростанциям (ТЭС). Данные приведены на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что в действительности электроэнергия от ВИЭ может быть до 100 раз дешевле ряда ТЭС. Предлагается, чтобы после завершения срока ДПМ генераторы ВИЭ допускались к торговле мощностью в рамках КОМ, увеличивая тем самым предложение. Таким образом, маржинальная цена мощности в КОМ будет снижена [4].

4. В рамках программы ДПМ ВИЭ 2.0 было введение требований по экспорту (отношение объемов экспортной выручки к производству планового годового объема производства электрической энергии и показателя эффективности),

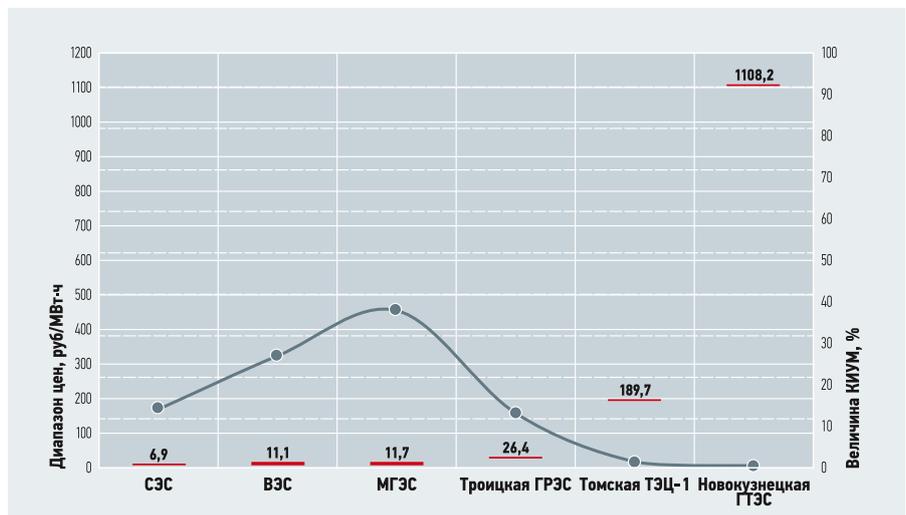


Рис. 4. Ценовая конкуренция ДПМ проектов ВИЭ с традиционными источниками энергии

Рассчётный показатель LCOE при штрафах за выбросы CO₂ электростанций

табл. 3

LCOE, коп/кВт·ч	Угольная КЭС	АЭС	ПГЭС	ГЭС	ВЭС	СЭС
Без штрафа	522	478	311	186	412	546
LCOE при штрафе 1000 руб. за тонну выбросов	647	478	348	186	412	546
LCOE при штрафе 2500 руб. за тонну выбросов	834	478	403	186	412	546

Совокупным итогом к концу 2029 года в рамках первого и второго этапов программы ДПМ ВИЭ по результатам всех прошедших отборов проектов ВИЭ (ОПВ), состоявшихся в 2013–2023 годах (с учётом отказов от исполнения обязательств), будет введено 9,5 ГВт ВИЭ-генерации, в том числе 5,56 ГВт ветрогенерации, 3,65 ГВт солнечной генерации и 0,3 ГВт малой гидрогенерации. Суммарная мощность генерации на основе возобновляемых источников энергии, построенной в рамках ДПМ ВИЭ в период с 2014 по 2035 годы, прогнозируется на уровне 12–13 ГВт. При этом построенные объекты ВИЭ-генерации будут обеспечивать снижение ежегодных выбросов CO₂ к 2035 году в объёме около 15 млн тонн [5].

В конце 2021 года Президент России В.В. Путин поручил Правительству РФ обеспечить достижение нашей страной углеродной нейтральности не позднее 2060 года. При этом учитывается международное признание российских подходов к вопросам, связанным с изменением климата и его последствиями.

В рамках достижения поставленной цели был запущен эксперимент по квотированию выбросов парниковых газов. Теоретически он может проводиться в ряде российских регионов, но фактически ограничен Сахалинской областью. Данный эксперимент регулируется соответствующим федеральным законом и принимаемыми в соответствии с ним подзаконными актами.

В настоящее время идёт активная работа над созданием недостающего нормативного регулирования проведения эксперимента. Так, в частности, было принято Постановление Правительства РФ от 5 августа 2022 года №1390 «Об утверждении Правил исчисления и взимания платы за превышение квоты выбросов парниковых газов в рамках проведения эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов на территории Сахалинской области». Данное постановление вступило в силу с 1 марта 2023 года и действует до 31 декабря 2028 года.

Согласно этому документу, плата за выбросы парниковых газов самостоятельно исчисляется предприятиями, включёнными в перечень региональных регулируемых организаций, осуществляющими деятельность на территории Сахалинской области.

Методика расчёта квот была принята Минэкономразвития России 24 августа 2022 года. Согласно ей, расчёт квот будет строиться на методе исторических выбросов. То есть квота каждого предприятия будет основываться на его выбросах за базовый год и общерегиональной цели по достижению углеродной нейтральности к заданному году. Этот принцип отличается от принципа расчёта квот в системах торговли выбросами в Евросоюзе и Китае, где квота рассчитывается исходя из целевых показателей углеродоёмкости.

Плата за превышение квоты определяется как объём выбросов сверх квоты, умноженный на соответствующую ставку платы. Сверхнормативные выбросы могут быть скорректированы на величину единиц выполнения квоты (результат «перевыполнения» квот другими предприятиями) и/или на объём зачтённых углеродных единиц. Ставка платы установлена Правительством РФ в размере 1000 руб.

Исходя из этого, целесообразно будет проанализировать изменение рассчитанного ранее показателя LCOE для угольных и газовых электростанций с условием платы за выбросы. Данные представлены в табл. 3. Можно видеть, что при штрафах в размере 1000 руб. за тонну выбросов генерация на угольной электростанции становится дороже солнечной, а при штрафах в размере 2500 руб. достигается ценовой паритет между парогазовой электростанцией и ВЭС. Таким образом, Сахалинская область становится крайне привлекательной для развития проектов возобновляемой энергетики.

Более того, большие перспективы для развития ВИЭ возникают в связи с включением неценовых зон Дальнего Востока к ценовым зонам оптового рынка электрической энергии и мощности. При растущих потребностях в энергетических мощностях, высоких ценах на первичное топливо и моральном устаревании генерирующих объектов развитие ВИЭ на Дальнем Востоке может оказаться перспективным направлением.

ДФО обладает существенным потенциалом в ВИЭ: продолжительность солнечного сияния на этой территории свыше 1700 часов в год, а среднегодовая скорость ветра достигает 6–7 м/с

Макрорегион обладает существенным потенциалом в солнечной и ветровой энергетике: продолжительность солнечного сияния на территории ДФО составляет свыше 1700 часов в год, а среднегодовая скорость ветра на прибрежных участках достигает 6–7 м/с [6].

На изолированных и труднодоступных территориях Дальнего Востока использование объектов возобновляемой энергетики экономически оправдано уже сегодня. Драйвером развития ВИЭ на изолированных и труднодоступных территориях выступает высокая стоимость ввозного топлива. Сокращение потребления традиционных энергоресурсов позволяет не только окупить затраты на строительство объектов ВИЭ, но и добиться экономии для региональных и муниципальных бюджетов.

Заключение

Различные подходы к расчёту LCOE электростанций разного может приводить к разбросам по значениям, однако конкурентоспособность возобновляемой энергетики по сравнению с традиционными источниками генерации энергии прослеживается независимо от методологии расчёта.

Присоединение «Объединённой энергосистемы Востока» к территориям рыночного ценообразования представляет для ВИЭ новые возможности ввиду дефицита электроэнергии в данном регионе, быстрой скорости строительства объектов возобновляемой энергетики и низкой стоимости электроэнергии. ●

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [Электр. текст]. Минэнерго России. Режим доступа: minenergo.gov.ru. Дата обращ.: 02.10.2024.
2. Методические рекомендации по расчёту эффектов от реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности [Электр. текст]. Минстрой России. Режим доступа: minstroyrf.ru. Дата обращ.: 06.10.2024.
3. Чубайс А.Б., Зубакин В.А., Копылов А.Е. Развитие ВИЭ в России: технологии и экономика. Учеб. пособие. — М.: ИГ «Точка», 2020. 464 с.
4. Анализ системных эффектов от реализации программы поддержки возобновляемой энергетики ДПМ ВИЭ 1.0 [Электр. текст]. Ассоциация НП «Совет рынка». Режим доступа: pr-sr.ru. Дата обращ.: 09.10.2024.
5. Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы [Электр. текст]. АРВЭ. Режим доступа: rveda.ru. Дата обращ.: 10.10.2024.
6. Развитие конкуренции на рынке электроэнергии в ДФО [Электр. текст]. Аналитический центр при Правительстве РФ. Режим доступа: ac.gov.ru. Дата обращ.: 15.10.2024.
7. Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2021 году [Электр. текст]. АО «СО ЕЭС». Режим доступа: so-ups.ru. Дата обращ.: 15.10.2024.
8. Short W., Packey D.J., Holt Th. A manual for the economic evaluation of energy efficiency and renewable energy technologies. NREL; U.S. DoE; Midwest Research Institute. Golden, Colorado, U.S. Mart 1995. 120 p.

References — see page 80.

Новый бизнес «чистой» энергетики стоимостью в триллион долларов

Распределённые сетевые хранилища электроэнергии на основе аккумуляторных батарей наконец-то «разрядились энергетической революцией», и будущее их весьма многообещающее.

Электричество — один из трёх компонентов, составляющих общее производство энергии, необходимой человечеству для жизнедеятельности. Два других — транспорт и отопление. Каков мировой электроэнергетический баланс, и из каких источников он состоит? Сколько мы получаем электроэнергии из угля, нефти и газа, а сколько от атомной энергетики, гидроэнергетики, солнца или ветра? Ответ на этот вопрос содержится на рис. 1 — согласно данным Международного энергетического агентства (IEA), в 2024 году мировой спрос и производство электрической энергии превысили 29 тыс. ТВт·ч, причём доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) выросла с 19% в 2000 году до более чем 30%, а к 2025-му может увеличиться до 35%.

«Рост мирового спроса на электричество в этом и следующем году, как ожидается, будет одним из самых быстрых за последние два десятилетия, что подчёркивает растущую роль электроэнергии в мировой экономике, а также воздействие сильных волн тепла... Крайне важно расширять и укреплять энергосети, чтобы обеспечить граждан безопасным и надёжным электроснабжением, а также внедрять более высокие стандарты энергоэффективности, чтобы справиться с нагрузкой на энергосистемы, возникающей в результате возросшего спроса на охлаждение», — говорит Кейсукэ Садамори (Keisuke Sadamori), директор IEA по энергетическим рынкам и энергобезопасности.

В глобальном масштабе уголь, а за ним и газ всё ещё являются крупнейшими источниками производства электричества. Из низкоуглеродных источников наибольший вклад вносят гидроэнергетика и атом-

Для декарбонизации масштабной индустрии мирового электроснабжения потребуется нечто большее, чем солнечные панели и ветряные турбины. Сетевые хранилища предлагают решение проблемы перебоев в подаче электроэнергии, но их пока слишком мало

ная энергетика, хотя доля ветровой и солнечной энергетики быстро растёт.

На рис. 2 представлена современная структура электроэнергетики отдельных стран в расчёте на душу населения. Стоит отметить, что изменения в ней за последние десятилетия стали весьма существенными. Например, в Великобритании доля всего ископаемого топлива в производстве электричества на текущий момент составляет 40%, в то время как в 1980-х годах один только уголь был источником более половины вырабатываемой в этой стране электроэнергии (сейчас доля угля во всей Великобритании не превышает 2%).

Итого можно констатировать, что в глобальном масштабе более трети электроэнергии поступает из низкоуглеродных источников. Однако большая её часть по-прежнему «извлекается» из ископаемого топлива, в основном угля и газа.

Таким образом, в мире производится почти 29 тыс. ТВт·ч в год. Для декарбонизации столь масштабной индустрии мирового электроснабжения потребуется нечто большее, чем солнечные панели и ветряные турбины, которые вырабатывают энергию за счёт солнечного света и ветра. Сетевые хранилища предлагают решение проблемы перебоев в подаче электроэнергии, но их слишком мало. IEA, официальный прогнозист, считает, что глобальная установленная мощность аккумуляторных батарей должна увеличиться в пять раз — с менее 200 ГВт в прошлом году до более чем 1 ТВт к концу десятилетия, а также почти до 5 ТВт к 2050 году, если мир будет придерживаться политики Net-zero Emissions — взятого курса на достижение нулевых антропогенных выбросов углекислого газа в атмосферу (рис. 3). Для этого потребуются многочисленные и усовершенствованные системы накопления энергии. К счастью, бизнес по распределённому хранению электроэнергии как раз получил новый импульс.

Не так давно крупные сетевые хранилища энергии использовали традиционные гидроэлектрические системы, которые перемещали воду между резервуарами, находящимися на разной высоте, например, в разных частях склона горы.

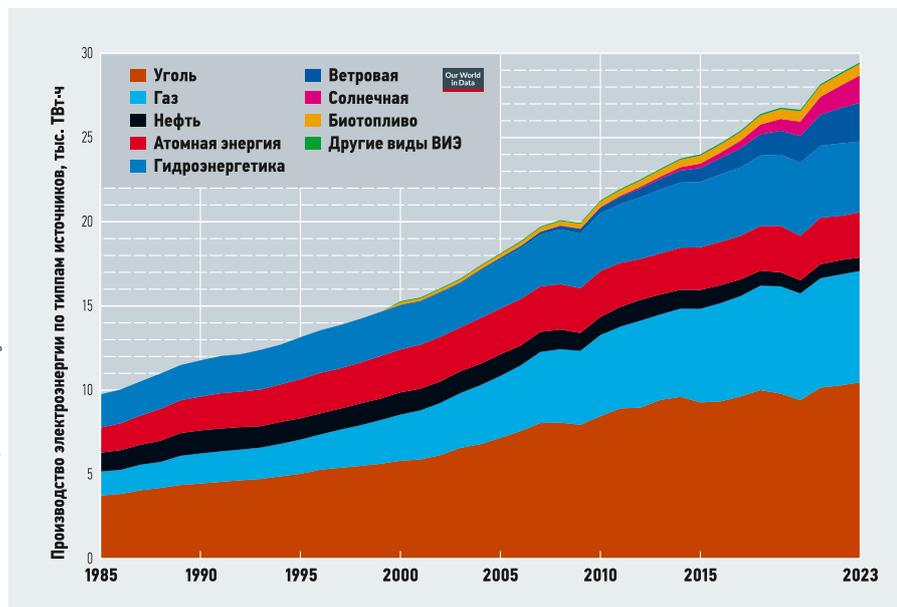


Рис. 1. Мировое производство электроэнергии по типам источников

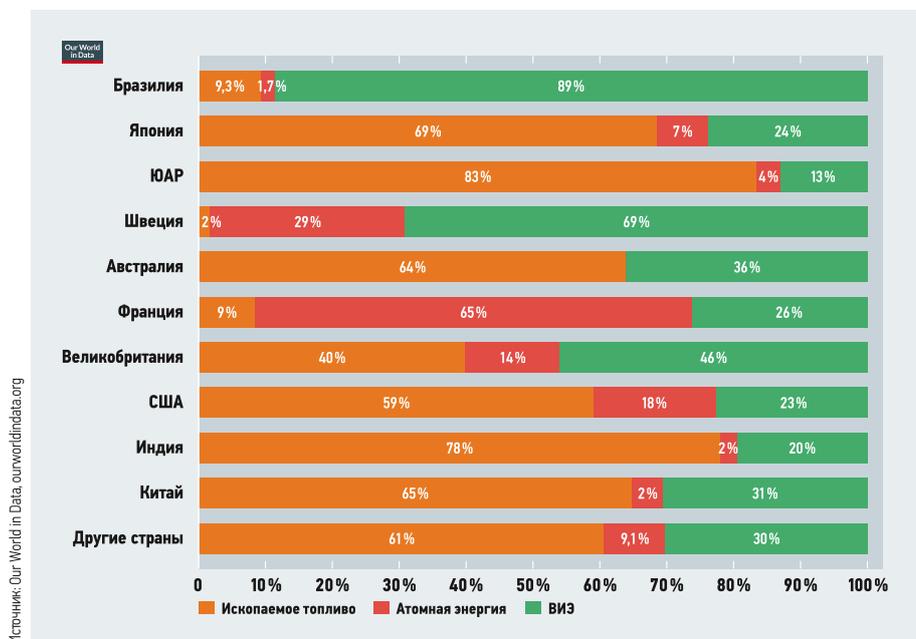


Рис. 2. Производство электроэнергии на душу населения за счёт ископаемого топлива, атомной энергии и возобновляемых источников энергии в 2023 году

На смену этим системам пришла новая концепция — большие контейнеры с аккумуляторными батареями, расположенные длинными рядами под навесами. По данным IEA, в прошлом году во всём мире было установлено 90 ГВт аккумуляторных батарей, что вдвое больше, чем в 2022 году, из которых примерно две трети были использованы для электросетей, а остальное — для других целей, таких как использование солнечной энергии в жилых домах. Сейчас для хранения энергии интенсивно разрабатываются новые химические технологии. По оценкам консалтинговой компании Bain, рынок сетевых систем хранения энергии может вырасти с \$15 млрд в 2023 году до \$200–700 млрд к 2030-му и от одного до трёх триллионов долларов к 2040 году.

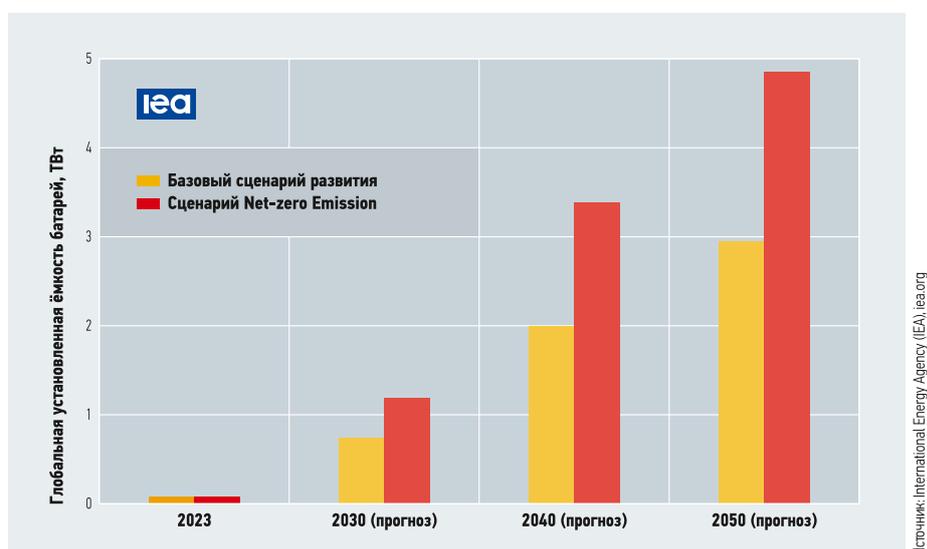


Рис. 3. Установленная мощность систем хранения энергии в мире по двум сценариям

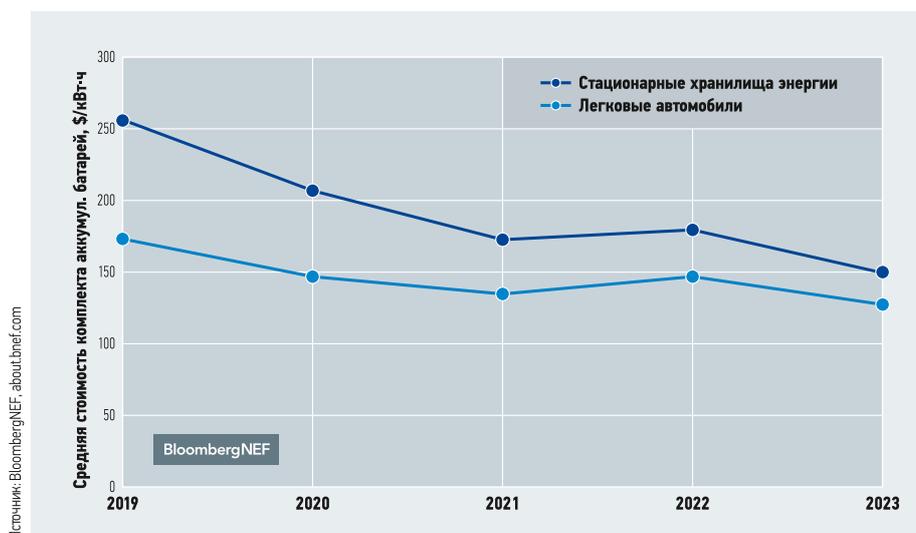


Рис. 4. Средняя мировая цена на литий-ионные батареи по типу их применения

* CATL (Contemporary Ampere Technology Co., Ltd.) — крупный китайский производитель топливных элементов, литий-ионных, литий-железо-фосфатных и литий-полимерных аккумуляторов для электротранспорта и систем накопления энергии (основан в 2011 году); BYD Co., Ltd. (от англ. Build Your Dreams, «построй свои мечты») — китайский концерн, включающий в себя производителя автомобилей BYD Auto и производителя аккумуляторов и электроники BYD Electronic (основан в 1995 году).

Резкое снижение цен на литиевые аккумуляторы способствовало их внедрению в сетевые структуры хранения электроэнергии. Исследователи из Массачусетского технологического института (MIT) констатировали, что стоимость литий-ионных батарей снизилась на 97% за последние 30 лет (впервые они появились на рынке в 1991 году). Этот показатель сравним с таковым для солнечных фотоэлектрических панелей, падение стоимости которых считается просто исключительным. По данным исследовательской группы BNEF, средняя цена стационарных литиевых батарей за 1 кВт·ч хранения упала примерно на 40% в период с 2019 по 2023 годы. Глобальное замедление темпов внедрения электромобилей, работающих по аналогичной технологии, привело к тому, что повышенный интерес к сетевым на-

копителям проявили производители аккумуляторов. В 2019 году стационарные литиевые аккумуляторы стоили почти на 50% дороже, чем те, которые используются в электромобилях; эта разница сократилась до менее чем 20% по мере увеличения количества производителей (рис. 4). IEA считает, что солнечная энергетика в сочетании с батареями в настоящее время конкурирует с угольной энергетикой в Индии и скоро будет дешевле, чем газовая электрогенерация в США.

Центром мирового производства аккумуляторов является Китай. Здесь расположены шесть из десяти крупнейших мировых производителей, включая CATL* и BYD* (рис. 5). Доля производства аккумуляторов в Китае, предназначенных для электросетей, выросла с почти нулевого уровня в 2020-м до примерно пятой части в прошлом году, превывсив долю, используемую в бытовой электронике.

Такому росту способствовала политика в стране, согласно которой крупные солнечные и ветровые проекты также предусматривают установку накопителей.

Китайские производители аккумуляторных батарей активно внедряют инновации. С 2018 года CATL увеличила свои расходы на исследования и разработки в восемь раз — до \$2,5 млрд. Концерн BYD, инвестирующий значительные средства в робототехнику и искусственный интеллект, построил в городе Хэфэй (Hefei) завод по производству аккумуляторов, который почти полностью автоматизирован. Однако в этой отрасли в КНР уже наблюдается избыток производственных мощностей. По данным Bloomberg, одни только китайцы уже производят достаточное количество литиевых батарей, чтобы удовлетворить мировой спрос на все виды аккумуляторов, причём недавно в Китае было объявлено о планах увеличить мощности до 5,8 ТВт·ч к 2025 году, что вдвое превышает нынешнюю глобальную мощность в 2,6 ТВт·ч. Это будет катастрофой для многих компаний, производящих аккумуляторы, в том числе для электросетей. По данным исследовательского подразделения Benchmark Mineral Intelligence, за первые семь месяцев 2024 года было отменено или отложено строительство 19 «гигазаводов» (gigafactory) по производству аккумуляторов в Поднебесной.

Обвал цен также нанёс удар по многим западным производителям аккумуляторных батарей. Одним из примеров является шведская компания Northvolt, которую некоторые считают ответом Европейского союза китайским производителям. В прошлом году компания сообщила об убытках в размере \$1,2 млрд по сравнению с \$285 млн в 2022 году. Следствием этого, вероятно, станет волна консолидации компаний ЕС, как и предсказывал ранее в этом году Робин Цзэн (Robin Zeng), руководитель концерна CATL.

Тем не менее, «кровопролитие» среди производителей аккумуляторов может помочь, а не навредить внедрению аккумуляторных батарей. Цены могут упасть ещё больше, поскольку наиболее производительные компании займут большую долю рынка. Жёсткая конкуренция уже стимулирует инновации, поскольку участники рынка ищут новые технологии, которые помогут им конкурировать. Одной из перспективных альтернатив являются натрий-ионные аккумуляторы. Для них не требуется дорогостоящий литий, и, хотя они обладают более низкой плотностью энергии, это является меньшей проблемой для стационарных аккумуляторов, чем для электромобилей.

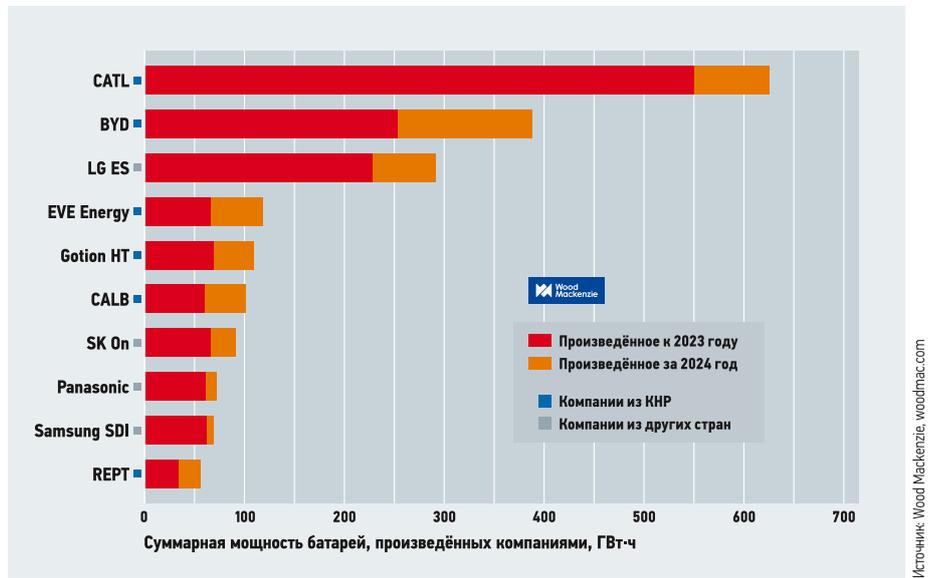


Рис. 5. Топ-10 мировых производителей литий-ионных батарей по действующей мощности

Руководители компаний спешат разработать технологию хранения энергии для электросетей, и несколько стартапов тоже делают на неё большие ставки. Американская компания Natron, поддерживаемая нефтяным гигантом Chevron, инвестирует \$1,4 млрд в строительство завода по производству натриево-ионных аккумуляторов в штате Северная Каролина (США), открытие которого запланировано на 2027 год. А Лэндон Моссбург (Landon Mossburg), исполнительный директор Peak Energy, ещё одного натриево-ионного стартапа, желает, чтобы его фирма стала «настоящей американской CATL».

Том Дженсен (Tom Jensen), руководитель Frey Battery, другого стартапа, считает, что единственный способ, с помощью которого западные производители аккумуляторов смогут конкурировать, — это внедрение новых технологий. Список инновационных подходов растёт. EnerVenue, ещё один стартап, занимается коммерциализацией никель-водородных аккумуляторов. Фирма собрала более \$400 млн и построит завод в штате Кентукки (США), который, как она надеется, будет производить дешёвые батареи, способные длительное время сохранять энергию.

Помогает то, что новые технологии хорошо подходят для удовлетворения растущего спроса на энергию в центрах обработки данных (ЦОД), которые технологические гиганты вроде Apple или Amazon стремятся «запитывать» именно от ВИЭ.

Быстрое развёртывание центров обработки данных приводит к возникновению «пробелов» в инфраструктуре электроэнергоснабжения, которые могут быть устранены с помощью аккумуляторов более длительного срока службы

Тот факт, что натрий-ионные аккумуляторы менее подвержены возгоранию, чем литиевые, делает их особенно привлекательными для технологических компаний, не в последнюю очередь потому, что это снижает стоимость страховки, отмечает Джефф Чемберлен (Jeff Chamberlain), руководитель Volta Energy Technologies, инвестиционной компании, специализирующейся на хранении энергии. Колин Весселс (Colin Wessels), соучредитель Natron, отмечает, что его стартап планирует поставлять аккумуляторы в основном в центры обработки данных.

Быстрое развёртывание центров обработки данных также приводит к возникновению «пробелов» в инфраструктуре, используемой для выработки и передачи электроэнергии, которые могут быть устранены с помощью аккумуляторов более длительного срока службы. Такие аккумуляторы, как надеются в EnerVenue, будут производиться уже в течение следующих пяти лет. Аарон Зубати (Aaron Zubaty), исполнительный директор Eolian, разработчика возобновляемых источников энергии, прогнозирует бум решений для хранения электроэнергии на срок от четырёх до восьми часов, что позволит удовлетворить растущий спрос на электроснабжение в ближайшее десятилетие.

Таким образом, сетевые системы хранения энергии развиваются поразительно быстро. «Аккумуляторы за пять лет сделали то, на что у солнечной энергетики ушло 15 лет», — отмечают аналитики отрасли солнечной энергетики. Как резюмирует Фатих Бироль (Fatih Birol), глава IEA, «аккумуляторы меняют правила игры на наших глазах». Мир всё ближе к обещанию американского изобретателя и предпринимателя Томаса Эдисона, сделанного им в XIX веке: «Мы сделаем электричество таким дешёвым, что жечь свечи будут только богачи». ●

PLUMBING AND SANITARY ENGINEERING, WATER SUPPLY, DRAINAGE

The effect of heavy metals coming from wastewater treatment plants on the process of biological purification in aerotanks. Pp. 8–12.

Vsevolod B. Smirnov, Doctor of Technical Sciences, expert engineer of "Voskresensk Mineral Fertilizers", JSC (Voskresensk city district, Moscow region); **Dmitry A. Guskov**, Head of Sewage treatment plants of Kolomna city district (Moscow region)

1. V.B. Smirnov, S.A. Belyaeva, M.I. Petrov. *Podgotovka i povtornoje ispol'zovanie osadkov stochnykh vod na ochistnykh sooruzhenijakh Voskresenska* [Preparation and reuse of wastewater sludge at Voskresensk treatment facilities]. *Zhurnal Santeĥnika, otoplenie, konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2018. No. 11. Pp. 22–27. [In Russian]
2. *Ob utverzhenii Pravil kholodnogo vodosnabzhenija i vodootvedenija i o vnesenii izmenenij v nekotorye akty Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii* [On approval of the Rules for cold water supply and sanitation and on amendments to certain acts of the Government of the Russian Federation]. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 29.07.2013 №644 (s izm. i dop.)* [The Decree of the Government Russian Federation No. 644 of July 29, 2013 (with amendments and additions)]. [In Russian]
3. SP 32.13330.2018 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 32.13330.2018]. *Kanalizatsija. Naruzhnyye seti i sooruzhenija (s Izm. №1–3)* [Sewerage. External networks and structures (with Amendments No. 1–3)]. Date of impl.: June 26, 2019. [In Russian]
4. L.I. Gunter, M.A. Belyaeva, L.F. Yudina. *Vlijanie tekhnologicheskikh parametrov raboty ajerotenkov na formirovanie biotsenzov i biokhimicheskie kharakteristiki aktivnogo ila* [Influence of technological parameters of aeration tanks on the formation of biofilms and biochemical characteristics of activated sludge]. *Nauch. trudy Akademii komm. khoz-va im. K.D. Pamfilova* [Papers of the Pamfilov Academy of Public Utilities]. 1976. Issue 105. Pp. 3–14. [In Russian]
5. A.S. Shelomkov, N.V. Zakhvatava. *Aktivnyj il kak upravljajemaja jekologicheskaja sistema* [Activated sludge as a controlled ecological system]. Moscow. *Jekspo-Media-Press* ["Expo-Media-Press" Publishers]. 2013. 286 p. [In Russian]
6. O.G. Nikitina. *Biojestimatsija: kontrol' i regulirovanie protsessov biologicheskoi ochistki i samoochishhenie vody* [Bioestimation: control and regulation of biological treatment processes and self-purification of water]. *Avtořef. diss. doktora biologicheskikh nauk po spets. 03.02.08, 03.02.10* [Abstract of the dissertation of Doctor of Biological Sciences in the specialties No. 03.02.08, 03.02.10]. Moscow. *MGU im. M.V. Lomonosova* [Lomonosov Moscow State University]. 2012. 47 p. [In Russian]
7. N.S. Zhmur. *Tekhnologicheskije i biokhimicheskie protsessy ochistki stochnykh vod na sooruzhenijakh s ajerotenkami* [Technological and biochemical processes of wastewater treatment at facilities with aeration tanks]. Moscow. *Akvaros* ["Aquaros" Publishers]. 2003. 512 p. [In Russian]
8. V.B. Smirnov, N.P. Shevchenko. *Vlijanie postupajushikh sh tokami tjazhelykh metallov na ochistnye sooruzhenija i protsess biologicheskoi ochistki v ajerotenkakh* [The influence of heavy metals coming with wastewater on treatment facilities and the process of biological treatment in aeration tanks]. *Voda Magazine* ["Water Magazine" Magazine]. 2018. No. 6. Pp. 12–14. [In Russian]
9. V.B. Smirnov, N.P. Shevchenko, D.A. Guš'kov. *Biotsenz aktivnogo ila ajerotenkov prodlennoj ajeratsii* [Biocenosis of activated sludge of extended aeration tanks]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodospabzhenie* ["Water purification. Water treatment. Water supply" Magazine]. 2021. No. 3. Pp. 54–63. [In Russian]
10. N.M. Golub. *Analiz vlijanija stochnykh vod na gidrobionty aktivnogo ila* [Analysis of the influence of wastewater on activated sludge hydrobionts]. *Jekologicheskij vestnik* ["Ecological bulletin" Magazine]. 2017. No. 1. Pp. 20–25. [In Russian]
11. S.N. Frolova, G.A. Kozlova. *Vlijanie tjazhelykh metallov na aktivnyj il pri ochistke stochnykh vod v rezhime prodlennoj ajeratsii* [The influence of heavy metals on activated sludge during wastewater treatment in the extended aeration mode]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta (PNIPU). Himicheskie tekhnologii i biotekhnologii* [Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Series: Chemical technologies and biotechnology]. 2010. No. 11. Pp. 180–191. [In Russian]
12. N.S. Zhmur. *Novye aspekty prichin vspukhanija aktivnogo ila na ochistnykh sooruzhenijakh* [New aspects of the causes of activated sludge swelling at treatment facilities]. *Jekologija i promyshlennost' Rossii* ["Ecology and industry of Russia" Magazine]. 2011. No. 4. Pp. 44–50. [In Russian]
13. L.N. Sibieva, A.S. Sirotkin, T.V. Vdovina, J. Trögl, T. Brovdjova, J.V. Kobeleva. *Jelemenarnyj analiz biomassy aktivnogo ila v protsessakh sovmestnoj biologicheskoi ochistki stochnykh vod i otenki vozmožnosti ee utilizatsii* [Elementary analysis of activated sludge biomass in the processes of joint biological wastewater treatment and assessment of the possibility of its utilization]. *Izvestija vuzov. Prikladnaja khimija i biotekhnologija* [News of Higher Educational Institutions. Series: Applied chemistry and biotechnology]. 2018. No. 4. Pp. 184–191. [In Russian]
14. V.A. Kirey, G.G. Yuhnevich. *Vlijanie tekhnologicheskogo rezhima ajerotenkov ochistnykh sooruzhenij kanalizatsii na vidovoj sostav aktivnogo ila* [Influence of the technological mode of aeration tanks of sewage treatment plants on the species composition of activated sludge]. *Aktualnye problemy jekologii: Mat. XII Mezhd. nauch.-prakt. konf.* [Actual problems of ecology: Proc. of the XII International scientific and practical conference] (Grodno city, Republic of Belarus, October 04–06, 2017). Grodno. *JurSa-Print* ["YurSa-Print" Publishers]. 2017. Pp. 208–210. [In Russian]

PLUMBING AND SANITARY ENGINEERING, WATER SUPPLY, DRAINAGE

15. E. Brylka, V. Martsul. *Ogranichenie postuplenija tjazhelykh metallov v komponenty prirodnoj sredy s gorodskimi stochnymi vodami* [Limiting the entry of heavy metals into the components of the natural environment with municipal wastewater]. *Organizatsionno-tekhnicheskoe upravlenie v mezhotraslevykh kompleksakh: Mat. II Mezhd. nauch.-teĥn. konf.* [Organizational and technical management in intersectoral complexes: Proc. of the II International scientific and technical conference] (Minsk city, Republic of Belarus, November 20–21, 2007). Minsk. *BGTU* [Belarusian State Technological University]. 2007. Pp. 446–450. [In Russian]
16. *GOST R 54534–2011* [State Industry Standard of Russia No. 54534–2011]. *Resursosberezhenie. Osadki stochnykh vod. Trebovanija pri ispol'zovanii dlja rekul'tivatsii narushennykh zemel'* [Resource conservation. Sewage sludge. Requirements for use in reclamation of disturbed lands]. Date of impl.: January 1, 2013. [In Russian]

HEATING, HOT WATER AND GAS SUPPLY

Modeling of the heat and humidity state for the corners of buildings in non-stationary mode in the city of Lugansk. Pp. 42–45.

Oksana A. Malygina, senior lecturer, Luhansk State University named after Vladimir Dahl (Lugansk city)

1. I.A. Sultanguzin, D.A. Kruglikov, T.V. Yatsyuk, I.D. Kalyakin, Ju.V. Yavorovskiy, A.I. Bar-tenev, A.V. Govorin, E.V. Zhigulina, V.G. Hromchenkov. *Primenenie BIM-, BEM- i CFD-tekhnologii dlja proektirovanija, stroitel'stva i jeksploatatsii jenergojeffektivnogo doma* [Application of BIM, BEM and CFD technologies for design, construction and operation of an energy-efficient house]. *Zhurnal Santeĥnika, otoplenie, konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2019. No. 3. Pp. 36–42. [In Russian]
2. A.E. Elovkhov. *Metodiki i primery raschjota teplovykh mostov* [Methods and examples of calculating thermal bridges]. *Stroitel'stvo i tekhnogenaja bezopasnost'* ["Construction and technogenic safety" Magazine]. 2015. No. 1. Pp. 86–93. [In Russian]
3. V.A. Suchilin, A.S. Kochetkov, N.N. Gubanov. *Modelirovanie v COMSOL Multiphysics jenergoberezhenija tipovykh zdanij ZhKKh pri rekonstruktsii i remonte* [Modeling in COMSOL Multiphysics of energy saving of typical housing and communal services buildings during reconstruction and repair]. *Zhurnal Santeĥnika, otoplenie, konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2020. No. 6. Pp. 44–50. [In Russian]
4. V.B. Salnikov, V.A. Belyakov. *Teploĥimicheskie raschety stroitel'nykh konstruksij s primeneniem programmnogo kompleksa COMSOL Multiphysics* [Thermal calculations of building structures using the COMSOL Multiphysics software package]. Ekaterinburg. *Izd-vo UrFU* [Publishing House of the Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin]. 2016. 48 p. [In Russian]
5. G.I. Parfenov, N.N. Smirnov, A.A. Yablokov, V.K. Pyzhov. *Imitatsionnoe modelirovanie prikladnykh zadach teplo- i vozdukhoozbena v programme COMSOL Multiphysics* [Simulation modeling of applied problems of heat and air exchange in the COMSOL Multiphysics program]. Ivanovo. *Izd-vo IGJeU* [Publishing House of the Ivanovo State Power Engineering University]. 2023. 132 p. [In Russian]
6. M.A. Razakov, E.V. Rudakova. *Vlijanie orientatsii zdaniya na proektnye teplovyje poteri* [Influence of building orientation on design heat losses]. *Zhurnal Santeĥnika, otoplenie, konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2018. No. 11. Pp. 49–51. [In Russian]
7. E.A. Statsenko, T.A. Musorina, A.F. Ostrovaya, V.Ya. Olshevskiy, A.L. Antuskov. *Vlagopere-nos v ventiliruemom kanale s nagrevatel'nyĥ jelementom* [Moisture transfer in a ventilated duct with a heating element]. *Inženerno-stroitel'nyĥ zhurnal* [Engineering and Construction Journal]. 2017. No. 2. Pp. 11–17. [In Russian]
8. A.T. Lelekov, M.Yu. Sakhnov, S.A. Galochkin, E.V. Velichko. *Modelirovanie teplovykh ob'ektov s raspredelennymi parametrami s ispol'zovanijem programnykh kompleksov COMSOL Multiphysics, MATLAB, Simulink* [Modeling of thermal objects with distributed parameters using COMSOL Multiphysics, Matlab, Simulink software packages]. *Vestnik SibGU* [Bulletin of the Siberian State Aerospace University named after Academician M.F. Reshetnev]. 2010. No. 4. Pp. 40–44. [In Russian]
9. O.A. Malygina. *Razrabotka matematicheskikh modelej opredelenija teplovlazhnostnogo rezhima ograzhdajushikh konstruksij zdaniy pri nestatsionarnom teplovom potoke* [Development of mathematical models for determining the heat and humidity conditions of building envelopes with non-stationary heat flow]. *Sovremennye problemy grazhdan-skoj zashity* ["Modern problems of civil protection" Magazine]. 2024. No. 3. Pp. 93–104. [In Russian]





AIR CONDITIONING AND VENTILATION

Numerical simulation of spa ventilation. Pp. 50–52.

Tamara A. Datsyuk, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Alexander M. Grimitlin**, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Voldemar R. Taurit**, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Julia V. Ivanova**, PhD, Associate Professor, senior lecturer, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

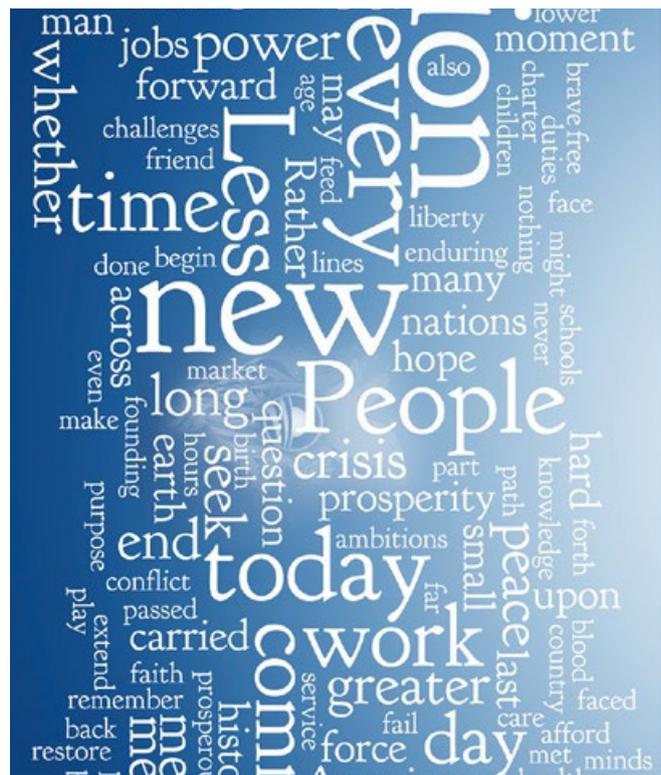
- Ju.S. Krasnov. *Sistemy ventiljatsii i konditsionirovaniya. Rekomendatsii po proektirovaniyu dlja proizvodstvennykh i obshchestvennykh zdaniy* [Ventilation and air conditioning systems. Design recommendations for industrial and public buildings]. Moscow. Termokul ["Thermocool" Publishing House]. 2006. 288 p. [In Russian]
- M.G. Tarabanov. *Konditsionirovanie vozdukh. Chast' 1* [Air conditioning. Part 1]. Moscow. AVOK-Press [Publishing House of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics ("ABOK-Press")]. 2015. 212 p. [In Russian]
- V.M. Uljasheva, Ju.V. Ivanova, V.K. Aver'janov, A.V. Tsygankov. *Osobennosti obespechenija parametrov mikroklimate plavatel'nykh bassejnov* [Features of providing microclimate parameters of swimming pools]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* ["Industrial and Civil Engineering" Magazine]. 2024. No. 3. Pp. 11–16. [In Russian]
- D.M. Denisikhina, M.A. Lukanina, M.V. Samoletov. *Matematicheskoe modelirovanie mikroklimate v pomeshenii bassejna* [Mathematical modeling of indoor microclimate in a swimming pool]. *AVOK* [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2012. No. 3. Pp. 56–60. [In Russian]
- A.A. Dmitriev, Yu.V. Ivanova, V.R. Tayrit. Analysis of indoor air quality in the swimming pool in Ulan-Ude. Proc. of ECSF-2021 (Engineering, Construction and Infrastructure Solutions for Innovative Medicine Facilities). May 19–21, 2021. Pp. 99–109.
- A. Palmowska, B. Lipska. The experimental validation of numerical modeling of the air distribution in the indoor Ice Rink Arena. Proc. of the World Congress on Mechanical, Chemical and Material Engineering (MCM-2015). July 20–21, 2015. Barcelona, Spain.
- S. Patankar. *Chislennye metody reshenija zadach teploobmena i dinamiki zhidkosti* [Numerical methods for solving problems of heat transfer and fluid dynamics]. Moscow. *Jenergoatomizdat* [Publishing House of Energy and Nuclear Industry of the USSR ("Energatomizdat" Publishers)]. 1984. 152 p.
- V. Aver'janov, V. Ulyasheva, V. Vasiliev. Selection of turbulence models in case of numerical simulation of heat, air- and mass exchange processes. Proc. of 10th Conference on Interdisciplinary Problems in Environmental Protection and Engineering (EKO-DOK 2018). April 16–18, 2018. Polanica-Zdroj, Poland. E3S Web of Conferences. Vol. 44. 2018.
- SolidWorks | 3D CAD Design Software & PDM Systems. Dassault Systèmes — SolidWorks Corp. Web-source: solidworks.com. Access date: June 12, 2024.

ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

The economic efficiency of renewable energy power plants using the example of the LCOE indicator. Pp. 72–75.

Vasily A. Zubakin, Doctor of Economics, Head of the Department (Basic) of Renewable Energy Sources (RES); **Pavel A. Zhukov**, second-year undergraduate student of the Department (basic) of RES, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (Moscow city)

- Jenergeticheskaja strategija Rossijskoj Federatsii na period do 2035 goda* [Energy Strategy of the Russian Federation until 2035]. *Minjenergo Rossii* [Ministry of Energy of the Russian Federation]. Web-source: minenergo.gov.ru. Access date: October 2, 2024. [In Russian]
- Metodicheskie rekomendatsii po raschetu jeffektov ot realizatsii meroprijatij po jenergosberezheniju i povysheniju jenergeticheskogo jeffektivnosti* [Methodological recommendations for calculating the effects of implementing energy saving and energy efficiency measures]. *Minstroj Rossii* [Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation]. Web-source: minstroyrf.ru. Access date: October 6, 2024. [In Russian]
- A.B. Chubais, V.A. Zubakin, A.E. Kopylov. *Razvitie VIje v Rossii: tekhnologii i jekonomika. Ucheb. posobie* [Development of renewable energy sources in Russia: Technologies and economics. A study guide]. Moscow. IG "Tochka" ["A dot" Publishing Group]. 2020. 464 p. [In Russian]
- Analiz sistemnykh jeffektov ot realizatsii programmy podderzhki vozobnovljaemoj jenergetiki DPM VIje 1.0* [Analysis of systemic effects from the implementation of the "Power Supply Agreements for Renewable Energy Sources 1.0" Renewable Energy Support Program]. *Assotsiatsija NP "Sovet Rynka"* ["Nonprofit Partnership Council for Organizing Efficient System of Trading at Wholesale and Retail Electricity and Capacity Market" Association ("NP Market Council" Association)]. Web-source: np-sr.ru. Access date: October 9, 2024. [In Russian]
- Rynok vozobnovljaemoj jenergetiki Rossii: tekushij status i perspektivy* [Russian renewable energy market: Current status and prospects]. *AARVje* [Russia Renewable Energy Development Association (RREDA)]. Web-source: rreda.ru. Access date: October 10, 2024. [In Russian]
- Razvitie konkurentsii na rynke jelektrojenergii v DFO* [Development of competition in the electricity market in the Far Eastern Federal District of Russia]. *Analiticheskij tsentr pri Pravitel'stve RF* [Analytical Center under the Government of the Russian Federation]. Web-source: ats.gov.ru. Access date: October 15, 2024. [In Russian]
- Otchet o funkcionirovanii EJeS Rossii v 2021 godu* [Report on the functioning of the "Unified Energy System of Russia" in 2021]. *AO "SO EJeS"* ["System Operator of the Unified Energy System of Russia", JSC ("SO UES", JSC)]. Web-source: so-ups.ru. Access date: October 15, 2024. [In Russian]
- Short W., Packey D.J., Holt Th. A manual for the economic evaluation of energy efficiency and renewable energy technologies. NREL; U.S. DoE; Midwest Research Institute. Golden, Colorado, U.S. Mart 1995. 120 p.





16+

Энерго
Эффективность
XXI ВЕК

XXIII

МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ. XXI ВЕК

АРХИТЕКТУРА | ИНЖЕНЕРИЯ | ЦИФРОВИЗАЦИЯ | ЭКОЛОГИЯ | САМОРЕГУЛИРОВАНИЕ



Отель «Cosmos
Saint-Petersburg
Pribaltiyskaya»



21 ноября
2024



Регистрация
на конгресс
ee21.ru

Организаторы



ЛОМКА®

НОПРИЗ
НАЦИОНАЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОЕКТОРОВ И ПРОЕКТИРОВЩИКОВ

НОСТРОЙ
НАЦИОНАЛЬНОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ СТРОИТЕЛЕЙ



Генеральные информационные
партнеры

Строительный
ЕЖЕНЕДЕЛЬНИК

ASNINFO.RU
Агентство строительных новостей

Стратегический информационный
партнер

С.О.К.

СКОМПЛЕКТУЕМ
ЛЮБОЙ ОБЪЕКТ

ПРОГРАММА ЛОЯЛЬНОСТИ
ДЛЯ КЛИЕНТОВ

Особые условия и скидки в личном кабинете

Начисление бонусов с каждой покупки

Оплата товаров бонусами

БОЛЕЕ 24 500 SKU
В НАЛИЧИИ НА СКЛАДЕ



БЕСПЛАТНАЯ ДОСТАВКА
ПО ВСЕЙ РОССИИ



56 ФИЛИАЛОВ
В 37 ГОРОДАХ

16 ЛЕТ
НА РЫНКЕ

150+
ПАРТНЕРОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОНТАЖ, СЕРВИС,
ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ



АРЕНДА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ИНСТРУМЕНТА

