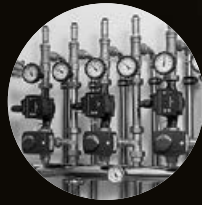




14

История  
«справочника  
Хютте»



28

Проект:  
«Золотая»  
котельная



52

Вентиляция  
на химических  
производствах



56

Энерго-  
эффективность  
в России

# №1

## ПО БИМЕТАЛЛУ В МИРЕ



с 2002 г.



# 100 000 000 СЕКЦИЙ

26-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА  
бытового и промышленного оборудования для отопления,  
водоснабжения, инженерно-сантехнических систем, вентиляции,  
кондиционирования, бассейнов, саун и спа

# aqua THERM MOSCOW

15–18 февраля 2022  
Крокус Экспо, Москва

Забронируйте стенд  
[aquatherm-moscow.ru](http://aquatherm-moscow.ru)

Developed by



Организаторы



Специализированные разделы

WORLD OF  
WATER & SPA





На правах рекламы

# DELUXE S



Устойчивый к коррозии



Бесшумный



Выносной пульт управления



Высокий КПД



NAVIEN – качественное оборудование из Кореи по разумной цене

[navien.ru](http://navien.ru)



### [Очистка воды для питьевых нужд](#)

В предлагаемой статье автором рассмотрены основные способы очистки воды для питьевых и бытовых нужд. В качестве источника водоснабжения специалистом рассматриваются хозяйственные питьевые централизованные и децентрализованные сети водоснабжения. Автор даёт рекомендации по подбору водоочистного оборудования и материалов.

18



### [Обогреваем ферму светлыми излучателями](#)

В статье проведён расчёт теплового баланса здания и необходимой мощности излучателей для каждой зоны здания с учётом нужной температуры. Определён КПД, который будет обеспечивать удовлетворительную работу излучателей. Получен вывод, что типовое водяное отопление радиаторами неэффективно и предложено альтернативное решение.

34



### [Оценка доли негодных теплосчётчиков и комплектующих](#)

Проведён метрологический анализ негодных теплосчётчиков по средневзвешенным долям их комплектующих элементов (тепловычислителей, преобразователей расхода, температуры и давления) по результатам периодической поверки комплектующих за 12 лет наблюдений. Представлена методика оценки.

42



### [Вентиляция на химических производствах: требования, особенности, решения](#)

Вентиляционные системы на химических предприятиях существенно отличаются от аналогичных решений для других зданий. К таким проектам предъявляется больше требований, а ответственность за результат выше — оборудование на таких объектах напрямую влияет на здоровье и жизнь сотрудников...

52



### [Энергоэффективность в России: завтра нас ждёт... позавчера](#)

Данный материал — ответ на материал С. Щеглова «[Энергоэффективность в России: что нас ждёт завтра?](#)», которую автор предлагаемой статьи поддерживает по части озабоченности коллеги критическим положением с энергоэффективностью зданий в нашей стране. И раскрывает суть тревожного заголовка...

56



### [Самодренируемые гелиоустановки: защита от гидроударов](#)

Статья о совершенствовании водяных систем солнечного теплоснабжения в странах с отрицательными температурами воздуха зимой и высокими положительными летом — о применении в них самодренируемых гелиоустановок с опорожнением солнечных коллекторов при остановке циркуляционных насосов.

46

## Новости

4

## События

[XVIII Международная научно-практическая конференция «Возобновляемая и малая энергетика — 2021»](#)

8

## Сантехника и водоснабжение

[Увеличение энергоэффективности и надёжности насосного оборудования](#)

10

[«Машина времени» Хютте, или Невероятная история немецкого справочника из царской России](#)

14

[Очистка воды для питьевых нужд](#)

18

[Почему в Китае плохо пахнет? Недостатки китайских канализационных систем](#)

22

[Определение физического износа систем водоснабжения зданий 1990-х годов постройки](#)

25

## Отопление и ГВС

[«Золотая» котельная](#)

28

[Некоторые решения для индивидуального учёта в системах отопления и водоснабжения МКД](#)

32

[Обогрев животноводческой фермы светлыми излучателями](#)

34

[Распределение локальной асимметрии результирующей температуры по помещению](#)

37

[Оценка доли негодных теплосчётчиков и комплектующих по результатам поверки](#)

42

[Самодренлируемые гелиоустановки: защита от гидравлических ударов](#)

46

## Кондиционирование и вентиляция

[Вентиляция на химических производствах: требования, особенности, решения](#)

52

[Climate World Expo 2022. Новая реальность — новый формат](#)

55

## Энергосбережение и ВИЭ

[В отношении энергоэффективности зданий в России: завтра нас ждёт позавчера](#)

56

[Использование ГИС-технологий при проектировании ВДЭС в северных условиях](#)

66

[Моделирование и исследование в COMSOL Multiphysics коррозионного процесса арматуры железобетонных фундаментов малых ВЭУ](#)

72

## References

78

## Одной строкой

:: ГК «Росатом» сообщила, что с момента начала эксплуатации своего первого ветропарка поставила в единую сеть России 1 млн МВт-ч электроэнергии, выработанной на основе ветра.

:: По данным независимого консалтингового агентства QY Research, группа компаний «Специальные системы и технологии» (ГК «ССТ») входит в ТОП-5 мировых производителей гофрированных труб из нержавеющей стали, занимая 7% мирового рынка.



:: В октябре со склада компании «БДР Термия Рус» был отгружен рекордный 3000-й конденсационный котёл BAXI с начала года. В этом году 3000-й котёл отгружен на два месяца раньше, чем в 2020-м.

:: Компания Xylem представляет новое приложение MY eSocis, которое не только поможет правильно установить и ввести в эксплуатацию насос, удалённо следить за его состоянием и управлять параметрами, но и даёт возможность получить расширенную пятилетнюю гарантию на циркуляционные насосы eSocis.



:: 20 сентября 2021 года на липецком заводе Viessmann выпустили 1000-й котёл серии Vitomax. Предприятие может по праву гордиться: эта цифра была достигнута всего за четыре года работы.

:: Датская компания Vestas планирует произвести революцию в ветряной промышленности Дании. Её новый проект — самая большая морская ветротурбина в мире. Этот гигант мощностью 15 МВт будет иметь 280 м в высоту и размах лопастей 115,5 м.

:: Шведская энергетическая компания Vattenfall обязуется немедленно запретить захоронение лопастей ветряных турбин и поддерживает Vestas (член РАВИ) и Siemens Gamesa (член РАВИ) в стремлении достичь полной переработки лопастей к 2030 году.

## BAXI

### Новинка: стабилизаторы BAXI Energy 1000 и 1500



ООО «БДР Термия Рус» объявила о начале продаж двух новых стабилизаторов напряжения BAXI Energy 1000 и 1500. Стабилизаторы BAXI Energy 1000 и 1500 мощностью 1000 и 1500 ВА соответственно дополняют модельный ряд продуктов BAXI. Новые стабилизаторы оснащены не только светодиодной индикацией, но и имеют на передней панели ЖК-дисплей с подсветкой. На экране отображаются входное и выходное напряжение, уровень нагрузки на прибор, текстовые сообщения о перегрузке или перегреве стабилизатора, мощность подключённых устройств. Стабилизаторы BAXI Energy защищают котлы

от большинства проблем, связанных с электричеством: пониженное или повышенное входное напряжение, высоковольтные выбросы, гармонические искажения и прочие электрические помехи. Установка такого стабилизатора вместе с котлом BAXI защищает оборудование от возможных поломок и позволяет продлить гарантийный срок на котлы BAXI. Расширенная трёхлетняя гарантия распространяется на настенные и напольные газовые котлы торговой марки BAXI мощностью до 100 кВт при условии установки котла со стабилизатором BAXI.



## Danfoss

### Vacon 1000 – новые преобразователи частоты среднего напряжения

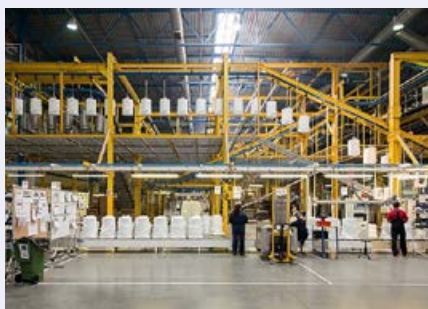


В сегменте среднего напряжения компания «Данфосс» представлена преобразователями частоты VedaDrive собственной разработки с 2016 года. За прошедшее время было реализовано множество проектов с их применением. Теперь портфель технических решений

«Данфосс» для управления синхронными и асинхронными двигателями дополнится преобразователем частоты Vacon 1000.

Vacon 1000 выпускается с диапазоном напряжений от 2,4 до 11 кВ и мощностью до 13 тыс. кВт. Эта модель подойдёт для двигателей среднего напряжения общего назначения, применяемых во всех отраслях промышленности, в энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве.

Новая модель достаточно компактна: в классе многоуровневых средневольтовых преобразователей частоты у Vacon 1000 наименьшая площадь основания. Его можно устанавливать вплотную к стене — это не мешает эксплуатации и обслуживанию. За счёт этих особенностей новый преобразователь частоты Vacon 1000 легко монтировать даже в самых тесных условиях, он быстро вводится в эксплуатацию, а его модульная конструкция обеспечивает простое и удобное техническое обслуживание.



Ariston Group

## Новый этап: Ariston Group проводит ребрендинг

Компания Ariston Thermo Group, производитель отопительного и водонагревательного оборудования, сменила своё название и проводит ребрендинг. Решение об изменении названия является следствием развития стратегической и коммуникационной политики компании, адаптирующейся к современным тенденциям и вызовам. С 1 октября 2021 года компания стала называться Ariston Group. Лаконичное и более конкретное название позволит отразить текущие ценности и направление развития Группы.

Все торговые марки и вся продукция сохраняются за компанией. Процесс перехода будет происходить плавно и с учётом всех юридических особенностей каждой конкретной страны. Названия всех юридических лиц, работающих на российских рынках, будут постепенно изменены, чтобы отразить эволюцию названия Группы.

Giacomini

## Расширение серии комбинированных балансировочных клапанов R206A-1



Несмотря на то, что балансировочные клапаны Giacomini R206A-1 — автоматические регуляторы расхода — заявлены как компактная и экономичная модель для массового применения и выпускаются в размерах Ду15, Ду20 и Ду25, компания получала от клиентов множество заявок на расширение размерного ряда. В связи с этим принято принципиальное решение о расширении серии до размера Ду50 и о создании линейки клапанов с увеличенным значением расхода.



Reflex

## Reflex Solutions Pro – новая программа для проектирования

Reflex Solutions Pro позволяет легко и быстро интегрировать оборудование Reflex и Sinus в свой проект. Предусмотрено всё — от поддержания давления и дегазации, сепарации и подпитки до теплообменников, буферных накопителей и оборудования Sinus. После ввода нескольких параметров системы пользователь получает индивидуальное решение со всей необходимой документацией. Преимущества: простой и понятный интерфейс; весь ассортимент товаров в одной программе; новая функция хранения проектов позволяет создать собственную базу проектов; подробная документация, данные о товаре, включая данные BIM; всё оборудование в одном файле; проектирование с использованием стандартных решений Reflex; бесплатно; линейка продуктов для конкретных стран интегрирована для глобального планирования проектов.

### Одной строкой

:: В ходе 26-й Конференции ООН по изменению климата (COP26) более 450 финансовых компаний из 45 стран мира стали участниками новой инициативы. Инициатива направлена на защиту климата и получила название «Финансовый альянс Глазго за углеродную нейтральность» (GFANZ). Участниками новой инициативы стали банки, страховые, аудиторские компании, пенсионные фонды, рейтинговые агентства и фондовые биржи. Их совокупные активы составляют \$ 130 трлн.



:: Компания Schneider Electric локализовала производство серии логических контроллеров Modicon M172. Производство оборудования будет осуществляться на площадке завода «Шнейдер Электр-ик ЭлектроМоноблок» в городе Коммунар Ленинградской области.

:: Китайский производитель солнечных модулей Sunman выпустил на рынок новую серию панелей с выходной мощностью до 430 Вт. Фотоэлектрический модуль eArc SMF430F доступен в двух версиях с номинальной мощностью 425 и 430 Вт и эффективностью преобразования солнечного света 19,0 и 19,3%.



:: Японский производитель электроники Sharp представил фотоэлектрический модуль NU-JD540, обладающий КПД 20,9% и выходной мощностью 540 Вт. В его основе лежат 144 половинчатых PERC-элемента, соединённых десятью шинпроводами. Для изготовления фотоячеек используются 182-мм пластины монокристаллического кремния стандарта M10.

:: Китайская компания Risen Energy представила на выставке Intersolar, проходящей в Мюнхене, свою самую мощную панель NewT@N. В её основе лежат 132 многолинейных половинчатых фотоэлемента n-типа, изготовленных из 210-миллиметровых пластин монокристаллического кремния.

### Одной строкой

:: Команда учёных Российского государственного университета (РГУ) нефти и газа им. И.М. Губкина совместно с коллегами разработала биокомпозитный материал для очистки сточных вод от нитрит-, нитрат- и фосфат-ионов. Он состоит из полимерной матрицы, наполнителя и иммобилизованных углеводород-окисляющих бактерий. Материал позволяет снизить содержание загрязняющих веществ на 81–99% до уровня ниже предельно допустимой концентрации для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного назначения.



:: Этой осенью агентство «ТЭК-Рейтинг» вновь проводило опрос крупнейших нефтегазоперерабатывающих предприятий с целью выявления лучших производителей оборудования для технической модернизации нефтегазового комплекса России. Компания KSB вновь получила максимальные оценки от российских нефтегазовых компаний в группе «Насосно-компрессорное оборудование».



:: Доклад британского консалтингового агентства BSRIA о рыночных тенденциях на ключевых рынках кондиционирования воздуха во всём мире показывает, что 2021 год стал годом восстановления и роста отрасли.

:: Китайский производитель фотэлектрических модулей JinkoSolar Holding Co. заявил, что совершил технический прорыв в разработке монокристаллических кремниевых элементов p-типа, добившись мирового рекорда максимальной эффективности преобразования солнечного света в 25,4%.

### Danfoss

## ECL4 Control – новое поколение контроллеров для эффективного управления теплом



«Данфосс» выпустил новую модель электронных регуляторов температуры — конфигурируемые контроллеры ECL4 Control. Их отличительные особенности — понятный графический интерфейс, разнообразие настраиваемых параметров, опций и конфигурации работы в пределах двух контуров. Базовая модель управляет отоплением и ГВС или двумя контурами отопления. В PLUS-версиях есть дополнительные входы и выходы.

ECL4 Control настраивается в специальном приложении в веб-браузере. Для этого контроллер нужно подключить через Ethernet или USB к компьютеру. Здесь можно задать конфигурацию оборудования и набор функций, перенести скопированные с другого аналогичного контроллера настройки, посмотреть графические схемы теплового пункта и подключений, а также выгрузить их в PDF. В интерфейсе самого контроллера можно посмотреть и настроить основные технологические параметры.

Помимо Ethernet и USB-портов он оснащён двумя портами RS-485. Один используется для присоединения дополнительного модуля входов-выходов, второй — для подключения ECL4 Control к системам диспетчеризации по протоколу Modbus RTU. По Ethernet его можно также подключить к BMS или к облачной системе Danfoss Cloud-Control, к которой он уже адаптирован.

### Dansk Solenergi ApS

## Цветная солнечная черепица для монтажа на крыши и фасады зданий



Датский стартап Dansk Solenergi ApS разработал солнечные панели с выходной мощностью 175 Вт, переназначенные для использования в качестве кровли зданий. Каждый модуль, обладающий эффективностью 14,2%, состоит из 72 монокристаллических фотоэлементов размером 125 × 125 мм. Солнечная черепица представлена плитками размером 1610 × 810 × 6 мм при весе 13,6 кг. Напряжение холостого хода моделей составляет 44,1 В, а ток короткого замыкания — 5,3 А. Они рассчитаны на использование в системах с общим выходным напряжением до 1000 В. По защите от влаги и пыли продукт отвечает требованиям класса IP65. С повышением температуры на каждый градус от стандартной производительность фотопанелей снижается только на 0,34%. Производитель даёт 12 лет



гарантии на сохранение работоспособности модулей и 25 лет — на отсутствие критичного снижения мощности.

Для окрашивания солнечных модулей компания применяет запатентованную технологию, которая может быть развёрнута на любой производственной линии.



Источник: Nikoлай Клеев.



Иновации

## Новая технология для систем централизованного охлаждения

Новое изобретение, улучшающее энергоэффективность систем централизованного охлаждения (DCS), продемонстрировало, что при его внедрении можно повысить удельную энергетическую мощность до трёх раз по сравнению с обычной системой хранения охлаждённой воды и дать ежегодную экономию средств более 10%.

Испытание, завершившееся в конце лета 2021 года, проводилось на одной из мощных установок центрального охлаждения Keppel Infrastructure (KI) в Сингапуре, расположенном в бизнес-парке Changi. В этом техническом решении для хранения тепловой энергии (TES) используется новый материал с изменением фазового состояния (PCM), который может сохранять и высвобождать энергию охлаждения при переходе из жидкого в твёрдое состояние. Сохранённая энергия холода постепенно высвобождается в установке централизованного охлаждения, чтобы смягчить пиковую нагрузку на охлаждение в коммерческих зданиях. Такая TES была совместно разработана специалистами Национального университета Сингапура (NUS) и дочерней компании KI — Keppel DHCS Pte, Ltd (KDHCS).



## В октябре европейский ПВХ подорожал для стран СНГ на € 60 за тонну

Стартовали переговоры относительно цен европейского поливинилхлорида (ПВХ) для поставок в октябре на рынки стран СНГ. Под давлением роста цены этилена и стоимости электроэнергии в регионе европейские производители подняли свои экспортные цены на октябрь на €60 за тонну, а в единичных случаях отмечается даже рост на €90 за тонну. Октябрьская контрактная цена этилена была согласована на €25 за тонну выше предыдущего месяца, что теоретически позволяет говорить о росте себестоимости производства ПВХ на €12,5 за тонну в сравнении с сентябрём. Но в последнее время серьёзно подорожала электроэнергия, что также сказывается на себестоимости производства полимера. Поэтому в условиях серьёзного дефицита смолы в регионе и роста стоимости производства в октябре европейские производители пошли на повышение экспортных цен на €60 за тонну и более.

Одной строкой

:: Минстроем России подготовлены новые редакции основополагающих для отрасли сводов правил по инженерным сетям. В текущем году специалистами с участием профессионального сообщества разработаны и пересмотрены: СП 253.1325800.2016 «Инженерные системы высотных зданий»; СП «Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения»; СП 124.1333 (СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети»); СП 62.13330.2011 (СНиП 41-01-2002 «Газораспределительные системы»); СП 32.13330.2018 (СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения»); СП 31.13330.2012 (СНиП 2.04.02-84\* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»).



:: Стратегия низкоуглеродного развития России до 2050 года, утверждённая Правительством РФ 29 октября 2021 года, предусматривает меры по стимулированию оснащения зданий тепловыми насосами наряду с другими установками, использующими и производящими возобновляемую энергию (солнечными коллекторами, фотоэлектрическими панелями, утилизаторами теплоты сточных вод, измельчителями пищевых отходов для переработки их в биогаз и другими).



:: Лидеры G20 договорились отказаться к концу 2021 года от финансирования строительства новых угольных электростанций за рубежом. Лидеры G20 также обязались сотрудничать по распространению технологий с низким уровнем выброса парниковых газов, в том числе в сфере биоэнергетики, чтобы обеспечить энергетический переход.

:: Министерство природных ресурсов и экологии РФ в начале 2022 года утвердит новую методику оценки уровня загрязнённости атмосферного воздуха. Её применение позволит определить города, которые могут стать новыми участниками федерального проекта «Чистый воздух», и ввести систему квотирования выбросов в атмосферу. Об этом сообщил руководитель проектного офиса Максим Корольков на полях IV Сибирского экологического форума в Новокузнецке.

Tesla

## Бюджетный электромобиль Tesla без руля и педалей появится в 2023 году

Год назад, выступая на мероприятии Battery Day («День аккумулятора»), Илон Маск пообещал выпустить бюджетный электрокар не дороже \$25 тыс. В обращении к сотрудникам компании глава Tesla подтвердил эти планы, указав ориентировочную дату и упомянул, что новая модель станет изначально полностью автономной, так что ей не понадобится ни руль, ни педали.

Электромобиль Tesla за \$25 тыс. называют также Tesla Model 2. По слухам, им может быть хэтчбек, который компания планирует выпускать на фабрике в Шанхае и экспортировать по всему миру. В прошлом году Tesla



объявила о планах по созданию в КНР нового инженерного центра, который займётся разработкой электрокара «в китайском стиле». Подбор сотрудников центра уже начался, как сообщает Electrek.

Теперь Илон Маск подтвердил, что планы по производству удешевлённой модели Tesla всё ещё в силе. Информированные источники рассказали, что глава компании рассчитывает начать выпуск электромобиля за \$25 тыс. в 2023 году.

Источник: «Фототехника».



К содвержанию

## XVIII Между- народная научно- практическая конференция «Возобновляе- мая и малая энергетика 2021»

В период с 21 по 22 октября 2021 года в [Национальном исследовательском университете «МЭИ»](#) при информационной поддержке [журнала СОК](#) прошла XVIII Международная конференция «Возобновляемая и малая энергетика — 2021. Энергосбережение. Автономные системы энергоснабжения стационарных и подвижных объектов» («ВИЭИМЭ-2021»).

По материалам Комитета ВИЭ РосСНИО и кафедры ГВИЭ [НИУ «МЭИ»](#) (пресс-релиз от 25.10.2021).



На конференции рассматривались актуальные вопросы использования возобновляемых источников энергии, новые достижения и разработки в области распределённой энергетики в России и мире, опыт проектирования, строительства и эксплуатации энергетических объектов на основе ВИЭ. Тематика конференции

конференция была организована Комитетом по проблемам использования возобновляемых источников энергии [Российского союза научных и инженерных объединений](#) (Комитет ВИЭ [РосСНИО](#)), секцией «Энергетика» [Российской инженерной академии \(РИА\)](#), [Институтом гидроэнергетики и возобновляемых источни-](#)



включала: солнечную энергетику, ветровую энергетику, малую гидроэнергетику, геотермальную энергетику и тепловые насосы, биоэнергетику, водородную энергетику, стационарные и подвижные энергоустановки и оборудование, в том числе для воздушного и наземного транспорта, распределённую энергетику, энергоснабжение автономных потребителей энергии на основе ВИЭ и различных накопителей энергии, управление энергосистемами с использованием ВИЭ.

[ков энергии](#) (ИГВИЭ) и кафедрой «Электротехнические комплексы автономных объектов и электрического транспорта» (ЭКАО и ЭТ) [Московского энергетического института \(НИУ «МЭИ»\)](#), [Национальным исследовательским комитетом С6 «Активные системы распределения электроэнергии и распределённые энергоресурсы»](#) Российского национального комитета Международного совета по большим системам высокого напряжения CIGRE ([НИК С6 РНК СИГРЭ](#)) и [НИЦ «Виндэк»](#).





С приветственным словом к участникам конференции «ВИЭиМЭ-2021» от имени оргкомитета конференции обратились:

□ **Павел Павлович Безруких** — профессор кафедры гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии НИУ «МЭИ», д.т.н., председатель Комитета ВИЭ РосСНИО, академик Российской инженерной академии (РИА).

□ **Владимир Николаевич Замолодчиков**, первый проректор НИУ «МЭИ» по вопросам учебной работы, к.т.н., доцент.

□ **Татьяна Александровна Шестопалова**, директор Института гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии НИУ «МЭИ», завкафедрой гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии (ГВИЭ) НИУ «МЭИ», к.т.н., доцент.

□ **Сергей Владимирович Грибков**, старший научный сотрудник Центрального аэрогидродинамического института имени профессора Н.Е. Жуковского (ЦАГИ), генеральный директор НИЦ «Виндэк», к.т.н., учёный секретарь Комитета ВИЭ РосСНИО, академик Российской инженерной академии (РИА).

XVIII Международная конференция «ВиМЭ-2021» была приурочена к [85-летию её основателя, сопредседателя программного комитета конференции, профессора НИУ «МЭИ» — Павла Павловича Безруких](#). Участники поздравили П. П. Безруких с юбилеем, пожелали ему крепкого здоровья, благополучия и множества новых творческих успехов.

На конференции было заслушано 59 докладов по актуальным проблемам ВИЭ, из них: 8 по общим вопросам; 14 по ветроэнергетике; 11 по солнечной фотоэлектрической и три по солнечной тепловой; два по энергоэффективности и общим вопросам энергетики; три по малой гидроэнергетике; пять по биоэнергетике; два по геотермальной энергетике; два по водородной энергетике; 9 по энергетике автономных объектов и накопителям энергии.



Конференция проводилась в очно-дистанционном формате в [НИУ «МЭИ»](#) в аудитории Г-300 им. П.С. Непорожного с использованием сервиса видеоконференций Zoom. Было заслушано 35 очных и 24 заочных онлайн-докладов. Среди выступавших — 50 специалистов в области ВИЭ и девять аспирантов и магистрантов.

Среди участников конференции были докладчики из различных городов Российской Федерации: Москвы, Санкт-Петербурга, Уфы, Екатеринбурга, Ижевска. В конференции приняли участие также докладчики из Узбекистана, Англии, Вьетнама, Египта и Китая.

Все доклады, представленные на конференции, вызвали глубокий интерес у участников и большое количество вопросов, обращённых к выступающим.

Представленные доклады, после прохождения процесса рецензирования, будут опубликованы в журналах [СОК](#) («Сантехника. Отопление. Кондиционирование. Энергосбережение. Возобновляемая энергетика») и [«Новое в российской электроэнергетике»](#), входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ (Список научных журналов ВАК), а также в электронном журнале [Научно-исследовательской лаборатории ВИЭ \(НИЛ ВИЭ\) МГУ им. М. В. Ломоносова](#).

Участники конференции также познакомились с лабораториями кафедры Института гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии [НИУ «МЭИ»](#). Им была продемонстрирована работа ветро-солнечного оборудования, работающего совместно с дизель-генератором, и возможность работы возобновляемых источников энергии на сеть.

**XIX Международная конференция «Возобновляемая и малая энергетика — 2022»** пройдёт в октябре 2022 года. ●





## Увеличение энергоэффективности и надёжности насосного оборудования

Последние несколько лет уверенно демонстрируют, что у специалистов коренным образом изменился подход к выбору насосного оборудования. Основными критериями выбора становятся энергетическая эффективность, надёжность и минимальные затраты на техническое обслуживание. На первое же место выходит критерий совокупной стоимости владения или стоимости жизненного цикла оборудования, в котором расходы на приобретение насоса зачастую являются минимальной статьёй затрат.

**Автор:** А.В. КОСТЮК, к.ф.-м.н., заместитель директора — генеральный конструктор, Головной научно-технический центр (ГНТЦ), Филиал АО «ГМС Ливгидромаш» в г. Москва

Энергетическая эффективность и надёжность работы насоса зависят от положения его рабочей точки на кривой характеристики системы относительно допускаемого рабочего диапазона. При выходе рабочей точки за пределы рабочего диапазона насос работает неэффективно и с низкой надёжностью. Снижение коэффициента полезного действия насоса при выходе рабочей точки за указанные пределы (рис. 1) является достаточно очевидным, и, имея на руках диаграмму с характеристикой КПД, пользователь всегда может оценить эффективность работы насоса в зависимости от положения его рабочей точки.

При этом зависимость надёжности насоса от режима его работы уже не является столь же очевидной и понятной для пользователей. График на рис. 2 показывает, как зависит надёжность насоса от положения рабочей точки относительно рабочего диапазона.

Работа насоса за пределами рабочего диапазона приводит к неблагоприятным для него последствиям:

1. Значительному повышению температуры насоса.
2. Снижению ресурса работы подшипников и уплотнений из-за возникающей

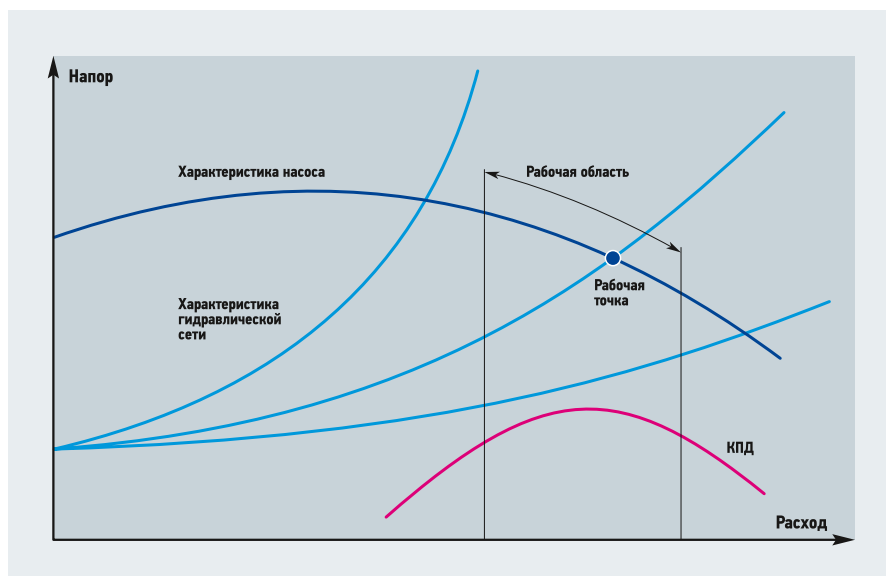
вибрации как следствие возникновения кавитации в проточной части насоса или рециркуляции потока перекачиваемой среды на входе и выходе рабочего колеса, а также увеличения радиальных сил, действующих на ротор.

3. Снижению ресурса работы подшипников и уплотнений из-за вибрации, вызываемой отрывом потока перекачиваемой среды в проточной части насоса.

4. Кавитации и перегрузке приводного электродвигателя.

### Энергоэффективность и надёжность работы насоса зависят от положения его рабочей точки на кривой характеристике системы относительно допускаемого рабочего диапазона

Во всех рассуждениях о надёжности и эффективности насосных систем ключевым является понятие рабочей точки насоса и её положения. Необходимо помнить, что рабочая точка является пересечением характеристик самого агрегата и гидравлической системы — элементов, определяющих работу друг друга.



:: Рис. 1. Зависимость эффективности центробежного насоса от положения рабочей точки

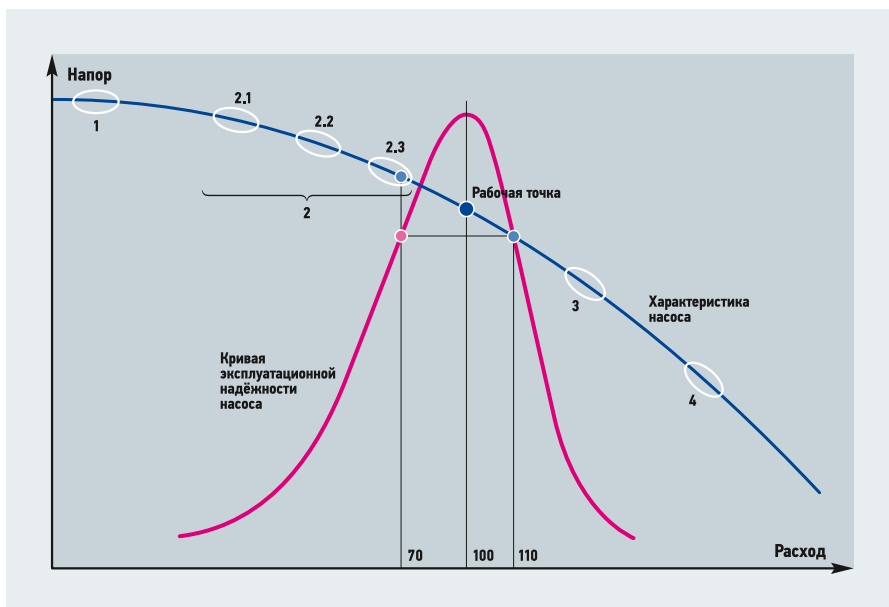


Рис. 2. График зависимости надёжности насоса от положения рабочей точки

Именно системный подход в решении задачи повышения энергоэффективности насосных систем наиболее прогрессивен, что и определяет основные условия их энергоэффективной эксплуатации:

1. Высокая эффективность насосов и электродвигателей и других элементов системы.
2. Согласованная работа насоса и гидравлической системы:
  - а) подбор насоса на требуемые параметры предельно близко к точке максимального КПД;
  - б) характеристики насоса регулируются в зависимости от изменяющихся условий и характеристик гидравлической системы или профиля нагрузки, при этом рабочая точка всегда находится в пределах рабочего диапазона насоса.

Задача производства такого насосного оборудования, с высокой энергоэффективностью и надёжностью, успешно решается и на АО «ГМС Ливгидромаш» (входит в Группу «ГМС»). Это ведущий производитель насосного оборудования для различных отраслей промышленности (в том числе для водоснабжения и водоотведения) с полным производственным циклом, включающим проектирование, литьё, механическую обработку и испытания насосов в реальных условиях эксплуатации.

При создании нового насосного оборудования АО «ГМС Ливгидромаш» успешно реализует приведённые выше подходы. За последние несколько лет предприятием освоено производство новых линеек насосного оборудования.

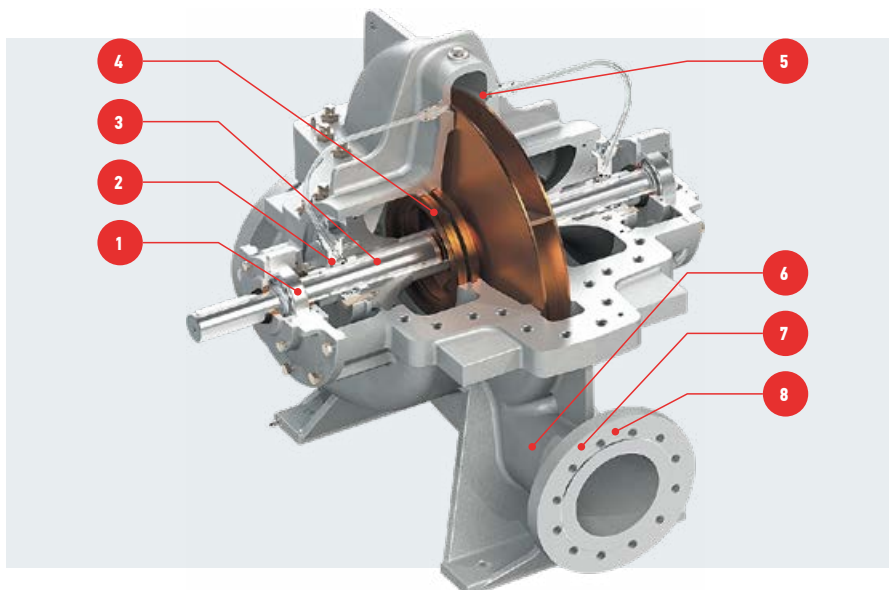


Рис. 3. Основные преимущества насосов DeLium (1 — усиленные подшипники с уменьшенным расстоянием между ними; 2 — сальниковое уплотнение/одинарное или двойное торцовое уплотнение; 3 — вал полностью изолирован от перекачиваемой среды; 4 — сменные кольца щелевых уплотнений; 5 — новая высокоэффективная гидравлика; 6 — двухзавитковая спираль; 7 — патрубки «в линию»; 8 — фланцы по DIN/ANSI/ISO)

### Насосы двустороннего входа DeLium («ДеЛиум»)

АО «ГМС Ливгидромаш» производит насосы двустороннего входа (тип Д) с 1953 года. За это время предприятием накоплен огромный опыт проектирования и производства насосов данного типа.

Новая линейка насосов двустороннего входа, получившая название DeLium, включает более 70 типоразмеров, что позволяет подобрать агрегат на любые параметры и наиболее близко к точке максимального КПД. Линейка DeLium отличается впечатляющими максимальными характеристиками:

- производительность до 12 тыс. м<sup>3</sup>/ч;
- напор до 250 м;
- рабочее давление до 25 бар.

### Новая линейка насосов двустороннего входа DeLium соответствует максимальным требованиям по энергетической эффективности, определяемым европейскими стандартами

Насосы данной серии соответствуют максимальным требованиям по энергоэффективности, определяемым европейскими стандартами. При их проектировании учитывались требования к форме напорных характеристик, которые позволяют применять такие насосы для параллельной работы и работы с регуляторами частоты вращения. При разработке также активно использовались современные методы компьютерного моделирования, позволяющие получить оптимальные параметры оборудования.

В конструкцию насосов рассматриваемой линейки были заложены решения, которые значительно расширили область их применения: от систем водоснабжения до перекачивания нефтепродуктов и химически активных жидкостей. Основные преимущества насосов DeLium указаны на рис. 3.

В рамках проекта освоения насосов DeLium была проведена масштабная реконструкция на АО «ГМС Ливгидромаш», включая литейное производство, участки механической обработки и испытательные стенды.

Насосы DeLium успешно эксплуатируются на водоканалах Санкт-Петербурга, Оренбурга, Воронежа и многих других городов и населённых пунктов, а также успешно поставляются на экспорт в Европу (в том числе в Германию и Италию) и в страны Ближнего Востока и Северной Африки.

### Насосы **Kordis** («Кордис»)

Новая линейка консольных и консольно-моноблочных насосов **Kordis** включает в себя более 50 типоразмеров с производительностью до 2000 м<sup>3</sup>/ч, напором до 100 м и рабочим давлением до 16 бар. Эти агрегаты соответствуют требованиям ТР/ТС 048 «О требованиях к энергетической эффективности энергопотребляющих устройств» и ГОСТ 33970-2016 (EN 16480:2016) и имеют значение индекса энергоэффективности MEI > 0,7, что является максимальным значением для оборудования такого типа.

Насосы **Kordis** (рис. 4) имеют три конструктивных исполнения — консольное, консольно-моноблочное и исполнение с патрубками «в линию» (inline). Агрегаты в моноблочном исполнении и с патрубками «в линию» имеют встроенный подшипник, который позволяет применять для их привода стандартные серийные электродвигатели, широко доступные на отечественном рынке.



:: Рис. 4. Насос **Kordis** серии KRL в моноблочном исполнении в разрезе



:: Рис. 5. Автоматическая установка повышения давления **APD**

### Вертикальные многоступенчатые насосы **Boosta** и автоматические установки повышения давления **APD** на их основе

Установки повышения давления широко применяются в системах централизованного холодного и горячего водоснабжения, а также кондиционирования воздуха. Установка обычно включает от одного до шести насосов. Производительность насосной установки регулируется при помощи подключения или отключения необходимого количества насосов и частотного регулирования скорости их вращения.

В установках серии **APD** реализован каскадно-частотный способ регулирования, когда параметры установки регулируются за счёт включения и отключения необходимого количества насосов, а также частотного регулирования каждого из них. Таким образом обеспечивается эффективная работа установки при значительных колебаниях профиля нагрузки. В настоящее время предприятием **АО «Ливны-насос»** (входит в **Группу «ГМС»**) освоено производство насосных установок **APD** с максимальной производительностью до 600 м<sup>3</sup>/ч и напором до 150 м. Установки

комплекуются станциями управления с установленными частотными приводами для каждого насоса (рис. 5).

### Аудит насосных систем

Основные проблемы с эффективностью насосного оборудования связаны с гидравлическими системами, которые находятся в эксплуатации длительное время. Типичными причинами низкой эффективности являются: неверный подбор насосов и их переразмеривание, применение неэффективных способов регулирования (в том числе дроссельного), изменившиеся за время эксплуатации характеристики трубопроводной системы и объёмы водопотребления, изменившиеся характеристики трубопроводных сетей (коррозия, отложения на стенках труб), износ самих насосов.

Исходя из этого, при модернизации таких гидравлических систем необходим аудит насосной системы с целью определения требуемых параметров насосов. Такой аудит включает в себя проведение обследования оборудования и подготовку отчёта с расчётом окупаемости различных вариантов модернизации.

**Основные проблемы с эффективностью насосного оборудования связаны с гидравлическими системами, находящимися в эксплуатации длительное время. Типичными причинами низкой эффективности являются: неверный подбор насосов и их переразмеривание, применение неэффективных способов регулирования, изменившиеся за время эксплуатации характеристики трубопроводной системы и объёмы водопотребления, изменившиеся характеристики трубопроводных сетей (коррозия, отложения на стенках труб), износ самих насосов**

При обсуждении подобных программ модернизации насосного оборудования на объектах заказчика **АО «ГМС Ливгидромаш»**, выступая в качестве поставщика комплексных решений для систем водоснабжения и водоотведения, включая производство современного энергоэффективного насосного оборудования и систем управления, также предлагает заказчику полный перечень услуг по проведению предварительного комплексного энергоаудита насосов, насосных систем и насосных станций на их объектах. ●

# Часть жизни

Баланс.  
Двойное решение.

## НОВИНКА

### R206C-1

Регулятор дифференциального давления компактный



## НОВИНКА

### R206A-1

Динамический регулятор расхода



**ОТ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДО ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ.  
РЕШЕНИЯ GIACOMINI ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОГО КОМФОРТА**

Компания Giacomini представляет автоматический балансирующий клапан R206C — регулятор перепада давления с двумя рабочими диапазонами регулирования. Устройство переключения на клапане позволяет выбрать низкий (5–30 кПа) или высокий (25–60 кПа) диапазон. Применение автоматического балансирующего клапана с двойным регулированием облегчает работу проектировщиков, монтажников, упрощает подбор оборудования и обеспечивает высокую точность регулирования в широчайшем диапазоне перепада давления. Автоматический балансирующий клапан R206C является частью широкого спектра решений Giacomini для гидравлической балансировки инженерных систем.

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.*

## «Машина времени» Хютте, или Неве- роятная история немецкого спра- вочника из цар- ской России

«*Всё познаётся в сравне-  
нии*» — автором этой знако-  
мой многим фразы считается  
немецкий мыслитель и фило-  
соф Фридрих Вильгельм  
Ницше (1844–1900). Он жил  
и работал в период, когда  
его соотечественники совер-  
шили прорыв в научной  
публицистике. Именно тогда  
в Германии был составлен  
и напечатан «Справочник  
Хютте» (*Hütte* в переводе  
с немецкого языка  
«хижина») — уникальное  
руководство для инжене-  
ров, архитекторов, механиков  
и студентов.

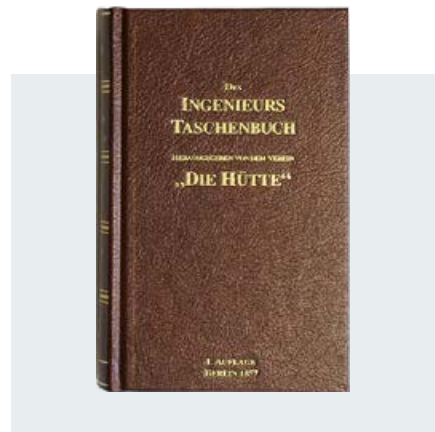
Автор: Анар ГАСИМОВ, обозреватель  
компании [Profactor Armaturen GmbH](#)

Вряд ли Ницше пользовался упомянутым во вступлении справочником, но слова философа стали пророческими для научного издания. «Хютте» дополняли и переиздавали много раз, причём не только в Германии, но и в царской, советской и современной России. В этой связи мы можем проследить историю и эволюцию газо-, паро- и водопроводной арматуры, которая изложена в справочнике, сопоставить сведения и убедиться в том, что за 100 с лишним лет многие окружающие нас вещи практически не изменились.

### Последний справочник царских времён

Дореволюционных «справочников Хютте», увы, сохранилось немного. Однако аналитикам и инженерам компании [Profactor Armaturen GmbH](#) повезло. В их распоряжении находится немецкий справочник, изданный в Российской империи в 1916–1917 годах, который позволяет совершать экскурсии в прошлое и возвращаться с удивительными находками.

«Хютте» был впервые переведён на русский язык и издан в России более 130 лет назад. Уникальный двухтомник напечатан в 1890 году в период правления императора Александра III (1845–1894). Тогда справочник содержал 16 разделов, тексты сопровождали 835 чертежей, а весь труд умещался на 1340 страницах. В последующие годы разделов становилось больше, от чего объём справочника увеличивался. И девятое издание «Справочной книги» уже в трёх томах было напечатано при императоре Николае II (1868–1918) в 1916–1917 годах к 25-летию с момен-



❖ Современный репринт первого издания «Die Hütte. Des Ingenieurs Taschenbuch» («Карманный справочник инженера») 1857 года, выпускаемый берлинским издательством Ernst & Korn, печатавшим оригинальный «Хютте»

та выхода первого издания. Юбилейный справочник стал последним научно-техническим трудом, изданным в царской России до большевистской революции.

Десятое издание «Хютте» появилось уже в новой стране — РСФСР — в 1921 году. Оно было издано в Берлине по заказу советского правительства на современном русским языке. До Великой Отечественной войны немецкий справочник переиздавался в России несколько раз и являлся одним из самых востребованных и распространённых технических изданий в СССР. Его, конечно, дополнили сведениями о советских стандартах и материалах, а некоторые разделы были полностью переписаны. В частности, 26-е издание «Хютте» вышло в 1932 году, 27-е издание — в 1949-м. В современной России появилось 33-е издание — в 2007 году и заключительное 34-е — в 2012-м.



❖ Переведённый на русский язык экземпляр «Справочника Хютте», изданный в Российской империи в 1916–1917 годах и хранящийся в сокровищнице компании [Profactor Armaturen GmbH](#)



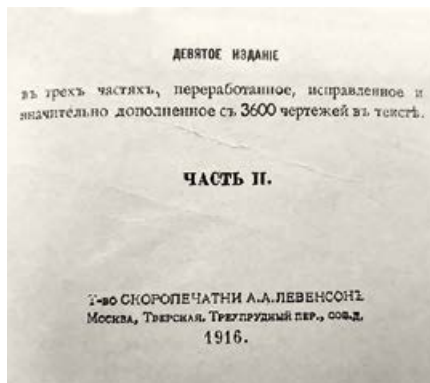
Последний царский «справочник Хютте» 1916–1917 годов был издан в Москве типографией «Товарищество Скоропечатни А. А. Левенсон». Эта корпорация была широко известна в дореволюционной России и считалась одним из лучших издательств в стране. Министерство императорского двора (Дворцовое ведомство) было довольно качеством и ассортиментом продукции Левенсона, поэтому удостоило предприятие звания «Поставщик Двора Его Императорского Величества». В 1900 году продукцию скоропечатни отметили на Всемирной выставке в Париже.

Поставщик двора Его Императорского Величества выпустил трёхтомник «Хютте» под редакцией инженера Г.Л. Зандберга. Количество разделов в справочнике расширилось до 29, в текст были включены 3600 чертежей, а объём переработанного и дополненного издания составил около 4000 страниц.

Немецкий справочник, изданный при Николае II, оказался в три раза объёмнее первого издания, а количество чертежей в нём увеличилось в четыре раза. Этот раритет чудом сохранился до наших дней и стал частью интеллектуальной собственности [Profactor](#). Он позволяет аналитикам и инженерам предприятия совершать экскурсии в прошлое и возвращаться с удивительными находками. Часть из них мы рассмотрим в этом обзоре и, по рекомендации Ницше, сопоставим с нынешними научно-техническими достижениями.

### Наблюдения и сравнения

«Через несколько дней после начала действия водопровода происходит осаждение мути на внутренней поверхности его стенок; муть уменьшает полезный диаметр трубопровода на 2–3 мм в месяц. Часто встречающаяся на внутренней поверхности труб корка, толщиной иногда до 60 мм, является следствием образова-



:: Последнее царское издание «справочника Хютте» 1916–1917 годов. Печать легендарной московской «Скоропечатни А. А. Левенсона»



:: Производственный комплекс «Товарищества скоропечатни А. А. Левенсона» в московском Трёхпрудном переулке (д. 9) был построен архитектором Фёдором Шехтелем в 1900 году. Здание стилизовано под средневековый замок, однако фасады его представляют собой ранний модерн. Тщательная реставрация 2013–2016 годов вернула зданию практически все аутентичные черты



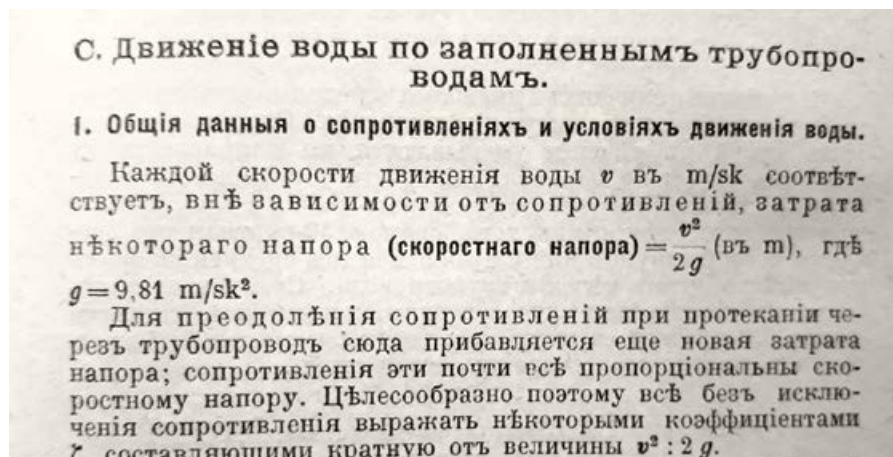
:: «Хютте» рассказывает об особенностях течения воды в трубопроводах переменного сечения

ния осадков из воды. Количество образующихся осадков соответствует количеству протекающей воды; увеличением скорости движения воды нельзя избежать образования осадков», — это наблюдение сделали немецкие водопроводчики и монтажники на рубеже XIX–XX веков. С ним можно ознакомиться в «Справочной книге “Hütte”» (Часть I. 2 Отдел. В. «Механика капельно-жидких тел». П «Динамика капельно-жидких тел». С. «Движение воды по заполненным трубопроводам»), переведённой с немецкого и изданной в Российской империи в 1916 году.

Невероятно, но с тех пор в работе трубопроводных систем и сантехники мало что изменилось, а борьба с «мутью» продолжается и в XXI веке. Методы и орудия борьбы, конечно, совершенствовались, но проблемы с водой не исчезли. Она по-прежнему засоряет и выводит из строя водопроводы, отопительное оборудование и сантехническую арматуру.

В первой части «справочника Хютте» приведены интересные наблюдения водопроводчиков и монтажников. Мастера, в частности, обратили внимание, что динамика формирования корки от осадков воды на внутренней поверхности труб зависит прежде всего от материала, из которого они изготовлены.

Например: «...у чугунных трубопроводов образование осадков начинается с небольших неправильно расположенных местных наростов, которые впоследствии образуют на внутренней поверхности сплошной волнистый слой, а в некоторых случаях образуют складки. Масса состоит из бурого железняка, к которому в зависимости от источника водоснабжения примешаны известь, раковины или водяные растения».



:: Фрагмент «Справочной книге “Hütte”» (Часть I. 2 Отдел. В. «Механика капельно-жидких тел». П «Динамика капельно-жидких тел». С. «Движение воды по заполненным трубопроводамъ»)

Описание сопровождается таблицей с любопытными показателями: «Внутри существующих чуунных трубопроводов обнаружено следующее количество осадков в процентном соотношении, появившихся за годы эксплуатации:

- за 10 лет — в среднем 20 %;
- за 20 лет — от 33 до 35 %;
- за 22–24 года — от 36 до 54 %;
- за 32 года — до 75 %».

В железных трубах обнаружена другая особенность загрязнения: «У железных труб иногда прорастают тонкие стебли по направлению к оси трубы».

В «справочнике Хютте» подчёркивается, что лучше всего служат и долгое время не загрязняются свинцовые трубы: «На свинцовых трубах образуется через значительное число лет лишь весьма тонкий и равномерный налёт». Однако нынешние производители труб и сантехнической арматуры резко изменили свои взгляды. Теперь они отказываются от применения свинца в оборудовании и изделиях, связанных с питьевым водоснабжением. Что же послужило причиной столь серьёзного пересмотра и в чём провинился свинец?

### Коварный свинец

До недавнего времени производители труб и сантехнической арматуры повсеместно применяли свинец, не догадываясь о серьёзной опасности его солей и их вредном воздействии на организм и здоровье человека.

«После долгих наблюдений, анализов и исследований немецкие эксперты убедились, что избыток свинца в инженерной сантехнике, связанной с водопроводными коммуникациями, влияет на состав питьевой воды и несёт скрытую угрозу. При регулярном употреблении питьевой воды с наличием солей свинца человек подвергается серьёзной опасности, ведь свинец крайне токсичен», — отмечено в статье «Огонь, вода и медные трубы или эволюция латунной сантехники» [1].

Поднявшие тревогу учёные в Германии оказались правы! Наиболее распространённой причиной попадания свинца в систему питьевого водоснабжения являются сами водопроводные коммуникации — трубы, заглушки, фитинги, вентили и другая сантехническая арматура, содержащая свинец. В процессе неизбежной коррозии соли свинца попадают в проточную воду и отравляют её. Обнаружить свинец в питьевой воде человек «на глазок» не может — этот металл не имеет чётко выраженного вкуса или запаха. Но, увы, свинец не исчезает из воды после её кипячения, а попадая в организм



Требования к качеству воды, приведённые в «Справочнике Хютте» 1916–1917 годов



Свинцовые трубы в Европе, применявшиеся со времён Римской империи, начали запрещать относительно недавно — с 1969 года

человека, он уже не выводится. Питьевая вода, конечно, может содержать свинец, но не более 0,01–0,03 мг/л. И это максимально допустимая норма. Её превышение приводит к острым и хроническим отравлениям. Они развиваются при регулярном употреблении воды с токсичными солями. Свинец откладывается в тканях, поражает центральную и периферическую нервную систему, кишечник, почки, снижает умственную и физическую активность. Наиболее серьёзным последствием отравления свинцом подвержены дети и беременные женщины.

В той же публикации [1] сообщается: «Чтобы предупредить подобные явления и предотвратить столь страшные последствия отравления солями свинца,



Зарастание труб отложениями (слева направо): обычной свинцовой трубы; стальной трубы; свинцовой трубы, по которой протекала обработанная орто- и полифосфатами умягчённая вода. В Великобритании, например, обработка питьевой воды орто- и полифосфатами подаётся как надёжный способ защиты от солей свинца, поскольку в английских домах до сих пор много свинцовых труб. Однако о возможном вреде подобной «защиты» ничего не говорится.

ещё в 2003 году в Германии были приняты специальные «Положения о системах питьевого водоснабжения» и введены жёсткие требования по снижению содержания свинца в питьевой воде. В их числе:

1. Арматура из медно-цинкового сплава (латунь) с содержанием свинца  $\leq 3,5\%$  и содержанием мышьяка  $\leq 0,15\%$ . Данное требование также действует в отношении латунных изливов кранов по DIN 3523.
2. Арматура и соединения труб из медно-цинкового сплава с содержанием свинца  $\leq 2,2\%$  и содержанием мышьяка  $\leq 0,1\%$ .
3. Арматура из медно-оловянно-цинкового сплава (бронза) с содержанием свинца  $\leq 3,0\%$  и содержанием никеля  $\leq 0,6\%$ .

С 2013 года в ФРГ ещё больше ужесточились условия по контролю и меры по снижению токсичного металла в системах питьевого водоснабжения, и начали более активно развивать бессвинцовые технологии Lead-Free (без примесей свинца).

### Металл уступает место пластику

Если в «справочнике Хютте» от 1916 года говорится о том, что лучше всего служат и долгое время не загрязняются свинцовые трубы, то спустя 100 лет учёные нашли более безопасный материал из продуктов переработки нефти. В XXI веке он активно вытесняет водопроводные трубы из металла, служившие человечеству со времён Римской империи. Какой же материал, не содержащий свинец, оказался более прочным и долговечным, да ещё с преимуществом не притягивать и не накапливать на своей поверхности грязь и отложения из воды?

Технологии Lead-Free (без примесей свинца) для нужд водоснабжения начали разрабатывать в Европе во второй половине XX века. Именно тогда европейские производители стали задумываться и искать безопасную альтернативу металлическим трубам. Долгие годы лабораторных испытаний и экспериментов привели к совершенно новой технологии, позволяющей запустить масштабное производство труб из сшитого полиэтилена, за которыми закрепилось название «труба РЕ-Х».

Кто создал и первым начал выпускать трубы из сшитого полиэтилена, подробно изложено в статье «Процесс Энгеля или история появления трубы РЕ-Х в России» [2]: «Произведённые по методу немецкого профессора-химика Томаса Энгеля (Thomas Engel) трубы из сшитого полиэтилена имеют самую большую степень сшивки. Они получают более эластичные и мягкие. Сшивка полиэтилена происходит равномерно по всей трубе», — отмечено в справочнике «Тепло, вода и полимерные трубы. Сантехнический мир в деталях».



**Plastиковые PE-X-трубы значительно повысили качество жизни человечества**

Ещё в XIX веке составители «справочника Хютте» обнаружили и обратили внимание инженеров, архитекторов, механиков и студентов на то, что металлические трубы подвержены окислению и коррозии. Учёные предупредили, что эти факторы сокращают сроки эксплуатации трубопроводных систем и влияют на качество транспортируемой воды. Но их рекомендации в отношении свинцовых труб оказались не до конца продуманными — наука ещё не обнаружила вредного воздействия солей свинца на организм человека, и до открытия полиэтиленовых технологий было ещё далеко.

«Хютте» преподносит нам интересные примеры того, как наука вполне может ошибаться. Так, 100 лет назад учёные были убеждены, что свинец — это наиболее подходящий материал для производства водопроводных труб. Теперь они настаивают, что трубы из сшитого полиэтилена совершенно безопасны и более эффективны, так как не подвержены коррозии, на их стенках не остаётся наслоений и наростов от загрязнённой воды с тяжёлыми взвесями и т.д. Это, конечно, всё замечательно, но не будет ли оно опровергнуто спустя ещё 100 лет? Ведь к тому времени, по прогнозу тех же учёных, мир должен слезть с «нефтяной иглы» и связанных с ней технологий и перейти на экологически безопасные материалы. Что же тогда случится с трубами из продуктов нефтепереработки? Они ведь тоже, как и свинец, могут попасть в опалу...

А пока нефть остаётся «королевой» и важно сидит на своём троне, её отпрыски получают от учёных «мандаты» безопасности разной степени. Поэтому трубы PE-X постепенно вытесняют металлических предшественников и всё чаще используются в системах отопления и для транспортировки питьевой воды.

Количество производителей изделий из сшитого полиэтилена в мире ежегодно увеличивается. В их составе есть до-

вольно известные компании и бренды, которые пытаются усовершенствовать полиэтиленовые изделия.

**Чистить или не чистить?**

Вернёмся к дореволюционному «справочнику Хютте» с наблюдениями и полезными рекомендациями водопроводчиков, монтажников и инженеров. В нём сказано: «Для сохранения надлежащей производительности трубопровода необходимо устанавливать на расстояниях от 50 до 60 метров особые колодцы для прочистки труб. Первая прочистка производится немедленно после окончания укладки трубопровода, а последующие — через каждые 2–3 года правильной эксплуатации».



**Со временем пластиковые трубы обзавелись даже специальным антидиффузионным слоем EVON (его кислородопроницаемость сравнима с алюминием), который защищает элементы систем отопления от коррозии**

Оказывается, соответствующие нормы и инструкции «Об осадках и очистке» были разработаны и опубликованы в Германии за 30 лет до издания в Российской империи «справочника Хютте» в 1916 году. На эти документы в тексте приводится специальная сноска (см. Iben. Journ. f. Gasbel, 1887). Более того, во второй половине XIX века немцы изобрели и внедрили устройства для фиксирования изменений среды внутри трубопровода.

«Изменения, происходящие внутри трубопровода, можно обнаруживать от времени до времени, если на трубопровод

установить две вертикальные стеклянные трубки (пьезометры), взаимно удалённые друг от друга на определённое расстояние. (Обе трубы выше уровня жидкости соединяются между собою трубкой с краном, последний служит для регулирования разряжения или сжатия таким образом, чтобы можно было удобно отсчитывать показания на вертикальных трубках)».

В подразделе «J. Обмер воды (Определение напора в трубопроводах)» приводится инструкция по установке пьезометра: «Соединение пьезометра с трубопроводом производится через отверстие диаметром от 1 до 2 мм в стенке трубы; оно строго нормально к направлению струи. Оставшиеся при сверлении дыр заусеницы металла должны быть безусловно удалены. Равным образом, должен быть автоматически удалён воздух из всех частей пьезометра. Потеря напора (или сопротивление) трубопровода определяется разностью гидравлических напоров, по меньшей мере, в двух пьезометрах. Оба пьезометра должны быть установлены в тех местах трубопровода, где сечение его строго одинаково, чтобы избежать влияния сжатия струи».

В рекомендации также приведена математическая формула, по которой можно с помощью показаний пьезометров высчитать потерю напора воды в действующем трубопроводе, чтобы определить необходимость его очистки или полной замены арматуры, вышедшей из строя вследствие загрязнения.

Интересных примеров первых технических разработок и наблюдений в «Хютте» немало, и к ним мы ещё вернёмся.

**Послесловие**

Аналитики и инженеры [Profactor](#) часто обращаются к дореволюционному справочнику и находят в нём уникальные сведения. Избранными находками специалисты компании обязательно поделятся со всеми, кто интересуется историей и развитием системы отопления, газо-, паро- и водопроводной арматуры. Некоторые сведения, изложенные в «Хютте», будут адаптированы, и на их основе разрабатывается серия обзорных материалов с уникальными иллюстрациями из самого справочника. Первый обзор из этой серии, как видите, завершён, но путешествия в прошлое на «машине времени Хютте» вскоре продолжатся. ●

*Продолжение следует.*

1. Райн Г. Огонь, вода и медные трубы, или Эволюция лагунной сантехники // Журнал СОК, 2016. №8. С. 32–35.  
2. Райн Г. Процесс Энгеля, или История появления трубы PE-X в России // Журнал СОК, 2021. №2. С. 40–41.



## Очистка воды для питьевых нужд

В статье рассмотрены основные способы очистки воды для питьевых и бытовых нужд. В качестве её источника рассматриваются хозяйственные централизованные и децентрализованные сети водоснабжения. Даны рекомендации по подбору водоочистного оборудования и материалов.

Ни для кого не секрет, что питьевая вода, которая поступает в наш дом, не всегда является таковой. Даже если она соответствует всем требованиям СанПиН, то это не значит, что вода безопасна для употребления. В данной статье рассмотрены общие вопросы очистки водопроводной воды и доведения её качества до уровня, безопасного для питья.

В качестве источника водоснабжения рассмотрим подготовленную воду из поверхностного источника (как правило, это река) и артезианской скважины. Итак, если дом подключён к центральному городскому водопроводу, водоканал производит забор воды из реки и её очистку.

Здесь надо прояснить, какие бывают виды загрязнений воды и какие способы очистки применяются для их удаления. В табл. 1 представлены виды загрязнений, свойственные для поверхностных и артезианских вод, и способы их удаления.

Можно выделить четыре вида загрязнений в воде: ионные, органические и коллоидно растворённые, грубодисперсные примеси, газы.

Ионные примеси воды определяют её **солесодержание**. Если этот параметр более 1000 мг/л, то такая вода считается со-

лоноватой и, соответственно, не является питьевой. Вода из реки или другого поверхностного источника в подавляющем большинстве случаев имеет солесодержание менее 1000 мг/л и является пресной. Поэтому в данном случае, как правило, не требуется корректировки ионного состава или удаления ионов.

**Жёсткость** воды определяется ионами кальция и магния. Допускается жёсткость до 10 мг-экв/л или около 800 мг/л. Если жёсткость воды составляет 10 мг-экв/л, то солесодержание в воде уже равно 800 мг/л. При этом в жидкости ещё присутствуют ионы натрия, сульфата и хлорида, и, как правило, их количество равно количеству ионов жёсткости. Таким образом, если жёсткость 10 мг-экв/л и больше, то такая вода автоматически считается солоноватой (не питьевой).

**Внимание!** Такую воду бесполезно умягчать, так как после умягчения в воде вместо кальция и магния будут содержаться ионы натрия. В питьевой воде допускается наличие не более 350 мг/л ионов натрия, и в данном случае будет превышение по ним. Конечно, такую воду можно использовать для технических целей, но пить её категорически не стоит.



∴ Виды загрязнений поверхностных и артезианских вод

табл. 1

Виды загрязнений	Источники водоснабжения Городская подготовленная вода из поверхностного источника (реки, водоёмы)	Вода из артезианской скважины	Способы очистки воды
<b>Ионные</b>			
Солесодержание	Не требуется	Требуется	Ионный обмен, обратный осмос, фильтрация
Жёсткость	Не требуется	Требуется	
Железо	Требуется	Требуется	
Тяжёлые металлы	Требуется	Требуется	
Кремний	Не требуется	Требуется	
<b>Органические и коллоидно растворённые</b>			
Гумусовые кислоты и другие органические соединения	Требуется	Не требуется	Коагулирование, ультрафильтрация, фильтрация, адсорбция
Соединения кремния и железа	Требуется	Требуется	
<b>Грубодисперсные примеси</b>			
Взвешенные вещества размером более 0,46 мкм	Требуется	Не требуется	Фильтрация, адсорбция
<b>Газы</b>			
Сероводород	Не требуется	Требуется	Аэрация, дозирование реагентов, адсорбция
Аммиак	Не требуется	Требуется	
Хлор	Требуется	Не требуется	

и (или) железом. Данные загрязнения фактически не отфильтровываются и не выпадают в осадок. Частично они подвержены адсорбции на активированном угле. Но основной способ очистки — это коагуляция, то есть укрупнение данных загрязнений с целью последующего их фильтрования или выпадения в осадок и удаления.

**Грубодисперсные примеси** — это не растворяющиеся в воде частицы с размером более 0,46 мкм. Эти включения можно практически полностью удалить фильтрованием через специальные наполнители. Так как поверхностные воды имеют контакт с атмосферой, эти частицы находятся в воде в избытке. На этапе очистки они удаляются, но могут опять попасть в воду в системе водоснабжения, особенно если трубы водоснабжающей сети изношенные.

**Органические и коллоидно растворённые примеси — это основные загрязнители поверхностной воды. По факту они представляют собой органические кислоты (гумусовые, гуминовые), а также различные коллоидные взвеси**

В данном случае единственное решение для питьевых нужд — это использование обратного осмоса. В процессе обратнo-осмотического обессоливания воды происходит удаление из неё большинства ионов, и вода приобретает очень высокое качество. Но в большинстве случаев вода из реки не требует корректировки ионного состава. Поэтому в табл. 1 запишем, что корректировка солесодержания и жёсткости не требуется.

Также к ионным примесям необходимо отнести ионы железа, тяжёлых металлов и кремния.

Сразу оговоримся, что кремний очень тяжело удалять из воды, и предположим, что для большинства поверхностных источников концентрация кремния составляет не более 10 мг/л, по крайней мере для средней полосы европейской части Российской Федерации.

Железа в речной воде практически нет, так как вода имеет постоянный контакт с воздухом, и железо окисляется и выпадает в осадок. Наличие данного элемента в поверхностной воде свойственно только для заболоченных мест. Но, тем не менее, железо может появиться в воде после её очистки. Дело в том, что в результате коагуляции речной воды часть бикарбонатов переходит в углекислый газ и, соответственно, водородный показатель pH воды уменьшается. В результате нарушается углекислотный баланс, и вода становится коррозионно-активной. Если трубы водоснабжения изготовлены из чёрного металла, то у потребителя в воде будет наблюдаться железо. Допустимая концентрация

последнего в питьевой воде составляет 0,3 мг/л. Но лучше, чтобы его вообще не было. Соответственно, запишем в табл. 1, что вода поверхностного источника будет требовать доочистки от железа. Тяжёлые металлы также могут попадать в питьевую воду через изношенные трубы системы водоснабжения, и от них также будет требоваться доочистка.

**Органические и коллоидно растворённые примеси** — это основные загрязнители поверхностной воды. По факту они представляют собой органические кислоты (гумусовые, гуминовые), а также различные коллоидные взвеси, в том числе образованные (включающие в себя как соединитель) кремниевой кислотой

В поверхностной воде практически не содержится таких газов, как сероводород, аммиак и хлор. Так как в воздухе их практически нет, то исходя из стремления к равенству парциальных давлений, в поверхностной воде крупных рек эти газы также содержаться не будут (если только вода не загрязнена сточными водами или не является болотистой, застойной).





После очистки воду обеззараживают при помощи **хлора**. Остаточное содержание хлора в питьевой воде должно составлять не более 0,5 мг/л. Это делается для того, чтобы вода имела остаточный обеззараживающий эффект в системе трубопроводов водоснабжения, чтобы не получить вторичного бактериального загрязнения. Но то, что убивает бактерии, вредит и человеку, поэтому такую воду необходимо очищать от остаточного хлора.

Необходимо отметить ещё один очень важный момент. В поверхностной воде даже после коагуляции остаётся определённое количество органических соединений. Продукты диссоциации хлора в воде окисляют органику и становятся хлорорганическими соединениями или так называемыми «галогенсодержащими соединениями» (ГСС). Эти соединения являются сильнейшими канцерогенами. В частности, относительно ГСС врачи говорят о возможности многократного увеличения риска развития злокачественных образований.

Учитывая вышесказанное, в общем виде установка доочистки питьевой воды для квартиры с центральным водоснабжением из поверхностного источника может быть представлена в двух видах: с использованием обратного осмоса и без него.

Основной принцип подбора технологии водоочистки заключается в том, что из воды должны последовательно удаляться загрязняющие вещества, причём по принципу «от большего к меньшему». Поэтому сначала из очищаемой воды должны быть выведены (отфильтрованы) грубодисперсные примеси.

Для этого на первом этапе очистки необходимо поставить картриджный фильтр для механической очистки воды.



В нём обычно установлен фильтрующий картридж из полипропилена. Фильтрация воды происходит тупиковая, то есть все загрязнения остаются на поверхности картриджа со стороны исходной воды. Самый маленький рейтинг фильтрации картриджа составляет 1 мкм, то есть все частицы с размером более 1 мкм задерживаются картриджем.

**Основной принцип подбора технологии водоочистки заключается в том, что загрязняющие вещества должны удаляться из воды последовательно. Поэтому сначала из очищаемой воды должны быть отфильтрованы грубодисперсные примеси. Для этого на первом этапе очистки необходимо поставить картриджный фильтр для механической очистки воды**

Затем из воды необходимо удалить железо, тяжёлые металлы и органику. Для удаления растворённого железа и тяжёлых металлов необходимо использовать ионообменную смолу. Последней должно быть немного. Дело в том, что если весь картридж засыпать только смолой, то вначале пойдёт полностью умягчённая вода, что может быть причиной, например, горького чая и т.п., так как при кипячении подобной жидкости в ней будет образовываться «щёлочь» (едкий натр) и, соответственно, будет расти pH. Тем более что после прохода 150–200 л очищенной воды смола будет полностью истощена по ионам натрия и станет работать только на удаление тяжёлых металлов. Но для удаления последних не требуется такого большого количества смолы.

Поэтому она только будет занимать ценное пространство корпуса фильтра.

В данном случае лучше использовать комбинированную загрузку. Как основной вариант — смола и активированный уголь в соотношении 30/70%. В этом случае смолы будет достаточно для удаления ионов железа и тяжёлых металлов, и активированный уголь будет работать на удаление органики из воды, коллоидных примесей, а также хлора.

На третьем этапе необходимо установить фильтр финишной очистки или «фильтр кондиционирования воды». Это устройство должно содержать только активированный уголь. Причём практика показывает, что на третьем этапе очистки картридж с активированным углём должен быть не насыпной, а прессованный.

В результате жидкость после очистки может содержать незначительное количество органики, а также галогенсодержащие соединения.



Такая вода формально является питьевой. Но для полного удаления из воды органики и ГСС её необходимо дополнительно пропускать через обратноосмотическую мембрану. В результате получаем воду очень высокого качества.

Бытует мнение, что такая вода является якобы «мёртвой». На самом деле это настоящая «живая» вода — естественно, при использовании низкоселективных мембранных элементов, эффективно работающих по многозарядным ионам и органике и (или) при установке пост-фильтра с кальцитом. Потому что «мёртвая вода» — это либо предельно солёная вода ближневосточного Мёртвого моря, либо полностью обессоленная вода.

Теперь разберём ещё один очень важный вопрос: производительность бытовой системы очистки.

Если посмотреть характеристики производителей подобных систем, то в них утверждается, что производительность стандартной системы очистки со стандартными диаметрами картриджей (около 60 мм) равна 2,0–2,5 л/мин.

Давайте посмотрим на это утверждение глазами химика-технолога.

Итак, линейная скорость фильтрации воды через фильтрующий материал изначально известна для каждого фильтрующего материала и определена на основании многолетних практических наблюдений. Так, линейная скорость фильтрации для активированного угля составляет 6–10 м/ч, то есть через сечение определённой площади вода должна протекать со скоростью 6–10 м/ч (0,167–0,278 см/с).

Если скорость фильтрования быстрее, то не происходит полноценного процесса адсорбции загрязняющих веществ углём.

В случае с картриджем диаметром 60 мм, засыпанным углём, получаем, что при пропускании через него воды с расходом, равным 2,5 л/мин. (0,156 м<sup>3</sup>/ч), линейная скорость фильтрования получается равной:  $0,156 / (0,06^2 \times 0,785) = 55,2$  м/ч (1,533 см/с), где знаменатель — это площадь круга диаметром 60 мм.

Линейная скорость фильтрования получается более чем в пять раз (!) больше необходимой. Соответственно, полноценной очистки воды не происходит.

Поэтому на самом деле производительность подобных систем должна быть в пять раз меньше. Необходимо ограни-

чивать расход очищенной воды после таких установок очистки на уровне не более 0,5 л/мин. (максимум 1 л/мин.). В результате мы получаем слабый ручеек, и чайник объёмом 1,5 л будет набираться достаточно долгие три минуты.

В этой ситуации вполне возможно рассмотреть обыкновенный и дешёвый фильтр-кувшин. За счёт конструкции он медленно и поэтому эффективно доочищает водопроводную воду. При этом время ожидания по очищенной воде будет лишь немногим больше, чем при использовании многоступенчатых фильтров. А заманчивое желание увеличить расход воды через многоступенчатый фильтр всего лишь приведёт к ухудшению качества очищенной жидкости.

### **Скорость прохождения воды через фильтрующий материал не должна быть слишком высокой и должна обеспечивать полноценную очистку воды**

Конечно, картридж кувшинного фильтра необходимо менять каждый месяц, а большие картриджи многоступенчатых фильтров — один раз в три-шесть месяцев. Но их стоимость таких картриджей (для кувшина и для многоступенчатого фильтра) отличаются на порядок. Поэтому лично моё мнение — если уж и ставить многоступенчатую доочистку воды для дома, то только с обратным осмосом. Это хотя бы имеет реальный смысл в плане получения высококачественной воды. А если потребителю достаточно только удалить из воды тяжёлые металлы и запах хлора, причём с небольшим эффектом кондиционирования, то вполне достаточно обычного кувшинного фильтра.

Если источник водоснабжения — артезианская скважина, то возможно очень большое количество различных вариаций в очистке такой воды. Но основная тенденция — в артезианской воде, как правило, повышено солесодержание, однако из-за отсутствия контакта с атмосферой в ней нет органики. Данная вода весьма подходит для очистки обратным осмосом. При этом уменьшается солесодержание, а мембрана не забивается органикой.

Ещё важно отметить, что в артезианской воде возможно образование сероводорода и аммиака — как раз из-за отсутствия контакта с атмосферным воздухом. Здесь можно говорить об аэрации воды или дозировании хлора, но в данном случае это решается отдельно для каждого конкретного эпизода. ●



# Почему в Китае плохо пахнет? Недостатки китайских канализационных систем

Рецензия эксперта на статью получена 14.09.2021 [The expert review of the article received on September 14, 2021].

## Введение

Известно, что вирусы и другие патогенные микроорганизмы могут распространяться через системы вентиляции [1], что делает бесполезными карантинные мероприятия, связанные со вспышками вируса COVID-19 и т.п. Канализационные газы весьма токсичны и могут взрываться [2–5]. В развитых странах есть соответствующие строительные нормы, правила и законы, определяющие требования к системам внутренней канализации зданий и сооружений и исключают вредное влияние данных систем на здоровье людей [6–8]. За соблюдением этих норм и правил следят специальные организации, а также правоохранительные органы. Обычно соблюдение этих законов обеспечивается органами местной власти.

Кажется невероятным, но даже новые, современные здания в КНР имеют те же проблемы с вентиляцией и канализацией.

## Обсуждение

Автор периодически посещал Китай с 2007 года и был озадачен этой проблемой, думая, что неприятный запах вызван только отсутствием сифона под раковиной и другими сантехническими приборами. Сифон — это простое устройство, в котором сливная труба изогнута так, чтобы небольшой объём воды оставался в трубе, предотвращая попадание газов из канализации в помещение [12].

На фото 1 показана типичная ванная комната в отеле в столице Китая Пекине. Под раковиной не установлен сифон, поэтому газ из канализации проходит через



Фото: ru.depositphotos.com

Неприятный запах канализации ощущается по всему Китаю, что особенно чувствительно для иностранцев [9–11]. Это касается аэропортов, отелей, промышленных и частных зданий, образовательных учреждений и университетов. Местное население привыкло к таким запахам, поэтому в течение многих лет этой проблеме не уделялось достаточно внимания.

сливную трубу раковины. На фото 1 также видны другие проблемы. Соединение между гибкой сливной трубой и канализационной трубой негерметично. Таким образом, неприятные запахи из канализации всё равно будут присутствовать в помещении, даже если поставить сифон. Также имеется слив в полу, в котором тоже нет сифона.

УДК 628.1:697.9. Научная специальность: 05.23.03; 05.23.04.

### Почему в Китае плохо пахнет? Недостатки китайских канализационных систем

Д-р А. А. Волинский, к.т.н., кафедра механики, [Университет Южной Флориды](#) (г. Тампа, штат Флорида, США)

В статье рассматриваются источники неприятного запаха в Китае из-за негерметичности канализационных систем в зданиях с примерами и рекомендациями по краткосрочному и долгосрочному решению этих проблем. Проблемы могут быть решены вмешательством правительства Китая и созданием учреждений, обеспечивающих соблюдение строительных норм и правил с соответствующими структурами контроля и надзора.

**Ключевые слова:** Китай, канализация, вентиляция, здоровье человека, здравоохранение.

UDC 628.1:697.9. Scientific specialty number: 05.23.03; 05.23.04.

### Why China stinks? Deficiencies in plumbing systems in China

Dr. A. A. Volinsky, PhD, Department of Mechanical Engineering, [University of South Florida](#) (Tampa, Florida, USA)

This paper addresses the sources of offensive smell in China due to exposed sewage lines in buildings with examples and instructions on how to solve these problems short-term and long-term. These problems can be solved by the Chinese government intervention and setting up government offices enforcing building codes with appropriate inspection structures.

**Key words:** China, sewage and plumbing, ventilation, health safety, public health.





⌘ Фото 1. Ванная комната в отеле в Пекине с раковиной без сифона, негерметичной трубой канализации и сливом в полу без сифона



⌘ Фото 2. Типичный пол в душевой комнате в отеле в Шанхае, где на слив не установлен сифон

На фото 2 показан пол душевой комнаты в типичной гостинице Шанхая, культурного центра Китая и крупнейшего в мире морского порта, где в канализационной трубе в полу нет сифона, что позволяет канализационным газам попадать в помещение и создавать соответствующие «ароматы». Существуют системы сливов в полу с сифоном, встроенным в решётку слива [13].

Подобные проблемы есть и в кухнях китайских жилых квартир. Например, на фото 3 показана кухонная мойка без сифона с негерметичным соединением с канализационной трубой.

В Китае существует проблема вентиляции помещений. Даже если канализационные трубы должным образом загерметизированы, и сифоны установлены под всеми сантехническими приборами, неприятные запахи из других квартир всё

**Вентиляционные решётки при наличии открытых канализационных труб действуют как дополнительные источники неприятных запахов от соседей, выступая как потенциальные разносчики патогенов**



⌘ Фото 3. Гибкая сливная труба кухонной мойки без сифона, входящая в канализационную трубу без герметичного соединения, в типичной квартире в Пекине — китайской столице

равно проникают через вентиляционную решётку (показана на фото 4).

Такие вентиляционные решётки есть в ваннных комнатах и на кухнях, они необходимы для надлежащей вентиляции и предусмотрены строительными нормами и правилами. Однако при наличии открытых канализационных труб они действуют как дополнительные источники неприятных запахов от соседей, выступая как потенциальные разносчики самых разнообразных патогенов.



⌘ Фото 4. Вентиляционная решётка в ванной комнате квартиры жилого дома в Пекине. Через вентиляцию распространяются неприятные запахи из других квартир

### Краткосрочные решения

Если вы путешествуете по Китаю и почувствовали неприятный запах, есть простые способы избавиться от него:

1. Гибкую трубу под раковиной можно согнуть, образуя сифон. В раковину можно положить пластиковый пакет с водой, чтобы перекрыть сливное отверстие.
2. Негерметичное соединение между сливом раковины и канализационной трубой можно временно закрыть, обернув соединение полиэтиленовым пакетом или тканью, или же замотав клейкой лентой.
3. Слив в полу душа можно временно закрыть полиэтиленовым пакетом, наполненным водой.
4. Вентиляционные отверстия в ваннных комнатах и кухнях можно временно закрыть полиэтиленовым пакетом или листом бумаги.

Это были приведены краткосрочные решения для путешественников, тогда как долгосрочные решения для ликвидации данной проблемы (в масштабах всей страны) требуют соответствующих больших усилий и ресурсов.



Фото: ru.depositphotos.com

### Долгосрочные решения

Китайский народ и правительство должны понимать, что проблемы, описанные в этой статье, объективно существуют и должны быть решены. В собственной квартире большинство проблем с канализацией и вентиляцией возможно исправить, установив сифоны и загерметизировав соединения всех канализационных труб. В Китае есть компании, которые предоставляют эти услуги на коммерческой основе. Однако дополнительно к этому все вентиляционные отверстия должны оставаться закрытыми, чтобы газы не попадали из других квартир, до тех пор, пока проблемы с герметичностью канализации не будут решены во всём здании. Ещё одно решение — установить электрический вытяжной вентилятор в вентиляционное отверстие.

В масштабах всей страны китайское правительство должно принять и обеспечить соблюдение строительных норм и правил, начиная с отелей и правительственных зданий, университетов и т.д.

Отделы государственных учреждений по контролю за соблюдением строительных норм и правил в Китае должны существовать и действовать как в других развитых странах. Одной из причин, по которой существуют эти проблемы, является то, что новые квартиры в китайских многоэтажных домах обычно продаются без ремонта и установленной сантехники. В университетах, гостиницах и правительственных зданиях окончательные проверки проводятся местными представителями, кото-

**В китайской квартире большинство проблем с запахами можно исправить, установив сифоны и загерметизировав соединения всех канализационных труб. Но все вентиляционные отверстия придётся закрыть или чем-нибудь заткнуть до тех пор, пока проблемы с канализацией не будут решены во всём здании**



Фото: ru.depositphotos.com

рые не знакомы со строительными нормами и правилами. Очень важно убедиться, что новое жильё соответствует строительным нормам и правилам.

Автор искренне верит, что китайский народ и правительство КНР смогут решить эти проблемы, и по всей стране не будет распространяться запах канализации, как это происходит сейчас на момент написания этой статьи.

### Выводы

В статье рассмотрены проблемы канализации и вентиляции в Китайской Народной Республике. Представлены краткосрочные решения для путешественников и долгосрочные — для местного населения и правительства Китая.

### Благодарности

Автор благодарит Национальный фонд науки США (National Science Foundation) за финансирование поездок для научных исследований в Китае (IRES 1358088). Автор выражает признательность за грант от Правительства Российской Федерации №220 от 09.04.2010 (Соглашение №075-15-2021-612 от 04.06.2021).

- Goyal S.M., Anantharaman S., Ramakrishnan M.A., Sajja S., Won Kim S., Stanley N.J., Farnsworth J.E., Kuehn T.H., Raynor P.C. Detection of viruses in used ventilation filters from two large public buildings. *American Journal of Infection Control*. 2011. Vol. 39. Issue 7. Pp. e30–e38.
- Yalamanchili C., Smith M.D. Acute hydrogen sulfide toxicity due to sewer gas exposure. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2008. Vol. 26. Issue 4. Pp. 518.E5–518.E7.
- Everything you always wanted to know about sewer gas... But were afraid to ask. City of Marion, Ohio. Web-source: marionohio.us. Access date: September 14, 2021.
- Sewer gas. Wikipedia. Web-source: en.wikipedia.org. Access date: September 14, 2021.
- Goff St. Are home sewage leaks harmful to humans? Hunker. Web-source: hunker.com. Access date: September 14, 2021.
- Chapter 7, Sanitary Drainage. Section 701, General. 2017 Florida Building Code — Plumbing, 6th Edition. ICC Digital Codes. Web-source: codes.iccsafe.org. Access date: September 14, 2021.
- СНиП 2.04.01–85. Внутренний водопровод и канализация зданий (СП 30.13330.2010). — М.: ГУП ЦПП, 2003.
- 7.4.7.1. Cleanouts for drainage Systems. The Ontario Building Code, 2008. Web-source: buildingcode.online. Access date: September 14, 2021.
- Stench in bathroom. The Beijinger forum. The Beijinger, 2006. Web-source: thebeijinger.com. Access date: September 14, 2021.
- Why do toilets in China smell so bad? Is there some other reason for the smell such as the cleaning products they use or some chemical only found in Asian excretions? Quora, 2017. Web-source: quora.com. Access date: September 14, 2021.
- MacLeod C. China counts flies, grades public bathroom stench. *USA Today*. February 23, 2013. Web-source: usa-today.com. Access date: September 14, 2021.
- Trap (plumbing). Wikipedia. Web-source: en.wikipedia.org. Access date: September 14, 2021.
- Floor drain odor problems. InspectAPedia: Free Encyclopedia of Building & Environmental Inspection, Testing, Diagnosis, Repair. 2021. Web-source: inspectapedia.com. Access date: September 14, 2021.

References — see page 78.

# Определение физического износа систем водоснабжения зданий 1990-х годов постройки

Рецензия эксперта на статью получена  
07.10.2021 [The expert review of the article  
received on October 7, 2021].

## Введение

В предлагаемом материале анализируются результаты обследования внутридомовых инженерных сетей трубопроводов холодного и горячего водоснабжения в жилых домах 1990-х годов постройки. Рассматриваются факторы, влияющие на ускоренный физический износ водопроводов, и степень влияния каждого из них. Определена целесообразность замены изношенных металлических трубопроводов на полимерные, которые позволяют повысить надёжность и долговечность системы холодного водоснабжения.

Внутренние инженерные сети водоснабжения и водоотведения в жилых зданиях, построенных в прошлом веке, эксплуатируются с превышением их срока службы в несколько раз [1]. Поэтому коррозия водопроводных металлических труб в жилых домах — довольно распространённое явление [2]. Это может происходить по разным причинам: из-за предварительных ошибок, допущенных при проектировании инженерных систем и проведении их монтажа; из-за нарушения правил эксплуатации [3] — недостаточной скорости циркуляции в трубопроводе, наличия кислорода и углекислого газа в воде, отсутствия заземления и многих других причин [4].

Всё это в совокупности в дальнейшем оказывает влияние на режим содержания трубопровода и качество воды в распределительной сети населённых пунктов. Коррозия в системе водоснабжения обычно наблюдается по внутренней и наружной стенках трубопровода. Сплошная (общая) коррозия повышает содержание железа в питьевой воде, а язвенная (питтинговая) влияет на долговечность труб и является наиболее частой причиной аварий в виде разрыва соединений или утечек через возникающие сквозные отверстия в трубопроводах. Данные мониторинга повреждённых стальных труб холодного водопровода в зданиях в виде

**Внутренние инженерные сети водоснабжения и водоотведения в жилых зданиях, построенных в прошлом веке, эксплуатируются с превышением их срока службы в несколько раз. Поэтому коррозия водопроводных металлических труб в жилых домах — довольно распространённое явление**

свищей составляют 90% [5, 6]. Всё это приводит к значительным потерям питьевой воды, которая не оплачивается потребителем, но на неё уже потрачены значительные материальные ресурсы предприятий водоканалов для извлечения воды, её обработки и распределения.

## Цель работы

Целью работы является оценка технического состояния и определение степени физического износа систем холодного и горячего водоснабжения многоэтажных жилых зданий 1990-х годов постройки.

## Методика выполнения работы

В последние годы изучению процессов коррозии водопроводных труб стали меньше уделять внимание ввиду того, что новые сети прокладывают из труб, имеющих как внутреннее, так и наружное антикоррозионное покрытие, или же используют трубы из полимерного материала, не подверженного коррозии. Однако это не всегда спасает от аномальных явлений, когда быстрая коррозия возникает в стальных оцинкованных трубах в системах ГВС или ХВС через четыре-пять лет с начала эксплуатации здания [7].

Поэтому для выяснения причин появления коррозии следует собрать дополнительные материалы по конструктивным особенностям системы и выявления нарушений требований технического регламента по эксплуатации.

УДК 628.1.033. Научная специальность: 05.23.04.

## Определение физического износа систем водоснабжения зданий 1990-х годов постройки

**А. Б. Невзорова**, д.т.н., профессор, [Белорусский государственный университет транспорта](#) (г. Гомель, Республика Беларусь); **С. М. Толкачев**, главный инженер [КЖРЭУП «Железнодорожное»](#) (г. Гомель, Республика Беларусь)

Проведено обследование внутридомовых инженерных сетей трубопроводов холодного водоснабжения в жилых домах 1990-х годов постройки. Установлены внутренние и внешние факторы и степень их влияния на ускоренный физический износ водопроводов. Определена целесообразность замены изношенных металлических трубопроводов на полимерные для устранения неоплаченных потерь питьевой воды.

**Ключевые слова:** инженерные сети, водопровод, коррозия, физический износ, реконструкция.

UDC 628.1.033. Scientific specialty number: 05.23.04.

## Determination of physical wear of water supply systems of buildings built in the 1990s

**A. B. Nevzorova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, [Belarusian State University of Transport](#) (Gomel city, Republic of Belarus); **S. M. Tolkachev**, chief engineer of ["Zheleznodorozhnoye" Municipal Repair and Maintenance Unitary Enterprise](#) (Gomel city, Republic of Belarus)

Surveys of intra-house engineering networks of cold water supply pipelines in residential buildings built in the 1990s were conducted. Internal and external factors and the degree of their influence on the accelerated physical wear of water pipes are established. The expediency of replacing worn-out metal pipelines with polymer ones to eliminate unpaid losses of drinking water is determined.

**Key words:** engineering networks, water supply, corrosion, physical wear, reconstruction.

В частности, необходимо:

- оценить техническое состояние инженерных систем холодного и горячего водоснабжения относительно нормативных требований;
- определить физический и моральный износ обследуемых инженерных систем и сетей, в том числе водопроводного ввода, циркуляционных насосов, и состояние трубопроводов;
- проверить соответствие обследуемых инженерных систем проектной и исполнительной документации;
- оценить физический (определение толщины коррозионных отложений) и моральный износ с возможностью дальнейшей эксплуатации обследуемых систем;
- оценить возможность демонтажа старых инженерных систем и их реконструкции с привязкой к уже существующим конструкциям.

**При обследовании внутридомовых инженерных сетей здания в городе Гомеле выявлены: значительная коррозия по поверхности труб холодного водоснабжения до 80 %, большое количество хомутов на магистрали и отдельные хомуты на стояках в техническом подполье, замена в двух местах трубопроводов длиной до 2 м. Такому состоянию системы соответствует износ от 45 до 80 %**

По запросу администрации одного из районов города Гомеля было проведено обследование внутридомовых инженерных сетей трубопроводов холодного и горячего водоснабжения одного из зданий 1990–1991 годов постройки, построенного

При осмотре инженерных сетей здания и опросе технического персонала установлено, что:

- трубопроводы холодного (ХВС) и горячего водоснабжения (ГВС) выполнены в 1991 году из металлических труб из нержавеющей стали (ГОСТ 9941–81), разводка нижняя, тупиковая, проект проведения монтажных работ отсутствует, трубы неизолированные, постоянно покрыты конденсатом;
- подвал здания, где пролегают все инженерные коммуникации, содержится не в надлежащем состоянии, а именно отсутствует освещение и вентиляция, на полу находится вода и влажный мусор.

Осмотр инженерных сетей позволяет сделать вывод: имеет место быстротекущий процесс наружной (рис. 1) и внутренней коррозии труб из-за постоянной повышенной влажности в помещении,



:: Рис. 1. Состояние повреждённой поверхностной коррозией водопроводной трубы в подвале жилого дома



:: Рис. 2. Один из способов, применяемых для устранения сквозного отверстия ( свища ) в трубопроводе холодного водоснабжения

### Результаты исследований

Исходные данные: жилой дом полносборный, девятиэтажный, срок эксплуатации — 30 лет. Система центрального водоснабжения — нижняя, тупиковая с разводкой из стальных оцинкованных труб.

за счёт средств жилищно-строительного кооператива. Это был переходной период, характеризующийся пониженной исполнительской дисциплиной, средним качеством строительства и технической документации на инженерные сети.

наличия конденсата на трубах и неблагоприятного микробиологического фона.

Одно из требований к техническому состоянию и эксплуатации внутреннего водопровода гласит (п. 9.1.10 ТКП 45-1.04-305–2016): «Трубопроводы системы холодного водоснабжения и их соединения должны быть герметичными, защищёнными от конденсационной влаги и не должны иметь коррозии». Однако это требование чаще всего не соблюдается, что приводит к возникновению щелевой коррозии или появлению свищей (сквозных отверстий), которые устраняют с помощью временного бандаж, методом холодной сварки или с помощью болта (рис. 2).

Скорость внутренней коррозии систем водоснабжения зависит от состава и характеристик воды: значения водородного показателя pH, содержания растворённого кислорода, углекислого газа, наличия хлоридов и сульфатов, микроорганизмов, температуры, давления, скорости движения воды, эрозии, контактной коррозии (наличие фасонных частей из металлов с разными электродными по-



:: Типичное состояние подвала дома 1990-х годов постройки

тенциалами). Несомненно, что для выявления основной причины необходимо по каждому случаю проводить дополнительные исследования.

Поскольку на протяжении последних 20 лет финансовые средства вкладывались только в локальный ремонт аварийных мест систем хозяйственно-питьевого водоснабжения и хозяйственно-фекальной канализации, можно утверждать, что исследованные системы постепенно выработали свой ресурс. Сопоставление данных табл. 1, времени постройки дома и монтажа системы водоснабжения из водогазонапорных стальных труб с толщиной стенки от 2 до 4 мм (1991 год) позволяет сделать вывод, что нормативный срок эксплуатации данного водопровода к 2020 году превышен в два раза.

Если мы воспользуемся табл. 2, в которой оценивается физический износ внутренних систем инженерного оборудования (п. 5.13.3 [ТКП 45-1.04-119-2008](#)), то по результатам мониторинга труб можем установить степень деградации системы холодного водоснабжения и состав работ для устранения этого явления.

Таким образом, при осмотре выявлены: значительная коррозия по поверхности труб холодного водоснабжения до 80%, большое количество хомутов на магистрали (до двух на 10 м) и отдельные хомуты на стояках в техническом подполье, замена в двух местах трубопроводов длиной до 2 м. Такому состоянию системы соответствует износ от 45 до 80%. С учётом ранее выполненных замен и ремонта отдельных элементов системы водоснабжения физический износ по сроку её эксплуатации принимается 85%.



∴ Город Гомель с высоты птичьего полёта, Республика Беларусь

### Заключение

Таким образом, результаты обследования системы холодного водоснабжения здания 1991 года постройки и оценка физического износа в 85% говорят о целесообразности реконструкции холодной системы водоснабжения путём замены изношенных металлических трубопроводов

**При проектировании и монтаже инженерных сетей требуется соблюдение ТКП 45-4.01-29-2006 «Сети водоснабжения и канализации из полимерных труб», ТКП 45-4.01-72-2007 «Системы холодного и горячего водоснабжения из МПТ» и дальнейшей их эксплуатации**

на полимерные или металлополимерные, которые устранят непроизводительные и, соответственно, неоплачиваемые потери воды и позволят повысить надёжность и долговечность систем.

Проектирование и монтаж инженерных сетей необходимо проводить с соблюдением [ТКП 45-4.01-29-2006 «Сети водоснабжения и канализации из полимерных труб. Правила монтажа»](#), [ТКП 45-4.01-72-2007 «Системы холодного и горячего водоснабжения из металлополимерных труб. Правила монтажа»](#) и дальнейшей их эксплуатации ([СН 4.01.03-2019 «Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий»](#), [СанПиН №142 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации централизованного горячего водоснабжения»](#)). ●

∴ Нормативные сроки службы стальных трубопроводов

табл. 1

Группы, подгруппы и виды основных средств*	Шифр	Нормативный срок службы, лет
<b>Трубопроводы из стальных труб толщиной</b>	<b>менее 2 мм</b>	30104
	<b>от 2 до 4 мм</b>	30105
	<b>более 4,5 мм</b>	30106

\* Постановление Министерства экономики Республики Беларусь от 30.09.2011 №161-8/24359 «Об установлении нормативных сроков службы основных средств и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства экономики Республики Беларусь».

∴ Признаки физического износа системы холодного водоснабжения

табл. 2

Признаки	Износ, %	Примерный состав работ
Ослабление сальниковых набивок и прокладок кранов и запорной арматуры; повреждение окраски трубопроводов в отдельных местах; в некоторых смывных бачках имеются утечки воды	0–20	Набивка сальников, смена прокладок в запорной арматуре, ремонт и регулировка смывных бачков
Капельные течи в местах врезки кранов и запорной арматуры; отдельные повреждения трубопроводов (свищи, течи); поражение коррозией отдельных участков трубопроводов; утечки воды в 20% приборов и смывных бачков	21–40	Частичная замена кранов и запорной арматуры, ремонт отдельных участков трубопроводов, восстановление окраски смывных бачков
Расстройство арматуры и смывных бачков (до 40%); следы ремонта трубопроводов (хомуты, заварка, замена отдельных участков); значительная коррозия трубопроводов; повреждение до 10% смывных бачков (трещины, потеря крышек, рукояток)	41–60	Замена запорной арматуры, частичная замена смывных бачков, замена отдельных участков трубопроводов, окраска трубопроводов
Полное расстройство системы; выход из строя запорной арматуры; большое количество хомутов; следы замены отдельных участков трубопроводов; большая коррозия элементов системы; повреждение до 30% смывных бачков	61–80	Полная замена системы

- Невзорова А.Б., Новикова О.К., Белоусова Г.Н. Водоснабжение и водоотведение сельских территорий. — Гомель: БелГУТ, 2015. 265 с.
- Андрианов А.П., Орлов В.А., Чухин В.А., Серова Е.М., Неверова М.А. Коррозия трубопроводов и мероприятия по её локализации // Вестник ИРГТУ, 2014. №8. С. 74–78.
- ТКП 628-2018 (33040). Аварийно-техническое обслуживание инженерных систем и оборудования в жилищном фонде Республики Беларусь. Организация и порядок проведения. Основные требования (введ. 01.02.2019). — Минск: Министерство ЖКХ Республики Беларусь, 2019. 32 с.
- Обследование и экспертиза инженерных систем [Электр. текст]. «Центр проектирования и инжиниринга «ЦПИ СА». Режим доступа: [obsledovanie-zdaniya.ru](http://obsledovanie-zdaniya.ru). Дата обрац.: 06.08.2021.
- Лепеш Г.В. Современные методы и средства диагностики оборудования инженерных систем зданий и сооружений // Техничко-технологические проблемы сервиса (ТТПС), 2015. №4. С. 3–8.
- Гиннэ С.В. К вопросу о противокоррозионной защите водопроводных труб // Эпоха науки, 2018. №15. С. 89–95.
- Чухин В.А., Андрианов А.П. Анализ причин коррозии оцинкованных труб в системах ГВС // Журнал СОК, 2018. №1. С. 54–58.

References — see page 78.

## «Золотая» котельная

Впервые идея смонтировать «золотую» котельную была озвучена сотрудником компании «ПроксиТерм» (г. Казань) после выставки [Aquatherm Moscow 2020](#). Мне было предложено сделать гидравлический разделитель, совмещённый с распределительным коллектором, покрытым нитридом титана\* «под золото». Идею я, конечно, оценил, так как ничего подобного я никогда не делал сам и не видел ни у кого другого...

**Автор:** Альберт ГИЗЗАТОВ, монтажник ОВиК

\* Нитрид титана (TiN) — бинарное химическое соединение титана с азотом (порошок жёлто-коричневого цвета, в компактном состоянии приобретает золотистую окраску).

### Об авторе

**Гиззатов Альберт Рифович**, г. Уфа, Республика Башкортостан. Активный пользователь Instagram — [@cmcfufa](#) (40,6 тыс. подписчиков). Занимается монтажными работами систем ОВиК в коттеджных посёлках пригорода Уфы. Увлекается экстремальными видами спорта: дайвинг (более 100 погружений), прыжки с парашютом (более 20 прыжков), был два раза на Эльбурсе (на вершине — один раз). Выполнял аксиальное соединение [TECE](#) на глубине 20 м на Филиппинах; соединение Push-fit [TECElogo](#) — в прыжке с парашютом в тандеме в свободном падении; аксиальное соединение и соединение Push-fit [TECE](#), а также пакровку резьбового соединения ниткой Sprint и «Рекорд» — на высоте свыше 5300 м на Эльбурсе (в том числе на вершине 5642 м).

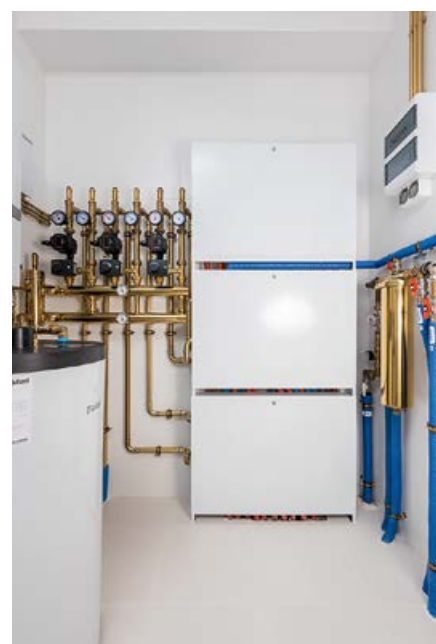


### Объект

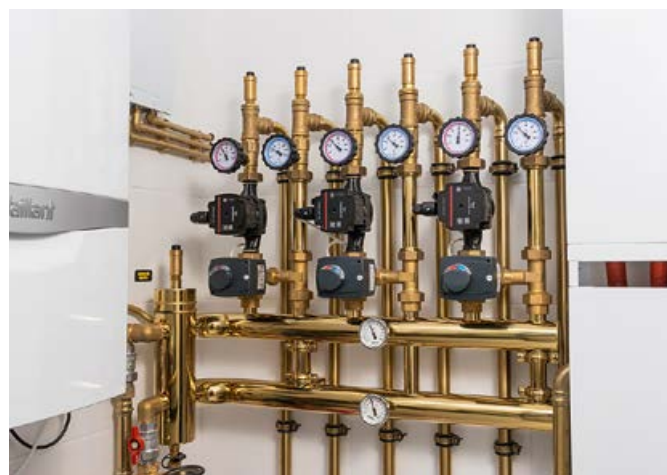
В то время (шла весна 2020 года) мы как раз взяли в работу объект — двухэтажный коттедж площадью 170 м<sup>2</sup>. Я решил предложить данную идею своему заказчику, но только «докрутив» её до «золотой» уже практически полностью. Предварительно согласовал с «ПроксиТерм». Заказчик не колебался и сразу согласился, потому что я гарантировал ему, что никаких дополнительных расходов он не понесёт ни по работе, ни по материалам: все расходы берут на себя компании «ПроксиТерм», [Conex Bänninger](#) и я. Так как обвязка отопительных контуров, котла и бойлера предполагалась нержавеющейкой [Conex Bänninger](#) «под пресс», то мы предварительно сделали «золотое» покрытие образцов трубы и фитингов, чтобы проверить, насколько стойким оно себя покажет во время процесса обжима фитинга и трубы клещами пресс-инструмента. Испытание прошло успешно, покрытие не деформировалось и не облупилось.

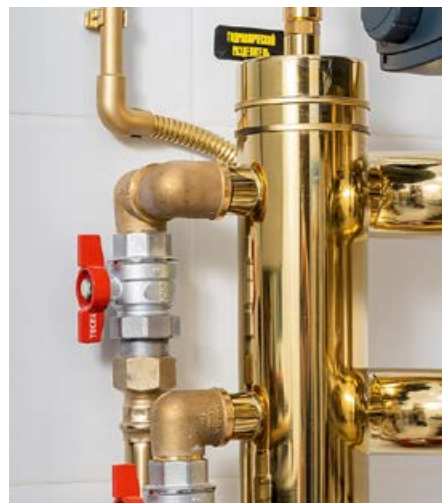
Применительно к данному проекту у нас уже была готовая идея компоновки оборудования, так как ранее имелся опыт работ на трёх подобных объектах. Здесь решили сделать то же самое. Однако был небольшой нюанс: поскольку у нас предполагались три группы потребителей (радиаторное отопление на первом и втором этажах, тёплый пол на первом этаже), то требовался распределительный коллектор на три выхода (предпочтение было отдано направленным вверх), совмещённый

с гидравлической стрелкой. В прямом исполнении данный элемент у нас не помещался, поэтому я принял решение сделать это изделие в угловом исполнении. Это мне стоило определённых усилий — убедить сделать именно монолитный элемент, а не отдельные два элемента (отдельно стрелку и отдельно коллектор). Я отправил на предприятие в Казань необходимые размеры (максимальную длину изделия с учётом компоновки), мне прислали чертёж, я его утвердил, и изготовители взяли его в работу.



Далее через определённое время я получил готовое изделие уже с нанесённым покрытием и укомплектованное насосно-смесительными группами (на 125 мм), запорной арматурой и крепежом. К этому времени мы уже установили часть оборудования (навесили котёл, установили коллекторные шкафы). После того, как на свои места встали крупные узлы котельной, мы приступили непосредственно к обвязке нержавеющейкой всех элементов оборудования. Также ещё в процессе работ заказчик попросил встроить в систему резервный электродкотёл.





### Сложности

Так как Уфа — далеко не центр сантехнического мира, мы постоянно сталкивались с отсутствием необходимых комплектующих в «жёлтом» цвете: латунные распределительные коллекторы РО и ТП (ждали полтора месяца), резьбовые фитинги (тройники, углы, ниппели, футорки, «американки»...). Некоторые позиции при нехватке в процессе сборки приходилось заказывать и ждать не меньше недели. Всё это было ещё связано с тем, что мы в своей работе стараемся использовать только качественные и проверенные нами (и, конечно, временем) комплектующие. Также в процессе сборки выяснилось, что где-то надо что-то подтачивать (например, ответные резьбовые гайки трубных хомутов, оставляя там буквально по два витка резьбы) и корректировать направление сборки из-за недостатка расстояния (например, отводящие трубы от групп проходят немного сзади и со смещением). Также была сложность в том, чтобы протащить трубы к резервному

электрическому котлу и обвязать его с газовым, поскольку по архитектуре котельной под газовым котлом у нас предполагался бойлер косвенного нагрева на 150 л, а сам газовый котёл находился к бойлеру достаточно близко (отверстие под дымоход было сделано задолго до старта описываемого проекта, и уже висел котёл от застройщика).



### Монтаж

После того, как была собрана вся котельная и система прошла проверку на правильность монтажа, мы разобрали все элементы, требующие «золочения»: хомуты, дистанционные втулки и шайбы, корпус магистрального фильтра, фитинги и трубы из нержавеющей стали, сняли все пластиковые и резиновые элементы. На запорную арматуру нанести «золотое» покрытие не представлялось возможным, поскольку нанесение нитрида титана проходит при высоких температурах и в вакууме, что может негативно сказаться на внутренних элементах крана (по крайней мере, мы так посчитали и не стали экспериментировать). Также в процессе сборки детали, которые планировалось разобрать и покрывать «золотом», мы собирали «насухо» без применения паковочных материалов. Далее элементы были подписаны, упакованы и отправлены в Казань. Изделия уже в «дорогом» исполнении мы ждали обратно почти месяц (возникли некоторые сложности на производстве, где находится установка по напылению нитрида титана, — в городе Йошкар-Ола). После получения «золотых» деталей почти два дня ушло на повторную сборку. Прошла проверка, и мы выполнили запрессовку всех соединений из нержавеющей стали. Суммарно монтаж занял 3–3,5 месяца, захватив почти всё лето 2020 года. В сентябре 2020-го мы запустили систему по временной схеме — только на тёплых полах, без электрики, на время.

Электрическая часть — проводка, свой щит, модуль расширения [Vaillant VR71](#), датчики (для групп и уличный), прокладка провода для комнатного пульта [Vaillant](#), ПВХ-трубки (и их «золочение») — была выполнена уже зимой 2021 года.

В сентябре 2021 года по всем радиаторам (после чистовой отделки) уже пошла вода, была подключена и настроена вся автоматика [Vaillant](#). Также мы установили и запустили систему водоочистки. ●

### Комплектация системы

Вид оборудования	Параметры и бренды
Теплогенерирующее оборудование	Настенный газовый котёл с закрытой камерой сгорания (31 кВт), электрический котёл (9 кВт), бойлер косвенного нагрева (150 л) — <a href="#">Vaillant</a>
Гидрострелка с коллектором	«ПроксиТерм»
Группы смешения	<a href="#">BRV</a>
Циркуляционные насосы с частотными преобразователями	<a href="#">Grundfos</a>
Запорная арматура, полимерные трубы и аксиальные фитинги (преимущественно бронза)	<a href="#">TECE</a>
Распределительные коллекторы РО и ТП из латуни	<a href="#">Danfoss</a>
Распределительные коллекторы из бронзы для водоснабжения	<a href="#">Oventrop</a>
Расширительные баки, сепаратор шлама	<a href="#">Flamco</a>
Магистральный фильтр	«Гейзер Тайфун» ВВ 20"
Резьбовые фитинги	<a href="#">Tiemme</a>



# ПЕРЕМЕНЫ НАЧИНАЮТСЯ ЗДЕСЬ

Подробности на сайте  
[www.danfoss.ru](http://www.danfoss.ru)

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

На правах рекламы.



## Некоторые решения для индивидуального учёта в системах отопления и водоснабжения МКД

Итальянский производитель — компания [Giacomini](#) — предлагает несколько типовых решений, применяемых для организации эффективных систем отопления и водоснабжения многоэтажных зданий на базе поквартирного учёта. Часть этих систем и решений разработана на основе требований типовых проектов зданий в России, а часть — является адаптацией опыта компании в Европе и других странах, который также начинает успешно реализовываться и в нашей стране.

В настоящее время наиболее распространённым решением в многоквартирных домах является организация горизонтальных систем отопления на базе распределительных (коллекторных) узлов с поквартирным учётом тепла. В ряде случаев также по горизонтальному принципу выполняется непосредственно и система водоснабжения, и тогда аналогичным образом требуется реализация распределительного узла водоснабжения, укомплектованного водосчётчиками.

На сегодняшний день компания [Giacomini](#) имеет более 250 модификаций подобных узлов фабричной готовности, что в совокупности с применением модульного принципа подбора даёт удобный инструмент для выбора конфигурации узла в соответствии с техническими параметрами проекта. Проектировщик может практически

независимо оперировать несколькими блоками, составляя требуемый узел. Перечислим их ниже:

- 1. Группа подключения узла к системе** (подъездному стояку), которая может отличаться по применяемой в её составе балансировочной арматуре и размеру — Ду20, Ду25 и Ду32.
- 2. Группа подключения к потребителям** (квартирам), которая также имеет различные типы, отличающиеся набором запорной и балансировочной арматуры, и различные варианты по размеру — Ду15 и Ду20.
- 3. Коллекторная планка с устройствами отвода воздуха и дренажа** — варианты включают в себя планки размером Ду32, Ду40 и Ду50 с количеством отводов от двух до 10, а в ряде случаев до 12 подключений квартир на один коллекторный узел.



❖ Этажные коллекторные узлы [GE550](#) и [GE553-B1](#), [-B2](#) и [-B3](#) для систем отопления

### Типовые распределительные узлы [Giacomini](#)

Применение типовых распределительных узлов [Giacomini](#) позволяет значительно упростить задачу проектирования и монтажа распределительных коллекторов в горизонтальных системах отопления и водоснабжения, обеспечить независимую регулировку по каждому контуру (квартире) и наладить индивидуальный учёт тепла и воды. Широкий ряд типов и модульный принцип подбора коллекторов позволит выбрать узел в соответствии с практически любым техническим требованием. Гамма типоразмеров от Ду20 до Ду50 и количество подключений от двух до 12 делает возможным применение распределительных узлов [Giacomini](#) на любом объекте жилого или общественного строительства. Базовый состав узла обеспечивает его функциональность при сохранении невысокой стоимости, а большой набор опций позволяет реализовать дополнительные функции в соответствии с требованием проекта.



## Обогрев животноводческой фермы светлыми излучателями

В статье проведён расчёт теплового баланса здания и необходимой мощности излучателей для каждой зоны здания с учётом нужной температуры. Определён КПД, который будет обеспечивать удовлетворительную работу излучателей. Получен вывод, что типовое водяное отопление радиаторами неэффективно, а также выявлена необходимость приспособить излучатели для работы на биогазе. Для создания комфортной температуры в здании содержания животных предлагается применить наиболее энергоэффективный источник отопления. Необходимо учесть особенности создания нужной температуры и размещения обогревателей, а также поправки на тепло, отдаваемое животными.

**Автор:** Н.О. ЕРМАКОВ, аспирант, Воронежский государственный технический университет (ВГТУ, г. Воронеж)



### Введение

В настоящее время сельскохозяйственная сфера в Российской Федерации активно развивается. В частности, животноводство является основным направлением, поскольку мясо — значимый и ценный продукт в рационе человека. Развитие данной отрасли зависит от многих факторов. Проявление генетического потенциала у сельскохозяйственных животных возможно лишь при создании оптимального с физиологической точки зрения микроклимата. При выборе систем обогрева сельскохозяйственных зданий необходимо руководствоваться принципами энергоэффективности.

На данный момент большая тепловая энергия получается из централизованных источников и только треть — из децентрализованных. И это при том, что зарубежный опыт показывает — децентрализованное газолучистое отопление является наиболее перспективным вариантом отопления большепролётных зданий, в том числе зданий сельскохозяйственной сферы для содержания животных. Меньшие капитальные вложения и сниженные эксплуатационные затраты позволяют утверждать, что при правильном расчёте гарантирован высокий уровень энергоэффективности. А применение светлых

излучателей, обладающих рядом положительных качеств, позволяет повысить продуктивность в исследуемой сельскохозяйственной ферме.

### Описание

Рассматриваемый строительный объект находится в сельскохозяйственном районе. Это частная ферма (рис. 1), построенная в 2010 году и предназначенная для жизнедеятельности восьми голов лошадей, а также 20 голов домашней овцы. Размеры в осях — 11 и 25 м. Наружные стены выполнены из газобетона с утеплителем, облицованы кирпичом. Фундамент — монолитная плита. Скатная кровля из стальной черепицы с утеплением. Окна ПВХ — 16 штук. Объект также оборудован двумя воротами.

Общая площадь объекта — 275 м<sup>2</sup>. Её предлагается разделить на три зоны с разной температурой: зона персонала — требуемая температура 18 °С; зона жизнедеятельности овец — 12 °С; зона жизнедеятельности лошадей — 8 °С.

На данный момент осуществляется типовое отопление водяными радиаторами до температуры во всём здании 18 °С. По приближённым расчётам количество энергии будет равно:

$$Q_{\text{общ}} = V34 = 1650 \times 34 = 56 \text{ кВт.} \quad (1)$$

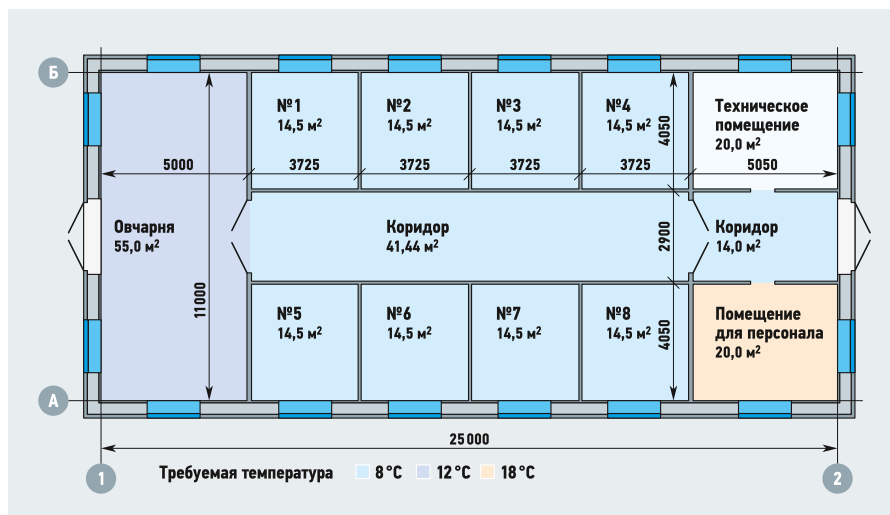


Рис. 1. План фермы с «легендой» температур

Для сокращения потерь энергии и устранения образования воздушной «подушки» под крышей предлагается установить светлые излучатели в каждой зоне с поддержанием требуемой температуры.

### Тепловой баланс

Необходимо установить тепловой баланс здания, который складывается из тепловой нагрузки здания. То есть это потоки тепла, выходящие из здания через ограждающие конструкции, и тепловые потоки, которые будут поступать от источника энергии.

Тепловая нагрузка:

$$Q_T = (Ak_{N1}\Delta t)_1 + (Ak_{N2}\Delta t)_2 + (Ak_{Ni}\Delta t)_n = \sum_{i=1}^n (Ak_{Ni}\Delta t), \quad (2)$$

где  $Q_T$  — номинальная трансмиссионная тепловая нагрузка, Вт;  $k_N$  — номинальный коэффициент теплопередачи, Вт/(К·м²);  $\Delta t$  — разность температур, К.

Для кровли и наружных стен проведён теплотехнический расчёт, исходя из которого можно определить коэффициент теплопередачи по формуле:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_H}}, \quad (3)$$

где  $\alpha_B$  и  $\alpha_H$  — коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ограждающих конструкций, соответственно, Вт/(м²·°C);  $\sum R_i$  — сумма коэффициентов сопротивления теплопередаче каждого слоя стены, м²·°C/Вт.

Тепловые потери для кровли и стен:

$$Q = Ak_N(t_i - t_a), \quad (4)$$

где  $t_i$  и  $t_a$  — внутренняя и внешняя температуры, соответственно, °C. Тепловые потери части здания, соприкасающийся с грунтом, рассчитываются следующим образом:

$$Q_e = Q_{al} + Q_{gw}, \quad (5)$$

где  $Q_e$  — теплотери помещения через поверхности, соприкасающиеся с грунтом, Вт;  $Q_{al}$  — теплотери вследствие поступления через грунт атмосферного воздуха, Вт:

$$Q_{al} = k_{aqal}U_{bal}(t_i - t_{al}); \quad (6)$$

$Q_{gw}$  — потери зданием тепловой энергии из-за грунтовых вод, Вт:

$$Q_{gw} = k_{aqgw}A(t_i - t_{gw}), \quad (7)$$

где  $k_{aqgw}$  и  $k_{aqal}$  — эквивалентный коэффициент теплопередачи для теплового потока к грунтовым водам, связанный с атмосферным воздухом, Вт/(м²·°C).

### Расчёт излучателей

Необходимо рассчитать мощность и количество светлых излучателей в соответствии с тепловой нагрузкой здания для каждой зоны отдельно.

В начале расчёта задаём параметр интенсивности излучения  $I_s$ . На основании этого параметра можно рассчитать заниженную внутреннюю температуру. Требуемая температура будет создана при помощи излучения:

$$t_1 = t_e - fI_s, \quad (8)$$

где  $t_e$  — воспринимаемая температура, °C;  $t_1$  — заниженная температура, °C;  $f$  — фактор 0,072;  $I_s$  — интенсивность излучения соответственно температуре воздуха, её величина принимается самостоятельно.



## Видит всё Думает за вас

Новый тепловизор testo 883  
Разработан специально для профессионалов в области энергоаудита зданий и превентивной диагностики

- **Лучшее качество изображения:** разрешение 320x240 пикселей (640x480 пикселей с функцией SuperResolution)
- **Автоматическое управление термограммами:** привязка изображения к правильному объекту измерения
- **Профессиональное документирование:** быстрое создание отчётов, профессиональное ПО
- Приложение **testo Thermography App**
- Внесен в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений

При температуре воздуха  $t_1$  рассчитываем общую отопительную нагрузку для помещения по формулам (4) и (5).

Класс теплоизоляции окон, ворот, освещения неизвестен, поэтому, чтобы рассчитанная отопительная нагрузка для данного помещения гарантировала достаточное отопление, были взяты самые низкие параметры изоляции.

Принятая кратность воздухообмена с учётом открывающихся двух ворот равна  $0,5 \text{ ч}^{-1}$ . Тогда отопительная нагрузка на вентиляцию составит:

$$Q_1 = \beta_{\min} V_r c \rho (t_1 - t_a), \quad (9)$$

где  $\beta_{\min}$  — минимальная кратность воздухообмена,  $\beta = V/V_r$ ,  $\text{ч}^{-1}$ ;  $V$  — объём потока атмосферного воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $V_r$  — объём помещения,  $\text{м}^3$ ;  $c$  — теплоёмкость воздуха, около  $1000 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ ;  $\rho$  — плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Общая отопительная нагрузка определится по формуле:

$$Q_N = Q_T + Q_1. \quad (10)$$

На примере зоны для лошадей сведём полученные данные в табл. 1.

Используя КПД можно рассчитать мощность:

$$N = \frac{Q_{N_{\text{здания}}}}{\eta_F}. \quad (11)$$

Проверка заданной интенсивности излучения:

$$I_s = \frac{N \eta_s}{A}. \quad (12)$$

Если заданная интенсивность излучения соответствует заданной, расчёт верен.

Интенсивность излучения от источника, оснащённого отражателем под углом выхода  $90^\circ$ , напрямую зависит от высоты подвешивания. Определим длину облучаемой поверхности [м]:

$$s = 2h. \quad (13)$$

При полученной высоте монтажа площадь должна быть полностью облучена.



Практика показывает, что интенсивность излучения уменьшается к внешней стороне облучаемой поверхности. Это можно устранить посредством установки нескольких излучателей низкой мощности вместо одного более мощного, причём требуется расположить их так, чтобы повышалась интенсивность излучения [кВт] при совместной работе:

$$I_s = I_o \cos(\beta). \quad (14)$$

Так как две поверхности не соединены общим источником излучения, они будут обмениваться излучением до тех пор, пока разность температур не будет равна  $0^\circ\text{C}$ . Необходимо выяснить величину потока тепла [Вт], перенесённого от излучателя к полу:

$$Q_{i,j} = C_{i,j} \Phi_{i,j} (t_{i4} - t_{j4}) A_i, \quad (15)$$

где  $\Phi_{i,j}$  — коэффициент облучения, принимаемый по методическим рекомендациям;  $C_{i,j}$  — приведённый коэффициент излучения,  $\text{Вт}/(\text{K}^4 \cdot \text{м}^2)$ .

Необходимо увеличить мощность излучателей на величину, равную обмену излучателя с полом, для выравнивания теплового баланса. Мощность составит:

$$N = \frac{Q_{N_{\text{здания}}}}{\eta_F} + Q_{i,j}. \quad (16)$$

Рассчитаем тепло, выделяемое животными, и скорректируем мощность:

$$Q_{\text{общ.ж}} = Q_{\text{ж}} n, \quad (17)$$

где  $Q_{\text{ж}}$  — тепло, выделяемое одним животным, его величина принимается по СП 106.13330.2012 «Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения»;  $n$  — число животных, шт.

Корректировка мощности излучателя:

$$N = \frac{Q_{N_{\text{здания}}}}{\eta_F} + Q_{i,j} - Q_{\text{общ.ж}}. \quad (18)$$

Итого общая мощность установок здания составит величину:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{18} + Q_{12} + Q_8 = 7,0 + 7,26 + 4,27 = 18,53 \text{ кВт}. \quad (19)$$

Разница между типовым водяным  $Q_{\text{в}}$  и локальным отоплением зон с помощью светлых излучателей  $Q_{\text{и}}$  составит:

$$Q_{\Delta} = Q_{\text{в}} - Q_{\text{и}} = 56 - 18,53 = 37,47 \text{ кВт}. \quad (20)$$

Наглядно видно, что разница — почти в три раза.

### Вывод

Развитие и процветание животноводческой отрасли тесно связано с внедрением новых технологий и оборудования, которые бы развивали отрасль. Условия, в которых содержатся животные (в частности, микроклимат), играют большую роль в обеспечении продуктивности и здоровья животных. Микроклимат — это обогрев, влажность, воздухообмен и другие показатели. Но именно правильный обогрев задаёт оптимальный набор параметров для комфортной жизнедеятельности.

Расчёт показал, что при отоплении типовой системой водяного отопления тратится 56 кВт. Вследствие особенностей большепролётных зданий под их крышей образуется воздушная «подушка», что приводит к снижению энергоэффективности системы почти в три раза в сравнении с вариантом со светлыми излучателями, которые обогревают до требуемой температуры определённые зоны.

Ввиду систематического повышения цен на газ и с учётом специфики хозяйственной деятельности, а также возможной экономической выгоды целесообразно рассмотреть варианты модернизации светлых излучателей для работы на альтернативных источниках энергии, например, биогазе. ●

### •• Расчёт отопительной нагрузки для помещения конюшни

табл. 1

Часть строения	Площадь $A$ , $\text{м}^2$	Коэффициент теплопроводности $k_N$ , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	Разность температур, $^\circ\text{C}$	Отопительная нагрузка, кВт
Кровля	200	0,44	28,256	1,989
Пол	172	—	2,256	0,146
Освещение	12	3,0	28,256	0,08
Стены	164	0,465	28,256	2,147
Ворота и окна 1,6×2,4 м	20	3,0	28,256	1,695
Отопительная нагрузка на тепловые потери ограждающих конструкций $Q_T$ , кВт				5,98
Объём помещения $V$ , $\text{м}^3$	Разность температур, $^\circ\text{C}$	Кратность воздухообмена $\beta$ , $\text{ч}^{-1}$	Потребность в тепловой энергии на вентиляцию, кВт	
1032	28,256	0,5	4,86	
Общая отопительная нагрузка $Q_N$ , кВт				10,846

- Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: теория и практика / Пер. с нем. — М.: Колос, 1982. 148 с.
- Богомолов А.И., Вигдорчик Д.Я., Маевский М.А. Газовые горелки инфракрасного излучения и их применение. — М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1967. 254 с.
- Кюблер Т. Инфракрасная отопительная техника больших помещений. — СПб.: Печатный двор, 2004. 224 с.
- Ермолаев А.Н. Повышение эффективности работы систем инфракрасного обогрева производственных зданий: дисс. канд. техн. наук по спец: 05.23.03. — Тюмень; Пенза: ПГАСУ, 2018. 191 с.
- Ермаков Н.О., Чуйкин С.В. Проблемы использования биогаза в светлых излучателях // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации, 2020. №3. С. 24–29.

# Распределение локальной асимметрии результирующей температуры по помещению

## Введение

Критериям комфортности пребывания людей в помещении посвящено не очень много статей в журналах, но они касаются самых разных вопросов. Рассматриваются современные тенденции развития систем обеспечения микроклимата помещений [1]. Внимание уделяется как самим критериям, так и нормированию уровней показателей теплового микроклимата в помещениях [2]. Интересно, что для женщин и мужчин комфортно несколько разные параметры окружающей среды помещения [3]. Важным считается необходимость поддержания требуемого микроклимата при решении задач энергосбережения [4]. Вызывает интерес влияние природы охлаждающих потоков в системе его охлаждения [5] на комфортность пребывания в помещении, а также радиационных потоков в теплообмене помещения [6]. Среди этих потоков выделяются потоки солнечной радиации [7]. Влияние параметров микроклимата на производительность труда считается важным экономическим фактором [8].

Изменением №1 в [СП 50.13330.2012](#) (далее [СП 50](#)) [9] повышены нормы сопротивлений теплопередаче окон для жилых домов, гостиниц и общежитий и общественных, административных и бытовых зданий, кроме лечебно-профилактических, дошкольных образовательных и общеобразовательных организаций, интернатов, в которых нормы теплозащиты окон оставлены на более низком старом уровне. Влияние температуры внутренней поверхности окон на радиационную температуру помещения рассматривалось и раньше [10].

Известно, что нормативные требования к температуре внутреннего воздуха являются начальными условиями для разработки проектных решений, проверяемых экспертизой проектов. Могут

**Такие показатели, как результирующая температура и локальная асимметрия результирующей температуры в центре помещения и на границах обслуживаемой зоны на различных высотах над полом, как правило, не проверяются**

проверяться также значения температуры внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций. А такие показатели, как результирующая температура и локальная асимметрия результирующей температуры в центре помещения и на границах обслуживаемой зоны на различных высотах над полом (нормы на которые приведены в [ГОСТ 30494](#) [11]), как правило, не проверяются. Несмотря на проверку этих показателей в статье для конкретных объектов, выводы, сделанные по результатам сравнения, имеют общий характер.

## Основной раздел

Целью настоящей статьи является проверка выполнения указанных норм в помещениях библиотеки с окном, сопротивление теплопередаче которого равно  $0,73 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , и школьного класса, в котором окно имеет сопротивление теплопередаче  $0,61 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , в городе Иркутске. Помещения относятся к одной и той же категории 2 по [ГОСТ 30494](#) [11]. При расчёте ограждающих конструкций групп зданий, указанных в табл. 3 [СП 50](#) [9] по позиции 2, температура внутреннего воздуха принимается по минимальному значению оптимальной температуры зданий, которая для принятых к рассмотрению помещений равна  $19 \text{ °C}$ . Расчётная температура наиболее холодной пятидневки в Иркутске по [СП 131.13330](#) (далее [СП 131](#)) [12] составляет  $-33 \text{ °C}$ . Градусо-сутки ото-

Рецензия эксперта на статью получена 30.08.2021 [The expert review of the article received on August 30, 2021].

УДК 628.8. Научная специальность: 05.23.03.

### Распределение локальной асимметрии результирующей температуры по помещению

Е. Г. Малявина, к.т.н., профессор; А. А. Фролова, к.т.н., доцент; С. С. Ландырев, аспирант, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, [Московский государственный строительный университет](#) (НИУ МГСУ)

Локальная асимметрия результирующей температуры нормируется ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». Однако проверки выполнения этой нормы микроклимата практически не ведётся. Исследование локальной асимметрии результирующей температуры для расчётного холодного периода в Иркутске показало, что при окнах размером 34,5% от фасада помещения нормы оптимального диапазона локальной асимметрии выполняются далеко не всегда.

**Ключевые слова:** сопротивление теплопередаче окна, радиационная температура, результирующая температура, локальная асимметрия результирующей температуры, обслуживаемая зона помещения, шаровой термометр, расчётное исследование.

UDC 628.8. Научная специальность: 05.23.03.

### Distribution the local asymmetry of the resultant temperature on the premise

E. G. Malyavina, PhD, Professor; A. A. Frolova, PhD, Associate Professor; S. S. Landyrev, postgraduate student, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [National Research Moscow State University of Civil Engineering](#) (MGSU)

Local asymmetry of the resultant temperature is standardized by GOST 30494–2011 “Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters”. However, there is practically no verification of the fulfillment of this microclimate norm. The study of the local asymmetry of the resultant temperature for the calculated cold period in Irkutsk showed that with windows measuring 34,5% of the facade of the room, the norms of the optimal range of local asymmetry are not always fulfilled.

**Key words:** resistance to heat transfer of a window, radiation temperature, resultant temperature, local asymmetry of the resultant temperature, serviced area of the room, ball thermometer, computational study.

пительного периода для выбранных объектов с учётом средней температуры наружного воздуха  $t_{от} = -7,6^{\circ}\text{C}$  и продолжительности  $z_{от} = 233$  сут/год отопительного периода, принимаемых по [СП 131](#), составляют ГСОП =  $6198^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ .

В этих расчётных условиях при сопротивлении теплопередаче наружных ограждающих конструкций, соответствующих требованиям табл. 3 [9], температура внутренней поверхности наружной стены равна  $16,01^{\circ}\text{C}$ , окна в библиотеке имеют температуру  $10,83^{\circ}\text{C}$ , в классе —  $9,2^{\circ}\text{C}$ . Отопительный прибор, размещённый под окном, при двухтрубной системе отопления в холодный расчётный период имеет температуру  $82,5^{\circ}\text{C}$ . Температуру всех остальных поверхностей, обращённых в помещение, считаем равной  $19^{\circ}\text{C}$ .

Конечно, в этой задаче важными являются размеры самих помещений и отдельных его ограждающих конструкций. Геометрия рядовых помещений промежуточных этажей для исследования была принята по реальному проекту читального зала библиотеки. Для класса принято такое же помещение, что и читальный зал, имея в виду, что в обоих помещениях высокие требования к естественному освещению, а класс может относиться не к обычной общеобразовательной школе, а, например, к школе искусств. Длина наружной стены между осями боковых перегородок равна 6 м, а глубина помещения от внутренней грани наружной стены до оси противоположной перегородки 5,4 м. Высота помещения в «чистоте» принята 3,3 м. Симметрично по ширине помещения расположено в наружной стене окно размером  $3,8 \times 1,8$  м при высоте низа окна от пола 1 м.

Площадь окна составляет 34,5% от общей площади вертикального наружного ограждения помещения. Также симметрично расположен в помещениях с водяной системой отопления отопительный прибор, фронтальная проекция которого во всех случаях равна  $1,6 \times 0,6$  м. Необходимо обратить внимание на то, что ширина отопительного прибора меньше ширины окна, поэтому часть окна не перекрыта отопительным прибором.

Представленная выше методика исследования применена к расчёту радиационной температуры и локальной асимметрии радиационной температуры в нескольких вариантах помещений читального зала и школьного класса. Радиационная температура является составной частью результирующей, поэтому результирующая при постоянной температуре внутреннего воздуха, равной  $19^{\circ}\text{C}$ , может быть вычислена как среднее ариф-



метическое значение температур воздуха и радиационной.

Для получения начального представления о том, в каких случаях выполняются требования [ГОСТ 30494](#) [11], были рассмотрены варианты помещений с сопротивлением теплопередаче наружной стены, отвечающей требованиям табл. 3 [9] и минимальным требованиям за счёт введения уменьшающего коэффициента к требуемому сопротивлению теплопередаче. Кроме того, рассмотрены различные варианты размеров окна. Важным оказалось рассмотрение вариантов с наличием отопительного прибора под окном (водяная система отопления) и его отсутствием (воздушная система отопления).

### При проектировании важно расчётным путём оценить возможность выполнения требований норм к радиационным параметрам микроклимата помещений

Задача определения результирующей температуры и локальной асимметрии результирующей температуры решалась расчётным путём. Выполнена расчётная имитация измерения шаровым термометром радиационной и результирующей температур. С помощью формул сферической геометрии [13] определяются коэффициенты облучённости с шарового термометра с полностью зачернённой поверхностью на все окружающие его поверхности, что помогает определить радиационную, а следом и результирующую температуру в интересующих нас точках помещения. Если одна половина шарового термометра имеет зеркальную поверхность, а другая половина поверхности шарового термометра зачернена, то разность двух результирующих температур в точке помещения, определённых таким шаровым термометром для двух противоположных

направлений, является локальной асимметрией результирующей температуры.

При проектировании важно расчётным путём оценить возможность выполнения требований норм к радиационным параметрам микроклимата помещений. Поэтому разработанный метод расчёта следует распространять в виде программы для персональных компьютеров.

[ГОСТ 30494](#) [11] требует измерений указанных параметров микроклимата, в том числе шаровым термометром, у которого одна половина шара имеет зеркальную поверхность, а другая — зачёрнённую поверхность. Однако не только в России, но и в Европе такие термометры приходится изготавливать кустарным способом, так как заводских изготовителей авторам статьи найти не удалось. Поэтому значимость расчётов локальной асимметрии результирующей температуры возрастает многократно.

Имитация измерений радиационной температуры шаровым термометром осуществлялась в точках, отстоящих от наружной стены и друг от друга на 0,5 м на расстояниях от пола 0,1; 0,6; 1,1 и 1,7 м, как это предписано в [ГОСТ 30494](#) [11] для сидящих и стоящих людей. В этих точках расчётом имитировано измерение локальной асимметрии радиационной температуры шаровым термометром, одна половина которого зачернена, а другая имеет зеркальную поверхность. Считалось, что температура внутреннего воздуха во всех точках помещения была постоянной и равнялась  $19^{\circ}\text{C}$ .

Симметрия помещений относительно плоскости, делящей помещение на две равные половины и проходящей от наружной стены до противоположной перегородки, позволяет рассматривать интересующие нас параметры на одной половине помещения. Так как основной зоной риска (при выполнении требований к результирующей температуре и локальной асимметрии результирующей температуры)



Укроти энергию  
тепла современными  
технологиями

*proteus* PLUS  
BLUE от E.C.A.



компактный



3 года  
гарантии



Тихий



Безвреден для  
экологии



КПД  
91%



14 систем  
безопасности

Представитель в РФ ООО «Вессен»,  
115230, г. Москва,  
Электролитный пр. 3, стр. 23  
+7 (499) 643 82 39, info@vessen.com  
www.vessenrussia.ru

[www.eca.com.tr](http://www.eca.com.tr)



В М Е С Т Е   Н А   Г О Д А

•• Радиационная температура и её локальная асимметрия на границе обслуживаемой зоны табл. 1

Высота над полом, м	Радиационная температура, °С						Локальная асимметрия радиационной температуры, °С					
	0,5*	1,0*	1,5*	2,0*	2,5*	3,0*	0,5*	1,0*	1,5*	2,0*	2,5*	3,0*
<b>Читальный зал библиотеки</b>												
<b>Водяное отопление</b>												
0,1	18,22	18,28	18,76	20,67	24,16	25,28	0,97	0,83	-0,13	-3,97	-10,97	-13,22
0,6	18,09	18,03	18,44	20,56	24,65	25,92	1,51	1,56	0,73	-3,51	-11,70	-14,23
1,1	17,95	17,64	17,52	18,19	19,33	19,79	1,85	2,43	2,64	1,28	-1,01	-1,92
1,7	17,86	17,33	16,79	16,74	16,88	16,95	2,10	3,12	4,17	4,25	3,97	3,82
<b>Воздушное отопление</b>												
0,1	17,97	17,84	17,77	17,73	17,70	17,70	1,32	1,55	1,70	1,79	1,83	1,85
0,6	17,87	17,61	17,43	17,33	17,29	17,28	1,84	2,28	2,62	2,79	2,87	2,89
1,1	17,77	17,31	16,84	16,65	16,58	16,57	2,14	3,00	3,90	4,25	4,37	4,40
1,7	17,72	17,11	16,44	16,18	16,10	16,08	2,30	3,47	4,78	5,28	5,43	5,47
<b>Школьный класс</b>												
<b>Водяное отопление</b>												
0,1	18,13	18,17	18,64	20,54	24,03	25,15	1,00	0,89	-0,05	-3,87	-10,86	-13,11
0,6	18,01	17,92	18,28	20,38	24,46	25,72	1,56	1,68	0,92	-3,29	-11,45	-13,98
1,1	17,87	17,45	17,21	17,84	18,96	19,41	1,94	2,70	3,14	1,87	-0,38	-1,28
1,7	17,76	17,09	16,37	16,25	16,37	16,44	2,22	3,51	4,92	5,13	4,89	4,75
<b>Воздушное отопление</b>												
0,1	17,95	17,81	17,72	17,67	17,64	17,63	1,37	1,63	1,80	1,90	1,96	1,97
0,6	17,83	17,54	17,32	17,20	17,15	17,13	1,92	2,43	2,84	3,07	3,16	3,19
1,1	17,71	17,15	16,55	16,31	16,23	16,21	2,26	3,31	4,46	4,92	5,07	5,11
1,7	17,64	16,89	16,03	15,70	15,60	15,57	2,46	3,91	5,60	6,24	6,44	6,48

\* Величина расстояния от левой перегородки, м.

является граница обслуживаемой зоны напротив окна, в табл. 1 приведены значения радиационной температуры и локальной асимметрии радиационной температуры на расстоянии 0,5 м от наружной стены рядовых рассматриваемых помещений. В соответствии с ГОСТ 30494 [11] для рассматриваемых помещений оптимальный диапазон результирующей температуры лежит в пределах 18–20 °С, а допустимый — 17–22 °С.

Из рассмотрения табл. 1 следует, что при учёте температуры внутреннего воздуха на уровне 19 °С наименьшее значение результирующей температуры при водяной системе отопления равно  $(16,25 + 19)/2 = 17,6$  °С, а при воздушной составляет  $(15,57 + 19)/2 = 17,3$  °С. То есть в приведённом примере при водяной системе отопления и увеличенном сопротивлении теплопередаче окна минимальная результирующая температура на границе обслуживаемой зоны в расчётный зимний период всего на 0,13 °С «не дотягивает» до минимального значения в оптимальном диапазоне температур, а при окне со старым сопротивлением теплопередаче она на 0,4 °С меньше этого значения. При воздушной системе отопления даже при окнах с увеличенным сопротивлением теплопередаче температура почти на 0,5 °С не достаёт до минимального

уровня оптимального диапазона, а при старых окнах — на 0,7 °С.

Что касается допустимых значений результирующей температуры, то при любом окне и при любой системе отопления минимальная результирующая температура выше минимального допустимого значения 17 °С.

### **Значения локальной асимметрии радиационной температуры свидетельствуют о том, что при наличии отопительного прибора под окном охлаждающее влияние окна нивелируется влиянием тёплого излучения от отопительного прибора**

Табл. 1 также показывает, что и при водяном, и при воздушном отоплении радиационная, а значит и результирующая температура увеличивается от точек на высоте 1,7 м от пола к точкам на высоте 0,1 м. Объясняется это тем, что на высоте 1,7 м от пола радиационная температура в основном формируется тепловыми потоками от окна со значительно более низкой температурой внутренней поверхности, чем у наружной стены с более высокой температурой внутренней поверх-

ности, тепловыми потоками от которой радиационная температура формируется на более близких к полу уровнях.

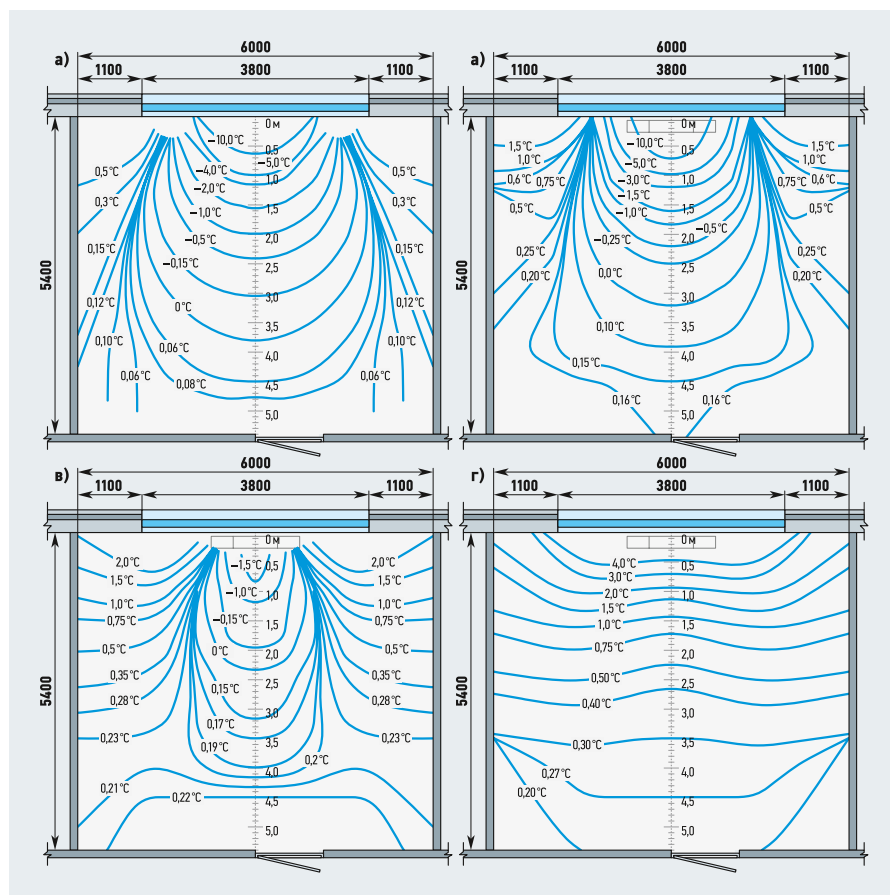
Значения локальной асимметрии радиационной температуры свидетельствуют о том, что при наличии отопительного прибора под окном охлаждающее влияние окна нивелируется влиянием тёплого излучения от отопительного прибора. При этом в помещении с более высоким сопротивлением теплопередаче значение локальной асимметрии результирующей температуры, которое равно ½ значения этого параметра для радиационной температуры, приведённого в табл. 1, укладывается в допустимые нормы и при водяном, и при воздушном отоплении. Что касается оптимальных норм, то в этом помещении при водяном отоплении на границе обслуживаемой зоны они выполняются, а при воздушном отоплении превышаются не более чем на 0,23 °С.

Радиационные тепловые потоки от отопительного прибора существенно увеличивают значения локальной асимметрии результирующей температуры. Знак «-» перед значением этого параметра свидетельствует о большем значении температуры со стороны отопительного прибора, чем из глубины помещения. Если на высоте 1,7 и 1,1 м влияние окна не позволяет значительно повысить результирующую температуру, то на высотах 0,6 и 0,1 м от пола её значения значительно превышают не только оптимальные (на 4,6 °С), но и допустимые (на 3,6 °С). Причём при более теплозащищённых окнах превышение значений локальной асимметрии результирующей температуры немного выше, чем при старых.

На рис. 1 представлены изолинии локальной асимметрии радиационной температуры в читальном зале с водяным отоплением с указанием её значений.

Данный рисунок указывает на быстрое снижение значений локальной асимметрии радиационной температуры по мере продвижения в глубь помещения. На рисунке хорошо просматриваются зоны влияния окна на высоте 1,7 м от пола, совместного влияния окна и отопительного прибора на высоте 1,1 м от пола и преимущественного влияния отопительного прибора на высотах 0,6 и 0,1 м от пола. Кроме того, хорошо видны зоны преимущественного влияния наружной стены вблизи поперечных перегородок в помещении, где значения локальной асимметрии радиационной температуры почти не меняются с высотой над полом.

Явно прослеживается влияние отопительного прибора, особенно напротив него на высотах 0,6 и 0,1 м от пола.



● ● ● **Рис. 1.** Распределение асимметрии радиационной температуры по плану читального зала (на высоте от пола: а — 0,1 м, б — 0,6 м, в — 1,1 м; г — 1,7 м)

В расчётный зимний период результирующая температура в упомянутых точках на 2,5°C выше максимальной температуры оптимального диапазона и на 0,5°C выше максимального значения допустимого. То есть нормы результирующей температуры на высотах 0,6 и 0,1 м от пола напротив отопительных приборов превышены.

При воздушном отоплении в школьном классе оптимальные нормы локальной асимметрии результирующей температуры превышаются на 0,75°C. А вот допустимые нормы удовлетворены.

Влияние увеличения сопротивления теплопередаче наружной стены до норм табл. 3 СП 50 [9] 3,06 м<sup>2</sup>·°C/Вт и температуры внутренней поверхности стены до 17,05°C при водяном отоплении незначительно сильнее проявилось в зонах с наибольшим радиационным влиянием стены, а не окна и отопительного прибора, то есть она повысилась вблизи боковых перегородок на 0,42°C и ниже окна у отопительного прибора на 0,31–0,49°C. В зоне преимущественного влияния окна, то есть на высоте 1,7 м от пола, радиационная температура повысилась на 0,34–0,4°C, следовательно, результирующая будет выше на 0,17–0,2°C. Что касается локальной асимметрии радиационной температуры, то её максимальные значения снижаются на 0,1–0,5°C. Большие значения этого снижения относятся к зоне преимущественного влияния наружной

стены, а меньшие — окна. При воздушном отоплении читального зала и школьного класса замена стены с сопротивлением теплопередаче по минимальным нормам на стену, отвечающую базовым требованиям теплозащиты, в приведённых условиях радиационная температура повышается, а локальная асимметрия снижается примерно на ту же величину.

### Заключение

Разработанный метод расчёта радиационной температуры и локальной асимметрии радиационной температуры в различных точках помещения позволяет на стадии проектирования оценивать выполнение требований действующих норм к результирующей температуре и локальной асимметрии результирующей температуры. Показано распространение метода среди проектных организаций.

В связи с тем, что выполнение оптимальных и допустимых норм к указанным параметрам внутренней среды зависит от сопротивления теплопередаче окна, его размеров и температуры наружного воздуха в расчётный холодный период, желательно выполнить специальное исследование для выяснения ситуаций, когда требования норм не могут быть выполнены по объективным причинам.

Выполнено расчётное исследование распределения результирующей температуры и локальной асимметрии резуль-

тирующей температуры по плану помещений в городе Иркутске на различных высотах от пола при доле остекления фасада 34,5%. При этом рассматривались помещения жилых и общественных зданий с окнами, для которых увеличены теплотехнические нормы сопротивления теплопередаче, и помещения лечебно-профилактических, дошкольных образовательных и общеобразовательных организаций, интернатов с окнами, требования к теплозащите которых оставлены на прежнем уровне.

Исследование показало, что для кондиционируемых помещений в расчётных наружных условиях для холодного периода года нормы оптимального диапазона результирующей температуры, при увеличенном сопротивлении теплопередаче на границе обслуживаемой зоны, выполняются только при установленной водяной системе отопления (когда имеются отопительные приборы под окнами). Однако при наличии воздушной системы отопления и при любой системе в помещениях с окнами требования к локальной асимметрии результирующей температуры на границе обслуживаемой зоны по старым нормам не выполняются. ●

1. Бурков А.И., Ивашкин В.С. Современные тенденции развития систем обеспечения микроклимата общественных зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика, 2020. Т. 1. С. 139–144.
2. Мора Р., Беан Р. Тепловой комфорт в помещении // АВОК, 2019. №6. С. 48–53.
3. Олесен Б.В. Тепловой комфорт для мужчин и женщин — почувствуйте разницу // АВОК, 2016. №2. С. 28–35.
4. Олесен Б.В. Параметры микроклимата при проектировании инженерных систем и оценке энергоэффективности здания // АВОК, 2015. №3. С. 16–23.
5. Косонен Р., Мустакаллио П., Болашиков Ж., Костов К., Коленчикова С., Меликов А. Влияние лучистых и конвективных систем охлаждения воздуха на состояние теплового комфорта в помещении // АВОК, 2014. №6. С. 60–71.
6. Naboni Em., Meloni M., Coccolo S., Kämpf Jé., Scartezini J.-L. An overview of simulation tools for predicting the mean radiant temperature in an outdoor space. Energy Procedia. 2017. Vol. 122. Pp. 1111–1116.
7. Середа С.Н. Влияние инсоляции на микроклимат помещений // Международный научно-исследовательский журнал, 2021. №5. С. 93–98.
8. Вион Д.П., Варголки П. Влияние микроклимата помещений на производительность труда // АВОК, 2015. №7. С. 44–51.
9. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализ. версия СНиП 23-02–2003 (с Изм. №1). — М.: Стандартинформ, 2018.
10. Колычкова А.С., Анненкова О.С. Комфортность помещений со светопрозрачными ограждающими конструкциями в зимнее время // Ползуновский альманах, 2017. №4. С. 85–88.
11. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. — М.: Стандартинформ, 2019.
12. СП 131.13330.2018. Строительная климатология. Актуализ. версия СНиП 23-01–99\*. — М.: Стандартинформ, 2019.
13. Малявина Е.Г., Барсукова М.А. Разработка методики расчёта локальной асимметрии радиационной температуры // Научное обозрение, 2015. №8. С. 38–41.

References — see page 78.



## Оценка доли негодных теплосчётчиков и комплектующих по результатам поверки

В соответствии с нормативными требованиями теплосчётчики и их комплектующие (тепловычислитель, преобразователи расхода, температуры, давления) должны проходить периодическую поверку [1–3]. Межповерочный интервал теплосчётчика определяется межповерочными интервалами его элементов, которые устанавливаются органами Росстандарта и составляют от одного до четырёх лет.

Негодными к применению признаются средства измерений, не прошедшие поверку, а результаты их измерений считаются недействительными и в коммерческих расчётах не используются. По количеству негодных по результатам периодической поверки средств теплосчётчиков и их элементов можно судить о качестве, а также о надёжности и достоверности приборов учёта [4–6].

Теплосчётчик представляет собой последовательное соединение элементов, поэтому выход из строя любого из элементов вызывает негодность всего измерительного комплекта. Количество тепловой энергии определяется по результатам косвенных измерений независимых друг от друга расходов, температур и давлений [8]. Расчёт доли негодных измерительных комплектов проводился по формулам, принятым по рекомендациям [4, 7], по средневзвешенным долям негодных теплосчётчиков  $P_{\text{ТВ}}$ , преобразователей расхода  $P_{\text{Р}}$ , температуры  $P_{\text{Т}}$  и давления  $P_{\text{Д}}$ .

Актуальность проблемы достоверности результатов коммерческого учёта тепловой энергии и их использования в автоматизированных системах сбора и анализа параметров систем теплоснабжения обусловлена подготовкой ГОСТ Р «Автоматизация учёта и управления энергоресурсами в МКД. Приборы учёта тепловой энергии и измерительные системы на их основе. Управление жизненным циклом и процессами учёта» [8].

**Теплосчётчик представляет собой последовательное соединение элементов, поэтому выход из строя любого из элементов вызывает негодность всего измерительного комплекта. Количество тепловой энергии определяется по результатам косвенных измерений независимых друг от друга расходов, температур и давлений**

Цель работы — метрологический анализ доли негодных теплосчётчиков по средневзвешенным долям их комплектующих элементов (тепловычислителей, преобразователей расхода, температуры и давления) по результатам периодической поверки комплектующих в период с 2004 по 2017 годы.

Рецензия эксперта на статью получена 14.10.2021 [The expert review of the article received on October 14, 2021].

УДК 681.125:697.347. Научная специальность: 05.23.03.

### Оценка доли негодных теплосчётчиков и комплектующих по результатам поверки

**В. И. Немченко**, к.т.н., доцент, кафедра «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов»; **М. В. Посашков**, к.т.н., доцент, кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция», Самарский государственный технический университет (СамГТУ, г. Самара)

Проведён метрологический анализ негодных теплосчётчиков по средневзвешенным долям их комплектующих элементов (тепловычислителей, преобразователей расхода, температуры и давления) по результатам периодической поверки комплектующих за 12 лет наблюдений. Представлена методика оценки годности измерительных комплектов.

**Ключевые слова:** теплосчётчик; теплоноситель; вода; преобразователи расхода, температуры, давления; периодическая поверка; доля негодных приборов.

UDC 681.125:697.347. Scientific specialty number: 05.23.03.

### Assessment of the proportion of unusable heat meters and components based on the results of verification

**V. I. Nemchenko**, PhD, Associate Professor, the Department of Management and System Analysis of Thermal Power and Social Engineering Complexes (MSA of TPSEC); **M. V. Posashkov**, PhD, Associate Professor, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [Samara State Technical University](#)

A metrological analysis of unsuitable heat meters was carried out according to the weighted average shares of their component elements (heat calculators, flow, temperature and pressure transducers) based on the results of periodic verification of components over 12 years of observation. A method for assessing the suitability of measuring kits is presented.

**Key words:** heat meter; coolant; water; flow, temperature, pressure converters; periodic verification; the proportion of unsuitable devices.

Данные исследования включали в себя статистические данные и результаты их обработки периодической покомпонентной поверки теплосчётчиков в период с 2004 по 2017 годы в метрологическом центре компании ЗАО «Предприятие тепловых сетей» и ФБУ «Самарский ЦСМ» (город Самара) [4, 5].

### Технологические схемы теплоснабжения и состав теплосчётчиков

Конфигурация и состав комплектующих теплосчётчика зависит от технологической схемы теплоснабжения, на которой действует прибор. Рекомендации по организации учёта для основных технологических схем сформулированы в правилах [2, 3] и представлены в табл. 1. В Самаре применяются все перечисленные в табл. 1 группы теплосчётчиков [9]. В состав теплосчётчика, в зависимости от группы, может входить от четырёх до девяти комплектующих (элементов). Такая комплектация теплосчётчиков позволяет прово-



дить покомпонентную поверку по зарегистрированным методикам. Основные технологические группы и состав комплектующих теплосчётчиков также приведены в табл. 1.

Состав номенклатуры теплосчётчиков, которые применялись в 2004–2005 и 2016–2017 годах, отражён в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что за 12 лет типовой состав теплосчётчиков практически не изменился. Применяются современные модификации теплосчётчиков традиционных для Самары производителей: АО «НПФ «Логика», АО «Теплоком», ГК «Взлёт», ОАО «ТБН Энергосервис», АО «Асвега-Инжиниринг» (Asweга, Эстония). Табл. 2 показывает, что наиболее широко применяются теплосчётчики АО «Теплоком» (ВКТ-5 и ВКТ-7) и ГК «Взлёт» (ТСРВ-022, ТСРВ-023 и ТСРВ-024).

### Сравнение результатов покомпонентной поверки

Определение доли негодных приборов проводилось по выражению:

$$P_i = \frac{n_{in}}{N_i}; P_i\% = P_i 100\%, \quad (1)$$

где  $P_i$  — доля негодных  $i$ -х приборов, выраженная в процентах;  $N_i$  — общее количество  $i$ -х приборов, шт.;  $n_{in}$  — количество негодных  $i$ -х приборов, шт.

Технологические группы и состав комплектующих теплосчётчика

табл. 1

№	Название группы теплосчётчиков	Технологическая схема теплоснабжения	Состав комплектующих теплосчётчика
1	Однопоточные (квартирные)	Закрытые зависимые системы отопления с нагрузкой менее 0,1 Гкал/ч	Тепловычислитель, преобразователь расхода и два термопреобразователя
2	Двухпоточные	Закрытые независимые системы отопления с контролем расхода в подпиточном трубопроводе; закрытые зависимые системы отопления с дополнительным контролем расхода в обратном трубопроводе; учёт на границе смежных тепловых сетей	Тепловычислитель, два преобразователя расхода, два термопреобразователя и два преобразователя давления
3	Трёхпоточные	Закрытые независимые системы отопления с контролем расхода в подпиточном трубопроводе и с дополнительным контролем расхода в обратном трубопроводе; открытые зависимые системы отопления с тупиковой схемой ГВС; потребители отопления и ГВС от ЦТП	Тепловычислитель, три преобразователя расхода, три термопреобразователя и три преобразователя давления
4	Четырёхпоточные	Открытые зависимые системы отопления с циркуляционной схемой ГВС; открытые независимые системы отопления с контролем расхода в подпиточном трубопроводе с тупиковой схемой ГВС; потребители отопления и ГВС от ЦТП с контролем расхода в обратном трубопроводе	Тепловычислитель, четыре преобразователя расхода, четыре термопреобразователя и четыре преобразователя давления

Сравнение номенклатуры и доля негодных тепловычислителей

табл. 2

Наименование, тип прибора	Количество приборов, поступивших на поверку в период			
	2004–2005 годы		2016–2017 годы	
	Всего, шт.	Негодных, %	Всего, шт.	Негодных, %
MT 200 DS	24	58,33	12	33,33
Supercal	11	0	13	23,07
КМ5-4	2	0	11	54,54
ВКТ-5, ВКТ-7	59	11,86	109	14,67
ТСРВ-022, ТСРВ-023, ТСРВ-024	26	38,46	124	21,77
СПТ 961, СПТ 941, СПТ 942	20	10,0	84	38,09

Сравнение номенклатуры и доля негодных преобразователей расхода

табл. 3

Наименование, тип прибора	Количество приборов, поступивших на поверку в период			
	2004–2005 годы		2016–2017 годы	
	Всего, шт.	Негодных, %	Всего, шт.	Негодных, %
Тахометрические ВСТ, ВСКМ, ВМГ, ОСВ	161	24,84	285	23,15
Вихревые ВЭПС	19	10,52	30	20,0
Электромагнитные «Взлёт ЭР», ПРЭМ, ИР-45	154	14,28	220	15,0
Ультразвуковые СУР-97, «Прамер-510», УПР, «Взлёт» МР, UFEC, UFM-500	151	9,27	125	14,4

### Анализ номенклатуры преобразователей расхода проводился по группам, образованным в соответствии с методами измерений. Преобразователи расхода, поверка которых проводилась беспроточными способами, при анализе не учитывались

Количественные показатели характеризуют только число приборов, прошедших поверку в той или иной организации.

Из табл. 2 видно, что доля негодных тепловычислителей СПТ всех модификаций увеличилась с 10 до 38,02%; доля негодных тепловычислителей Supercal возросла с 0 до 23,07%; доля негодных тепловычислителей ВКТ-5, ВКТ-7 практически не изменилась; доля негодных тепловычислителей «Взлёт» МТ 200 DS снизилась с 60 до 33%, а «Взлёт» ТСРВ всех модификаций снизилась с 38,46 до 21,77%. Большую величину неисправных КМ5-4 можно объяснить специфической методикой поверки, когда вычислитель поверяется в комплекте с двумя преобразователями расхода. В целом доля негодных тепловычислителей в 2004–2005 годах составляла до 60%, а в 2016–2017-х — от 15 до 33%.

Анализ номенклатуры преобразователей расхода проводился по группам, образованным в соответствии с методами измерений. При этом преобразователи расхода, поверка которых проводилась беспроточными способами, при анализе не учитывались. Результаты анализа представлены в табл. 3.



Существенно увеличилось применение групп тахометрических и электромагнитных преобразователей расхода, незначительно увеличилось применение группы вихревых и снизилось использование группы ультразвуковых. В целом доля негодных преобразователей расхода в 2004–2005 годах составляла от 9 до 25 %, а в 2016–2017-х — от 14 до 23 %.

**Для выявления неисправностей и повышения достоверности показаний является обязательной установка на ИТП дублирующих показывающих термометров и манометров. Оценка исправности преобразователей расхода в подающем и обратном трубопроводах можно проводить методом сравнения показаний среднесуточных значений количества с допустимым расхождением результатов ± 2 %**

В составе теплосчётчиков наиболее часто применяются комплекты термопреобразователей сопротивления платиновых для измерения разности температур КТСПР, а для измерения температуры в трёхпоточных теплосчётчиках дополнительно используются термометры сопротивления ТСП и Pt500. Сравнение номенклатуры преобразователей температуры в 2004–2005 и 2016–2017 годах представлено в табл. 4. В целом доля негодных преобразователей температуры в 2004–2005 годах составляла от 0 до 21 %, а в 2016–2017-х — от 0 до 27 %.

Применение преобразователей давления в схемах организации учёта предусмотрено правилами учёта [2, 3].

Снизился объём использования конструктивно сложных преобразователей «Метран» и «Сапфир» в пользу более простых — ПДВХ-1-02, ИД, КРТ. В целом доля негодных преобразователей давления в 2004–2005 годах составляла от 20 до 90 %, а в 2016–2017-х — от 0 до 39 %.

#### Анализ метрологической годности теплосчётчика

Средневзвешенные доли негодных компонент теплосчётчика определялись в относительных единицах и в процентах:

$$P_{ij} = \frac{(P_{i1}N_{i1}) + (P_{i2}N_{i2}) + \dots + (P_{im}N_{im})}{N_{i1} + N_{i2} + \dots + N_{im}};$$

$$P_{ij\%} = P_{ij} \cdot 100\%.$$
 (2)

В правилах учёта 1995 года [2] указывалось, что преобразователи избыточно-

го давления применяются при тепловой нагрузке более 0,5 Гкал/ч. Действующие правила учёта 2013 года [3] предполагают обязательную установку преобразователей давления на объектах коммерческого учёта с нагрузкой более 0,1 Гкал/ч.

Результаты оценки доли негодных измерительных комплектов для всех групп по данным работ [3, 5] и данным табл. 6 представлены в табл. 7. По результатам можно сделать вывод, что доля негодных соответствующих комплектов увеличивается с увеличением числа преобразователей, входящих в теплосчётчик. Для средневзвешенных долей негодных преобразователей в 2016–2017 годах оценки негодных измерительных комплектов составляли от 0,3522 до 0,672.

Для выявления неисправностей и повышения достоверности показаний является обязательной установка на ИТП дублирующих показывающих термометров и манометров. А также комплектация сильфонных отводов трёхходовыми кранами типа КТНМ со штуцером под контрольный манометр.

Оценку исправности преобразователей расхода в подающем и обратном трубопроводах можно проводить методом сравнения показаний среднесуточных значений количества с допустимым расхождением результатов ± 2 %.

Обязать основные теплоснабжающие организации размещать на сайте среднесуточные значения температуры исходной холодной воды, температуры наружного воздуха, температур и давления в подающем и обратном трубопроводах по каждой магистрали.

•• Сравнение номенклатуры и доля негодных преобразователей температуры табл. 4

Наименование, тип прибора	Количество приборов, поступивших на поверку в период		Количество приборов, поступивших на поверку в период	
	2004–2005 годы		2016–2017 годы	
	Всего, шт.	Негодных, %	Всего, шт.	Негодных, %
Термометр сопротивления Pt500	37	0	48	0
Термометр сопротивления ТСП	79	21,51	73	27,39
Термометр сопротивления КТСПР	6	0	23	4,34
Термометр сопротивления КТПТР	293	1,02	240	10,0

•• Сравнение номенклатуры и доля негодных преобразователей давления табл. 5

Наименование, тип прибора	Количество приборов, поступивших на поверку в период		Количество приборов, поступивших на поверку в период	
	2004–2005 годы		2016–2017 годы	
	Всего, шт.	Негодных, %	Всего, шт.	Негодных, %
«Метран», все модификации	53	37,73	32	37,5
«Сапфир», все модификации	31	90,32	12	25,0
ПДТВХ-1-02	0	0	170	15,88
«ОВЕН-100»	0	0	50	26,0
ИД	0	0	120	20,83
МТ-100	5	20,0	18	27,77
КРТ	24	20,83	135	25,18



☞ Средневзвешенные доли негодных комплектующих теплосчётчика

табл. 6

№	Наименование комплектующих	2004–2005 годы	2016–2017 годы
1	Тепловычислители $P_{ТВ}$	0,2323	0,2489
2	Преобразователи расхода $P_P$	0,1607	0,1863
3	Преобразователи температуры $P_T$	0,0481	0,1171
4	Преобразователи избыточного давления $P_D$	0,4916	0,2215

☞ Доли негодных измерительных комплектов для различных групп теплосчётчиков

табл. 7

№	Группы теплосчётчиков	Расчётная формула и доля негодных комплектов	
		2004–2005 годы	2016–2017 годы
1	Однопоточные	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + P_P^2 + 2P_T^2} = 0,2907$	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + P_P^2 + 2P_T^2} = 0,3522$
2	Двухпоточные, нагрузка до 0,5 Гкал/ч	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_P^2 + 2P_T^2} = 0,3322$	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_P^2 + 2P_T^2 + 2P_D^2} = 0,5068$
3	Двухпоточные, нагрузка более 0,5 Гкал/ч	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_P^2 + 2P_T^2 + 2P_D^2} = 0,7705$	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 2P_P^2 + 2P_T^2 + 2P_D^2} = 0,5068$
4	Трёхпоточные	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 3P_P^2 + 3P_T^2 + 3P_D^2} = 0,9292$	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 3P_P^2 + 3P_T^2 + 3P_D^2} = 0,5653$
5	Четырёхпоточные	Не производились и не устанавливались	$\sqrt{P_{ТВ}^2 + 4P_P^2 + 4P_T^2 + 4P_D^2} = 0,6722$



## Выводы

1. Рассмотренная методика и результаты оценки негодности теплосчётчика в ходе периодической поверки следует рассматривать как укрупнённый показатель надёжности прибора и достоверности результатов измерений.
2. Полученные результаты не носят коммерческий характер и актуальны для современных модификаций теплосчётчиков традиционных для города Самары производителей.

## Анализ результатов периодической поверки позволяет с метрологической точки зрения более обоснованно формировать перечень рекомендуемых приборов учёта

3. Снижение доли негодных теплосчётчиков возможно путём выбора комплектующих с наименьшей долей негодности уже на стадии проектирования и комплектации узла учёта тепловой энергии.
4. Анализ результатов периодической поверки позволяет с метрологической точки зрения более обоснованно формировать перечень рекомендуемых приборов учёта.
5. Полученные результаты могут быть использованы при разработке стандартов по теплоснабжению, а также при прогнозировании затрат на метрологическое и текущее обслуживание действующих систем учёта тепловой энергии. ●

1. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 11.06.2008 №102-ФЗ (посл. ред.).
2. Правила учёта тепловой энергии и теплоносителя: Приказ Министерства топлива и энергетики РФ от 12.09.1995 №ВК-4936 (утратил силу с 25.01.2015 на основании Приказа Минэнерго России от 27.11.2014 №871).
3. Правила коммерческого учёта тепловой энергии, теплоносителя: Постановление Правительства РФ от 18.11.2013 №1034-ПП (посл. ред.).
4. Немченко В.И., Желтухин А.А., Карпиков О.А. Оценка надёжности систем коммерческого учёта тепловой энергии по результатам поверки / Повышение эффективности зданий и сооружений: Межвуз. сб. науч. трудов. Вып. 4. — Самара: СГАСУ, 2009.
5. Немченко В.И., Зубков Д.Н. Системный анализ приборов коммерческого учёта тепловой энергии по результатам периодической поверки / Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий: Сб. трудов IV Межд. науч.-практ. конф. (5–11.04.2018). — М.: НИЯУ МИФИ, 2018. С. 221–226.
6. Немченко В.И., Посашков М.В., Крайнов О.К., Бодягин А.А., Зубков Д.Н. Сравнительный анализ приборного парка коммерческого учёта тепловой энергии в Самаре // Градостроительство и архитектура, 2019. №1. С. 25–32.
7. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. — М.: Энергия, 1978. 704 с.
8. Немченко В.И. Системный анализ регулирования тепловой нагрузки и повышение эффективности теплоснабжения микрорайона г. Самара // Вестник СамГТУ. Серия: Технические науки, 2010. №7. С. 172–179.

References — see page 78.



## Самодренируемые гелиоустановки: защита от гидравлических ударов\*

Рецензия эксперта на статью получена 15.09.2021 [The expert review on the article received on September 15, 2021].

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства по инновационным технологиям Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта БВ-М-ФЗ-003 и прикладного гранта ФА-Атех-2018-421.

Одним из перспективных направлений совершенствования водяных систем солнечного теплоснабжения в странах, характеризующихся отрицательными значениями температуры наружного воздуха зимой и высокими положительными летом, является применение в них самодренируемых гелиоустановок (СДГ) с опорожнением солнечных коллекторов (СК) при остановке циркуляционных насосов [1, 2]. Данное техническое решение позволяет избежать механической поломки СК в зимний период года из-за замерзания в нём воды ночью при отсутствии солнечной радиации, а в летний период года — к её вскипанию и повышению давления водяных паров выше допустимых значений днём при аварийной остановке циркуляционных насосов. Благодаря своей простоте и многочисленным преимуществам по сравнению с другими типами солнечных водонагревателей СДГ нашли широкое применение на практике [3, 5–8].

Штатный режим работы СДГ связан с приходом солнечной радиации и предусматривает ежедневный пуск и остановку циркуляционных насосов гелиоконтур в утренние и вечерние часы. Каждое такое

заполнение и дренирование СК может сопровождаться гидравлическими ударами (ГУ) в трубопроводах гелиоконтур вследствие резкого изменения скорости движения теплоносителя [2, 3].

Широко известные в технике традиционные способы защиты от гидроударов, применяемые, например, в системах водоснабжения [4, 9–12], основанные на гашении ГУ, рассчитаны на сравнительно редкие случаи аварийной остановки и запуска насосов при отключении подачи электроэнергии и не являются энергоэффективными решениями для СДГ с ежедневным штатным пуском и остановкой насосов. Поэтому для СДГ известны также оригинальные технические решения [2], исключающие ГУ за счёт применения специальных клапанов с электроприводом. Однако работоспособность таких систем зависит от надёжности электроснабжения и не обеспечивает защиту от ГУ при его внезапном отключении.

Гидравлическим ударом называется внезапное повышение или снижение давления жидкости внутри трубопровода, вызванное любым резким изменением скорости её течения.

УДК 697.34:697.329. Научная специальность: 05.23.03.

### Самодренируемые гелиоустановки: защита от гидравлических ударов

Ю. К. Рашидов, д.т.н., с.н.с., профессор, [Ташкентский архитектурно-строительный институт](#) (ТАСИ, г. Ташкент, Республика Узбекистан)

Рассмотрены особенности гидравлических режимов работы самодренируемых гелиоустановок, предназначенных для защиты солнечных коллекторов от механического разрушения в зимний и летний период года. Штатный режим работы таких гелиоустановок связан с ежедневным пуском и остановкой циркуляционных насосов, что может сопровождаться гидравлическими ударами в трубопроводной сети гелиоконтур, вследствие резкого изменения скорости движения теплоносителя. Определены пределы изменения максимального значения скорости движения теплоносителя при дренировании для самодренируемых гелиоустановок 16 ведущих мировых производителей. Показано, что при высоте гелиоустановок 5–25 м максимальная скорость истечения теплоносителя при дренировании составляет 9,9–22,2 м/с. Это в 10–15 раз превышает допустимую скорость движения воды в системах теплоснабжения, поэтому существует реальная опасность возникновения гидравлического удара при быстром снижении максимальной скорости движения теплоносителя при дренировании.

**Ключевые слова:** солнечный коллектор, защита от замерзания, самодренируемый гелиоконтур, саморегулируемый активный элемент, трубка Вентури, гидравлический удар, трансформация энергии, эффективность.

UDC 697.34:697.329. Scientific specialty number: 05.23.03.

### Self-drainage heliostic installations: protection against hydraulic shocks

Yu. K. Rashidov, Doctor of Technical Sciences, Senior Research Officer, [Professor, Tashkent Architecture and Construction Institute](#) (Tashkent city, The Republic of Uzbekistan)

The features of hydraulic modes of the operation of self-draining solar systems designed to protect solar collectors from mechanical destruction in the winter and summer periods of the year are considered. The regular mode of operation of such solar installations is associated with the daily start and stop of circulation pumps, which can be accompanied by hydraulic shocks in the solar circuit, due to a sharp change in the speed of the coolant. The limits of the change in the maximum value of the velocity of the coolant during drainage for self-draining solar installations of 16 leading manufacturers are determined. It is shown that with a height of solar installations 5–25 m, the maximum velocity of the coolant outflow during drainage is 9.9–22.2 m/s. This is 10–15 times higher than the permissible speed of water in heat supply systems, so there is a real danger of water hammer when the maximum velocity of the coolant decreases rapidly during drainage.

**Key words:** solar collector, frost protection, self-draining solar circuit, self-regulating active element, Venturi tube, water hammer, energy transformation, efficiency.



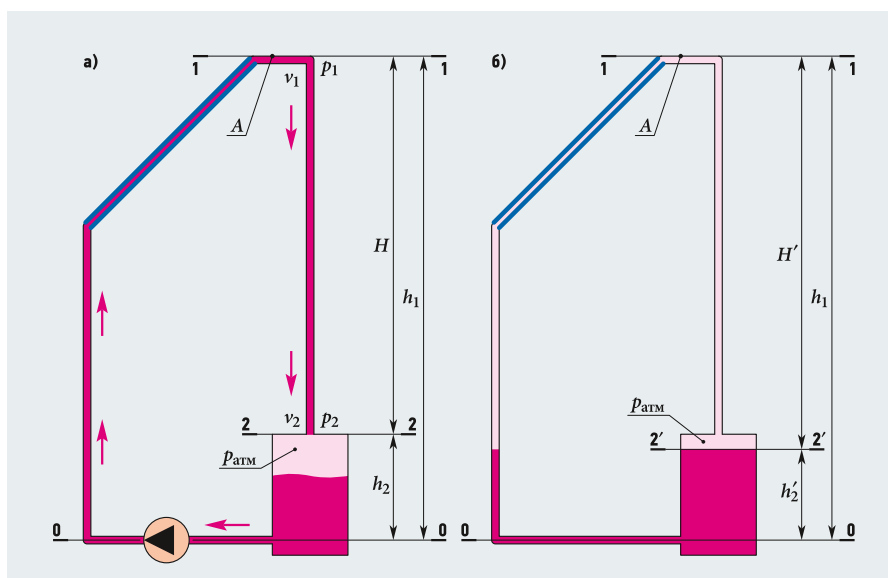


Рис. 1. Принципиальная расчётная схема самодренажной гелиоустановки (СДГ) при работающем (а) и остановленном (б) циркуляционном насосе

Гидравлические удары возникают при пуске и остановке насосов при открытой задвижке на напорной линии, а также при быстром открытии или закрытии регулирующих органов на водоводах и от других причин. Применительно к СДГ при пуске и остановке циркуляционных насосов ГУ можно охарактеризовать как трансформацию кинетической энергии жидкости  $\rho v^2/2$  в потенциальную энергию, то есть в давление  $p$ . Во время такой трансформации могут образовываться ударные волны, которые, проходя по трубопроводу, способны повредить участок трубы далеко от источника их возникновения.

**Гидравлические удары возникают при пуске и остановке насосов при открытой задвижке на напорной линии, а также при быстром открытии или закрытии регулирующих органов на водоводах и от других причин. Гидроудар можно трактовать как быстрое превращение кинетической энергии объёма жидкости в потенциальную**

Таким образом, штатный режим работы СДГ, предусматривающий ежедневный пуск и остановку циркуляционных насосов, уже сам по себе связан с трансформацией кинетической энергии жидкости в потенциальную. Поэтому гидроудары в такой системе являются неизбежным следствием самого штатного режима работы СДГ.

Рассмотрим, в каких пределах может изменяться максимальное значение скорости движения теплоносителя в трубопроводах при дренировании СДГ и запуске в работу его насоса.

Работа СДГ для стационарного режима (рис. 1а) описывается широко известным уравнением Бернулли:

$$p_1 + \rho g h_1 + \rho \frac{v_1^2}{2} = p_2 + \rho g h_2 + \rho \frac{v_2^2}{2} + \rho g h_f, \quad (1)$$

где  $p_1$  — статическое давление в верхней части гелиоустановки в сечении 1–1 (рис. 1а), Па;  $p_2$  — статическое давление в нижней части гелиоустановки в сечении 2–2, Па;  $\rho$  — плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $h_1$  и  $h_2$  — высота столба теплоносителя относительно плоскости сравнения 0–0 в верхней и в нижней частях СДГ, соответственно, м;  $v_1$  и  $v_2$  — скорости движения теплоносителя в сечениях 1–1 и 2–2, м/с;  $\rho g h_1$  и  $\rho g h_2$  — статические давления теплоносителя в сечениях 1–1 и 2–2, Па;  $\rho v_1^2/2$  и  $\rho v_2^2/2$  — гидродинамические давления теплоносителя в сечениях 1–1 и 2–2, Па;  $\rho g h_f$  — потери статического давления теплоносителя на пути от сечения 1–1 до сечения 2–2, Па.

При равенстве поперечных сечений циркуляционных трубопроводов в верхней и в нижней частях СДГ в 1–1 и 2–2, то есть когда  $v_1 = v_2$ , выражение (1) упрощается, и разность статических давлений  $p_2$  и  $p_1$  между нижней и верхней частями гелиоконтра будет равна:

$$p_2 - p_1 = \rho g H - \rho g h_f, \quad (2)$$

где  $H = h_1 - h_2$  — геометрическая высота дренируемых участков СДГ, м.

Выражая в уравнении (2) разность статических давлений  $p_2 - p_1$  и потери статического давления  $\rho g h_f$  через гидродинамическое давление:

$$p_2 - p_1 = \rho \frac{v_2^2}{2}, \quad (3)$$

$$\rho g h_f = \zeta_f \rho \frac{v_2^2}{2}, \quad (4)$$

имеем

$$\rho \frac{v_2^2}{2} = \rho g H - \zeta_f \rho \frac{v_2^2}{2}, \quad (5)$$

здесь  $\zeta_f$  — полный коэффициент сопротивления, учитывающий все потери давления, как по длине последовательно соединённых дренируемых участков трубопровода гелиоконтра, так и в его местных сопротивлениях:

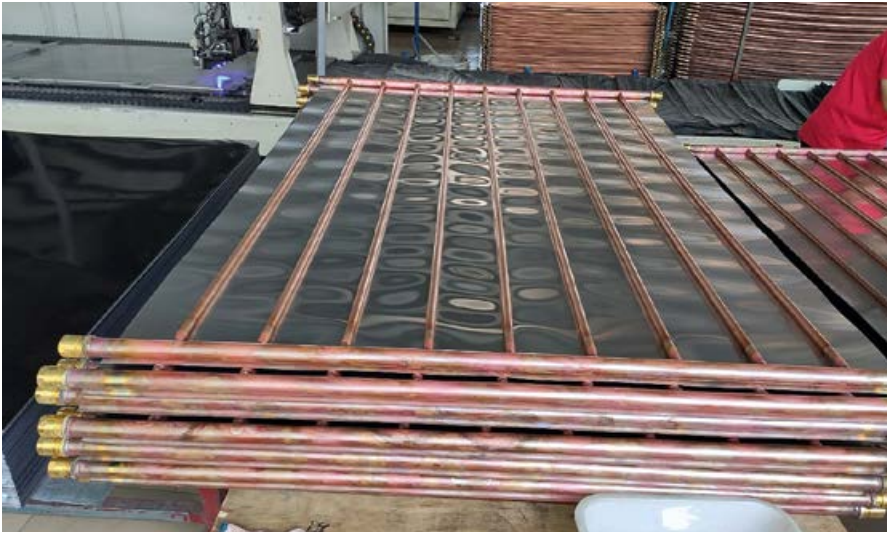
$$\zeta_f = \zeta_l + \sum \zeta_j, \quad (6)$$

где  $\zeta_l$  — коэффициент сопротивления по длине дренируемых участков трубопровода гелиоконтра:

$$\zeta_l = \lambda l/D, \quad (7)$$

где  $\lambda$  — коэффициент трения трубопровода гелиоконтра;  $D$  — диаметр трубопровода гелиоконтра, м;  $l$  — общая длина дренируемых участков трубопроводов гелиоконтра, м;  $\sum \zeta_j$  — сумма коэффициентов местного сопротивления на дренируемых участках гелиоконтра и на входе в дренажный бак.





Решая уравнение (5) относительно скорости истечения  $v_2$  при дренировании теплоносителя из гелиоконтуре в дренажный бак, находим:

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_f}} \sqrt{2gH}. \quad (8)$$

Согласно теореме Н.Е. Жуковского, величина гидравлического удара  $\Delta h_{уд}$  в напорном трубопроводе связана с изменением скорости движения воды  $\Delta v$  следующей зависимостью [4, 9]:

$$\Delta h_{уд} = -\frac{c}{g} \Delta v, \quad (9)$$

где  $\Delta v$  — положительное или отрицательное приращение (во времени) скорости движения жидкости, м/с;  $c$  — скорость распространения упругой деформации жидкости, м/с.

Рассмотрим уравнение (9) применительно к СДГ в режимах пуска и остановки циркуляционного насоса.

Во время пуска циркуляционного насоса СДГ (рис. 16) начальное движения жидкости отсутствует и увеличение скорости происходит от нуля (уровень воды  $2'-2'$ ) до  $v_2$  (заполнение системы до уровня 1-1), то есть приращение скорости  $\Delta v = v_2$  (скорость заполнения СДГ водой принята равной скорости её дренирования  $v_2$ ). Поэтому получается отрицательное значение  $\Delta h_{уд}$ , обуславливающее возникновение волны понижения давления:

$$\Delta h_{уд} = -\frac{c}{g} v_2, \quad (10)$$

а полный напор во время пуска циркуляционного насоса самодренируемой гелиоустановки, возникающий в трубопроводе при гидроударе, будет равен:

$$h_{уд} = \Delta h_{уд} = -\frac{c}{g} v_2. \quad (11)$$

При остановке циркуляционного насоса установившееся движение жидкости в СДГ осуществляется со скоростью  $v_2$ ,

которая затем уменьшается до нуля, то есть приращение скорости  $\Delta v = -v_2$ . Поэтому получается положительное значение  $\Delta h_{уд}$ , обуславливающее возникновение волны повышенного давления:

$$\Delta h_{уд} = \frac{c}{g} v_2, \quad (12)$$

а полный напор во время остановки циркуляционного насоса СДГ, возникающий в трубопроводе при гидравлическом ударе, будет равен:

$$h_{уд} = h_1 + \Delta h_{уд} = h_1 + \frac{c}{g} v_2, \quad (13)$$

где  $h_1$  — напор в СДГ при установившемся течении воды, м.

Для случая круглого трубопровода скорость  $c$  распространения упругой деформации жидкости равна [9]:

$$c = \sqrt{\frac{E_{ж}}{\rho}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{DE_{ж}}{\delta E_T}}}, \quad (14)$$

где  $E_{ж}$  — модуль объёмной упругости жидкости, Па;  $E_T$  — модуль упругости материала стенок трубопровода, Па;  $\delta$  — толщина стенок трубопровода, м.

Для воды как теплоносителя формула (14) имеет вид [9–10]:

$$c = \frac{c_0}{\sqrt{1 + \frac{DE_{ж}}{\delta E_T}}} = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{DE_{ж}}{\delta E_T}}}, \quad (15)$$

где  $c_0$  — скорость распространения звука в покоящейся жидкости, причём для воды эта скорость составляет

$$c_0 = \sqrt{\frac{E_{ж}}{\rho}} = 1425 \text{ м/с}. \quad (16)$$

Зависимость между скоростью ударной волны  $c$ , её длиной  $L$  и временем распространения  $\tau_{ф}$  выражается следующей формулой [9–10]:

$$c = 2L/\tau_{ф}. \quad (17)$$

В зависимости от времени распространения ударной волны  $\tau_{ф}$  и времени продолжительности разгона (или торможения) циркуляционного насоса СДГ при его пуске (или остановке)  $\tau_3$ , в результате которого возник ГУ, можно выделить два вида ударов:

- полный (прямой) гидроудар при  $\tau_3 \leq \tau_{ф}$ , то есть отражённая отрицательная волна не успевает подойти к насосу до момента его полного запуска (остановки);
- неполный (непрямой) гидроудар при  $\tau_3 > \tau_{ф}$ , то есть отражённая отрицательная волна успевает подойти к насосу до момента его полного запуска (остановки).

Здесь  $\tau_3$  — время закрытия запорного органа (затворки, вентиля, затвора и т.п.) или пуска и остановки насоса,  $c$ ;  $\tau_{ф}$  — время, в течение которого волна возмущения возвращается к источнику возмущения в виде обратной волны, называемое фазой удара,  $c$ .

**В зависимости от времени распространения ударной волны и времени продолжительности разгона (или торможения) циркуляционного насоса СДГ при его пуске (или остановке), можно выделить два вида ударов: полный и неполный**

Отсюда, с учётом формул (17) и (15), можно записать следующие условия для возникновения гидроудара при пуске (остановке) циркуляционного насоса самодренируемой гелиоустановки:

- для полного гидроудара 
$$\tau_3 < \frac{2L}{c} = \frac{2L}{1425} \sqrt{1 + \frac{DE_{ж}}{\delta E_T}}; \quad (18)$$

- для неполного гидроудара 
$$\tau_3 > \frac{2L}{c} = \frac{2L}{1425} \sqrt{1 + \frac{DE_{ж}}{\delta E_T}}. \quad (19)$$

Решая совместно уравнения (12) и (17) с учётом условий (18) и (19), получаем формулу для определения величины ГУ в СДГ в зависимости от его геометрических и режимных параметров и характеристик циркуляционного насоса:

$$\Delta h_{уд} = \frac{2Lv_2}{g\tau_3}. \quad (20)$$

Из формулы (20) следует, при одном и том же диаметре трубопровода СДГ гидравлический удар при пуске (остановке) насоса будет тем сильнее, чем больше длина трубопровода  $L$ , чем выше скорость движения воды  $v_2$  и чем быстрее разгоняется (тормозится) насос, время  $\tau_{ф}$ .



Очевидно, что полный гидравлический удар сильнее неполного. Чем больше время  $\tau_{\phi}$ , тем вероятнее возникнет более слабый неполный ГУ.

В нашем случае происходит не закрытие запорного органа, а включение (или остановка) насоса, поэтому правомерно считать величину  $\tau_{\phi}$  равной времени разгона (торможения) насосного агрегата  $\tau_a$ , определяемого по формуле [10]:

$$\tau_a = \frac{\pi GD^2 n_o}{120gM_o}, \quad (21)$$

здесь  $GD^2$  — маховый момент насосного агрегата, принимаемый обычно равным маховому моменту электродвигателя [кг·м<sup>2</sup>], который определяется как:

$$GD^2 = 4gJ, \quad (22)$$

где  $J$  — момент инерции ротора электродвигателя, кг·м<sup>2</sup>;  $n_o$  — число оборотов электродвигателя в секунду, с<sup>-1</sup>;  $M_o$  — вращающий момент на валу электродвигателя, Н·м.

Особым и наиболее сложным случаем ГУ является удар с разрывом сплошности потока в трубопроводе. Разрыв потока возникает, когда при ГУ дополнительное снижение напора  $\Delta h_{уд} = cv^2/g$  оказывается больше первоначального напора  $h_1$  в данной точке трубопровода. При этом давление в трубопроводах падает ниже атмосферного уровня, и поток разрывается — образуются пустоты, заполненные парами воды. При заполнении образовавшихся водо-воздушных полостей происходит соударение противоположных слоёв жидкости, что значительно усиливает гидроудар по сравнению с таковым без разрыва сплошности потока.

Для самодренируемых гелиоустановок данный режим является наиболее харак-



терным при остановке циркуляционного насоса. В работе [2] приведены результаты натурных экспериментальных исследований самодренируемых гелиоустановок с площадью гелиополя солнечных коллекторов 178 м<sup>2</sup>. Отмечено, что через 7–10 с после остановки циркуляционных насосов имеют место отрицательные значения давления до 0,2 бар с гидравлическими ударами.

Критерием возможности нарушения сплошности потока, согласно [10], является соотношение, которое применительно к расчётной схеме самодренируемой гелиоустановки (рис. 2а) имеет вид:

$$\frac{c}{g}v_2 > h_0 + h_{\text{вак макс}}, \quad (23)$$

где  $h_0$  — гидродинамический напор в трубопроводе, м;  $h_{\text{вак макс}}$  — величина вакуума, образующегося в наивысшей точке системы под действием атмосферного давления (обычно принимают величину  $h_{\text{вак макс}} = 7\text{--}8$  м).

В случае разрыва сплошности потока при гидравлическом ударе, возникшем вследствие внезапного отключения насоса, скачок давления составит:

$$\Delta h_{уд} = \frac{c}{g}v_2 + 3h_1. \quad (24)$$

где  $h_1$  — статический напор, определяемый как разница между отметкой максимального уровня воды в системе и отметкой установки насоса (рис. 1).

Гидродинамический напор в трубопроводе  $h_0$  определяется с учётом скорости течения воды. При остановке потока  $h_0$  можно принять равным статическому напору  $h_1$ .

Если соотношение (23) не выполняется, и разрыва сплошности потока не происходит, то напор при ГУ будет:

$$\Delta h_{уд} = \frac{c}{g}v_2 + h_1. \quad (25)$$

Таким образом, в случае внезапной остановки насоса величина ГУ зависит не только от параметров трубопровода и скорости движения воды, но и от высоты подъёма водяного столба.

Зная высоту  $H$  дренируемых участках СДГ и полный коэффициент сопротивления  $\zeta_f$ , который зависит от диаметра  $D$ , протяжённости  $l$  и материала  $\lambda$  трубопровода, по формуле (8) можно рассчитать величину скорости  $v_2$  движения теплоносителя при дренировании или при наполнении системы водой для применяемых на практике гелиоустановок.

В работе [13] представлены характеристики СДГ 16 ведущих мировых производителей. Основные отличия этих гелиоустановок друг от друга состоят в конструкции дренажного бака (отдельный или интегрированный с баком-аккумулятором), протяжённости гелиоконтра  $L$  (от 20 до 40 м) и его высоте, то есть разности отметок  $H$  (от 5 до 25 м), площади СК и вида теплоносителя.



Диаметры трубопроводов, их материал, способы соединения с дренажным баком в работе [13] не приведены. Поэтому уравнением (8) целесообразно пользоваться при расчёте конкретных СДГ, когда эти данные закладываются в процессе проектирования установки.

Однако для оценки опасности возникновения ГУ достаточно определить пределы изменения максимального значения скорости движения теплоносителя при дренировании СДГ. При этом, пренебрегая величиной полного коэффициента сопротивления (приняв  $\zeta_f = 0$ ), то есть считая потери напора по длине и в местных сопротивлениях СДГ равными нулю, из (3) получим:

$$v_{\max} = \sqrt{2gH}, \quad (26)$$

где  $v_{\max}$  — максимальное значение скорости движения теплоносителя при дренировании СДГ, когда отсутствуют потери напора по длине и в местных сопротивлениях гелиоконтуров, м/с.

Так, например, при высоте гелиоустановок  $H = 5-25$  м [15] максимальная скорость движения теплоносителя при дренировании составит  $v_{\max} = 9,9-22,2$  м/с, что более чем в 10–15 раз превышает допустимую скорость движения воды в системах теплоснабжения  $v_{\text{доп}} = 1-1,5$  м/с [14]. Таким образом, имеется реальная опасность возникновения ГУ при быстром снижении максимальной скорости движения теплоносителя при дренировании с  $v_{\max} = 9,9-22,2$  м/с до нуля.

Разработка активного способа защиты СДГ от ГУ при пуске и остановке циркуляционных насосов требует новых подходов и технических методов применительно к самодренируемым гелиоустановкам.

Следует заметить, что общая энергия ГУ в СДГ определяется высотой гелиоустановки  $H$ , то есть вертикальным рас-

стоянием между уровнями, на которых осуществляется заполнение и дренирование системы. Поэтому способы защиты самодренируемых гелиоустановок от повреждения его трубопроводов могут основываться на двух принципиально различных подходах [15]:

□ традиционном («пассивный» способ), когда осуществляется гашение общей энергии гидроудара путём увеличения времени процесса, снижения его мощ-

**При высоте гелиоустановок 5–25 м максимальная скорость движения теплоносителя при дренировании составит от 9,9 до 22,2 м/с, что более чем в 10–15 раз превышает допустимую скорость движения воды в системах теплоснабжения**



ности, максимального давления и максимального усилия, действующего на стенки трубы;

□ альтернативном («активный» способ), когда осуществляется сохранение общей энергии гидроудара и обеспечивается плавная реверсивная её трансформации с кинетической энергии жидкости в потенциальную энергию и обратно.

Рассмотрим факторы, влияющие на величину гидравлического удара в СДГ при традиционном «пассивном» способе защиты. Эластичные стенки трубопровода значительно снижают величину гидроудара, достаточно легко увеличивая объём трубы или шланга в месте остановки жидкости. Если труба заполнена воздухом, который по мере продвижения жидкости не успевает покинуть трубу с нужной скоростью, это также способно предотвратить сильный гидроудар, поскольку в этом случае воздух играет роль пневматического амортизатора, в котором плавно повышается давление, и потому он оказывает всё большее сопротивление движению жидкости, постепенно замедляя её. Именно эти принципы используются большинством устройств для пассивной защиты трубопроводов от гидроударов.

«Активный» способ защиты СДГ от гидравлического удара предполагает применение в нём активного элемента (АЭ) в виде трубки Вентури (рис. 2), которая обеспечивает как повышение энергетической эффективности системы на 65–80% [16], так и её защиту от ГУ. Это обеспечивается за счёт плавной реверсивной трансформации кинетической энергии гидравлического удара в потенциальную и обратно в АЭ с минимальными гидравлическими потерями [17] (менее 15%).

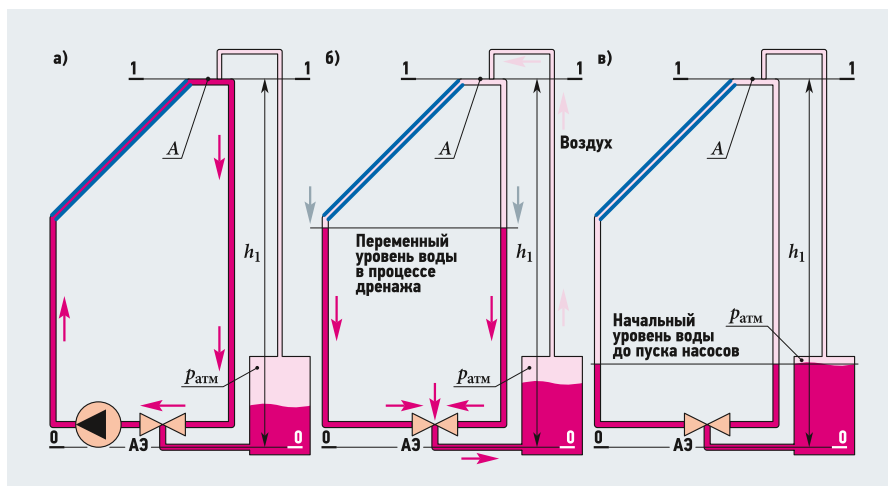


Рис. 2. СДГ с активным элементом (АЭ) [а — стационарный режим циркуляции воды при работающем насосе; б — переходной режим при остановке насоса с плавным переменным уровнем воды в процессе дренирования; в — начальный режим до запуска насоса в работу]

Применение «активного» элемента обеспечивает плавное преобразование кинетической энергии жидкости в потенциальную при переходе самодренируемой гелиоустановки из стационарного режи-

ма циркуляции воды, при работающем насосе (рис. 2а), в переходной режим при остановке насоса (рис. 2б) или в начальный режим до запуска циркуляционного насоса СДГ в работу (рис. 2в).



## Выводы

1. Для борьбы с гидравлическими ударами в СДГ можно выделить два принципиально разных подхода:

- традиционный «пассивный» подход, основанный на гашении общей энергии гидравлического удара, то есть выполнении эластичными стенкам трубопроводов, использование пневматических амортизаторов, перфорированных мембран для гашения скорости и т.д.;
- «активный» подход, основанный на плавной реверсивной трансформации общей энергии гидравлического удара в активном элементе (в трубке Вентури) с переходом кинетической энергии жидкости в потенциальную и обратно.

**«Активные» способы защиты от гидроудара, основанные на применении в самодренируемой гелиоустановке активного элемента в виде трубки Вентури для плавного перехода кинетической энергии жидкости в потенциальную и обратно, учитывают особенности штатного режима работы СДГ**

2. Традиционные способы защиты от гидравлического удара, основанные на его гашении, не являются энергоэффективными решениями для СДГ, так как они не учитывают особенности штатного режима работы СДГ и связаны с большими гидравлическими потерями.

3. «Активные» способы защиты от гидроудара, основанные на применении в СДГ активного элемента в виде трубки Вентури, в которой происходит плавный переход кинетической энергии жидкости в потенциальную и обратно, учитывают особенности штатного режима работы СДГ и обеспечивают наименьшие гидравлические потери. ●

1. Бутузов В.А., Брянцева Е.В., Бутузов В.В., Гнатюк И.С. Самодренируемые гелиоустановки // Альтернативная энергетика и экология, 2010. №2. С. 10–14.
2. Бутузов В.А., Бутузов В.В., Брянцева Е.В., Гнатюк И.С. Самодренируемые гелиоустановки: мировой и российский опыт разработки и сооружения // Журнал СОК, 2017. №2. С. 53–57.
3. Botpaev R., Vajen K. Drainback systems: market overview. Proc. of the XI Internationale Konferenz für solares Heizen und Kühlen. Gleisdorf, Austria. 2014.
4. Курганов А.М., Фёдоров Н.Ф. Гидравлические расчёты систем водоснабжения и водоотведения: справочник. — Ленинград: Стройиздат, 1986. 440 с.
5. Rashidov Y.K., Sultanova S.Y., Sur'atov K.T. Increase in dependability and efficiency of self-draining water systems of solar heat supply. Applied Solar Energy. 2017. Vol. 53. Issue 1. Pp. 16–22.
6. Rashidov Y.K., Rashidov K.Y., Mukhin I.I., Sur'atov K.T., Orzimatov J.T., Karshiev S.S. Main reserves for increasing the efficiency of solar thermal energy in heat supply

- systems (review). Applied Solar Energy. 2019. Vol. 55. Issue 2. Pp. 91–100.
7. Rashidov Y.K., Rashidov K.Y. The main changes made to the building codes and regulations of the "Solar Hot Water Installations" to increase energy efficiency of projected solar power plants. Applied Solar Energy. 2019. Vol. 55. Issue 3. Pp. 219–222.
8. Botpaev R., Louvet Y., Perers B., Furbo S., Vajen K. Drainback solar thermal systems: A review. Solar Energy. Vol. 128. April 2016. Pp. 41–60.
9. Чугаев Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов. — Ленинград: Энергоиздат, 1982. 672 с.
10. Рушников А.Ю. Гашение гидравлических ударов с помощью бака-гидроаккумулятора при заборе воды из скважины // Журнал СОК, 2015. №3. С. 53–57.
11. Смирнов Д.Н., Зубов Л.Б. Гидравлический удар в напорных водоводах. — М.: Стройиздат, 1975. 125 с.
12. Дикаревский В.С. Водоводы: монография / Труды РААСН. Строительные науки. Т. 3. — М.: РААСН, 1997. 200 с.

13. Berner J. Drainback systems: empty and safe. Sun, Wind Energy. 2008. No. 5. Pp. 48–53.
14. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. — М.: Энергоиздат, 1982. 360 с.
15. Рашидов Ю.К., Султанова Ш.Ю., Сур'атов Х.Т. Повышение надёжности и эффективности самодренируемых водяных систем солнечного теплоснабжения // Телиотехника, 2017. №1. С. 30–37.
16. Rashidov Y.K., Rashidov K.Y., Mukhin I.I., Sur'atov K.T., Rakhimov Z.Z. Features of the design of a self-draining solar power plant with an active element. Applied Solar Energy. 2018. Vol. 54. Issue 3. Pp. 182–186.
17. Rashidov Y.K. Calculating the hydrodynamic characteristics of the active section of the self-draining solar loop of a heating system. Applied Solar Energy. 2018. Vol. 54. Issue 2. Pp. 95–98.

References — see page 79.

## Вентиляция на химических производствах: требования, особенности, решения

Вентиляционные системы на химических предприятиях существенно отличаются от аналогичных решений для других зданий. К таким проектам предъявляется больше требований, а ответственность за результат выше — оборудование на таких объектах напрямую влияет на здоровье и жизнь сотрудников...



Фото: rufdepictphotos.com

❖ Группа компаний «Р-Фарм» производит вакцину «Спутник V» на заводе «Спутник Технополис»

На предприятиях, где работают с токсичными компонентами и даже живыми вирусами, необходимо уделять максимальное внимание безопасности. Химическая безопасность — это комплекс мер и условий, при которых исключается вредное воздействие опасных и ядовитых веществ. В этот перечень входит:

- ❑ техника безопасности;
- ❑ соблюдение технологий производства;
- ❑ правильное обращение с оборудованием;
- ❑ высокая дисциплина сотрудников;
- ❑ соблюдение установленных норм при строительстве и проектировании предприятий.

Применять все меры предосторожности важно не только для соблюдения предписанных условий труда на производстве, но и для сохранения окружающей среды и благополучия населения.

Качественное оборудование и грамотно спроектированная система вентиляции помогают избежать не только штрафов за несоблюдение норм, но и аварийных ситуаций, которые могут иметь страшные последствия.

Незначительная оплошность на химических предприятиях может иметь высокую цену, работать на таких объектах должны только профессионалы.

### Особенности вентиляции на химических производствах

К вентиляции на предприятиях химической промышленности предъявляются высокие требования. Здесь важно всё: проектирование помещений, наличие аварийного оборудования, правильная подача воздуха и вытяжка, даже материал поверхностей играет важную роль.

**Химическая безопасность — это комплекс мер и условий, при которых исключается вредное воздействие опасных и ядовитых веществ. В этот перечень входит техника безопасности, соблюдение технологий производства, правильное обращение с оборудованием, высокая дисциплина сотрудников и другое**



## Правильное проектирование

Вентиляционная система должна соответствовать строгим нормативным предписаниям, которые закреплены в следующих документах:

1. [СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»](#) (актуализированная редакция [СНиП 41-01-2003](#)). В этом документе зафиксированы требования и рекомендации относительно расчётов и реализации систем вентиляции.

2. [СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий»](#). В этом документе отражены стандарты к вентиляционным системам на этапе проектирования промышленных предприятий. Документ содержит данные о предельно допустимых показателях концентрации токсичных веществ в воздухе.

При разработке вентиляции учитывается этажность и размеры объекта: от этого будет зависеть количество и расположение оборудования. Технология производства, концентрация опасных зон, организация трудовой деятельности — все эти факторы учитываются специалистами при проектировании системы.

Проектируя вентиляционную систему в лаборатории, необходимо учитывать расположение всех приборов в помещении. Некоторым типам оборудования требуется индивидуальный зонт вытяжки, который устанавливается как отдельный элемент.

## Аварийная вентиляция

Аварийная вентиляция (АВ) — это дополнительная система, которая запускается при превышении предельно допустимой концентрации вредных веществ. Она подаёт дополнительной воздух и работает до тех пор, пока ПДК вредных веществ в воздухе помещений не придёт в норму. Такое оборудование необходимо на объектах с возможным поступлением в воздух множества токсичных газов и других опасных веществ.

Ещё есть резервная вентиляция. Она включается автоматически при поломке основной системы. Это могут быть полностью резервные установки, либо резервные вентиляторы. В чрезвычайной ситуации установки устраняют вредные и опасные примеси, и подают свежие потоки воздуха в помещение.

Система проектируется в зависимости от времени работы предприятия. Если организация функционирует непрерывно, то запасное оборудование должно на 100 % восполнять работу вентиляции.



## Оборудование нового завода «Спутник Технополис» группы компаний «Р-Фарм»

включает в себя: 156 волновых биореакторов (с общим объёмом выработки 24 тыс. л клеточной культуры в месяц) — на фото, 11 биореакторов (с осевым перемешиванием, с общим объёмом выработки 72 тыс. л культуры в месяц), две высокоскоростные линии розлива, среди которых линия розлива без заморозки (температура +2...+8 °С при хранении) с лиофильными сушками мощностью 2,7 млн доз в месяц и линия розлива и заморозки (температура -25...-18 °С при хранении) мощностью 8,1 млн доз в месяц при полной загрузке реакторов, а также роботизированные линии упаковки в пакчи.

На производствах с взрывоопасной средой аварийная вентиляция должна быть дополнительно защищена: для этого типа оборудования используются материалы, устойчивые к возгораниям и агрессивным химическим веществам, а также металлы, не подверженные коррозии. Главное — исключить возможность воспламенения или взрыва. Например, движущиеся части вентилятора могут образовать искру. Чтобы этого не произошло, используют специальные взрывозащищённые вентиляторы, классифицируемые по европейскому стандарту АТЕХ.

## Приточная вентиляция на фармацевтическом производстве

В химических лабораториях и на фармацевтических заводах должна быть организована приточно-вытяжная вентиляция. В такой системе на приточной части установлены вентиляторы, а вытяжка производится за счёт давления, созданного вентиляционным оборудованием внутри помещений.

Вентиляция должна быть спроектирована таким образом, чтобы воздух из помещений с вредными веществами не поступал в комнаты, где таких примесей нет. Также важно, чтобы в рабочую зону сотрудников постоянно подавался только очищенный воздух. Причём потоки должны равномерно направляться туда, где люди проводят больше всего времени.

В помещениях, где редко присутствуют рабочие и при этом происходит выделение вредных газов, устанавливают специальные кабины, в которые подаётся приток воздуха.

Наличие мощной вытяжки необходимо для дополнительной безопасности. На объектах, которые функционируют в условиях резких перепадов температур и давления, не исключены утечки. Чтобы снизить риски распространения вредных веществ, в таких помещениях устанавливают локальные вытяжные системы.

## Установка вентиляционного оборудования для завода по производству вакцин «Р-Фарм»

Московский завод «Спутник Технополис», входящий в группу компаний «Р-Фарм», является ярким примером организации производства с повышенными требованиями к вентиляции. Завод располагается в особой экономической зоне «Технополис «Москва» и представляет собой крупнейший в России (и один из крупнейших в Восточной Европе) биотехнологический комплекс, на котором производят российскую вакцину от коронавирусной инфекции «Спутник V», поэтому помещения завода должны отвечать самым высоким критериям безопасности. Для оснащения предприятия были выбраны гигиенические вентиляционные системы компании [WOLF](#).

По материалам «Российской газеты», гд.ру

Из-за пандемии коронавируса ситуация требовала критически быстрых решений: помещения было необходимо ввести в эксплуатацию в самые короткие сроки. Нужно было обеспечить выделение производственных мощностей для масштабного выпуска вакцины, снабдив производство надёжным и качественным вентиляционным оборудованием.

### Какое оборудование использовалось

Для объекта требовалось 79 климатических установок. Состав установок:

1. Устройства имеют гигиеническое исполнение, без использования силикона.
2. Нижняя панель и профиль каждой секции — это единая конструкция, обшитая гладким листом металла. Соединение: скрыто, без выступов. Поверхность подготовлена для лёгкой очистки.



3. Панели установки, толщиной 50 мм, заполнены минеральным утеплителем класса А1 (высший) и обеспечивают уверенную звукоизоляцию.

4. Все уплотнительные материалы имеют закрытое пористое покрытие и микробиологически инертны, устойчивы к дезинфицирующим средствам и старению.

5. Запирающие механизмы и петли имеют внешнее расположение, что способствует лёгкой очистке.

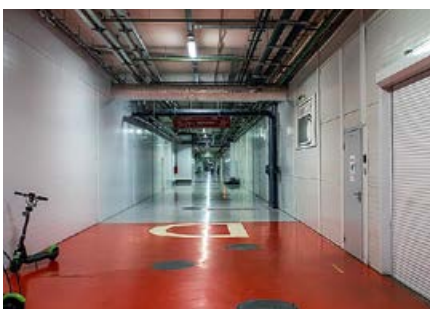
6. Выдвижной разборный каплеотделитель из полипропилена и съёмные механизмы крепления кулис шумоглушителя также обеспечивают дополнительный доступ к элементам системы.

7. Смотровые окна и смонтированное LED-освещение в обслуживающих секциях (фильтр, вентилятор, увлажнитель).

8. Энергоэффективные вентиляторы сбалансированы, закреплены на С-образных

профилях и изолированы посредством виброопор.

9. Фильтры оснащены прижимным механизмом со всех сторон без зазоров, что обеспечивает эффективную фильтрацию частиц размером менее 1 мкм. А фильтры тонкой очистки Н10–Н13 задерживают не только наиболее мелкие частицы пыли, но и суспендированные аэрозоли, вирусы и микроорганизмы.



10. 3D-поддон из нержавеющей стали для непрерывного и полного отведения конденсата.

11. Опорные рамы с высотой, обеспечивающей размещение шаровых сифонов.

12. Для создания нужного микроклимата в обслуживаемом помещении установки оснащены гликолевым рекуператором тепла, нагревателем, охладителем. Вводы патрубков через панель изолированы, предотвращая диффузию.

### Как удалось уложиться в сроки

Меньше чем за месяц специалисты компании [WOLF](#) прошли путь от момента проектирования систем ОВиК до заключения контракта на поставку. Заказ на производство был размещён в начале октября 2020 года, а первые установки были готовы уже в ноябре. До конца декабря [WOLF](#) завершил поставку всех установок и комплектующих на объект. Так оперативно удалось выполнить ключевое требование заказчика — предоставить оборудование до конца года.

Результата удалось добиться благодаря слаженной работе и полному погружению в задачи проекта. Каждая система — это индивидуально разработанная установка в гигиеническом исполнении, которая отвечает самым высоким требованиям.

### Итоги проекта

Проект был сложным и потребовал нестандартных решений, а также большой самоотдачи. Для «Р-Фарм» были произведены вентиляционные установки [WOLF](#) в гигиеническом исполнении по всем требованиям лечебно-профилактических учреждений и химических фармацевтических производств. ●



КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ  
И ВЕНТИЛЯЦИЯ

  
МИР КЛИМАТА  
EXPO 2022

EXPO  
КОНГРЕСС  
HVAC/R  
ИНДУСТРИЯ

1-4 марта 2022  
Москва  
ЦВК «Экспоцентр»

## Climate World Expo 2022. Новая реальность — новый формат

1–4 марта 2022 года в ЦВК «Экспоцентр» при информационной поддержке журнала СОК состоится [Climate World Expo](#) — главное отраслевое событие года, которое объединяет производителей и поставщиков оборудования систем кондиционирования, вентиляции, отопления, промышленного и коммерческого холода, а также их потребителей — инжиниринговые, управляющие компании, проектные и монтажные организации. Среди посетителей мероприятия — инвесторы, интересующиеся проектами отрасли, и специалисты, выбравшие HVAC&R для развития своей карьеры.

Известная с 2005 года выставка [«Мир Климата»](#) обновляет свой формат: новый статус [Climate World Expo](#) — это экспо и конгресс на одной площадке. Помимо экспозиции оборудования, посетителей [Climate World Expo 2022](#) ждут четыре дня сессий с участием признанных лидеров отрасли, презентации новых технологий и проектов, образовательные мероприятия и профессиональные соревнования. В повестке конгресса — устойчивое развитие, энергоэффективность и инновационные технологии. Впервые на [Climate World Expo 2022](#) будет работать медиазал — площадка для знакомства с профессиональными блогерами. Все, кто хотел разобраться, как работать с блогерами и выбирать партнёров для сотрудничества, получают эту возможность.

Следуя требованиям времени, предусмотрена онлайн-трансляция части деловых сессий, однако максимальную эффективность участники получают, присутствуя на площадках.

В прежние годы выставка собирала более 350 профильных компаний-участников и порядка 23 тыс. специалистов из 39 стран мира, таких как Австрия, Азербайджан, Армения, Беларусь, Бельгия, Великобритания, Германия, Греция, Грузия, Дания, Израиль, Испания, Италия, Казахстан, Кипр, Китай, Куба, Латвия, Литва, Молдова, Нидерланды, Польша, Саудовская Аравия, Сингапур, Турция, Узбекистан, Финляндия, Франция, Швейцария, Швеция, Эстония, Южная Корея, Япония и другие.

На выставке традиционно представлены ведущие бренды: Aeresco, Aldes, Aspen Pumps, Bitzer, Bühler-AHS, Phoenix Contact, Camfil, Carel Industries, Condaire, Castel, Dahatsu, Danfoss, Dantex, ebm-papst, Gree, Cooper & Hunter, Nobo, Offenwanger, Olab, Hitachi, Hiconix, Ouman, Rovex, Saueremann, Siemens, Soler & Palau, Schneider Electric, Swegon, SVOK, Toshiba, VSM, Ziehl-Abegg, «ВЕЗА» и другие.

Деловая программа привлекала более 80 спикеров и более 2500 делегатов. И эти цифры будут расти: [Climate World Expo](#)

меняется, отвечая на рост мирового объёма рынка HVAC&R. Спрос на комфортную среду и энергоэффективные решения определяет развитие отрасли и рост её привлекательности для инвестиций, трудоустройства и карьеры.

Организаторы [Climate World Expo 2022](#): Международная выставочная компания «Евроэкспо» и Ассоциация предприятий индустрии климата (АПИК).



Активную официальную поддержку мероприятию традиционно оказывают ведущие международные и российские отраслевые союзы и ассоциации: европейская ассоциация [Eurovent](#), турецкие ассоциации [ISKID](#) и [ISIB](#), немецкая [Fachverband Gebäude-Klima e.V. \(FGK\)](#), корейская [Korea Refrigeration and Air-conditioning Industry Association \(KRAIA\)](#), СРО Союз «ИСЗС-проект», СРО Союз «ИСЗС-Монтаж»; Ассоциация «АВОК Северо-Запад»; НП «АВОК»; Национальное объединение изыскателей и проектировщиков (НО-ПРИЗ); Национальное объединение организаций в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (НП НОЭ); Национальное объединение строителей (НОСТРОЙ); Российский союз предприятий холодильной промышленности («Россоюзхолодпром»).

[Climate World Expo 2022](#) — это четыре дня «прокачки» для тех, кто строит бизнес или карьеру в перспективной индустрии HVAC&R.

Встретимся на [Climate World Expo 2022!](#)

## В отношении энергоэффективности зданий в России: завтра нас ждёт позавчера

Данный материал — ответ на статью С. Щеглова «[Энергоэффективность в России: что нас ждёт завтра?](#)» [1], которую автор поддерживает по части озабоченности коллеги критическим положением в отношении энергоэффективности зданий в нашей стране. Сейчас уже опубликовано ожидаемое С. Щегловым [Постановление Правительства РФ от 27 сентября 2021 года № 1628](#) «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий и Требования к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов», и можно оценить, какова действительная направленность этого документа...

Автор: В.И. ЛИВЧАК, к.т.н.,  
член бюро президиума НП «АВОК»

В моём понимании наличия нормативно-правовой документации, обязательной для выполнения проектирования новых и капитального ремонта существующих зданий с повышенной энергоэффективностью, «**вчера**» — это [СНиП 23-02-2003](#) «Тепловая защита зданий», который закрепил повышение теплозащиты наружных ограждений зданий и впервые в России на федеральном уровне ввёл понятие и содержание терминов «*энергетическая эффективность зданий*», «*установление класса энергоэффективности*», а также включил в состав проектной документации разделы «Энергоэффективность зданий и систем их инженерного обеспечения» и «Энергетический паспорт проекта здания», а «**позавчера**» — то, что было до этого и происходило в прошлом веке.

Надо иметь в виду, что «настоящее время» проходит под действием «*регуляторной гильотины*», по которой упразднены ряд нормативов, касающихся энергоэффективности зданий, под предлогом якобы того, чтобы сформулировать нормы, отвечающие современным реалиям, однако на практике это окончательно запутало проектировщиков, создав мнение о необходимости повышения энергоэффективности зданий. Поэтому мой анализ будет исходить не из рассмотрения того, что на данный момент является действующим, а из моего опыта специалиста в области повышения энергоэффективности зданий и систем инженерного оборудования этих зданий. В 1998 году я создал и возглавил отдел энергоэффективности зда-

ний в Мосгосэкспертизе при Правительстве Москвы, уйдя на пенсию в 2011 году, до этого работал заместителем директора ГУП «Московское агентство по энергосбережению» по направлению «Жилищно-коммунальное хозяйство и здания социальной защиты».

### В ППРФ № 1628 неправильно выбран показатель энергоэффективности зданий

По мнению С. Щеглова, новое постановление будет «*предусматривать повышенные требования к удельной характеристике расхода теплоты на отопление и вентиляцию*». Прежде всего хочу обратить внимание, что в качестве показателя энергоэффективности термин «*удельная характеристика расхода*», применённый в [ППРФ № 1628](#), упоминается только в [СП 50.13330.2012](#) (далее — [СП 50](#)), актуализирующем [СНиП 23-02-2003](#) «Тепловая защита зданий» (далее — [СНиП 23-02](#)), но ни в этом СНиП, ни в ГОСТ 31427-2010 «Здания жилые и общественные. Состав показателей энергоэффективности», ни в аналогичном по названию [Постановлении Правительства РФ от 25 января 2011 года № 18](#), ни в одном зарубежном нормативном документе такого термина не существует. Его появление в новом постановлении, по крайней мере, удивляет. Во всех документах в качестве обязательного показателя энергетической эффективности приводится «*удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию*».



Причём в рассматриваемом [ППРФ № 1628](#) удельная характеристика расхода (как показатель энергоэффективности) приводится очень завуалированно: в п. 2 Правил записано, что «*требования энергетической эффективности... включают: а) показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании*» (обращаю ваше внимание — не годовую величину размерностью [кВт·ч/м<sup>2</sup>], как в таком же [ППРФ № 18](#) для возможности сравнения с фактически измеренным расходом теплоты в той же размерности, а просто некую эфемерную величину). А в п. 6 Правил указано, что «*к показателям, характеризующим удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, относятся: а) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию...*», имеющая размерность [Вт/(м<sup>2</sup>·°C)] и не стыкующаяся с годовым расчётным или фактически измеренным теплопотреблением, имеющим размерность [кВт·ч/м<sup>2</sup>].

Поэтому и создаётся ложное впечатление, что требования энергоэффективности, изложенные в [ППРФ № 1628](#), где в качестве показателя энергоэффективности приводится удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию из [СП 50](#), не согласованная по размерности и по физическому смыслу с фактически измеренным расходом теплоты за какой-то период времени, «*предусматривают переход с фактических показателей энергоэффективности на проектные*» (цитата из статьи С. Щеглова).

При этом нормируемые значения этой удельной характеристики расхода, представленные в табл. 14 [СП 50](#), были взяты из табл. 9 [СНиП 23-02](#), но в ней нормируемый удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию многоквартирных домов (МКД) относится к площади квартир или их объёму, а при пересчёте в удельную характеристику расхода авторы [СП 50](#) отнесли её к отапливаемому объёму всего рассматриваемого здания, который, помимо квартир, включает лестнично-лифтовые узлы, внутренние перегородки и перекрытия и оказывается как минимум на 35% больше объёма квартир [2].

Это на такой же процент снизило нормируемые требования энергоэффективности, в сравнении с которыми у проектируемых МКД (при утеплении наружных ограждений до базовых значений приведённого сопротивления теплопередаче) рассчитанная в проекте удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление оказывалась настолько ниже нормируемой, что они на бумаге стали



«высокого класса энергоэффективности», не требуя никаких энергосберегающих мероприятий, а **годовой расход теплоты на отопление оставался тем же — реальной экономии теплоты не было!**

Это и послужило одной из причин срыва выполнения требований [ППРФ № 18](#) о повышении энергоэффективности зданий на 40% в 2020 году по сравнению с базовым 2003 годом. По энергоэффективности зданий мы остались на уровне [СНиП 23-02](#) и даже ниже, потому что нормы позволяют дополнительно снизить сопротивление теплопередаче наружных ограждений при получении рассчитанной характеристики расхода ниже нормируемой.



**Возвращение к показателю энергоэффективности (из [СНиП 23-02](#) и [ППРФ № 18](#)) в виде удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, позволит оценить по этому показателю (сопоставляя проектные значения с нормируемыми) соответствие проекта по энергоэффективности существующим нормам**

Возвращение к показателю энергоэффективности, провозглашённому в [СНиП 23-02](#) и [ППРФ № 18](#) в виде **удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию**, позволит, как это и требуется, оценивать по данному показателю (сопоставлением проектных значений с нормируемыми на текущий период времени) соответствие проекта по энергоэффективности существующим нормам, а по соотношению фактически измеренного удельного расхода тепловой энергии за какой-то период времени, пересчитанного на нормализованный отопительный период, и нормируемого значения — достигнутый класс энергоэффективности в условиях эксплуатации, а сопоставляя с проектным значением — оставшуюся величину резерва энергосбережения.

Этот резерв порой достигает 45% и более вследствие того, что, во-первых, в проекте отопления и вентиляции (ОВ) при расчёте системы отопления здания не учли (или учли в меньшем объёме) бытовые теплопотупления в квартирах или офисных помещениях, либо завысили по сравнению с нормируемым для вентиляции воздухообмен в этих помещениях [3, 4]. Такое выявляется сопоставлением тепловой нагрузки системы отопления, представленной в проекте ОВ и рассчитанной при составлении энергетического паспорта по СТО НОП 2.1–2014 «Требования к содержанию и расчёту показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания», разработанному НП «АВОК» по заданию [НОП](#) (ныне [НОПРИЗ](#)), и устраняется пересчётом расчётных параметров теплоносителя, циркулирующего в системе отопления, по методике из того же стандарта.

Например, при превышении тепловой нагрузки системы отопления по проекту отопления и вентиляции в 1,2 раза (по сравнению с определённым по СТО) требуемые параметры теплоносителя должны быть 84-63°C вместо проектных 95-70°C, а при превышении в 1,4 раза — 77-59°C. Если не перенастроить контроллер регулятора подачи теплоты в систему отопления на поддержание новых расчётных параметров, годовое теплопотребление здания возрастёт приблизительно на 20 и 40 % по сравнению с требуемым, без увеличения температуры воды в обратном трубопроводе против стандартного графика, а по этому превышению принято судить о перегреве здания.

Во-вторых, резерв энергосбережения создаётся ещё и в том, что регулирование подачи теплоты в систему отопления следует выполнять не только в зависимости от изменения температуры наружного воздуха, как записано в [СП 60.13330.2020](#) (далее — [СП 60](#)), но и с учётом составляющих теплового баланса зданий, среди которых бытовые теплопоступления практически не зависят от изменения наружной температуры. В связи с этим

**Резерв энергосбережения создаётся ещё и в том, что регулирование подачи теплоты в систему отопления следует выполнять не только в зависимости от изменения температуры наружного воздуха, как записано в СП 60.13330.2020, но и с учётом составляющих теплового баланса зданий**

с повышением температуры наружного воздуха доля бытовых теплопоступлений в тепловом балансе здания будет возрастать, за счёт чего можно сократить расход теплоты на отопление по сравнению с отпуском его по температурному графику центрального регулирования на источнике, осуществляемом без учёта внутренних теплопоступлений, при котором прекращается отопление при равенстве наружной и внутренней в здании температур (18–20°C).

Прекращение отопления при графике с учётом увеличивающейся доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе МКД со стандартной заселённостью 20 м<sup>2</sup> площади квартир на человека и в зависимости от состояния теплозащиты будет происходить, например, для девятиэтажных МКД центрального региона, построенных до 2000 года, когда доля бытовых



«Энергетический сертификат» или «энергетический паспорт» (нем. *Energieausweis*) — это документ, содержащий данные об энергоэффективности здания и его затратах на энергоресурсы. В Германии энергопаспорт является обязательным для всех жилых зданий с 2009 года

теплопоступлений к расчётному расходу теплоты на отопление составляет 12 % — при наружной температуре 15°C и выше, зданий, построенных в соответствии со [СНиП 23-02](#) (базовый уровень утепления), когда доля бытовых теплопоступлений составляет 21 % — при наружной температуре 12°C и выше, а при повышении энергоэффективности зданий на 40 % по отношению к базовому уровню (предусмотренное в 2020 году по [ППРФ № 18](#)), когда доля бытовых теплопоступлений составляет 34 % — при наружной температуре 10°C и выше [3, 4].

В офисных зданиях с механической приточной вентиляцией и центральным подогревом наружного воздуха доля бытовых теплопоступлений из-за выпадения из теплового баланса теплопотерь на нагрев наружного воздуха для вентиляции будет ещё больше, и прекращение отопления возможно даже при отрицательных температурах наружного воздуха [5]. Резерв энергосбережения от реализации только учёта увеличивающейся доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе МКД оценивается от 15 до 25 % годового теплопотребления на отопление — надо только перенастроить в контроллере угол наклона температурного графика регулирования.

#### Другие критические замечания к ППРФ № 1628

Одной из причин срыва сроков повышения энергетической эффективности зданий, установленных в [ППРФ № 18](#), было отсутствие узаконенной федеральными органами методики расчёта удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий [6]. Вернее, она была в [СНиП 23-02](#), по которому выполнялись проекты строящихся и капитально ремонтируемых жилых и общественных зданий, но с выходом [СП 50](#), ак-

туализирующего [СНиП 23-02](#), последний утратил свою силу. А в [СП 50](#) в разделе 10 приводится методика расчёта уже не удельного годового расхода, а, как сказано выше, удельной характеристики расхода, но этот раздел ещё по [Постановлению Правительства РФ от 26 декабря 2014 года № 1521](#) сочли не обязательным.

Многие при этом решили, что не обязательным является вообще повышение энергоэффективности зданий, тем более что в [приказе Минстроя от 17 ноября 2017 года № 1550/пр](#), вышедшем во исполнение [ППРФ № 603](#) от 20 мая 2017 года, уточняющем [ППРФ № 18](#), исчезла организация, осуществляющая экспертизу проектной документации в части энергоэффективности проекта, как и в другом приказе Минстроя от 8 июня 2018 года № 341/пр «О внесении изменений в Требования к составу, содержанию и порядку оформления заключения государственной экспертизы проектной документации», и с облегчением перестали контролировать состояние энергетической эффективности строящихся и капитально ремонтируемых зданий.

В том же [приказе Минстроя № 1550/пр](#) говорится, «что удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию определяется актами, предусмотренными в пп. 35 и 42 Перечня, в результате применения которого на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», утверждённого [ППРФ № 1521](#) от 26.12.2014», но это не соответствует действительности.

В п. 35 Перечня указывается [СП 50](#) (актуализированный [СНиП 23-02-2003](#)), по которому, как показано выше, нельзя определить удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию. А в п. 42 Перечня указывается [СП 60](#)

(актуализированный СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»), в котором должна быть методика определения удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, но оказалось, что её нет, несмотря на наши предложения внести эту методику в виде приложений, что было отвергнуто. В новом [ППРФ № 1628](#) также нет указания, по какому документу следует определять этот параметр.

Для возможности выполнения расчёта удельного годового расхода энергетических ресурсов, потребляемых зданиями, предлагается: «*утвердить на федеральном уровне Методическое пособие “Требования к содержанию и расчёту показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания” на базе утверждённого [Национальным объединением проектировщиков и изыскателей \(НОПРИЗ\)](#) стандарта СТО НОП 2.01-2014 с таким же названием*».

В этом документе приводятся не только полный состав энергетического паспорта, но и методики расчёта всех составляющих теплового баланса здания, методики определения удельных расходов тепловой энергии на отопление и вентиляцию за нормализованный отопительный период для всех регионов России, на горячее водоснабжение, а также электроэнергии в целом на здание [для последующей возможности оценки энергопотребления по расходу первичной энергии, как это указано в п. 16(1) [ППРФ № 18](#)] и в том числе на общедомовые нужды для многоквартирных домов, как в годовом исчислении, так и максимальные часовые (расчётные) значения.

Этот стандарт прошёл семилетнюю апробацию, НП «АВОК» готов обновить его и переработать в Методическое пособие, добавив в название «Реализация требований повышения энергетической эффективности зданий и систем их инженерного обеспечения», для возможности утверждения федеральными органами.

Поддерживаю возражение С. Щеглова [\[1\]](#) против отказа в [ППРФ № 1628](#) по сравнению с предыдущими постановлениями «от использования инструментально-расчётного метода подтверждения состояния построенного здания. Потребители, приобретая жильё, хотят платить деньги за реальные показатели, за энергоэффективное жильё в жизни, а не на бумаге. Однако они не могут заранее узнать, соответствуют ли заявленные цифры реальным. Хуже того — потребители лишены возможности оспорить сделку вследствие разрыва между проектными и реальными показателями энергоэффективности. Застройщики не имеют обязательств в отношении энергоэффективности построенных ими объектов».

Разделяю выводы С. Щеглова [\[1\]](#) в том, что «происходит разворот в обратную сторону — в направлении отказа от энергоэффективности... Непонятно, каким образом планируется повысить энергоэффективность, не предъявляя новых требований к теплозащитным характеристикам... На этом фоне очень важно не потерять существование направления “энергоэффективность зданий” как такового», которые подтвердились в утверждённой редакции [ППРФ № 1628](#). Очень образно сравнение действий Минстроя, навязанное правительству, с чайником, которому будет необходима постоянная подпитка энергии, чтобы вода оставалась горячей, с более энергоэффективным решением термоса, который имеет хорошую теплоизоляцию, и тепло в нём будет держаться дольше без дополнительной подпитки энергии.



## Фантастическая тройка

приборов для настройки и диагностики систем отопления и тепловых насосов

- Смарт измерения
- Турбо анализ
- Лёгкое документирование

**В ППРФ № 1628 отсутствуют цифровые значения долгосрочной динамики повышения требований к энергоэффективности зданий**

И последнее замечание к [Постановлению Правительства РФ от 27 сентября 2021 года № 1628](#). В п. 5 Правил указывается, что «*Определение требований энергетической эффективности осуществляется путём установления базового уровня этих требований по состоянию на дату вступления в силу устанавливаемых требований энергетической эффективности и определения темпов последующего изменения показателей, характеризующих выполнение требований энергетической эффективности*».

Но базовый уровень требований уже сформулирован в [приказе Минстроя России № 1550/пр](#), он основан [7] на показателях удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, тепловая защита которых соответствует базовым значениям табл. 3 [СП 50](#), и причин изменения его на дату вступления новых требований нет, поскольку эти и предыдущие требования Правительства РФ и Минстроя не реализуются в сводах правил, по которым проектируют здания. А по уровню устанавливаемых требований в [ППРФ № 1628](#) приводится п. 3 Правил: «*Требования энергетической эффективности зданий устанавливаются на уровне не ниже требований, установленных Федеральным законом “Технический регламент о безопасности зданий и сооружений”*». Но это опять посыл «в никуда» — в Техническом регламенте о безопасности зданий нет цифровых данных об уровне требований энергоэффективности зданий.

А вот определение темпов последующего изменения показателей, характеризующих выполнение требований энерге-



тической эффективности, должно быть изложено в этом документе, причём не только для строящихся зданий, как было в [Постановлении Правительства РФ от 20 мая 2017 года № 603](#), но и для существующего жилищного фонда, как предложено по «[Комплексному плану...](#)», утверждённому [Распоряжением Правительства РФ от 19 апреля 2018 года № 703-р](#). На этом настаивало и Минэнерго России — в заключении от 3 августа 2020 года оно отказалось согласовывать представленную Минстроем первую редакцию рассматриваемого проекта ППРФ, в том числе из-за «отказа в этом проекте от установления долгосрочной динамики повышения требований к энергетической эффективности зданий».

Исходя из изложенного, в том числе с учётом того, что в рассматриваемом [ППРФ № 1628](#) в качестве показателя энергоэффективности принята «удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию», которая появилась в [СП 50](#), которая не используется ни в одной стране мира и не менее чем на 35% снизила требования к энергоэффективности зданий в России по сравнению

со [СНиП 23-02](#), который этот СП так «актуализировал». Поэтому на вопрос, что ждёт нас завтра с выходом нормативно-правового документа, определяющего будущее состояние энергетической эффективности в строительстве, я ответил: завтра будет позавчера!

**Повышение энергоэффективности зданий способствует декарбонизации экономики, требуемой по Парижскому соглашению**

Но обстановка для чиновников Минстроя и Минэкономики изменилась — безнаказанно отмахиваться на обращения инженерной общественности с обоснованной критикой и предложениями для реализации повышения энергетической эффективности в строительстве не получится, поскольку эта проблема переходит с российского уровня на международный. Парижское соглашение по климату, подписанное 195 странами, включая Россию, в рамках Конвенции Организации Объединённых Наций (ООН) об изменении климата, регулирует меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере Земли с 2020 года.

Целью соглашения является удержание роста глобальной средней температуры менее 1,5–2,0°C к 2050 году. В качестве наказания странам, не выполнившим принятых на себя обязательств, будут вводиться штрафные санкции в виде углеродного налога.

Следует помнить, что сокращение выбросов парниковых газов, в том числе CO<sub>2</sub>, напрямую связано с повышением энергетической эффективности зданий, которые являются крупнейшими потребителями энергии. По данным И. А. Башмакова (источник: ЦЭНЭФ, 2014) в энергетическом балансе России в 2012 году, включающем транспорт, промышленность, строительство и сельское хозяйство, доля потребления зданиями конечной (используемой) энергии составляла 35%.



Одновременно российские здания обладают самым большим техническим потенциалом экономии энергии за счёт повышения их энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), как в новом строительстве, так и при капитальном ремонте зданий [8].

Однако в России внедрение «зелёных» технологий идёт достаточно медленно. Так, в 2019 году в РФ на солнечных и ветряных станциях было произведено 1,62 млрд кВт·ч электроэнергии, то есть около 1,5% от 1078,98 млрд кВт·ч, выработанных на традиционных ТЭС, ГЭС и АЭС [9]. Из-за такой разницы в данный момент для удержания глобального потепления на уровне ниже 2°C параллельно с развитием альтернативной энергетики следует использовать меньше энергии в целом. По данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), средние расходы на сокращение выбросов парниковых газов за счёт повышения энергоэффективности составляют менее половины издержек, затрачиваемых на этот процесс с использованием ВИЭ. Портал Material Economics, опираясь на энергетическую политику ЕС (EP 65), составил рейтинг способов получения и сбережения энергии. Оказалось, что экономия одного киловатт-часа за счёт теплоизоляции зданий каменной ватой в 14 раз менее углеродоёмкий процесс, чем производство единицы энергии из ветра, и в 25 раз менее углеродоёмкий, чем использование солнечных батарей [9].

Это же подтверждается ведущими специалистами НП «АВОК», на которых приведены ссылки в [10] и подытожено в [11], где доказано, что «экономически оптимально для всех регионов увеличить толщину имеющихся утеплителей в стенах примерно в 1,5 раза. Соответствующие инвестиции окупаются в интервале 6–8 лет при стабильном индексе доходности в диапазоне 0,5–0,7». При этом ограждения по сопротивлению теплопередаче будут всё ещё ниже европейских с учётом суровости наших зим.

Оценим с учётом задач на повышение энергоэффективности нового строительства, поставленной в ППРФ № 603, и сложившегося жилищного фонда, какая доля снижения теплопотребления на отопление и вентиляцию (ОВ) МКД на каждом планируемом этапе будет покрываться за счёт повышения теплозащиты наружной оболочки здания и совершенствования авторегулирования подачи теплоты, а какая за счёт утилизации теплоты вытяжного воздуха, стоков, окружающей среды или использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Начнём с энергопотребления в новом строительстве на примере 12-этажного МКД, базовое теплопотребление на ОВ которого для региона г. Москва с ГСОП = 4550 градусо-суток согласно [7] составляет  $q_{\text{ОВ}}^{\text{год.баз}} = 83,6$  кВт·ч/м<sup>2</sup>, в том числе на вентиляцию, приняв расчётный воздухообмен в соответствие с СП 60 на одного жителя 30 м<sup>3</sup>/ч или при принятой расчётной заселённости 20 м<sup>2</sup> площади квартиры на человека — 30/20 = 1,5 м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>), расход тепловой энергии составит следующую величину:

$$q_{\text{вент}}^{\text{год.баз}} = 0,28 \times 1,5 \times 1,2 \times 1,0 \times 4550 \times 24 \times 10^{-3} = 55 \text{ кВт·ч/м}^2 \text{ в год.}$$

Учитывая, что расход тепловой энергии на нагрев наружного воздуха для вентиляции остаётся в том же объёме, но теплозащита наружных ограждений повысится, нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление значительно снизится и будет равен

$$q_{\text{от}}^{\text{год.1.эт}} = 62,7 - 55 = 7,7 \text{ кВт·ч/м}^2 \text{ в год.}$$

Соответственно, на втором этапе снижения энергопотребления строящихся зданий на 40% по отношению к базовому уровню нормируемый удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию составит

$$q_{\text{ОВ}}^{\text{год.2.эт}} = 83,6 \times (1 - 0,4) = 50,2 \text{ кВт·ч/м}^2,$$



Соответственно, базовый удельный расход тепловой энергии на отопление как разность теплопотерь через наружные ограждения и внутренних теплопоступлений будет:

$$q_{\text{от}}^{\text{год.баз}} = q_{\text{ОВ}}^{\text{год.баз}} - q_{\text{вент}}^{\text{год.баз}} = 83,6 - 55 = 28,6 \text{ кВт·ч/м}^2 \text{ в год.}$$

На первом этапе повышения энергоэффективности такого МКД удельный годовой расход тепловой энергии на системы отопления и вентиляции с учётом 25% снижения энергопотребления:

$$q_{\text{ОВ}}^{\text{год.1.эт}} = 83,6 \times (1 - 0,25) = 62,7 \text{ кВт·ч/м}^2.$$

**Портал Material Economics, опираясь на энергетическую политику ЕС, составил рейтинг способов получения и сбережения энергии. Оказалось, что экономия одного киловатт-часа за счёт теплоизоляции зданий каменной ватой в 14 раз менее углеродоёмкий процесс, чем производство единицы энергии из ветра, и в 25 раз менее углеродоёмкий, чем использование солнечных батарей**

что превышает расход тепловой энергии на нагрев наружного воздуха для вентиляции, и расход теплоты на отопление за вычетом бытовых теплопоступлений равен нулю; а на третьем этапе снижения энергопотребления на 50%:

$$q_{\text{ОВ}}^{\text{год.3.эт}} = 83,6 \times (1 - 0,5) = 41,8 \text{ кВт·ч/м}^2.$$

Удельное базовое теплопотребление на горячее водоснабжение принято в размере 102 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год, нормируемое на первом этапе — с учётом наличия во всех квартирах водосчётчиков и оплаты счетов по их показаниям, что сокращает водопотребление примерно на 40%:

$$102 \times (1 - 0,4) = 61,2 \text{ кВт·ч/м}^2,$$

уменьшаемое на 3% за каждые последующие пять лет.

Электропотребление оборудованными электроплитами квартирами (при норме заселения квартир 20 м<sup>2</sup> на человека) согласно [6] — 43 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год, уменьшаемое на 3% за каждые последующие пять лет с начала первого этапа за счёт повышения энергоэффективности используемого электрооборудования и бытовых электроприборов; на общедомовые нужды без энергосбережения — 6 кВт·ч/м<sup>2</sup>, с энергосбережением — 4,2 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

Ниже в табл.1 приводятся результаты расчётов баланса годового энергопотребления 12-этажного МКД с базовым уровнем теплозащиты и в соответствии с требованиями ППРФ № 603 в кВт·ч/м<sup>2</sup> (с учётом повышающего коэффициента 2,0 на электрический киловатт-час) и процентах, а также с утеплением до базового уровня пяти- и девятиэтажных домов типовых серий первого и второго поколений массового индустриального строительства до 1980 года и 12–16-этажных домов третьего поколения индустриального строительства с 1980 по 2000 годы.

Из табл.1 следует, что если на первом этапе снижения энергопотребления строящихся и капитально ремонтируемых МКД удельный годовой расход тепловой энергии на их отопление и вентиляцию практически обеспечивается за счёт дополнительного утепления наружной оболочки здания и осуществления автоматического регулирования подачи теплоты в систему отопления по оптимизированным графи-

### Как показывают комплексные исследования, реализация энергосберегающих мероприятий в виде дополнительного утепления зданий и т.д. экономически полностью оправдана

кам [разница между требуемым и обеспечиваемым расходам не превышает величину  $(216 - 213) \times 100 / 213 = 1,4\%$ ], то на втором и третьем этапах разница составит 17 и 31 %, соответственно, что вынуждает применять решения по снижению расхода теплоты на вентиляцию квартир.

Таким решением может быть регулирование воздухообмена по потребности — снижение объёмов воздуха до минимально необходимого при отсутствии жителей, но оно эффективно в домах с заселённостью до 25–28 м<sup>2</sup> общей площади квартир на человека, потому что при меньшей плотности заселения минимальная норма воздухообмена для вентиляции квартир уже не зависит от вентиляционной нормы воздуха на человека, а определяется минимальной кратностью воздухообмена в квартире (не ниже 0,35 ч<sup>-1</sup>). Ещё одно решение — применение утилизации теплоты вытяжного воздуха для нагрева приточного, а также технологий, использующих ВИЭ, то есть тепловых насосов и солнечных коллекторов, в том числе для нагрева горячей воды в системе горячего водоснабжения, или солнечных фотоэлектрических панелей для выработки электрической энергии.

•• Баланс годового энергопотребления МКД\*

табл. 1

Потребление энергии	Потребление тепловой энергии			Потребление электроэнергии		Суммарное годовое энергопотребление	
	на отопление	на вентиляцию	на ГВС	на квартиры	на общедомовые нужды	без учёта НВИЭ	требуемое
<b>Базовое, с 2003 года</b>	28,6 (10%)	55 (19,5%)	102 (36%)	43 [86] (30,3%)	6 [12] (4,2%)	284 (100%)	284
<b>Нормируемое на 1-м этапе</b>	7,7 (3,6%)	55 (25,5%)	61,2 (28,3%)	41,8 [83,6] (38,7%)	4,2 [8,4] (3,9%)	216 (100%)	213
<b>Нормируемое на 2-м этапе</b>	0 (0%)	50,2 (25,2%)	59,3 (30%)	40,3 [80,6] (40,6%)	4,2 [8,4] (4,2%)	198,5 (100%)	170
<b>Нормируемое на 3-м этапе</b>	0 (0%)	41,8 (22%)	57,6 (31%)	39,1 [78,2] (42,5%)	4,2 [8,4] (4,5%)	186 (100%)	142
<b>Фактическое до 1980 года</b>	128 (28,4%)	65 (14,4%)	197 (43,7%)	26,2 [52,4] (11,7%)	4 [8] (1,8%)	450 (100%)	450
<b>Фактическое с 1980–2000 годов</b>	113 (27%)	55 (13%)	153 (36,6%)	43 [86] (20,4%)	6 [12] (3,0%)	419 (100%)	419

\* В соответствии с требованиями СНиП 23-02-2003 (базовый уровень) для нового строительства с повышением энергоэффективности по ППРФ № 603 и существующего жилищного фонда с утеплением до базового уровня. Примечание: в квадратных скобках — расход электроэнергии с пересчётом затрат на выработку электрического кВт·ч по отношению к тепловому кВт·ч.

Как показывают комплексные исследования, реализация энергосберегающих мероприятий в виде дополнительного утепления зданий и оптимизации авторегулирования подачи теплоты на отопление и, возможно, утилизации теплоты вытяжного воздуха для нагрева приточного воздуха или воды на горячее водоснабжение, при расчёте стоимости жизненного цикла дома, включающего в себя расходы на проектирование, монтаж, последующее обслуживание и эксплуатацию в течение срока службы 30–50 лет до очередного капитального ремонта, экономически оправдана. Без применения технологий ВИЭ невозможно добиться дальнейшего выполнения требований повышения энергоэффективности зданий в области их отопления, поскольку из-за степенной зависимости снижения теплопотерь через наружные ограждения от повышения сопротивления теплопередаче этого ограждения существует порог, когда повышение сопротивления теплопередаче не приводит к решающему снижению теплопотерь, а в области снижения электропотребления без ВИЭ не обойтись.

Не следует забывать, что сокращение энергопотребления зданием снижает количество топлива, сжигаемого для его производства, и уменьшает выбросы углекислого газа в атмосферу, что особенно актуально согласно резолюции мирового соглашения по климатизации в Париже.

Предлагается следующая динамика повышения энергоэффективности зданий до 2050 года.

### Динамика повышения энергоэффективности нового строительства в РФ до зданий с низким энергопотреблением в 2030 году

В развитие разработанного в 2019 году Минэкономразвития России проекта Федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон “Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности” и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации и Градостроительный кодекс РФ в части установления класса энергетической эффективности общественных зданий», НП «АВОК» письмом от 23 июля 2019 года № И-354 направило







в Минэкономразвития и Минстрой России свои предложения по изменению действующих нормативных правовых актов Правительства РФ и федеральных органов исполнительной власти, указанных в Перечне, приведённом в проекте этого закона, в части реализации повышения энергетической эффективности и установления класса энергоэффективности не только многоквартирных домов, но и общественных зданий.

В этом документе приводится новая таблица требуемых значений приведённого сопротивления теплопередаче наружных ограждений жилых и общественных зданий, увеличенных на 25 % для реализации в новом строительстве согласно ППРФ №1628 с 1 марта 2022 года и уве-

личенных ещё на 15 % с 2025 года по сравнению с базовыми значениями табл. 3 СП 50, в зависимости от изменения градусо-суток отопительного периода региона строительства. Там же приводятся уточнённые таблицы базового и рекомендуемого к нормируемому с 2022 года удельного годового расходов энергетических ресурсов в многоквартирном доме, отражающего суммарный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также расход электрической энергии на общедомовые нужды и квартиры (обоснование которых приводится в [7]); в отдельных таблицах — так же базовый и нормируемый с 2022 года удельный годовой расходы тепловой энергии на отоп-

ление и вентиляцию малоэтажных многоквартирных домов и общественных зданий массового применения.

В основу динамики повышения энергетической эффективности новых зданий, выражаемой в снижении их энергопотребления, положены требования [Постановления Правительства РФ от 20 мая 2017 года №603](#) по максимальному снижению теплопотребления на 50 % по отношению к базовому уровню, но из-за задержки его реализации со сдвигом срока окончания не в 2028 году, как было в [Постановлении](#), а в 2030-м, и выполнения первого этапа снижения энергопотребления в 2022 году на 25 % по сравнению с базовым уровнем, а второго этапа — ещё на 15 % в 2025 году. И только тогда, в сравнении с табл. 2 в статье [12], в которой приведены показатели градации снижения энергопотребления зданиями, согласно Директиве Евросоюза [EPBD 2010/31/EU](#) применительно к Финляндии, **энергопотребление зданий в РФ достигнет в 2030 году уровня зданий с низким потреблением энергии** (табл. 2 настоящей статьи), **достигнутого в Финляндии на 20 лет раньше — в 2010 году**. И это при том, что такое повышение энергоэффективности зданий будет принято на федеральном уровне и включено в действующие для проектирования зданий своды правил или методическое пособие!

### Динамика повышения энергоэффективности нового строительства в РФ до зданий с энергозатратами, близкими к нулевым, в 2050 году

Дальнейшее снижение энергопотребления зданий нового строительства в РФ можно принять по уровню снижения из Директивы Евросоюза [EPBD 2010/31/EU](#), а по срокам с интервалом не в пять, а в десять лет, поскольку нелогично после 10%-го снижения энергопотребления по отношению к базовому уровню стандартного здания с 2030 года в последующем пятилетии при переходе к строительству «энергопассивных» зданий устанавливать 20%-е снижение их энергопотребления. Тогда для России следует разбить период перехода к «энергопассивным» зданиям на два подпериода длительностью в пять лет по 10 % снижению энергопотребления зданий по отношению к базовому уровню, чтобы в 2040 году закончить переход нового строительства к «энергопассивным» зданиям и перейти к началу строительства зданий с потреблением энергии, близким к нулевому, закончив этот переход в 2050-м — году подведения итогов долгосрочной стратегии низкоуглеродного развития на планете Земля (табл. 3).

#### Типы зданий и нормы потребляемой энергии\*

табл. 2

Тип здания	Удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию [кВт·ч/м <sup>2</sup> ]							
	стандартного, в период с 2000 по 2020 годы		с энергопотреблением ниже стандартного на 25 %, в 2022 году		с энергопотреблением ниже стандартного на 40 %, в 2025 году		с низким энергопотреблением по нормам ЕС, для РФ в 2030 году	
	на 1 м <sup>2</sup>	снижение, % к станд.	на 1 м <sup>2</sup>	снижение, % к станд.	на 1 м <sup>2</sup>	снижение, % к станд.	на 1 м <sup>2</sup>	снижение, % к станд.
<b>Жилый сектор</b>	100	0	75	25	60	40	50	50
<b>Офисы</b>	125	0	94	25	75	40	63	50
<b>Суммарный удельный годовой расход конечной энергии на здание, кВт·ч/м<sup>2</sup></b>								
<b>Жилый сектор</b>	245	0	185	25	147	40	123	50
<b>— в т.ч. без отопления и вентиляции</b>	145	0	110	24	87	40	73	50
<b>Офисы</b>	175	0	131	25	105	40	88	50
<b>— в т.ч. без отопления и вентиляции</b>	50	0	37	26	30	40	25	50

\* Для российских стандартных зданий, строящихся с 2000 года в динамике достижения уровня зданий с низким потреблением энергии к 2030 году с условием начала реформирования с 1 марта 2022 года.

#### Типы зданий и нормы потребляемой энергии\*

табл. 3

Тип здания	Удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию [кВт·ч/м <sup>2</sup> ]							
	стандартного, с 2000 года		с низким энергопотреблением, с 2030 года		«энергопассивное», с 2040 года		с энергозатратами, близкими к нулевым, с 2050 года	
	на 1 м <sup>2</sup>	снижение, % к станд.	на 1 м <sup>2</sup>	снижение, % к станд.	на 1 м <sup>2</sup>	снижение, % к станд.	на 1 м <sup>2</sup>	снижение, % к станд.
<b>Жилый сектор</b>	100	0	50	50	30	70	10	90
<b>Офисы</b>	125	0	63	50	38	70	13	90
<b>Суммарный удельный годовой расход конечной энергии на здание, кВт·ч/м<sup>2</sup></b>								
<b>Жилый сектор</b>	245	0	123	50	74	70	25	90
<b>— в т.ч. без отопления и вентиляции</b>	145	0	73	50	44	70	15	90
<b>Офисы</b>	175	0	88	50	53	70	18	90
<b>— в т.ч. без отопления и вентиляции</b>	50	0	25	50	15	70	5	90

\* Для обычных (стандартных) зданий, зданий с низким потреблением энергии, «энергопассивных» зданий и зданий с потреблением энергии, близким к нулевому, рекомендуемые для принятия в России до 2050 года.

Тогда расширенная таблица классов энергетической эффективности жилых и общественных зданий, отражающая новый диапазон их градации, будет иметь следующий вид — табл. 4.

Базовый уровень энергопотребления зданий соответствует классу D («нормальный») с диапазоном отклонения расчётного (фактического) удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня 0 до –25%, потому что следующий этап повышения энергоэффективности зданий, соответствующий классу C («повышенный»), начинается с –25% по отношению к базовому. Соответственно, следующий этап повышения энергоэффективности зданий с 2025 года ещё на 15% будет соответствовать классу B («высокий») и начинаться с –40% по отношению к базовому. Далее классы будут отличаться друг от друга на 10%. «Наивысший» класс A отражает достижение уровня зданий с низким потреблением энергии; «очень высокий» класс A++ — достижение в 2040 году уровня «энергопассивных» зданий, а «очень высокий» класс A+++ — переход с 2040 года к уровню с потреблением энергии, близким к нулевому, достигнув его в 2050 году. И это при условии, что начало реформирования начнётся в 2022 году с 25% снижения энергопотребления зданий к базовому уровню, а дальнейшее снижение произойдёт с соблюдением показателей табл. 2 и 3.

По результатам фактических измерений для МКД, подлежащих капитальному ремонту (построенных до 2000 года), следует расширить пределы отклонений низких классов, вернувшись к исходной табл. 3 [СНиП 23-02](#) с небольшим снижением, учитывающем прошедшие 18 лет: для класса E («пониженного») от +35% до 0%, для класса F («низкий») от +70% до +35%, для класса G («очень низкий») выше +70%. В противном случае, если оставлять уровень самого низкого класса



выше +50% (как в [приказе Минстроя от 6 июня 2016 года № 399/пр](#)), то при указании, что капитальному ремонту подлежат все здания класса энергоэффективности G, под него подпадут здания, построенные до 2000 года. **Выполнение изложенного выше плана позволит в новом строительстве только к 2050 году достигнуть уровня потребления зданиями энергии, близкого к нулевому, который предполагалось достигнуть странами Европейского союза в 2020 году.**

**Динамика повышения энергоэффективности существующего жилищного фонда до уровня зданий с низким потреблением энергии**

В ноябре 2020 года [Европейская комиссия \(ЕК\)](#) обнародовала [стратегию «Волны реновации»](#). Задача данной инициативы — увеличить число зданий в Европе, подвергаемых переоборудованию с целью повышения их энергоэффективности, в два раза в ближайшие десять лет. Как было объявлено в стратегии, ЕК пересмотрит минимальные стандарты энергоэффективности зданий и включит в это исследование существующие здания. В феврале 2021 года ЕК открыла обсуждения, касающиеся пересмотра [EPBD](#), а в это время

Минэкономразвития России в «Госдокладе 2020» предлагает из переработанной в 2020 году [«Энергостратегии 2035»](#), вместо действующей и ещё не выбранной своей срок [«Энергостратегии 2030»](#), **исключить важнейший индикатор «Повышение энергоэффективности зданий», что является отказом от продолжения работ в этом направлении.**

Справедливости ради надо отметить попытку Минэкономразвития в повышении энергоэффективности существующего жилищного фонда, установив в [«Комплексном плане мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики России»](#), утверждённом [Распоряжением Правительства РФ от 19 апреля 2018 года № 703-р](#), в п. II.6 требование: *«Динамика потребления тепловой энергии на отопление многоквартирных домов (без учёта нового строительства) должна обеспечить снижение теплопотребления в 2030 году на 25% по отношению к фактическому значению базового 2016 года»*. Но вследствие невозможности проконтролировать такое снижение оно не было реализовано на практике.

Следует заметить, что в федеральных документах, применяемых при проектировании зданий, о требовании повышения энергетической эффективности существующих зданий при их капитальном ремонте путём утепления зданий до базового значения приведённого сопротивления теплопередаче наружных ограждений и внедрения других энергосберегающих мероприятий указывается **только в пункте 6.1 уже не действующего [СНиП 23-02](#)**, где указано: *«Повышение энергоэффективности существующих зданий следует осуществлять при реконструкции, модернизации и капитальном ремонте этих зданий»*, предполагая их утепление также до базового уровня.

В [СП 50](#), пришедшем на смену [СНиП 23-02](#) и актуализирующем его, это требование вообще исключено из текста,

••• Классы энергетической эффективности жилых и общественных зданий табл. 4

Обозначение класса энергоэффективности	Наименование класса энергоэффективности	Величина отклонения значения расчётного (фактического) удельного годового расхода энергоресурсов от базового уровня, %
с 2045 года A+++	Очень высокий+++	от –80 и ниже
с 2040 года A++	Очень высокий++	от –70 до –80
с 2035 года A+	Очень высокий+	от –60 до –70
с 2030 года A	Наивысший	от –50 до –60
с 2025 года B	Высокий	от –40 до –50
с 2022 года C	Повышенный	от –25 до –40
с 2000 года D	Нормальный	от 0 до –25
E	Пониженный	от +35 до 0
F	Низкий	от +70 до +35
G	Очень низкий	выше +70



а в [приказе Министра России № 1550/пр](#) «Требования энергетической эффективности зданий...» уже нигде не указывается о повышении энергоэффективности капитально ремонтируемых МКД, приведённой в ранее утверждённом [ППРФ № 18](#), а в п. 8 приказа Министра, наоборот, подчёркивается, что «для реконструируемых или проходящих капитальный ремонт зданий (за исключением многоквартирных домов) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию уменьшается с 1 июля 2018 года на 20 % по отношению к базовому значению».

Следовательно, энергоэффективность при капитальном ремонте МКД, по мнению Министра России, должна оставаться на уровне прошлого века!

НП «АВОК», обладая банком данных показателей удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию основных типовых серий МКД, построенных и эксплуатируемых в г. Москве, имело возможность оценить фактическую энергетическую эффективность жилищного фонда Москвы, сложившуюся к концу 2019 года. Расчёты обоснования приводятся в статье автора «Какова фактическая энергоэффективность жилищного фонда города Москвы и тенденции её повышения к 2030 году» [13].

Предусмотрены два сценария повышения энергетической эффективности жилищного фонда к 2030 году: «инерционный», реализующий действующий [приказ Министра № 1550/пр](#), который предусматривает для МКД в новом строительстве до 2030 года оставаться на базовом уровне энергоэффективности, а капитальный ремонт МКД выполнять без их утепления, и «энергоэффективный» сценарий, предполагаемый выполнение п. П.6 «Комплексного плана...» о 25 % снижении теплотребования на отопление жилищного фонда страны в 2030 году и отражающий позицию НП «АВОК» по совершенство-

ванию действующей нормативно-правовой и технической базы для реализации повышения энергетической эффективности строящихся и капитально ремонтируемых зданий в РФ.

Расчёты, выполненные по городу Москве, показывают, что для обеспечения такого снижения теплотребования на отопление жилищного фонда комплексный капитальный ремонт с утеплением и устройством автоматического регулирования подачи теплоты в систему отопления дома по энергоэффективному сценарию, который предполагает повышение

### **НП «АВОК», обладая банком данных показателей удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию основных типовых серий МКД, построенных и эксплуатируемых в г. Москве, имело возможность оценить фактическую энергетическую эффективность жилищного фонда Москвы, сложившуюся к концу 2019 года**

теплозащиты зданий до базового уровня с 2022 по 2023 годы и на 40 % выше базового уровня с 2023 по 2030 годы включительно, должен осуществляться ежегодно на площади, составляющей 2,5 % в год от площади жилищного фонда к 2020 году, что близко к объёмам нового строительства, что понятно и обязательно подлечит контролю.

Кстати, при таком сценарии получается, что комплексному капитальному ремонту будут подвергнуты все МКД, построенные до 1980 года, и, следовательно, после 2030 года можно выйти на расчётный срок в 50 лет между очередными капитальными ремонтами одного и того же дома. Аналогичный вывод, вероятно, можно перенести на другие регионы России.

Продолжая в таком же объёме и на том же уровне выполнять комплексный капитальный ремонт существующих МКД после 2030 года, можно в 2050 году достичь 40 % повышения энергоэффективности от базового уровня во всех домах, построенных до 2000 года.

Таким образом, в новом строительстве реализуется возможность для МКД достичь уровня зданий с низким потреблением энергии (50 % снижение энергопотребления по сравнению с базовым значением) в 2030 году и уровня зданий с энергозатратами, близкими к нулевым, в 2050-м — году подведения итогов долгосрочной стратегии низкоуглеродного развития на планете Земля. Существующий жилищный фонд при задании повышения теплозащиты зданий на 40 % выше базового уровня в результате проведения капитального ремонта ежегодно на площади, составляющей 2,5 % в год от площади жилищного фонда к 2020 году, в 2030-м достигнет уровня второго этапа нового строительства в объёме 25 % зданий существующего в 2020 году жилищного фонда, а в 2050-м — во всех домах, построенных до 2000 года. ●

1. Шеглов С. Энергоэффективность в России: что нас ждёт завтра? // Журнал СОК, 2021. № 8. С. 40–41.
2. Ливчак В.И. Почему СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» приводит к снижению энергоэффективности зданий и как выполнить постановление Правительства РФ об их повышении // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад, 2013. № 3. С. 10–26.
3. Ливчак В.И. Обеспечение энергоэффективности многоквартирных домов. Повышение теплозащиты зданий и автоматизация отопления // АВОК, 2012. № 8. С. 52–60.
4. Ливчак В.И. Оптимизация алгоритма подачи теплоты на отопление зданий: экономия от 15 до 40 % и более без дополнительных инвестиций // Энергосбережение, 2020. № 2. С. 54–56.
5. Ливчак В.И. Почему перегреваются офисные здания и что делать? // АВОК, 2014. № 7. С. 4–10.
6. Ливчак В.И. Исходные данные для расчёта годового теплотребования зданий в России // АВОК, 2015. № 5. С. 66–70.
7. Ливчак В.И., Горшков А.С. Обоснование величин базового удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий разных регионов России // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад, 2018. № 2. С. 34–39.
8. Табунчиков Ю.А. Умные безуглеродные города и здания с нулевым энергопотреблением // АВОК, 2016. № 8. С. 4–8.
9. Побоккина И. Предотвратим климатическую катастрофу. Роль зданий и технологий в спасении мира // Журнал СОК, 2021. № 3. С. 62–65.
10. Ливчак В.И. Министр России продолжает срывать решения Правительства РФ и Федерального закона № 261-ФЗ // Журнал СОК, 2020. № 10. С. 50–57.
11. Ковалев И.Н., Табунчиков Ю.А. Особенности оптимизации толщины утеплителя наружных стен зданий. Системные аспекты // Энергосбережение, 2017. № 8. С. 22–32.
12. Сормунен П. Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии // Инженерно-строительный журнал, 2010. № 1. С. 7–8.
13. Ливчак В.И. Какова фактическая энергоэффективность жилищного фонда города Москвы и тенденции её повышения к 2030 году // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад, 2020. № 1. С. 42–59.

# Использование ГИС-технологий при проектировании ВДЭС в северных условиях\*

Рецензия эксперта на статью получена 15.09.2021 [The expert review of the article received on September 15, 2021].

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации программы Научного центра мирового уровня по направлению «Передовые цифровые технологии» СПбГУ (соглашение от 17 ноября 2020 года №075-15-2020-934).

## Введение

В настоящее время в России повышенное внимание уделяется развитию Арктики, основы которого заложены в Указе Президента РФ от 26 октября 2020 года №645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». Развитие Арктической зоны имеет важное значение для РФ, здесь сконцентрирована добыча 91 % природного газа и 80 % (от общероссийских разведанных запасов) газа промышленных категорий, а также добывается 100 % алмазов, сурьмы, апатита, флогопита, вермикулита, редких и редкоземельных металлов, 98 % платиноидов, 95 % газа, 90 % никеля и кобальта, 60 % меди и нефти [1].

Климат Арктической зоны России отличается более низкими температурными показателями по сравнению с другими странами мира. Регионы, характеризующиеся по природно-климатическим особенностям и условиям хозяйственного развития как северные, составляют 79,5 % территории Российской Федерации. К районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям относится 65 % территории страны (зона Севера занимает более 10 млн км<sup>2</sup>), 20 % территории находится за Полярным кругом [2].

Северные регионы отличаются экстремальными природно-климатическими условиями, низкой плотностью населения, удалённостью от основных промышленных центров, высокой ресурсоёмкостью и зависимостью хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения

**В Арктической зоне РФ сконцентрирована добыча 91 % природного газа и 80 % газа промышленных категорий, добывается 100 % алмазов, сурьмы, апатита, флогопита, вермикулита, редких и редкоземельных металлов, 98 % платиноидов, 95 % газа, 90 % никеля и кобальта, 60 % меди и нефти**

от поставок топлива (северного завоза), продовольствия и товаров первой необходимости из других регионов страны.

Согласно анализу Минэнерго энергетической инфраструктуры северных децентрализованных зон выявлено:

1. 95 % территории РФ энергозависимо от дизельных электростанций (ДЭС), количество которых составляет более 600 шт.
2. Установленная мощность ДЭС — более 770 МВт, выработка электрической энергии генерирующими объектами составляет около 1160 МВт·ч за год.
3. Более 60 % генерации (500 МВт) сосредоточено в четырёх регионах: Республика Саха (Якутия), Камчатский край, Красноярский край и Ямало-Ненецкий АО.
4. Объём субсидий на компенсацию затрат на энергоснабжение составляет около 20 млрд руб. (77 % приходится на четыре региона с наибольшей долей мощности).
5. Суммарный годовой расход дизтоплива (ДТ) составляет более 350 тыс. тонн.
6. Цена дизтоплива с учётом транспортно-заготовительных расходов составляет от 20 до 130 тыс. руб. за тонну (рис. 1).

УДК 620.9. Научная специальность: 05.14.08.

## Использование ГИС-технологий при проектировании ВДЭС в северных условиях

**В. В. Елистратов**, д.т.н., профессор; **М. А. Конищев**, к.т.н., заведующий отделением; **В. И. Касина**, аспирантка; **И. В. Богун**, аспирантка, ассистент, [Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого](#) (СПбПУ)

Модернизация существующих объектов генерации с помощью внедрения ВИЭ, в том числе создание ветродизельных электростанций (ВДЭС), способствует решению проблем энергетического сектора в северных и арктических зонах РФ. Применение цифровых технологий, в особенности геоинформационных систем (ГИС), является целесообразным решением создания платформы для модернизации существующих объектов генерации, в особенности дизельных электростанций, объединяющей и предоставляющей данные, необходимые для анализа и принятия решений информации, данная система создаёт структуру общего видения с помощью заложённых баз данных. В работе представлена необходимая структура ГИС. Сформированы и структурированы требования к базам данных и определены слои, необходимые для обоснования параметров и режимов работы ВДЭС в северных условиях, и разработаны модели административных, экономических, геологических, энергетических, природно-климатических и других факторов информационно-аналитического обеспечения процесса принятия решений при проектировании объектов возобновляемой энергетики для Арктической зоны РФ. Разработана архитектура интерактивной системы принятия решений в формате ИГИС «Арктика».

**Ключевые слова:** возобновляемая энергетика, цифровые технологии, геоинформационные системы, изолированные системы энергоснабжения, дизельные электростанции, ветродизельные электростанции.

UDC 620.9. Scientific specialty number: 05.14.08.

## The use of geoinformation technologies in the design of wind-diesel power plants in northern conditions

**V. V. Elistratov**, Doctor of Technical Sciences; **M. A. Konishchev**, PhD, Head of the Department; **V. I. Kasina**, postgraduate student; **I. V. Bogun**, postgraduate student, an assistant, [Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University](#)

Modernization of existing generation facilities through the introduction of renewable energy, including the creation of wind-diesel power plants (WDPP), contributes to solving the problems of the energy sector in the northern and Arctic zones of the Russian Federation. The use of digital technologies, especially geoinformation systems (GIS), is an appropriate solution to create a platform for the modernization of existing generation facilities, especially diesel power plants, combining and providing data necessary for analysis and decision-making information, this system creates a common vision structure using embedded databases. The paper presents the necessary GIS structure. The requirements for databases have been formed and structured, and the layers necessary to substantiate the parameters and modes of operation of the WDPP in northern conditions have been determined, and models of administrative, economic, geological, energy, natural-climatic and other factors of information and analytical support for the decision-making process in the design of renewable energy facilities for the Arctic zone of the Russian Federation have been developed. The architecture of the interactive decision-making system in the IGIS "Arctic" format has been developed.

**Key words:** renewable energy, digital technologies, geoinformation systems, isolated power supply systems, diesel power plants, wind-diesel power plants.

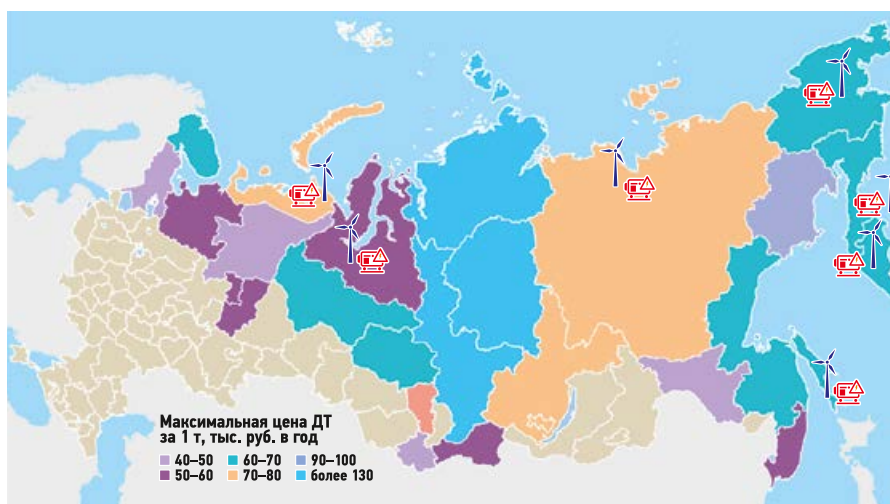


Рис. 1. Ветродизельные электростанции в изолированных и северных регионах Российской Федерации, данные о максимальной стоимости дизельного топлива по регионам

На основании проведённого анализа, выполненного по открытым источникам, определено, что около одной четвёртой части всех ДЭС находятся на стадии необходимой замены или капитального ремонта оборудования (основным критерием оценки является год ввода агрегатов и гарантированный срок службы, который в среднем составляет 20–25 тыс. моточасов, что примерно равно сроку эксплуатации 15–20 лет) [3].

Таким образом, для районов с изолированным энергоснабжением характерны: преобладание ДЭС в выработке электроэнергии, высокие удельные расходы топлива, низкий коэффициент использования установленной мощности (КИУМ), высокий износ оборудования, значительный износ и большой уровень потерь в местных электрических сетях и высокая стоимость электроэнергии.

В России в изолированных и труднодоступных местах функционирует восемь ВДЭС мощностью более 100 кВт (рис. 1, табл. 1). Эксплуатируется 26 ВЭУ, суммарная установленная мощность которых составляет 6,15 МВт.

Изолированные территории энергоснабжения в Российской Федерации обладают высоким техническим потенциалом ВИЭ, который составляет около 4,6 млрд т.у.т. в год, что в пять раз превышает объём потребления всех топливно-энергетических ресурсов России, а экономический потенциал оценивается в 270 млн т.у.т. [4].

Проведённый анализ существующих энергокомплексов (ЭК) с использованием ветроэлектрических установок и других установок ВИЭ показал, что использование возобновляемых источников энергии позволяет повысить надёжность энергоснабжения, сократить завоз топлива, снизить себестоимость электроэнергии у конечного потребителя и повысить экологическую безопасность.

Выбор варианта модернизации объектов генерации зависит от местных условий, к важнейшим параметрам которых относятся: структура потребителей энергии и режим потребления энергии; местные природно-климатические условия и возобновляемые энергетические ресурсы, состояние действующих систем энергоснабжения.

Задачи, решаемые в работе:

1. Анализ адаптированных к северным условиям ветроэлектрических установок и потенциального рынка ветродизельных электростанций (ВДЭС).
2. Анализ существующих ГИС, адаптированных под использование ВИЭ.
3. Формирование и структурирование требований к базам данных и определение слоёв, необходимых для обоснования параметров и режимов работы энергокомплексов ВДЭС в северных условиях.
4. Разработка моделей административных, экономических, геологических, энергетических, природно-климатических и других факторов информационно-аналитического обеспечения процесса принятия решений при проектировании объектов возобновляемой энергетики для Арктической зоны РФ.
5. Разработка архитектуры системы принятия решений в формате интерактивной геоинформационной системы ИГИС «Арктика».

**Использование ВИЭ позволяет повысить надёжность энергоснабжения, сократить завоз топлива, снизить себестоимость электроэнергии у конечного потребителя и повысить экологическую безопасность**

**Основной раздел**

Одним из потенциально эффективных методов модернизации локальной энергетики в изолированных территориях является частичная или полная замена энергетических мощностей, а именно дизельных электростанций, на энергетические объекты на основе ВИЭ, преимущественно на ветродизельные электростанции.

Территории с изолированным энергоснабжением обладают значительными техническими ветроэнергетическими ресурсами (ВЭР):  $6,2 \times 10^{15}$  кВт·ч/год. Внедрение ВДЭС позволит сэкономить десятки миллиардов рублей в год за счёт снижения количества завозимого дизельного топлива. В НОЦ «ВИЭ» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого изучен ветроэнергетический потенциал северных территорий, а также состояние существующих ДЭС, в результате чего установлено, что потенциальный рынок ВДЭС с ВЭУ 50–100 кВт в северных регионах составляет от 2300 до 4700 модулей для регионов со средней скоростью ветра более 4,5 м/с на высоте 10 м и стоимостью электроэнергии более 15–20 руб/кВт·ч [5].

Ветродизельные электростанции в изолированных и северных регионах РФ табл. 1

Наименование	Кол-во и модель ВЭУ	Установленная единичная мощность, кВт	Полная мощность ВЭС, кВт	Полная мощность ВДЭС, кВт
Анадырская ВЭС	десять ВЭУ (АВЭ-250, Micon 530M)	250	2500	6500
ВЭС на о. Беринга (пос. Никольское)	две ВЭУ Vergnet GEV-C	275	550	1426
ВЭС в пос. Новиково	две ВЭУ реновируем. Vestas V27	225	450	950
ВЭУ в пос. Лабитнанги	одна ВЭУ реновируем. Micon 530M	250	250	–
ВЭС в пос. Тикси	три ВЭУ Komai KWT300	300	900	10 500
ВЭС в пос. Усть-Камчатск	одна ВЭУ Vergnet GEV-C / три ВЭУ Komai KWT300	275 / 300	275 / 900	9175
ВЭС в пос. Амдерма	четыре ВЭУ Ghrepower-50	50	200	1000
ВЭУ в пос. Унчи	одна ВЭУ Ghrepower-100	100	100	220



У стандартных ВЭУ при эксплуатации в экстремальных климатических условиях могут возникать значительные потери в выработке электроэнергии и механические нагрузки выше номинальных, что в конечном итоге приводит к финансовым потерям и преждевременным выходам из строя основных частей ВЭУ. В связи с этим особенно важным является выбор такой ВЭУ, характеристики которой позволяют ей эффективно работать в условиях Крайнего Севера [6]. Выполнен анализ рынка ВЭУ средней мощности, адаптированных к российским северным условиям, которые могут быть использованы для автономных систем энергоснабжения на основе ветродизельных электростанций. Производители, поставляющие ВЭУ в специальном исполнении для работы в условиях холодного климата, представлены в табл. 2. Выполненный анализ показывает практически полное отсутствие отечественных разработок ВЭУ, адаптированных к российским северным условиям, и в тоже время высокую потенциальную возможность внедрения ветродизельных электростанций в арктических регионах.

Для проектирования объектов генерации в северных районах с использованием оборудования ВИЭ предложено использование интерактивных геоинформационных систем (ИГИС), являющихся одними из ключевых составляющих интеллектуальных технологий в энергетике, способствующих решению задач, связанных с энергоэффективностью и энергосбережением, а также в принятии инженерных и инвестиционных решений.

Геоинформационная система (ГИС) представляет собой интеграционную платформу, объединяющую и предоставляющую данные, а также информацию, необходимую для анализа и принятия решений, создавая структуру общего видения. Из-за данных возможностей крупные

зарубежные энергетические компании рассматривают геоинформационные системы не только как одну из базовых инфраструктурных технологий, необходимую для решения стратегических вопросов планирования сети и управления, но и для аналитики, необходимой для поддержки проектов по использованию солнечной и ветровой энергии, — одной из основных тенденций развития мировой

**Основной целью создания ИГИС является ускорение внедрения и повышения качества технико-экономического обоснования и проектирования энергетических объектов на основе возобновляемых источников энергии в арктических регионах**

электроэнергетики. Основная задача геоинформационных систем для разработки проектов по модернизации существующих объектов генерации с помощью создания энергокомплексов на базе ВИЭ в сложных климатических условиях — создать геоинформационное пространство, которое является продуктом ГИС, способное хранить заложенные в него базы данных, структурировать информацию и интерпретировать её в слои для расчёта необходимых показателей проекта, определения места строительства, проведения сравнительных характеристик с помощью заложенных баз данных.

Основной целью создания ИГИС является ускорение внедрения и повышения качества технико-экономического обоснования и проектирования энергетических объектов на основе возобновляемых источников энергии в арктических регионах. Оперативное и полное представление данных ИГИС о климатических характеристиках, экстремальных значениях климатических факторов и их изменчивости, географических условиях и локальных возобновляемых энергетических ресурсов значительно ускорит реализацию инфраструктурных проектов автономного энергоснабжения.

Ключевыми потребителями ИГИС могут быть горнорудные предприятия, предприятия нефтегазового комплекса, муниципальные и региональные энергоснабжающие организации, энергосервисные компании, функционирующие в изолированных северных территориях РФ и эксплуатирующие дизельную генерацию.

☛ Перечень ВЭУ в специсполнениях для работы в условиях холодного климата табл. 2

Модель	Производитель	Номинальная мощность, кВт	Страна	Веб-сайт
Micon M530	Micon A/S	250	Дания	—
Komai KWT300	KomaiHaltec Inc.	300	Япония	komaihaltec.co.jp
Northwind 100	Northern Power Systems	100	США	northernpower.com
Ghrepower-50 Arctic	Shanghai Ghrepower Green Energy Co.	50	Китай	ghrepower.com
Ghrepower-100 FD25 Arctic	Shanghai Ghrepower Green Energy Co.	100	Китай	ghrepower.com
nED 100/24	Norvento	100	Испания	norvento.com

☛ Имеющиеся ГИС, адаптированные под использование ВИЭ табл. 3

Название	Страна	Адрес сайта	Доступ
Геоинформационная система ОАО «РАО ЭС Востока»	Россия	gao-esv.ru	Закрытый
Геоинформационная система «Возобновляемые источники энергии России» (ГИС ВИЭР)	Россия	gisre.ru	Свободный
Global Wind Atlas (GWA 3.1)	Дания	globalwindatlas.info	Свободный
Global Solar Atlas	Дания	globalsolaratlas.info/map	Свободный
Global Atlas for Renewable Energy	ОАЭ	irena.org/globalatlas	Свободный
JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)	Бельгия	ec.europa.eu/jrc/en/pvgis	Свободный
Vortex	Испания	vortexfdc.com	Закрытый
SolarGIS	Словакия	solargis.com	Закрытый



Рис. 2. Слои, необходимые для проектирования ветродизельных электростанций для северных условий (O — целевой параметр, определяемый с учётом информации, представленной на слоях  $a_n$ , и весовых коэффициентов  $b_n$ )

Из анализа открытых информационных источников в настоящее время в Российской Федерации созданы две геоинформационные системы ВИЭ, релевантные к задачам исследования. В мире насчитывается более десятка ГИС ВИЭ, обеспечивающие доступ к национальным и глобальным данным о возобновляемых источниках энергии, энергетической инфраструктуры, доступные в открытом виде через сеть Интернет, среди них выделены шесть наиболее современных и актуальных геоинформационных систем. Имеющиеся ГИС, адаптированные под использование возобновляемых источников энергии представлены в табл. 3 [7–12].

Две наиболее функциональные и современные системы, построенные на платформе Global Atlas Датского технологического университета (Technical University of Denmark, DTU), выбраны в качестве прообраза разрабатываемой интерактивной геоинформационной системы.

Авторами сформирована база первичных источников локальных и глобальных геоинформационных данных, список которых представлен в табл. 4. Источниками

данных для формирования геоинформационной системы служат:

- 1. Картографические материалы** (топографические и общегеографические карты, карты административно-территориального деления, кадастровые планы и др.).
- 2. Данные дистанционного зондирования** (материалы, получаемые с космических носителей).
- 3. Материалы полевых изысканий территорий** (данные топографических, инженерно-геодезических изысканий, кадастровой съёмки, геодезических измерений природных объектов, выполняемых нивелирами, теодолитами, электронными тахеометрами, GPS-приёмниками, а так-



Табл. 4. Основные базы данных, используемые для создания ГИС в области ВИЭ

табл. 4

№	Наименование	Адрес сайта
1	MERRA-2	<a href="http://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/merra-2/data_access">gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/merra-2/data_access</a>
2	IRENA Global Energy Atlas	<a href="http://globalatlas.irena.org/workspace">globalatlas.irena.org/workspace</a>
3	RE Data Explorer	<a href="http://re-explorer.org/re-data-explorer/download/intro">re-explorer.org/re-data-explorer/download/intro</a>
4	Danish Technical University Global Wind Atlas	<a href="http://data.dtu.dk/articles/dataset/global_wind_atlas_v3/9420803">data.dtu.dk/articles/dataset/global_wind_atlas_v3/9420803</a>
5	World Bank Group Global Solar Atlas	<a href="http://globalsolaratlas.info/map">globalsolaratlas.info/map</a>
6	PVGIS data download   EU Science Hub	<a href="http://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis/downloads/data">ec.europa.eu/jrc/en/pvgis/downloads/data</a>
7	NASA Power/SSE	<a href="http://power.larc.nasa.gov">power.larc.nasa.gov</a>
8	Global Land Cover	<a href="http://lcviewer.vito.be/2019">lcviewer.vito.be/2019</a>
9	ECMWF	<a href="http://ecmwf.int">ecmwf.int</a>

же результаты обследования территорий с применением геоботанических и других методов).

**4. Статистические данные** (данные государственных статистических служб, стационарных измерительных постов наблюдений — гидрологические и метеорологические данные и т.д.).

**5. Литературные данные** (справочные издания, книги, монографии и статьи, содержащие сведения по отдельным типам географических объектов).

**Источниками данных для формирования ГИС служат картографические материалы, данные дистанционного зондирования, материалы полевых изысканий территорий, статистические и литературные данные**

Определены ключевые слои пространства, необходимые для создания ГИС:

**1. Административный слой** — содержит информацию о дорогах, административно-территориальном делении, включает данные о населении регионов, площади территорий и т.д. (рис. 2).

**2. Экономический слой** — содержит информацию, необходимую для технико-экономического обоснования (ТЭО).

**3. Геологический слой** — включает в себя информацию о типе почвы и глубине промерзания грунтов северных регионов. Слой необходим для расчёта фундамента и определения его параметров.

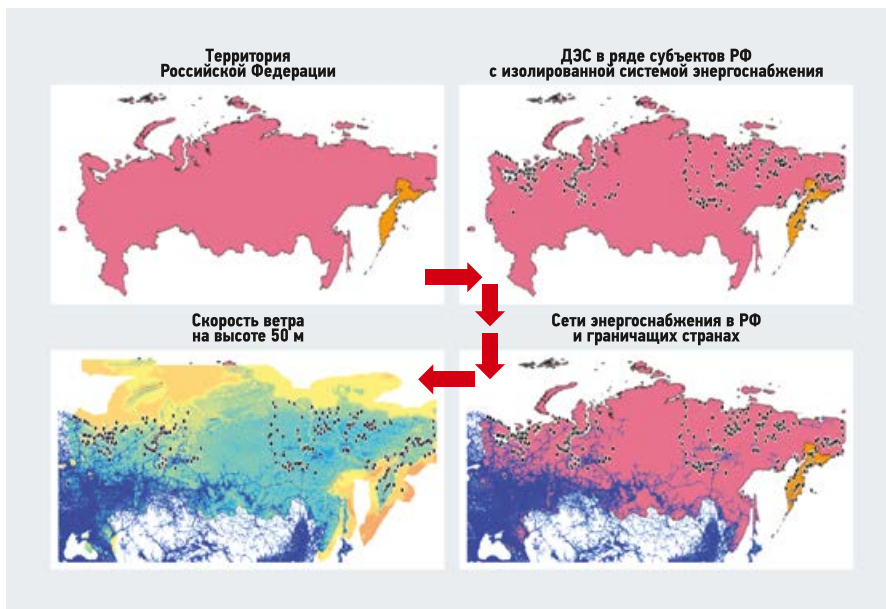
**4. Энергетический слой** — содержит информацию о системе энергоснабжения регионов, о действующих энергокомплексах, их мощности, выработки и информацию о линиях электропередач. Слой необходим для оценки текущего состояния энергоснабжения выбранного региона, актуальности строительства новых энергообъектов в указанной точке, о возможности оптимизации энергоснабжения российских регионов.

**5. Климатический слой** — включает информацию о температуре (максимальные, минимальные, среднегодовые, среднесезонные значения), об осадках и др. Слой необходим для принятия верных решений о выборе оборудования с учётом низких температур, о дополнительных мероприятиях по защите от обледенения, для определения потерь в выработке электроэнергии при сложных климатических условиях.

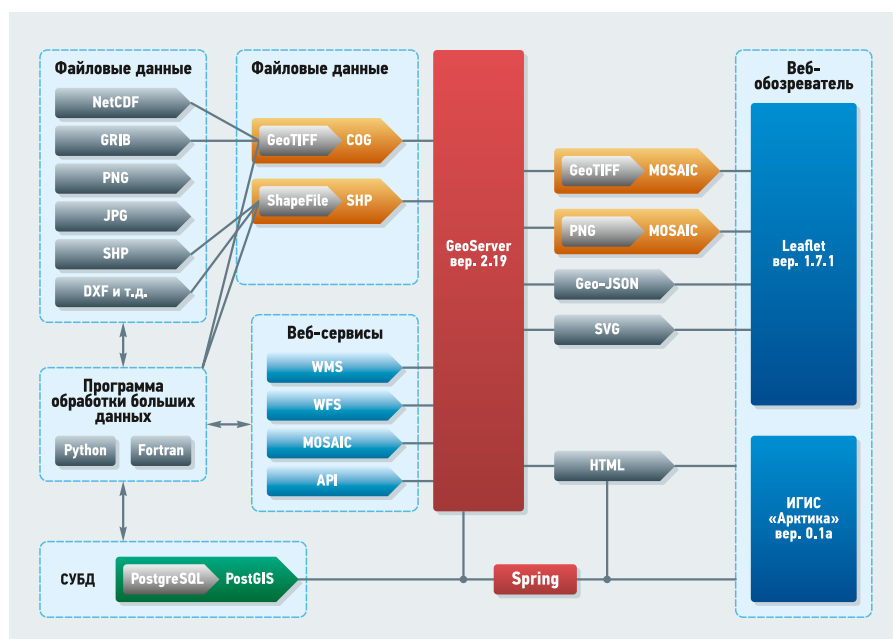
**6. Ресурсный слой** — состоит из ветроэнергетических, солнечных, гидрологических и других данных, необходимых для расчёта объектов ВИЭ [13].

С помощью данной модели для выбранной точки можно определять климатические, геологические, топографические, экономические и другие параметры, а также характеристики, влияющие на расчёт мощности, выработки, потерь электроэнергии, и другие конечные показатели расчёта ветроэлектрических установок в составе электростанции [14].

В целях необходимости обеспечения полной совместимости с базовыми пространственными данными открытого пользования картографические данные представляются в проекции Меркатора (WGS 1984 Web Mercator, WKID 102113, EPSG 3857) в системе координат WGS 84 Auxiliary Sphere. Созданные в ПК QGIS слои представлены на рис. 3.



•• Рис. 3. Слои, созданные в свободной кроссплатформенной геоинформационной системе QGIS



•• Рис. 4. Архитектура интерактивной геоинформационной системы (ИГИС) «Арктика»

ГИС обладает развитыми средствами обработки и анализа входящих данных с целью дальнейшей их реализации в вещественной форме. Схема аналитической работы ГИС следующая: на первом этапе производится сбор информации, как географической (цифровые карты, изображения), так и атрибутивной, после чего собранные данные являются наполнением двух баз данных (БД) — первая БД хранит картографические данные, вторая же наполнена информацией описательного характера; на втором этапе система обработки пространственных данных обращается к базам данных для проведения обработки и анализа востребованной информации. При этом весь процесс контролируется системой управления БД (СУБД), с помощью которой можно осуществлять быстрый поиск табличной и статистической информации.

Подавляющее большинство исходных данных представлено в виде файлов графических форматов PNG, JPG, GeoTIFF/COG (для растровых карт, изображений и геоинформационных данных), векторных / табличных форматах SVG, SHP (для векторных изображений и геоинформационных данных) и в научных форматах GRIB/NetCDF для метеорологических данных.

Наполнение базы исходных данных производится как вручную (оцифровка редких картографических источников), так и автоматически, то есть посредством скачивания с FTP-серверов открытых источников и с использованием API сторонних ГИС и сервисов.

Для стандартизации, упрощения обработки и вывода информации исходные данные конвертируются в стандартный набор форматов, используемых именно

в ИГИС «Арктика»: SHP/SVG — для векторных данных, PNG — для графических изображений, GeoTIFF/COG — для распределённых в пространстве и времени данных, NetCDF — для распределённых многомерных данных.

Для хранения пользовательских и системных данных используется СУБД PostgreSQL и её расширение для геоинформационных систем PostGIS.

Для трансляции карт-подложек, таких как спутниковые снимки, навигационные и вспомогательные карты, предусмотрена интеграция картографических сервисов по стандартным протоколам WMS/WFS, специализированным API (например, GWA) и с получением тайловых/мозаичных изображений.

Специализированные функции конвертации, расчётов, обработки исходных данных реализуются на языках Python и Fortran и представлены в виде конечных программ, запускаемых по времени или принудительно пользователем.

В качестве среды разработки картографических интернет-приложений используется программное обеспечение MapServer версии 2.19 и Spring Framework версии 5.3.8. Интерактивное взаимодействие обеспечивается с применением библиотеки Leaflet версии 1.7.1 и разрабатываемой библиотекой ИГИС «Арктика».

Выполнена разработка архитектуры системы принятия решений в формате интерактивной геоинформационной системы ИГИС «Арктика», упрощённая схема которой представлена на рис. 4. Предложенная программная архитектура использует последние достижения веб-технологий с открытым исходным кодом, лицензии используемых программных библиотек которых позволяют свободно использовать код, в том числе в закрытом программном обеспечении.





Фото: ПАО «РусГидро», rusgidro.ru

❖ Ветроэлектростанция в посёлке Тикси, Республика Саха (Якутия)

### Заключение

1. Выполнен анализ существующего энергоснабжения в северных регионах РФ: 95% северных и арктических территорий России энергозависимо от дизельных электростанций, количество которых — более 600 шт. Суммарная выработка электрической энергии генерирующими объектами в изолированных и труднодоступных регионах составляет около 1161 МВт·ч за год, установленная мощность более 770 МВт. В изолированной системе энергоснабжения в суровых северных климатических условиях эксплуатируется 26 ВЭУ, суммарная установленная мощность которых 6,15 МВт, а также функционирует восемь энергокомплексов ВДЭС с суммарной мощностью около 30 МВт (мощность ВЭС — 6,125 МВт).

2. Потенциальный рынок ВДЭС с ВЭУ 50–100 кВт в северных регионах составляет от 2300 до 4700 модулей для регио-

нов со средней скоростью ветра более 4,5 м/с на высоте 10 м и стоимостью электроэнергии более 15–20 руб/кВт·ч.

3. Для комплексного учёта особенностей проектирования энергокомплексов на основе ВИЭ предложено использование цифровых технологий для обоснования параметров и режимов работы при мо-

**В работе выполнен анализ существующего энергоснабжения в северных регионах Российской Федерации: 95% северных и арктических территорий энергозависимо от ДЭС, количество которых — более 600 шт. Суммарная выработка электрической энергии генерирующими объектами составляет около 1161 МВт·ч за год, установленная мощность более 770 МВт**



Фото: ООО «Дизель-Системы», d-system.ru

❖ Дизельная электростанция ДЭС-300 (300 кВт / 375 кВА) на основе ЯМЗ-240, ТМЗ-8435

дернизации и проектировании объектов генерации в северных автономных районах, а именно использование геоинформационных технологий.

4. Сформированы и структурированы требования к базам данных и определены слои, необходимые для обоснования параметров и режимов работы энергокомплексов ВДЭС в северных условиях, и разработаны модели административных, экономических, геологических, энергетических, природно-климатических и других факторов информационно-аналитического обеспечения процесса принятия решений при проектировании объектов возобновляемой энергетики для Арктической зоны РФ.

5. Разработана архитектура системы принятия решений в формате интерактивной геоинформационной системы (ИГИС) «Арктика». ●

1. Колпаков А., Семиряга В. Развитие Арктики и национальные интересы Российской Федерации [Электр. текст]. «Армейский сборник» от 08.12.2020. Web-source: army.ric.mil.ru. Дата обр.: 01.09.2021.
2. Абрамов Р.А. Особенности развития северных регионов // Региональная экономика: теория и практика, 2008. №11. С. 15–21.
3. Модернизация объектов генерации в изолированных и труднодоступных территориях [Электр. текст]. Минэнерго России. Режим доступа: minenergo.gov.ru. Дата обр.: 01.09.2021.
4. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. Изд. 3-е, доп. — СПб.: Изд-во СПбПУ, 2016. 424 с.
5. Elistratov V.V., Bogun I.V., Kasina V.I. Optimization of wind-diesel power plants parameters and placement for power supply of Russia's northern regions consumers. Proc. of the 16th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA 2019). June 6–8, 2019. Varna, Bulgaria.
6. Елистратов В.В., Конищев М.А. Ветродизельные электростанции для автономного энергоснабжения северных территорий России // Альтернативная энергетика и экология, 2014. №11. С. 62–71.
7. Курочкин Ю.А., Фомин В.Н. ГИС как инструмент поиска перспективных проектов ВИЭ [Электр. текст]. ESRI CIS ArcReview. Режим доступа: arcreview.esri-cis.ru. Дата обр.: 01.09.2021.
8. Геоинформационные системы для бизнеса и общества [Электр. текст]. ООО «Дата+». Режим доступа: dataplus.ru. Дата обр.: 01.09.2021.
9. Мыльников Д.Ю. Геоинформационные платформы [Электр. текст]. ООО «Политерм». Режим доступа: politerm.com. Дата обр.: 01.09.2021.
10. Нагорнюк К. Обзор общедоступных проектов, использующих преимущества Веб-ГИС [Электр. текст]. ESRI CIS «Блоги» от 10.03.2014. Режим доступа: blogs.esri-cis.ru. Дата обр.: 01.09.2021.
11. Дубинин М.Ю., Костикова А.М. Веб-ГИС // Компьютерра, 2008. №33 (749).
12. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). EU Science Hub. Web-source: ec.europa.eu. Access data: September 1, 2021.
13. Elistratov V.V., Bogun I.V., Kasina V.I. Development of a geoinformation system for the design of wind power facilities in the Russian arctic conditions. Proc. of the "Arctic: History and Modernity" 4th International Scientific Conference. April 17–18, 2019. St. Petersburg, Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 302. July 2019.
14. Касина В.И., Богун И.В. Создание слоя состояния энергоснабжения в ГИС для арктической зоны Российской Федерации / Неделя науки СПбПУ 2019: Мат. науч. форума с межд. участием. — СПб.: ИСИ (Политех), 2019. С. 263–266.

References — see page 79.



# Моделирование и исследование в **COMSOL Multiphysics** коррозионного процесса арматуры железобетонных фундаментов малых ВЭУ

Рецензия эксперта на статью получена 23.10.2021 [The expert review of the article received on October 23, 2021].

Малые ветроэнергетические установки (ВЭУ) — это бытовые изделия, строительство которых не накладывает особых требований на условия размещения и эксплуатации [1]. В то же время их структурные и конструктивные решения должны соответствовать основным положениям надёжности технических систем, то есть обладать свойствами сохраняемости во времени в установленных пределах значений всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения и технического обслуживания. Надёжность является комплексным свойством для технических средств, которое, в зависимости от назначения объекта и условий его применения, может включать также безотказность, долговечность и ремонтпригодность [2].

В структуру ВЭУ входит ряд узлов: фундамент, мачта, опорно-поворотный узел, генератор, ротор, лопасти, блок управления (контроллер) и другие. Два первых узла относятся к строительной части ВЭУ. Они в структуре установки соединяются последовательно. Последовательное соединение элементов в структурной схеме надёжности — это такое соединение, при котором отказ одного элемента приводит к отказу всего объекта в целом.

Конструкции ветроэнергетических установок проектируются с повышенной устойчивостью, так как стабильность показателей надёжности при эксплуатации и производительность ВЭУ должна сохраняться при действии переменных порывов ветра значительной силы [3]. Чтобы обеспечить эти характеристики, требуется надёжно смонтировать мачту на фундаменте. Фундамент для ВЭУ — залог стабильности и прочности массивной конструкции мачт. Сами же фундаменты тем более должны обладать достаточной жёсткостью и прочностью. Как правило, их выполняют железобетонными.

Современные железобетонные фундаменты под мачты ВЭУ могут выполняться в заводских условиях в виде отдельных железобетонных блоков и устанавливаться на месте монтирования ВЭУ. Для повышения устойчивости мачты фундамент может дополнительно укрепляться путём заливки бетона в грунт по периметру железобетонного блока, или предусматривают укрепление мачты за счёт установки боковых растяжек. К верхней грани фундамента затем с помощью анкерных болтов крепится мачта ВЭУ (в одном варианте исполнения), или её устанавливают в стаканый оголовок фундамента (в другом варианте исполнения).

УДК 620.93. Научная специальность: 05.14.08.

**Моделирование и исследование в **COMSOL Multiphysics** коррозионного процесса арматуры железобетонных фундаментов малых ветроэнергетических установок**

**В. А. Сучилин**, д.т.н., профессор; **А. С. Кочетков**, старший преподаватель; **Н. Н. Губанов**, старший преподаватель, [Российский государственный университет туризма и сервиса](#) (РГУТиС, Чернизово, МО)

*Надёжность мачт ветроэнергетических установок существенно зависит от фундаментов, выполняемых как самостоятельные ЖБИ и помещаемых на значительную глубину в грунт. На основании изучения особенностей эксплуатации данных изделий сделано предположение, что причиной преждевременного повреждения их может быть коррозия арматуры бетона. Проведено моделирование процесса коррозии арматуры подобных фундаментов в ПО **COMSOL Multiphysics**. Представлены результаты исследования и предложен метод защиты от коррозии.*

**Ключевые слова:** ветроэнергетические установки малой мощности, надёжность мачт ветроэнергетических установок, железобетонные фундаменты, коррозия арматурных стержней в бетоне, защита арматуры от коррозии, моделирование процесса коррозии, [COMSOL Multiphysics](#).

UDC 620.93. Scientific specialty number: 05.14.08.

**Modeling and research in **COMSOL Multiphysics** of the corrosion process of reinforced concrete foundations of small wind power plants**

**V. A. Suchilin**, Doctor of Technical Sciences, Professor; **A. S. Kochetkov**, senior lecturer; **N. N. Gubanov**, senior lecturer, [Russian State University of Tourism and Service](#) (RSUTS, dp. Cherkizovo, Moscow region)

*The dependability of the masts of small wind power plants significantly depends on the foundations performed as independent reinforced concrete products and placed on a significant depth of the ground. Based on the study of the features of these products, it is assumed that the cause of premature damage to them may be corrosion of concrete reinforcement. Modeling the process of corrosion of reinforcement of such foundations in **COMSOL Multiphysics** has been carried out. The results of the study are presented and the method of protection against corrosion is proposed.*

**Key words:** small wind power plants, the dependability of the masts of wind power plants, reinforced concrete foundations, corrosion of reinforcement rods in concrete, protection of reinforcement from corrosion, corrosion process modeling, [COMSOL Multiphysics](#).

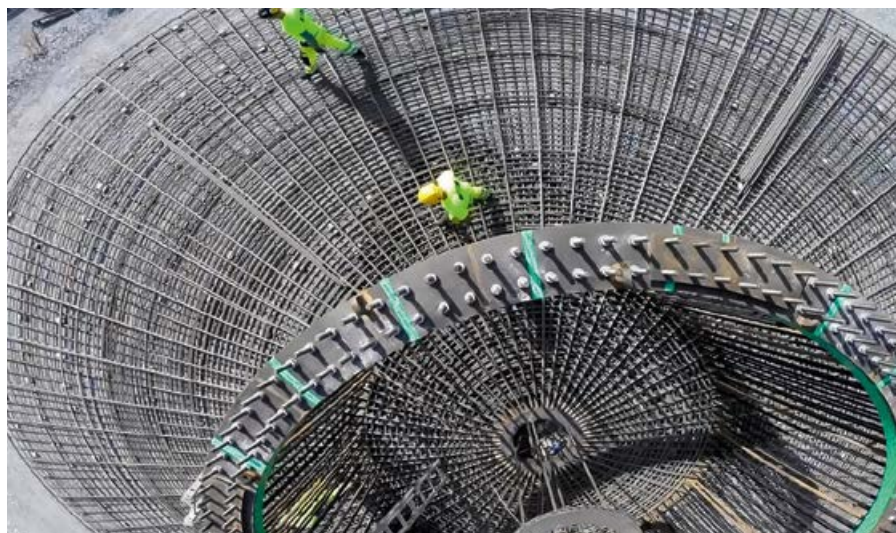
Второй вариант установки мачты наиболее технологичен, так как упрощает и унифицирует процесс монтажных работ по установке мачты, повышает уровень механизации процесса, сокращает время исполнения работ. Железобетонные фундаменты под ВЭУ могут изготавливаться непосредственно на местах установки мачт. Для этого готовят, в зависимости от параметров мачты, колодез необходимых размеров, устанавливают арматурный каркас и заливают бетон. Таким образом, подобные фундаменты выполняют роль несущей конструкции, во многом определяющей эксплуатационную надёжность ВЭУ в целом. Конструкция фундаментов под мачты рассчитана на значительные весовые и ветровые нагрузки, передаваемые от лобового напора на ВЭУ, а также нагрузки от вращения лопастей ротора. Все нагрузки, которые воспринимают на себя эти ЖБИ, равномерно распределяются на окружающий фундамент грунт.

### Под коррозией стальной арматуры понимается процесс постепенного разрушения поверхности арматурного стержня в результате химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой

Надёжность железобетонных фундаментов мачт, так же, как и для любых ЖБИ, во многом зависит от сохранности арматуры, обеспечивающей прочность бетона. В то же время сама стальная арматура со временем подвержена коррозии, приводящей к ослаблению или разрушению бетона.

Под коррозией стальной арматуры понимается процесс постепенного разрушения поверхности арматурного стержня в результате химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой. При этом на арматуре нарастает слой ржавчины, что вызывает растягивающие напряжения и образование трещин в окружающем бетоне. Поэтому разрушаются не только стержни арматуры, но и бетон, окружающий её.

Чаще всего коррозия арматуры в бетоне — это результат электрохимического процесса. Вопросами электрохимической коррозии ЖБИ занимались многие учёные, как в нашей стране [4–6], так и за рубежом [7, 8], причём заметна тенденция перехода от эмпирической модели коррозии к компьютерному моделированию коррозионных процессов [6, 8]. В данных работах изучено влияние электрохими-



❖ Создание фундамента ветроэнергетической установки

ческих параметров бетона и арматуры на протекание коррозионных процессов и установлена их связь с механическим состоянием изделия. Предложен ряд структурных и организационных мер по снижению коррозии арматуры в бетоне. Но, несмотря на принимаемые меры защиты ЖБИ, полностью исключить коррозионные разрушения пока не удаётся.

Реальные условия эксплуатации железобетонных фундаментов требуют учёта множества ещё недостаточно изученных факторов при оценке работоспособности этого вида изделий. Поэтому важно оценивать, например, коррозионный процесс, протекающий в арматуре стержневого типа фундамента в виде железобетонного стакана, помещённого во влажный грунт. Для подобных исследований предпочтительно использовать модельный метод, например, с использованием ПО [COMSOL Multiphysics](#), которое пред-

назначено для численного моделирования научных и инженерных задач [9–10].

За основу моделирования коррозии стержневой арматуры в бетоне взята методика [11]. Программный модуль Corrosion с интерфейсом Tertiary Current Distribution, Nernst-Planck позволяет учитывать не только распределение токов в диффузионной среде при протекании электрохимических реакций, но и перенос массы вещества. Электрическая проводимость бетона зависит от уровня насыщения пор водой, которая действует как электролит. Кислород диффундирует от открытой наружной поверхности бетона и взаимодействует с поверхностью стальной арматуры. Здесь происходят реакции восстановления кислорода и окисления железа. При этом формируется и растёт слой оксида железа ( $Fe_2O_3$ ), расширяя объём, занимаемый арматурой. Эффект напряжения в бетоне из-за образования оксида моделируется с использованием модуля Solid Mechanics, причём в узле Damage выбирается модель скалярного механического повреждения.

Процесс образования трещин в бетоне характеризует изотропная скалярная переменная повреждения  $d$ , которая представляет собой величину разрушения из-за роста трещины. Переменная повреждения входит в основную зависимость напряжения от деформации

$$\sigma = (1 - d)C \cdot \epsilon,$$

где  $\sigma$  — тензор напряжений;  $C$  — матрица упругости;  $\epsilon$  — тензор деформации.

Если критический уровень напряжения или деформации будет превышен, за упругой фазой последует нелинейная фаза разрушения: когда напряжение превышает прочность бетона на растяжение, происходит его разрушение.



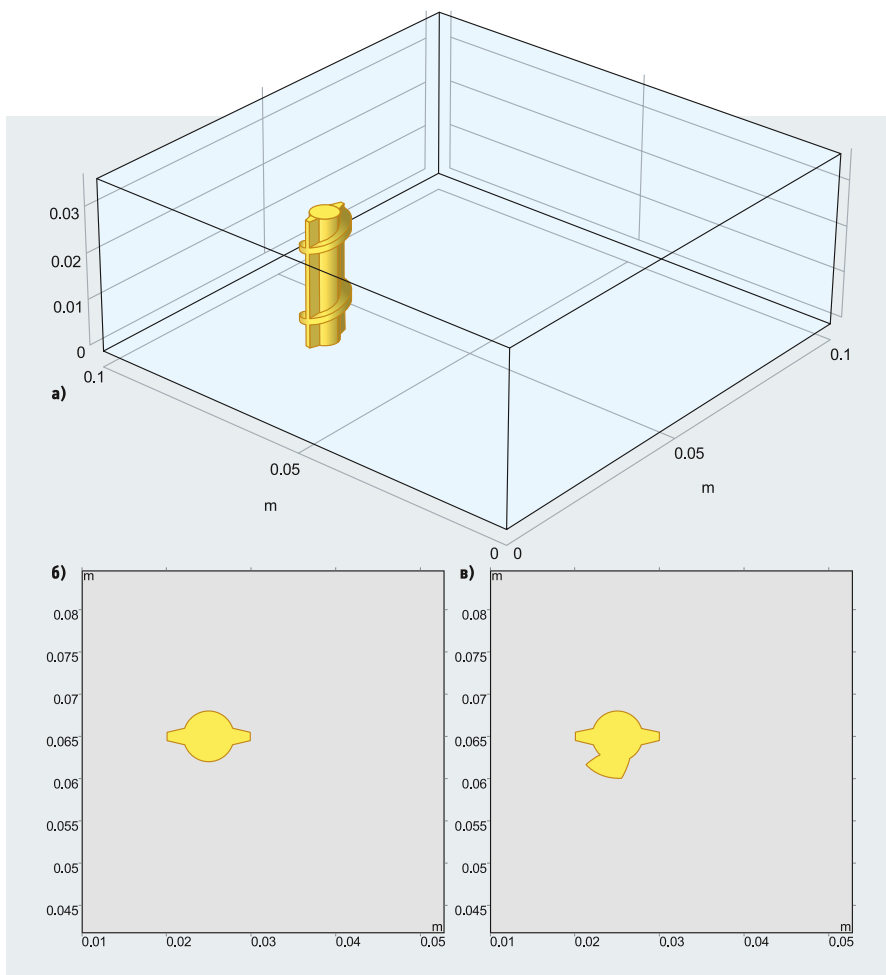
### Исследуемая модель и результаты

На рис. 1 показана геометрия модели элемента арматуры в бетоне. Трёхмерная ячейка состоит из бетонного блока и элемента стержневой арматуры внутри него (рис. 1а). Форма этого элемента соответствует одному из регламентированных ГОСТ 34028–2016 типов арматурного проката, а именно периодическому профилю с двумя продольными и поперечными наклонными к оси рёбрами кольцевого сечения с равномерной толщиной полуколец, расположенных с двух противоположных по периметру сторон [12]. Смещение элемента арматуры к одной из сторон блока демонстрирует особенность, которая иногда встречается в реальных ЖБИ: с одной из сторон железобетонного стакана фундамента слой бетона может быть тоньше. А это, как правило, приводит к тому, что бетон с этой стороны недостаточно защищает арматуру от кислорода воздуха. Диффузия кислорода осуществляется как раз от внешнего, более тонкого слоя бетона к арматуре, что определяет условия начала процесса коррозии на стержне арматуры.

Двумерная модель, как перпендикулярное сечение трёхмерной, может варьироваться в зависимости от положения секущей плоскости относительно высоты блока. Например, для плоскости, проведённой по середине высоты, сечение элемента арматуры обладает осевой симметрией (рис. 1б). Для плоскости, отсекающей  $\frac{3}{4}$  высоты блока, сечение значительно отличается по толщине и форме за счёт одного из поперечных рёбер арматурного профиля (рис. 1в). Исследование проводилось как для трёхмерной модели, так и для некоторых двумерных, соответствующих различным сечениям. Далее приводятся результаты для плоской модели (рис. 1б). Модель состоит из ячейки, отражающей все электрохимические процессы коррозии в действующих условиях работы ЖБИ. Время исследования составляет 750 суток.

Диффузия кислорода в модели, как было обосновано выше, происходит от внешнего, более тонкого слоя бетона (слева) к арматуре (электроду) и задаётся концентрацией кислорода на левом ребре ячейки  $8,6 \text{ моль/м}^3$ . Коррозия стальной арматуры происходит по электрохимическому механизму. Восстановитель — железо с электродным потенциалом  $E_{\text{Fe}} = -0,76 \text{ В}$ , окислитель — растворённый в водной среде кислород с электродным потенциалом  $E_{\text{O}_2} = 0,189 \text{ В}$ .

Структуры стали арматуры и контактного слоя бетона у её поверхности практически всегда неоднородны, что при



•• Рис. 1. Геометрия модели элемента арматуры в бетоне [а — трёхмерная ячейка, б — двумерное сечение по середине высоты блока (фрагмент увеличен), в — то же по высоте  $\frac{3}{4}$  блока]

определённых условиях гарантирует наличие разности потенциалов между отдельными участками поверхности металла (анодными и катодными, образующими микрогальванические пары). Также для возникновения окислительно-восстановительных реакций на электроде необходима электролитическая связь между этими участками, например, водная среда. Капиллярно-пористая структура бетона (в модели принята пористость 60%) за счёт влагонасыщенности грунта обеспечивает это условие. Таким образом, на анодных участках поверхности электрода

металл растворяется, то есть в виде ионов переходит в раствор электролита (окислительная реакция:  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ ), а на катодных участках электрода происходит поглощение электронов, образовавшихся при анодном процессе, кислородом (восстановление растворённого кислорода:  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ ), что и обуславливает начало электрохимического процесса коррозии арматуры.

Результатом двух сопряжённых реакций будет образование на арматуре слоя сложной смеси в виде ржавчины. Она обладает плохим сцеплением с металлической поверхностью и поэтому неудовлетворительно защищает железо от дальнейшего разрушения.

Скорость электрохимической реакции может быть непостоянной на различных участках электрода. В значительной степени это определяется распределением плотности тока по поверхности электрода. Распределение тока во многом зависит от межэлектродных расстояний на его поверхности и толщины диффузионного слоя на разных участках, которая не всегда бывает равномерной. Это приводит к тому, что на различных участках поверхности электрода арматуры будут достигаться различные значения потенциалов и плотности тока.

**Результатом двух сопряжённых реакций будет образование на арматуре слоя сложной смеси в виде ржавчины. Она обладает плохим сцеплением с металлической поверхностью и поэтому неудовлетворительно защищает железо от дальнейшего разрушения. Скорость электрохимической реакции может быть непостоянной на различных участках электрода. В значительной степени это определяется распределением плотности тока по поверхности электрода**

Результатом исследования являются основные зависимости коррозионного процесса стали в бетоне. На рис. 2 показаны электрохимические характеристики электролита в бетоне. Рис. 2а соответствует начальному состоянию потенциала электролита бетона (0 суток). Видно, что потенциал электролита менее 0,35 В и в целом равномерно распределён в бетоне. Однако в зонах концентрации механических напряжений на арматуре, созданных при производственных операциях (прокатке), он выше. В целом можно заметить, что бетон, помещённый в увлажнённую почву, насыщается водным электролитом с некоторым электрическим потенциалом, способным вызвать коррозионный процесс на арматуре.

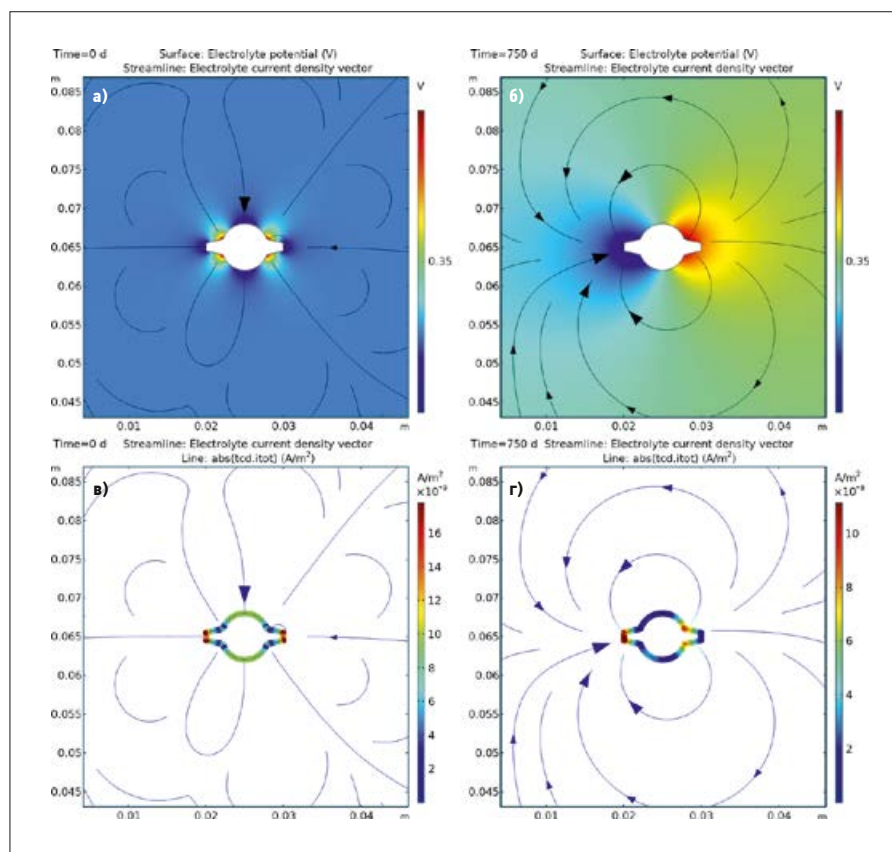
Потенциал электролита бетона можно представить как сумму потенциалов ионов. Положительно заряженные ионы движутся в растворе электролита к отрицательному полюсу (катоде), а отрицательно заряженные — к положительному полюсу (аноду). Но это только обобщённая схема, так как зоны анодных и катодных процессов на арматуре со временем меняются. В ходе коррозионного процесса изменяются не только свойства металлической поверхности арматуры, но и контактирующего с ним электролита



(изменение концентрации отдельных его компонентов учитывается уравнением баланса масс). На рис. 2б показано распределение потенциала электролита бетона при длительном действии коррозионного процесса (750 суток). Видно, что потенциал электролита вырос с правой стороны электрода, где концентрируются положительно заряженные частицы-ка-

тионы, и остался практически неизменным с левой стороны, где собираются отрицательные анионы.

На рис. 2в приводится начальное распределение абсолютной величины плотности тока на границе «электролит-электрод» (0 суток). Видно, что в целом плотность тока в электролите распределена равномерно и равна примерно  $8 \times 10^{-9}$  А/м<sup>2</sup>.



❖ **Рис. 2.** Электрохимические характеристики электролита в бетоне (фрагмент в увеличенном масштабе) [а — распределение потенциала электролита бетона и линии плотности тока (0 суток), б — то же (750 суток), в — распределение абсолютного значения плотности тока на границе «электролит — электрод» (0 суток); г — то же (750 суток)]

**Потенциал электролита бетона можно представить как сумму потенциалов ионов. Положительно заряженные ионы движутся в растворе электролита к катоду, а отрицательно заряженные — к аноду. Но это только обобщённая схема, так как зоны анодных и катодных процессов на арматуре со временем меняются**

Однако в зонах концентрации механических напряжений электрода плотность тока неоднородна, и участки с меньшей и большей величиной чередуются.

На рис. 2г показано распределение абсолютной величины плотности тока на границе «электролит — электрод» при длительном действии коррозионного процесса (750 суток). Видно, что плотность тока электролита в граничной области повысилась в среднем до  $2 \times 10^{-8}$  А/м<sup>2</sup>. В то же время с левой стороны элемента арматуры, то есть в зоне диффузии кислорода, плотность тока выросла почти до  $10^{-7}$  А/м<sup>2</sup>. Это изменение указывает на интенсивность окислительных процессов на анодных участках электрода.

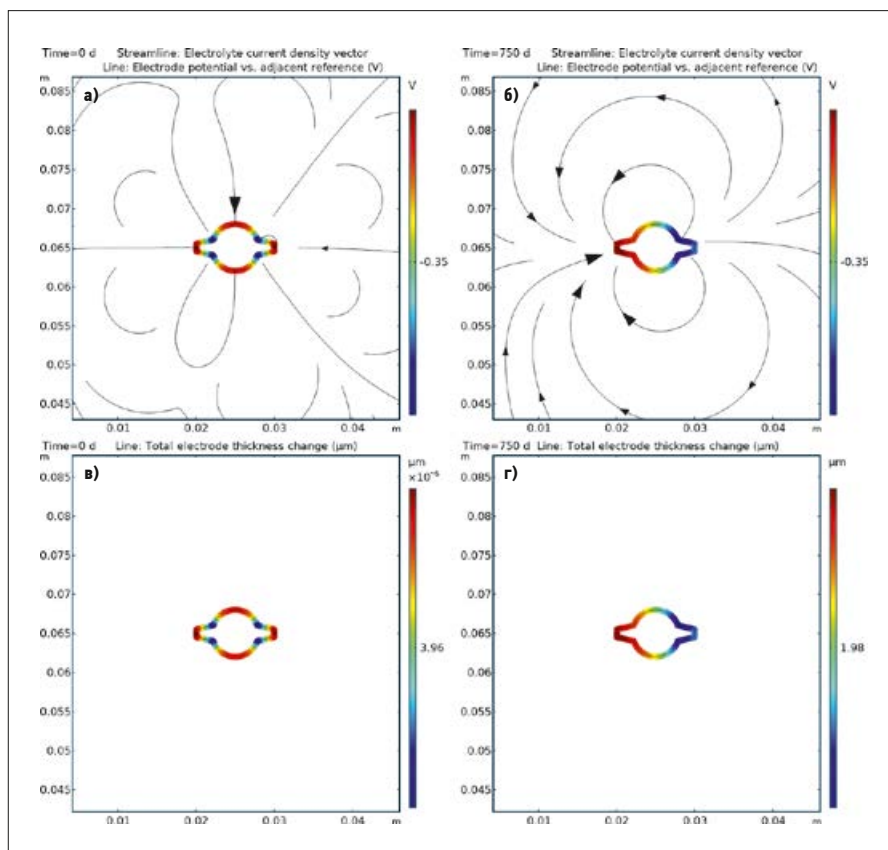
На рис. 3 показаны электрохимические характеристики коррозионного процесса элемента арматуры в бетоне. На рис. 3а дано начальное состояние потенциала электрода арматуры (0 суток). Он отрицательный, со средним значением  $-0,35$  В, и в целом распределён по поверхности неравномерно. Видно, что в зонах концентрации механических напряжений на арматуре, созданных при производственных операциях (прокатке), потенциал больше по абсолютной величине. Это указывает на возможное образование в этих зонах и влияние на коррозионный процесс дополнительных микрогальванических пар.

На рис. 3б показано распределение потенциала электрода при длительном действии коррозионного процесса (750 суток). Видно, что зонное распределение потенциала на поверхности электрода изменилось. С левой стороны электрода по абсолютной величине он меньше, чем с правой. Это говорит о более заметном воздействии в этой части электрода продуктов окислительных реакций, то есть образовании оксидных плёнок.

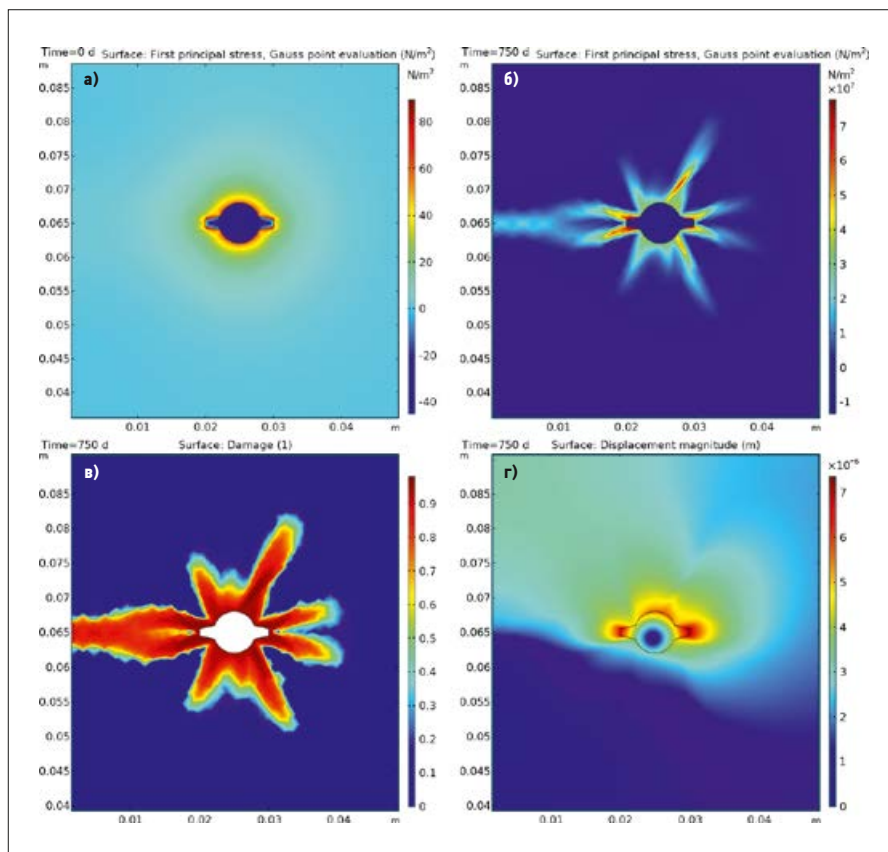
На рис. 3в показано начальное состояние толщины оксидной плёнки на электроде арматуры (0 суток). Видно, что средняя толщина оксидной плёнки на поверхности электрода составляет всего лишь  $3,96 \times 10^{-6}$  мкм. А в результате длительного коррозионного процесса (750 суток) в модели толщина оксидной плёнки выросла в среднем до  $1,98$  мкм, что на несколько порядков выше (рис. 3г). При этом с левой стороны модели, то есть со стороны возможного проявления трещин в бетоне, толщина оксидной плёнки больше. Оксидная плёнка на арматуре создаёт давление на бетон, что и приводит к образованию трещин в бетоне.

На рис. 4 даны характеристики процесса повреждения в бетоне под действием оксидной плёнки на электроде арматуры. На рис. 4а показано, что в начальном состоянии (0 суток) первое главное напряжение в бетоне вокруг арматуры равномерно распределено и не превышает  $90$  Н/м<sup>2</sup>. При длительном же действии коррозионного процесса (750 суток) в бетоне вокруг арматуры первое главное напряжение растёт до  $7,8 \times 10^7$  Н/м<sup>2</sup>, что значительно превышает принятую в модели прочность на растяжение бетона ( $2 \times 10^6$  Н/м<sup>2</sup>). Причём выделяются узкие зоны повышенного растягивающего напряжения, которые указывают на направление возможного образования трещины в бетоне (рис. 4б).

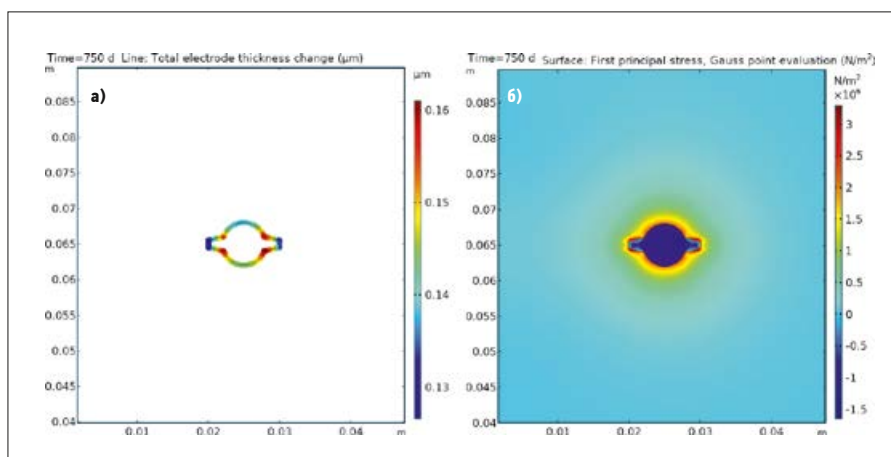
На рис. 4в результат разрушения бетонной ячейки (образование трещины) представлен как распределение значений



•• Рис. 3. Электрохимические характеристики коррозионного процесса элемента арматуры в бетоне (фрагмент в увеличенном масштабе) [а — распределение потенциала электрода арматуры и линии плотности тока (0 суток), б — то же (750 суток), в — толщина оксидной плёнки электрода арматуры (0 суток), г — то же (750 суток)]



•• Рис. 4. Характеристики процесса повреждения в бетоне под действием оксидной плёнки на электроде арматуры (фрагмент в увеличенном масштабе) [а — первое главное напряжение в бетоне (0 суток), б — то же (750 суток), в — результат разрушения бетонной ячейки (750 суток), г — деформация (смещение) элементов модели (750 суток)]



•• **Рис. 5.** Характеристики коррозионного процесса при условии использования протекторной защиты арматуры (фрагмент в увеличенном масштабе) [а — толщина оксидной плёнки электрода арматуры (750 суток), б — первое главное напряжение в бетоне (750 суток)]

переменной повреждения  $d$ , которая контролирует ослабление жёсткости материала. Бетон, который ведёт себя как линейно-упругое твёрдое тело, не повреждён, когда  $d = 0$ , и полностью повреждён, когда значение переменной  $d$  приближается к 1,0.

На рис. 4г показано смещение элементов модели при длительном действии коррозионного процесса (750 суток). Максимальная деформация равна  $7,37 \times 10^{-6}$  м. Полученные результаты моделирования коррозионного процесса стержневой арматуры фундамента мачты ВЭУ показали, что возможны повреждения бетона уже через 750 суток эксплуатации во влажном грунте. Согласно рис. 4в, трещина образовалась со стороны более тонкой стенки и достигла внешней поверхности бетона. Область, окружающая арматуру, также значительно повреждена, что может привести к ослаблению связи арматуры с бетоном. Кроме того, сам арматурный стержень подвергся деформации.

Проведено также фрагментарное моделирование и оценка характеристик коррозионного процесса той же модели с использованием протекторной защиты арматуры. Результаты представлены на рис. 5: при длительном действии коррозионного процесса (750 суток) толщина оксидной плёнки на поверхности электрода не превышает 0,16 мкм (рис. 5а), что значительно меньше 1,98 мкм в модели без защиты от коррозии (рис. 3г). Первое главное напряжение не превышает  $3,2 \times 10^6$  Н/м<sup>2</sup>, причём область высокого напряжения сосредоточена вокруг арматуры и не распространяется вглубь бетонного блока (рис. 5б). Это гораздо меньше значения  $7,8 \times 10^7$  Н/м<sup>2</sup> в модели без защиты от коррозии, где, кроме того, высокие напряжения в бетоне не были локализованы вблизи арматуры (рис. 4б). Таким образом,

эти характеристики оказываются значительно лучше в модели с использованием протекторной защиты арматуры. Это даёт основание утверждать, что возможно использование результатов данного исследования для практического применения.

### Заключение

1. Надёжность мачт малых ветроэнергетических установок существенно зависит от фундаментов, выполняемых как самостоятельные ЖБИ и помещаемых на значительную глубину в грунт, обводнённости которого создаёт предпосылки коррозии арматуры изделия и преждевременных повреждений.

2. Оценка работоспособности подобных изделий требует учёта множества недостаточно изученных факторов. В связи с этим предпочтительно использовать модельный метод, например, с использованием ПО [COMSOL Multiphysics](#), которое предназначено для численного моделирования научных и инженерных задач.

3. Исследование построенной модели позволило проследить процесс окисления поверхности арматуры, формирования

**Исследование позволило проследить процесс окисления поверхности арматуры, формирование оксида железа, динамику расширения его объёма, эффект напряжения в бетоне из-за образования оксида и как результат растрескивание бетона. Показано, что трещина начинает расти, когда напряжение превышает прочность бетона на растяжение. Трещина образуется и достигает внешней поверхности бетона в течение короткого периода времени**

ние оксида железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), динамику расширения его объёма, эффект напряжения в бетоне из-за образования оксида и, как результат, растрескивание бетона. Показано, что трещина начинает расти, когда напряжение превышает прочность бетона на растяжение. Трещина образуется и достигает внешней поверхности бетона в течение достаточно короткого периода времени. Установлено, что область вокруг арматуры также была значительно повреждена. Полученные результаты повреждения бетона прослежены за интервал времени 750 суток.

4. Предложенный метод моделирования и исследования коррозии арматуры железобетонного фундамента под мачты малых ветроэнергетических установок в полной мере подходит для исследования коррозионного процесса и самих железобетонных мачт.

5. Результаты исследования коррозионного процесса арматуры железобетонных фундаментов позволили наметить метод моделирования и практической реализации защиты от коррозии подобных изделий в будущем. ●

1. Обухов С.Г. Ветроэнергетические установки малой мощности. Технические характеристики, моделирование, рациональный выбор. — Саарбрюккен (Германия): Lambert Academic Publishing, 2012. 96 с.
2. ГОСТ 27.002–2015. Надёжность в технике. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2016. 28 с.
3. ГОСТ Р 54418.1–2012 (МЭК 61400-1:2005) Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Ч. 1. Технические требования. — М.: Стандартинформ, 2016. 87 с.
4. Гуков А.И., Чадин А.В. Поведение потенциала стали в бетоне при её коррозии блуждающими токами // Труды МИИТ, 1978. Вып. 604. С. 173–180.
5. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Газев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. — М.: Стройиздат, 1980. 535 с.
6. Бенин А.В., Семёнов А.С., Семёнов С.Г. Моделирование процесса разрушения элементов железобетонных конструкций под действием коррозии арматуры // Известия ПГУПС, 2010. №2. С. 126–137.
7. Roberts M.B., Atkins C., Hogg V., Middleton C. A proposed empirical corrosion model for reinforced concrete. ICE Proc. Structures and Buildings. 2000. Vol. 140. Issue 1. Pp. 1–11.
8. Guofu Qiao, Bingbing Guo, Jinping Ou. Numerical simulation of the impressed current cathodic protection system for a reinforced concrete structure. 2015 V International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC 2015). Web-source: [ieeexplore.ieee.org](http://ieeexplore.ieee.org). Access data: October 12, 2021.
9. Сучилин В.А., Кочетков А.С., Губанов Н.Н. Моделирование коррозионного процесса подземных трубопроводов ЖКХ в COMSOL Multiphysics // Журнал СОК, 2018. №6. С. 34–37.
10. Сучилин В.А., Кочетков А.С., Губанов Н.Н. Моделирование катодной защиты ЖБИ для размещения и сохранности трубопроводов жилищно-коммунального хозяйства // Журнал СОК, 2019. №5. С. 16–20.
11. Oxide jacking of concrete. COMSOL Multiphysics User's Guide. Web-source: [comsol.com](http://comsol.com). Access data: October 12, 2021.
12. ГОСТ 34028–2016. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2019. 46 с.

References — see page 79.

## PLUMBING AND SANITARY ENGINEERING, WATER SUPPLY, DRAINAGE

[Why China stinks? Deficiencies in plumbing systems in China. Pp. 22–24.](#)

Dr. Alex A. Volinsky, PhD, the Department of Mechanics, [University of South Florida](#) (Tampa, Florida, USA)

- S.M. Goyal, S. Anantharaman, M.A. Ramakrishnan, S. Sajja, S. Kim Won, N.J. Stanley, J.E. Farnsworth, T.H. Kuehn, P.C. Raynor. Detection of viruses in used ventilation filters from two large public buildings. *American Journal of Infection Control*. 2011. Vol. 39. Issue 7. Pp. e30–e38.
- C. Yalamanchili, M.D. Smith. Acute hydrogen sulfide toxicity due to sewer gas exposure. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2008. Vol. 26. Issue 4. Pp. 518.e5–518.e7.
- Everything you always wanted to know about sewer gas... But were afraid to ask. City of Marion, Ohio. Web-source: marionohio.us. Access date: September 14, 2021.
- Sewer gas. Wikipedia. Web-source: en.wikipedia.org. Access date: September 14, 2021.
- Goff St. Are home sewage leaks harmful to humans? Hunker. Web-source: hunker.com. Access date: September 14, 2021.
- Chapter 7, Sanitary Drainage. Section 701, General. 2017 Florida Building Code — Plumbing, 6th Edition. ICC Digital Codes. Web-source: codes.iccsafe.org. Access date: September 14, 2021.
- SNiP 2.04.01–85 [Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 2.04.01–85]. *Vnutrennij vodoprovod i kanalizacija zdaniy (SP 30.13330.2010)* [Internal water supply and sewerage of buildings (The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No. 30.13330.2010)]. Moscow. GUP TsPP ["Center of project products in construction" State Unitary Enterprise]. 2003. [In Russian]
- 7.4.7.1. Cleanouts for drainage systems. The Ontario Building Code, 2008. Web-source: building-code.online. Access date: September 14, 2021.
- Stench in bathroom: The Beijinger forum, 2006. Web-source: thebeijinger.com. Access date: September 14, 2021.
- Why do toilets in China smell so bad? Is there some other reason for the smell such as the cleaning products they use or some chemical only found in Asian excretions? Quora, 2017. Web-source: quora.com. Access date: September 14, 2021.
- MacLeod C. China counts flies, grades public bathroom stench. USA Today. February 23, 2013. Web-source: usatoday.com. Access date: September 14, 2021.
- Trap (plumbing). Wikipedia. Web-source: en.wikipedia.org. Access date: September 14, 2021.
- Floor drain odor problems. InspectAPedia: Free Encyclopedia of Building & Environmental Inspection, Testing, Diagnosis, Repair. 2021. Web-source: inspectapedia.com. Access date: September 14, 2021.

[Determination of physical wear of water supply systems of buildings built in the 1990s. Pp. 25–27.](#)

Alla B. Nevzorova, Doctor of Technical Sciences, Professor, [Belarusian State University of Transport](#) (Gomel city, Republic of Belarus); **Sergey M. Tolkachev**, chief engineer of "Zheleznodorozhnoye" Municipal Repair and Maintenance Unitary Enterprise (Gomel city, Republic of Belarus)

- A.B. Nevzorova, O.K. Novikova, G.N. Belousova. *Vodosnabzhenie i vodootvedenie selitennykh territorij* [Water supply and sewerage of residential areas]. Gomel. BelGUT [Belarusian State University of Transport]. 2015. 265 p. [In Russian]
- A.P. Andrianov, V.A. Orlov, V.A. Chuhin, E.M. Serova, M.A. Neverova. *Korroziya truboprovodov i meropriyatiya po ee lokalizatsii* [Corrosion of pipelines and measures for its containment]. *Vestnik Irkutsk State Technical University*. 2014. No. 8. Pp. 74–78. [In Russian]
- TKP 628-2018 (33040) [Technical Code of Common Practice of the Republic of Belarus No. 628-2018 (33040)]. *Avarijno-tehnicheskoe obsluzhivanie inzhenernykh sistem i oborudovaniya v zhilishnom fonde Respubliki Belarus'*. Organizatsiya i porjadok provedeniya. Osnovnyye trebovaniya [Emergency maintenance of engineering systems and equipment in the housing stock of the Republic of Belarus. Organization and procedure. Primary requirements]. Enact. on February 1, 2019. Minsk. *Ministerstvo ZhKH Respubliki Belarus'* [Ministry of Housing and Communal Services of the Republic of Belarus]. 2019. 32 p. [In Russian]
- Obsledovanie i jekspertiza inzhenernykh sistem [Inspection and expertise of engineering systems]. *Kompaniya "Centr proektirovaniya i inzhiniringa "TSPI SA"* ["Center for Design and Engineering" Co.]. Web-source: obsledovanie-zdaniya.ru. Access date: August 6, 2021. [In Russian]
- G.V. Lephesh. *Sovremennyye metody i sredstva diagnostiki oborudovaniya inzhenernykh sistem zdaniy i sooruzhenij* [Modern methods and means of diagnostics of equipment of engineering systems of buildings and structures]. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa (TTPS)* ["Technical and Technological Problems of the Service" Magazine]. 2015. No. 4. Pp. 3–8. [In Russian]
- S.V. Ginnje. *K voprosu o protivokorroziionnoj zashchite vodoprovodnykh trub* [On the issue of anticorrosive protection of water pipes]. *Jepoha nauki* ["The Era of Science" Magazine]. 2018. No. 15. Pp. 89–95. [In Russian]
- V.A. Chuhin, A.P. Andrianov. *Analiz prichin korrozii ocinkovannykh trub v sistemah GVS [Analysis of the causes of corrosion of galvanized pipes in hot water supply systems]. Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2018. No. 1. Pp. 54–58. [In Russian]

## HEATING, HOT WATER AND GAS SUPPLY

[Distribution the local asymmetry of the resultant temperature on the premise. Pp. 37–41.](#)

Elena G. Malyavina, PhD, Professor; **Anastasia A. Frolova**, PhD, Associate Professor; **Sergey S. Landyrev**, postgraduate student, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [National Research Moscow State University of Civil Engineering](#) (MGSU)

- A.I. Burkov, V.S. Ivashkin. *Sovremennyye tendentsii razvitiya sistem obespecheniya mikroklimata obshchestvennykh zdaniy* [Modern trends in the development of systems to ensure the microclimate of public buildings]. *Sovremennyye tehnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika* ["Modern technologies in construction. Theory and practice" Magazine]. 2020. Vol. 1. Pp. 139–144. [In Russian]

## HEATING, HOT WATER AND GAS SUPPLY

- R. Mora, R. Bean. *Teplovoj komfort v pomeshenii* [Thermal comfort in the room]. AVOK [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2019. No. 6. Pp. 48–53. [In Russian]
- B.V. Olesen. *Teplovoj komfort dlja muzhchin i zhenshin — pochuvstvuyte raznicu* [Thermal comfort for men and women — feel the difference]. AVOK [ABOK]. 2016. No. 2. Pp. 28–35. [In Russian]
- B.V. Olesen. *Parametry mikroklimata pri proektirovanii inzhenernykh sistem i ocenke jenergojeffektivnosti zdaniya* [Parameters of microclimate in the design of engineering systems and assessment of the energy efficiency of a building]. AVOK [ABOK]. 2015. No. 3. Pp. 16–23. [In Russian]
- R. Kosonen, P. Mustakallio, Zh. Bolashikov, K. Kostov, S. Kolencikova, A. Melikov. *Vlijanie luchistykh i konvektivnykh sistem ohlazhdeniya vozduha na sostojanie teplovogo komforta v pomeshenii* [Influence of radiant and convective air cooling systems on the state of thermal comfort in the room]. AVOK [ABOK]. 2014. No. 6. Pp. 60–71. [In Russian]
- Em. Naboni, M. Meloni, S. Cocco, J. Kämpf, J.-L. Scartezzini. An overview of simulation tools for predicting the mean radiant temperature in an outdoor space. *Energy Procedia*. 2017. Vol. 122. Pp. 1111–1116.
- S.N. Sereda. *Vlijanie insolyatsii na mikroklimat pomesheniya* [Influence of insolation on the indoor microclimate]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skij zhurnal* ["International research journal"]. 2021. No. 5. Pp. 93–98. [In Russian]
- D.P. Vion, P. Vargokki. *Vlijanie mikroklimata pomeshenij na proizvoditel'nost' truda* [Influence of indoor microclimate on labor productivity]. AVOK [ABOK]. 2015. No. 7. Pp. 44–51. [In Russian]
- SP 50.13330.2012 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No. 50.13330.2012]. *Teplovaya zashchita zdaniy. Aktualiz. versija SNiP 23-02-2003 (s Izm. №1)* [Thermal protection of buildings. Updated version of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 23-02-2003 (with Amendment No. 1)]. Moscow. *Standartinform* [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment ("Standartinform" Publishers)]. 2018. [In Russian]
- A.S. Kolychikova, O.S. Annenkova. *Komfortnost' pomeshenij so svetoprozrachnymi ograzhdajushimi konstrukcijami v zimnee vremja* [Comfort of rooms with translucent enclosing structures in winter]. *Polzunovskij al'manah* ["Polzunov's almanac" Magazine]. 2017. No. 4. Pp. 85–88. [In Russian]
- GOST 30494–2011 [State Industry Standard of Russia No. 30494–2011]. *Zdaniya zhilye i obshchestvennyye. Parametry mikroklimata v pomeshenijah* [Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters]. Moscow. *Standartinform* ["Standartinform" Publishers]. 2019. [In Russian]
- SP 131.13330.2018 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No. 131.13330.2018]. *Stroitel'naja klimatologija. Aktualiz. versija SNiP 23-01-99\** [Construction climatology. Updated version of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 23-01-99\*]. Moscow. *Standartinform* ["Standartinform" Publishers]. 2019. [In Russian]
- E.G. Maljavina, M.A. Barsukova. *Razrabotka metodiki rascheta lokal'noj asimmetrii radiacionnoj temperatury* [Development of a method for calculating the local asymmetry of the radiation temperature]. *Nauchnoe obozrenie* ["Scientific Review" Magazine]. 2015. No. 8. Pp. 38–41. [In Russian]

[Assessment of the proportion of unusable heat meters and components based on the results of verification. Pp. 42–45.](#)

Vladimir I. Nemchenko, PhD, Associate Professor, the Department of Management and System Analysis of Thermal Power and Social Engineering Complexes (MSA of TPSEC); **Mikhail V. Posashkov**, PhD, Associate Professor, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [Samara State Technical University](#) (Samara city)

- Ob obespechenii edinstva izmerenij [On ensuring the uniformity of measurements]. *Federal'nyj zakon ot 11.06.2008 №102-FZ (posl. red.)* [Federal Law of the Russian Federation dated June 11, 2008, No. 102-FZ (last edition)]. [In Russian]
- Pravila ucheta teplovoj jenerгии i teplonositelja [Rules for metering heat energy and coolant]. *Prikaz Ministerstva topliva i jenergetiki RF ot 12.09.1995 №VK-4936 (utratil silu s 25.01.2015 na osnovanii Prikaza Minjenergo Rossii ot 27.11.2014 №871)* [Order of the Ministry of Fuel and Energy of the Russian Federation dated September 12, 1995, No. VK-4936 (invalidated from January 25, 2015, on the basis of the Order of the Ministry of Energy of Russia dated November 27, 2014, No. 871)]. [In Russian]
- Pravila kommercheskogo ucheta teplovoj jenerгии, teplonositelja [Rules for commercial metering of heat energy, heat carrier]. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 18.11.2013 №1034-PP (posl. red.)* [Resolution of the Government of the Russian Federation of November 18, 2013, No. 1034-PP (last edition)]. [In Russian]
- V.I. Nemchenko, A.A. Zheltuhin, O.A. Karpikov. *Ocenka nadezhnosti sistem kommercheskogo ucheta teplovoj jenerгии po rezul'tatam poverki* [Assessment of the reliability of commercial heat metering systems based on the results of calibration]. *Povyshenie jeffektivnosti zdaniy i sooruzhenij: Mezhdvuz. sb. nauch. trudov* [Improving the efficiency of buildings and structures: Interuniversity collection of scientific papers]. Issue 4. Samara. SGASU [Samara State University of Architecture and Civil Engineering]. 2009. [In Russian]
- V.I. Nemchenko, D.N. Zubkov. *Sistemnyj analiz priborov kommercheskogo ucheta teplovoj jenerгии po rezul'tatam periodicheskoj poverki* [System analysis of commercial heat metering devices based on the results of periodic verification]. *Aktual'nyye problemy i puti razvitiya jenergetiki, tekhniki i tehnologii: Sb. trudov IV Mezhd. nauch.-praktich. konf.* [Actual problems and ways of development of energy, engineering and technology: Proc. of the IV International Scientific and Practical Conference]. April 5–11, 2018. Moscow. *NiJaU MIFI* [Moscow Engineering Physics Institute (MEPhI) National Research Nuclear University]. 2018. Pp. 221–226. [In Russian]
- V.I. Nemchenko, M.V. Posashkov, O.K. Krajnov, A.A. Bodjagin, D.N. Zubkov. *Sravnitel'nyj analiz pribornogo parka kommercheskogo ucheta teplovoj jenerгии v Samare* [Comparative analysis of the instrument park for commercial metering of heat energy in Samara city]. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* ["Urban planning and architecture" Magazine]. 2019. No. 1. Pp. 25–32. [In Russian]
- V.P. Preobrazhenskij. *Teplotehnicheskije izmereniya i pribory: uchebnik dlja vuzov* [Thermal measurements and devices: textbook for universities]. 3rd edition, rev. Moscow. *Jenergiya* ["An Energy" Publishing]. 1978. 704 p. [In Russian]
- V.I. Nemchenko. *Sistemnyj analiz regulirovaniya teplovoj nagruzki i povyshenie jeffektivnosti teplosnabzheniya mikrorajona g. Samary* [System analysis of regulation of heat load and increase in the efficiency of heat supply in the microdistrict of Samara city]. *Vestnik SamGTU. Seriya: Tehnicheskije nauki* [Bulletin of the Samara State Technical University. Series: Engineering Sciences]. 2010. No. 7. Pp. 172–179. [In Russian]



## HEATING, HOT WATER AND GAS SUPPLY

[Self-drainage heliostic installations: protection against hydraulic shocks. Pp. 46–51.](#)

**Yusuf K. Rashidov**, PhD, Senior Research Officer, Professor, [Tashkent Architecture and Construction Institute](#) (Tashkent city, The Republic of Uzbekistan)

1. V.A. Butuzov, E.V. Brjanceva, V.V. Butuzov, I.S. Gnatjuk. *Samodreniruemye gelioustanovki* [Self-draining solar plants]. *Alternativnaja jenergetika i jekologija* ["Alternative energy and ecology" Magazine]. 2010. No. 2. Pp. 10–14. [In Russian]
2. V.A. Butuzov, V.V. Brjanceva, E.V. Brjanceva, I.S. Gnatjuk. *Samodreniruemye gelioustanovki: mirovoj i rossijskij opyt razrabotki i sooruzhenija* [Self-draining solar power plants: world and Russian experience in development and construction]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK) [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]*. 2017. No. 2. Pp. 53–57. [In Russian]
3. R. Botpaev, K. Vajen. Drainback systems: market overview. Proc. of the XI Internationale Konferenz für solares Heizen und Kühlen. Gleisdorf, Austria, 2014.
4. A.M. Kurganov, N.F. Fedorov. *Gidravlicheskie raschjoty sistem vodosnabzhenija i vodootvedenija: sprav.* [Hydraulic calculations of water supply and sewerage systems: A reference book]. Leningrad. *Strojizdat* [Publishing House of Literature on the Construction and Architecture ("Strojizdat" Publishers)]. 1986. 440 p. [In Russian]
5. Y.K. Rashidov, S.Y. Sultanova, K.T. Sur'atov. Increase in dependability and efficiency of self-draining water systems of solar heat supply. *Applied Solar Energy*. 2017. Vol. 53. Issue 1. Pp. 16–22.
6. Y.K. Rashidov, K.Y. Rashidov, I.I. Mukhin, K.T. Sur'atov, J.T. Orzimatov, S.S. Karshiev. Main reserves for increasing the efficiency of solar thermal energy in heat supply systems (review). *Applied Solar Energy*. 2019. Vol. 55. Issue 3. Pp. 91–100.
7. Y.K. Rashidov, K.Y. Rashidov. The main changes made to the building codes and regulations of the "Solar Hot Water Installations" to increase energy efficiency of projected solar power plants. *Applied Solar Energy*. 2019. Vol. 55. Issue 3. Pp. 219–222.
8. R. Botpaev, Y. Louvet, B. Perers, S. Furbo, K. Vajen. Drainback solar thermal systems: A review. *Solar Energy*. Vol. 128. April 2016. Pp. 41–60.
9. R.R. Chugaev. *Gidravlika: ucheb. dlja vuzov* [Hydraulics: A textbook for universities]. Leningrad. *Jenergoizdat* [Publishing House of Energy Industry of the USSR ("Energoizdat" Publishers)]. 1982. 672 p. [In Russian]
10. A. Ju. Rushnikov. *Gashenie gidravlicheskih udarov s pomoshhju baka-gidroakkumuljatora pri zabore vody iz skvazhiny* [Damping of hydraulic shocks with the help of a hydroaccumulator tank when taking water from a well]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK) [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]*. 2015. No. 3. Pp. 53–57. [In Russian]
11. D.N. Smirnov, L.B. Zubov. *Gidravlicheskiy udar v napornyh vodovodah* [Water hammer in pressure conduits]. Moscow. *Strojizdat* [Publishing House of Literature on the Construction and Architecture ("Strojizdat" Publishers)]. 1975. 125 p. [In Russian]
12. V.S. Dikarevskij. *Vodovody. monografija. Trudy RASAN. Stroitelnye nauki. T. 3* [Water conduits: A monograph. Papers of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. Series: Construction sciences. Vol. 3]. Moscow. RASAN [Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. 1997. 200 p. [In Russian]
13. J. Berner. Drainback systems: empty and safe. *Sun, Wind Energy*. 2008. No. 5. Pp. 48–53.
14. E. Ja. Sokolov. *Teplotkacija i teplovyje seti* [Heating and heating networks]. Moscow. *Jenergoizdat* [Publishing House of Energy Industry of the USSR ("Energoizdat" Publishers)]. 1982. 360 p. [In Russian]
15. Ju.K. Rashidov, Sh. Ju. Sultanova, H.T. Sur'atov. *Povyshenie nadjozhnosti i jeffektivnosti samodreniruemyh vodjanyh sistem solnechno teplosnabzhenija* [Improving the reliability and efficiency of self-draining water systems for solar heat supply]. *Geliotehnika* ["Solar technology" Magazine]. 2017. No. 1. Pp. 30–37. [In Russian]
16. Y.K. Rashidov, K.Y. Rashidov, I.I. Mukhin, K.T. Sur'atov, Z.Z. Rakhimov. Features of the design of a self-draining solar power plant with an active element. *Applied Solar Energy*. 2018. Vol. 54. Issue 3. Pp. 182–186.
17. Y.K. Rashidov. Calculating the hydrodynamic characteristics of the active section of the self-draining solar loop of a heating system. *Applied Solar Energy*. 2018. Vol. 54. Issue 2. Pp. 95–98.

## ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

[The use of geoinformation technologies in the design of wind-diesel power plants in northern conditions. Pp. 66–71.](#)

**Viktor V. Elistratov**, Doctor of Technical Sciences; **Mikhail A. Konishchev**, PhD, Head of the Department; **Valeria I. Kasina**, postgraduate student; **Inna V. Bogun**, postgraduate student, an assistant, [Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University](#)

1. A. Kolpakov, V. Semirjaga. *Razvitiye Arktiki i nacionalnye interesy Rossijskoj Federacii* [Development of the Arctic and the national interests of the Russian Federation]. *Armejskij sbornik* ["Army Collection"] dated August 12, 2020. Web-source: army.ric.mil.ru. Access data: September 1, 2021. [In Russian]
2. R.A. Abramov. *Osobennosti razvitiija severnyh regionov* [Features of the development of the northern regions]. *Regionalnaja jekonomika: teorija i praktika* ["Regional economics: theory and practice" Magazine]. 2008. No. 11. Pp. 15–21. [In Russian]
3. *Modernizacija ob'ektov generacii v izolirovannyh i trudnodostupnyh territorijah* [Modernization of generating facilities in isolated and hard-to-reach areas]. *Ministry of Energy of the Russian Federation*. Web-source: minenergo.gov.ru. Access data: September 1, 2021. [In Russian]
4. V.V. Elistratov. *Vozobnovljajemaja jenergetika* [Renewable energy]. 3rd edition, rev. St. Petersburg. *Izd-vo SPbPU* [Publishing House of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University]. 2016. 424 p. [In Russian]
5. V.V. Elistratov, I.V. Bogun, V.I. Kasina. Optimization of wind-diesel power plants parameters and placement for power supply of Russia's northern regions consumers. Proc. of the 16th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA 2019). June 6–8, 2019. Varna, Bulgaria.
6. V.V. Elistratov, M.A. Konishchev. *Vetrodizelnye jelektrostantsii dlja avtonomnogo jenergosnabzhenija severnyh territorij Rossii* [Wind Diesel Power Plants for autonomous power supply to the northern territories of Russia]. *Alternativnaja jenergetika i jekologija* ["Alternative energy and ecology" Magazine]. 2014. No. 11. Pp. 62–71. [In Russian]

## ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

7. Ju.A. Kurochkin, V.N. Fomin. *GIS kak instrument poiska perspektivnyh proektov VIIe* [The Geographic Information System as a search tool for promising renewable energy projects]. *ESRI CIS ArcReview*. Web-source: arcreview.esri-cis.ru. Access data: September 1, 2021. [In Russian]
8. *Geoinformacionnye sistemy dlja biznesa i obshchestva* [Geographic Information Systems for business and society]. "Data+", LLC. Web-source: dataplus.ru. Access data: September 1, 2021. [In Russian]
9. D. Ju. Mylnikov. *Geoinformacionnyje platformy* [Geographic Information Platforms]. "Polytherm", LLC. Web-source: politerm.com. Access data: September 1, 2021. [In Russian]
10. K. Nagornjuk. *Obzor obshhedostupnyh proektov, ispol'zujushih preimushhestva Veb-GIS*. [Review of publicly available projects that take advantage of the Web Geographic Information System]. *ESRI CIS "Blogs"* dated Mart 10, 2014. Web-source: blogs.esri-cis.ru. Access data: September 1, 2021. [In Russian]
11. M. Ju. Dubinin, A.M. Kostikova. *Veb-GIS* [Web Geographic Information Systems]. *Kompjuterra* ["Computerra" Magazine]. 2008. No. 33 (749). [In Russian]
12. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). EU Science Hub. Web-source: ec.europa.eu. Access data: September 1, 2021.
13. V.V. Elistratov, I.V. Bogun, V.I. Kasina. Development of a geoinformation system for the design of wind power facilities in the Russian arctic conditions. Proc. of the "Arctic: History and Modernity" 4th International Scientific Conference. April 17–18, 2019. St. Petersburg, Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 302. July 2019.
14. V.I. Kasina, I.V. Bogun. *Sozdanie sloja sostojanija jenergosnabzhenija v GIS dlja arkticheskoj zony RF* [Creation of a layer of the state of power supply in the Geographic Information System for the Arctic zone of the Russian Federation]. *Nedelja nauki SPbPU 2019: Mat. nauch. foruma s mezhd. uchastiem* [Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Science Week 2019: Proc. of the Scientific Forum with International Participation]. St. Petersburg. *ISI (Politech)* [Civil Engineering Institute (Polytech) of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University]. 2019. Pp. 263–266. [In Russian]

[Modeling and research in COMSOL Multiphysics of the corrosion process of reinforced concrete foundations of small wind power plants. Pp. 72–77.](#)

**Vladimir A. Suchilin**, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Alexander S. Kochetkov**, senior lecturer; **Nikolay N. Gubanov**, senior lecturer, [Russian State University of Tourism and Service](#) (RSUTS, dp. Cherkizovo, Moscow region)

1. S.G. Obuhov. *Vetrojenergeticheskie ustanovki maloj moshhnosti. Tehniceskie karakteristiki, modelirovanie, racionalnyj vybor* [Low power wind turbines. Specifications, modeling, rational choice]. Saarbrücken, Germany. *Lambert Academic Publishing*. 2012. 96 p. [In Russian]
2. *GOST 27.002–2015* [State Industry Standard of Russia No. 27.002–2015]. *Nadezhnost' v tehnike. Terminy i opredelenija* [Dependability in technics. Terms and definitions]. Moscow. *Standartinform* [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment ("Standartinform" Publishers)]. 2016. 28 p. [In Russian]
3. *GOST R 54418.1–2012 (MJeC 61400-1:2005)* [State industry standard of Russia No. 54418.1–2012 (IEC 61400-1:2005)]. *Vozobnovljajemaja jenergetika. Vetrojenergetika. Ustanovki vetrojenergeticeskie. Ch. 1. Tehniceskie trebovanija* [Renewable energy. Wind energy. Wind power plants. Part 1. Technical requirements]. Moscow. *Standartinform* [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment ("Standartinform" Publishers)]. 2016. 87 p. [In Russian]
4. A.I. Gukov, A.V. Chadin. *Povedenie potenciala stali v betone pri ee korrozii bluzhdajushimi tokami* [Behavior of the potential of steel in concrete during its corrosion of wandering currents]. *Trudy MIIT* [Proc. of the Russian University of Transport]. 1978. Issue 604. Pp. 173–180. [In Russian]
5. V.M. Moskvina, F.M. Ivanov, S.N. Alekseev, E.A. Gazeev. *Korrozija betona i zhelezobetona, metody ih zashhity* [Corrosion of concrete and reinforced concrete, methods for their protection]. Moscow. *Strojizdat* [Publishing House of literature on the construction and architecture of the USSR]. 1980. 535 p. [In Russian]
6. A.V. Benin, A.S. Semenov, S.G. Semenov. *Modelirovanije processa razrushenija elementov zhelezobetonnih konstrukcij pod dejstviem korrozii armatury* [Modeling the process of destruction of elements of reinforced concrete structures under the action of corrosion of reinforcement]. *Izvestija PGUPS* [Proc. of the Petersburg Transport University]. 2010. No. 2. Pp. 126–137. [In Russian]
7. M.B. Roberts, C. Atkins, V. Hogg, C. Middleton. A proposed empirical corrosion model for reinforced concrete. *ICE Proc. Structures and Buildings*. 2000. Vol. 140. Issue 1. Pp. 1–11.
8. Qiao Guofu, Guo Bingbing, Ou Jinping. Numerical simulation of the impressed current cathodic protection system for a reinforced concrete structure. 2015 Fifth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control. Web-source: ieeexplore.ieee.org. Access data: October 12, 2021.
9. V.A. Suchilin, A.S. Kochetkov, N.N. Gubanov. *Modelirovanije korrozionnogo processa podzemnyh truboprovodov ZhKH v COMSOL Multiphysics* [Modeling of corrosion process of underground pipelines of housing and communal services in COMSOL Multiphysics]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK) [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]*. 2018. No. 6. Pp. 34–37. [In Russian]
10. V.A. Suchilin, A.S. Kochetkov, N.N. Gubanov. *Modelirovanije katodnoj zashhity ZhBI dlja razmeshhenija i sohrannosti truboprovodov ZhKH v COMSOL Multiphysics* [Modeling of cathodic protection of reinforced concrete products for the placement and safety of pipelines housing and communal services in COMSOL Multiphysics]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK) [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]*. 2019. No. 5. Pp. 16–20. [In Russian]
11. Oxide jacking of concrete. COMSOL Multiphysics User's Guide. Web-source: comsol.com. Access data: October 12, 2021.
12. *GOST 31384–2017* [State industry standard of Russia No. 31384–2017]. *Procat armaturnyj dlja zhelezobetonnih konstrukcij. Tehniceskie uslovija* [Reinforcing rolled products for reinforced concrete constructions. Specifications]. Moscow. *Standartinform* [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment ("Standartinform" Publishers)]. 2019. 46 p. [In Russian]



**МИР КЛИМАТА**

**EXPO 2022**

**EXPO  
КОНГРЕСС  
HVAC/R  
ИНДУСТРИЯ**

1-4 марта 2022  
Москва  
ЦВК «Экспоцентр»

**Новая реальность –  
новый формат**

[climatexpo.ru](http://climatexpo.ru)

Главное  
отраслевое  
событие года

# RAWI FORUM

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ПО ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ

1–2 декабря / Москва

**2021**

**Главное событие, которое ежегодно собирает на одной площадке лидеров и практиков ветроиндустрии**

### Приглашаем на Форум 2021

- Поставщиков компонентов и производителей оборудования для ВЭУ, готовых к локализации
- Компании, занимающиеся конструированием и производством ветрогенераторов
- Проектные и строительные компании, готовые развиваться в компетенциях ВЭС
- Нефтегазовые и энергетические компании, которые готовы развивать ветроэнергетику как отдельное направление
- Химические и металлургические компании, чей интерес — снижение углеродного следа их предприятий
- Компании, занимающиеся обслуживанием и сервисом ВЭС
- Логистические и крановые компании
- Компании и инициативы Re100 — заинтересованные в покупке и переходе на зеленую энергию



Полная информация и регистрация  
[WWW.RAWI.RU/FORUM](http://WWW.RAWI.RU/FORUM)

Организатор



РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ  
ВЕТРОИНДУСТРИИ

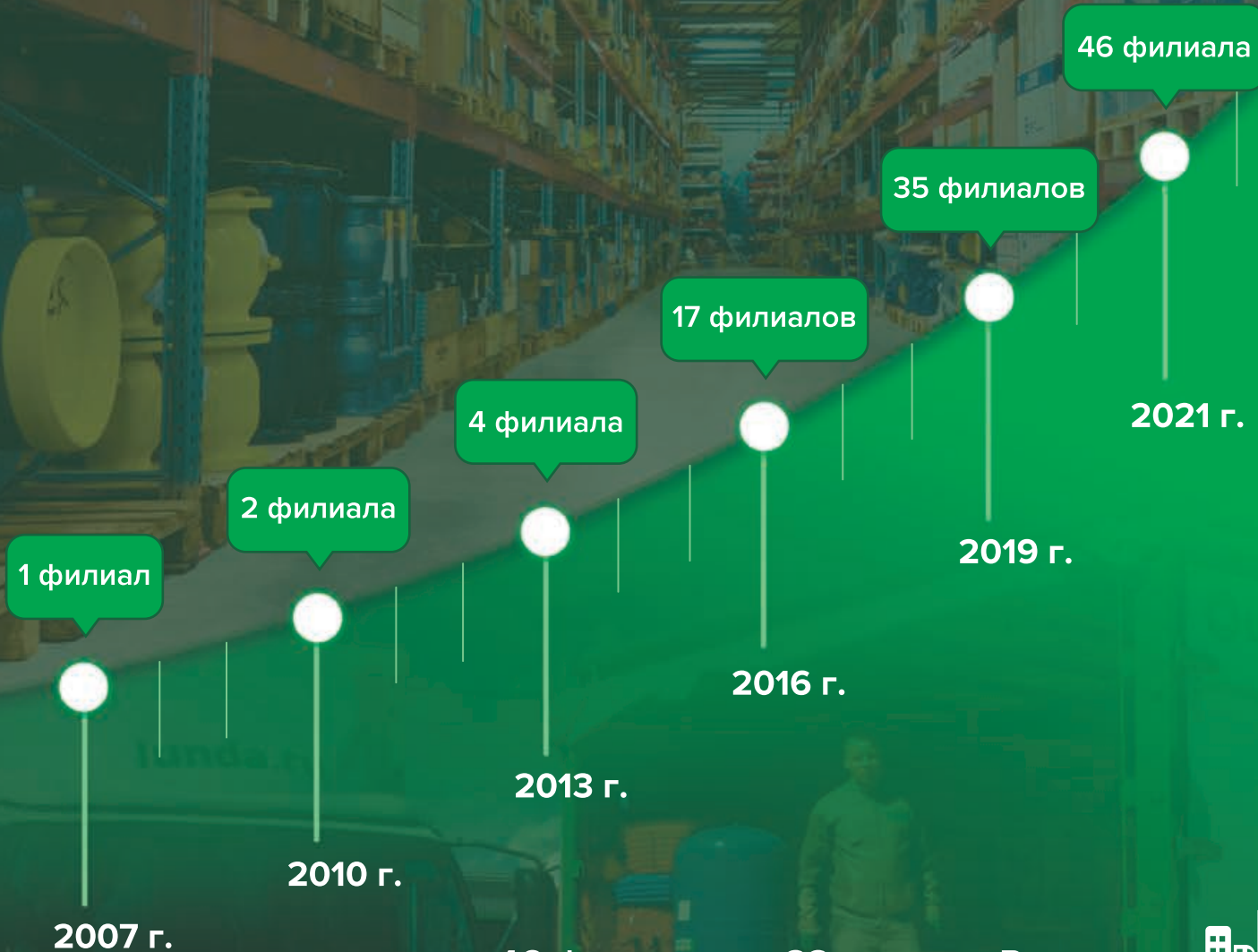


# LUNDA

для профессионалов

lunda.ru

## МУЛЬТИСЕРВИСНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ



46 филиалов в 33 городах России

Продукция от более чем 350 производителей  
из Европы и России

Более 35 000 м<sup>2</sup> складских помещений

Около 18 000 уникальных артикулов товара на складе

