



8

«Дорогобуж-котломашу» — 60 лет



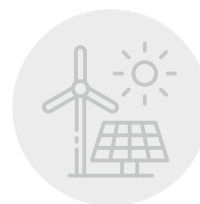
28

Энергопотребление насосных агрегатов



44

Вентиляция будущего: дискуссия



56

Возобновляемая энергетика России: обзор

## ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ИЗ ВСПЕНЕННОГО КАУЧУКА



ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ  
ИЗ КАУЧУКА

ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ  
СИСТЕМ  
И ОБОРУДОВАНИЯ



UNION  
POLYMER **flex**  
TECHNOLOGIES

# **ELECTRO HEAT GENERATION**

[machinery-fair.ru](http://machinery-fair.ru)

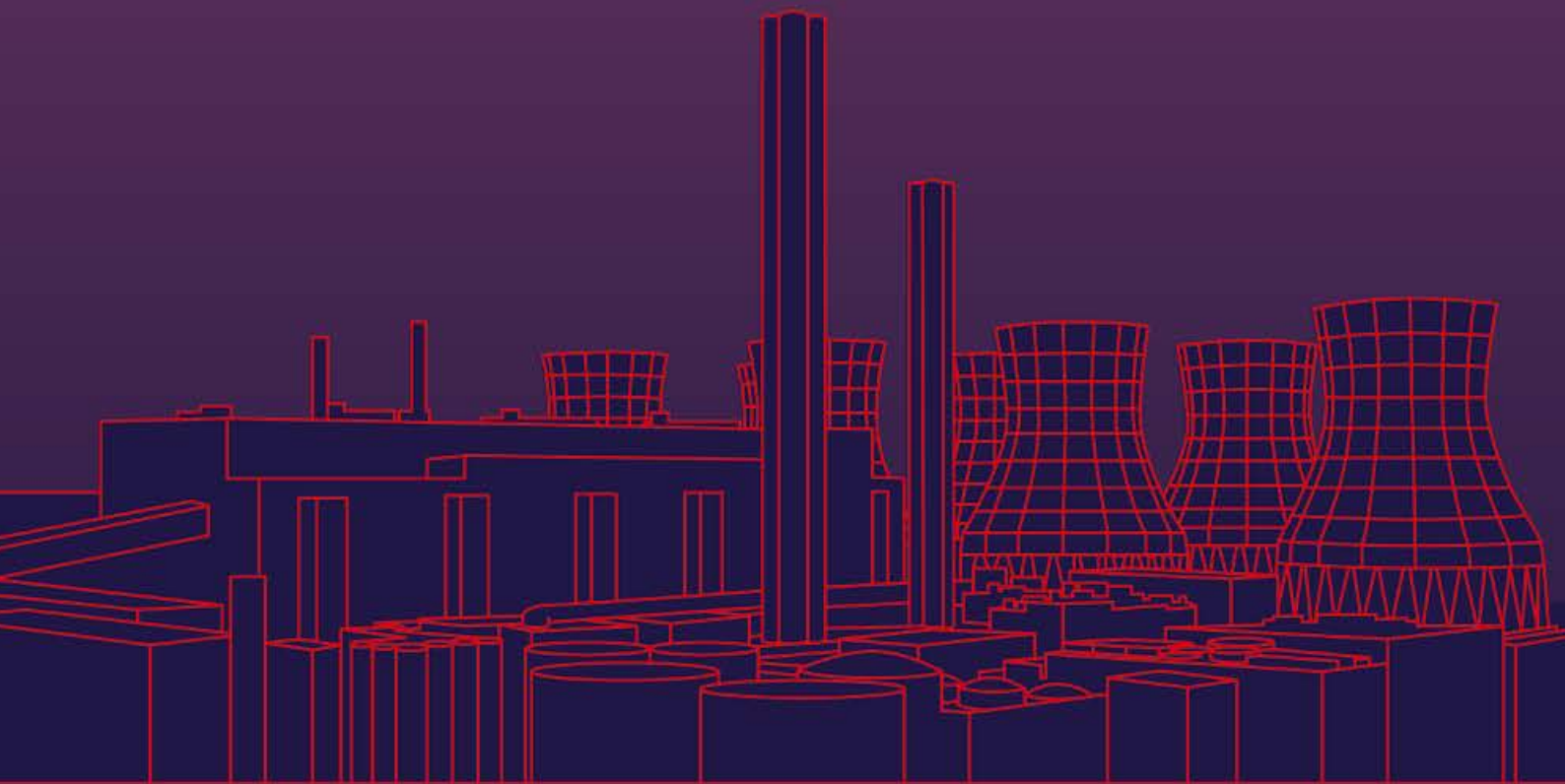
в рамках  
международной  
выставки

**INTERNATIONAL  
MACHINERY  
FAIR**

Специальная экспозиция  
промышленного  
тепло-электрогенерирующего  
и вспомогательного  
оборудования для объектов  
малой и большой энергетики

**24–26.10.2022**

ЦВК «Экспоцентр», Москва





# NFB

**NFB-98H**

Газовый настенный  
конденсационный  
одноконтурный котел

**ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ  
ДЛЯ САМЫХ АМБИЦИОЗНЫХ ЗАДАЧ**



Высокие  
показатели КПД  
и коэффициента  
модуляции  
мощности 1:15



Безопасные  
показатели  
уровня шума  
и эмиссии NOx  
(Класс 6)



Предназначен  
для установки  
в каскаде  
до 32 единиц  
на 1 контроллер



**NAVIEN – качественное оборудование из Кореи по разумной цене**

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



### Олег Хрипач: «Неуклонный рост качества — один из важнейших векторов развития производства»

Интервью с основателем компании «Компенсаторы «Протон-Энергия» Олегом Хрипачом. О том, как компания проходит через экономическую турбулентность, об импортозамещении, важности невысокой цены комплектации объекта при высоком качестве продукции, а также — о необходимости помощи клиентам.

12



### Водно-химический режим автомойки

Автор рассуждает об организации водно-химического режима бесконтактной автомойки. Но для начала предлагает понять, какое для её технических нужд требуется качество воды. Какие примеси в воде могут быть причиной некачественной мойки. А ещё — как влияет химический состав воды на эффективность применения моющих средств.

18



### Особенности водно-химического режима водогрейных котлов

В одноконтурной системе сетевая вода циркулирует через водогрейный котёл. В двухконтурной — проходит через сетевую подогреватель. В предлагаемой статье рассматриваются изменения, происходящие в подпиточной воде при её попадании в котловую и сетевую контуры систем теплоснабжения.

36



### Применение чугунных котлов в котельных малой мощности: анализ

В большинстве регионов России используются отопительные котельные малой мощности. Многие — оснащены бытовыми чугунными котлами. В ходе исследований, описанных в статье, проводился сравнительный анализ всех характеристик работы чугунных отопительных котлов отечественного производства.

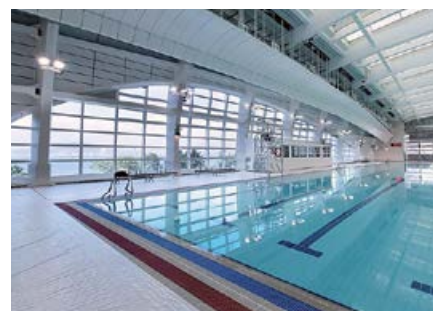
42



### Системы вентиляции будущего: дискуссия профессионалов

Что такое настоящий комфорт потребителя и как он связан с его самочувствием? Каким образом найти «золотую середину» между ценой, качеством исполнения системы вентиляции, субъективными запросами потребителя и объективной заботой о его здоровье, которое должно быть сохранено в течение долгих лет?

44



### Осушение воздуха в приточной вентиляции для помещений с повышенной влажностью

Рассмотрен способ предотвращения образования конденсата в помещениях с повышенной влажностью — бассейнах, прачечных и т.д. Предложен способ снижения влажности в помещении включением в систему приточной вентиляции рекуперативного теплообменного аппарата.

54

**Учредитель и издатель**

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

**Директор**

Константин Михасев

**Главный редактор**

Александр Николаевич Гудко

**Технические редакторы**

Сергей Брух, Александр Говорин

**Руководитель отдела рекламы**

Татьяна Пучкова

**Ответственный секретарь**

Ольга Юферева

**Дизайн и верстка**

Роман Головкин

**Редакционная коллегия**

Председатель:

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

Сопредседатели:

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

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

Заместитель председателя:

И.Я. Редько, д.т.н., проф., ИБХФ РАН

Секция «Сантехника»

В.А. Орлов\*, д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «МГСУ»

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

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

Секция «Отопление и ГВС»

М.В. Бодров\*, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО ННГАСУ

А.Б. Невзорова, д.т.н., проф., БелГУТ

П.И. Дячек, д.т.н., проф., БНТУ

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

Секция «Кондиционирование и вентиляция»

М.В. Бодров\*, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО ННГАСУ

Т.А. Дацюк, д.т.н., проф., СПбГАСУ

Г.М. Позин, д.т.н., проф., СПбГУТД

В.И. Прохоров, д.т.н., проф. кафедры «ТГИВ», НИУ МГСУ

Секция «Энергосбережение»

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

О.А. Сотникова, д.т.н., проф., ВГТУ

С.К. Шерязов, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО ЮУрГАУ

А.Б. Невзорова, д.т.н., проф., БелГУТ

Секция «ВИЭ»

В.В. Елистратов\*, д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО СПбГПУ

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

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

М.Г. Тягунов, д.т.н., проф., НИУ «МЭИ»

А.Б. Невзорова, д.т.н., проф., БелГУТ

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

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

Секция «Биоэнергетика»

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

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

В.В. Масоедова, д.х.н., проф., эксперт РАН, ФБГУН ИХФ РАН

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

\* Руководитель секции.

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

Тел./факс: +7 (495) 665-00-00

E-mail: [media@mediatechnology.ru](mailto:media@mediatechnology.ru)

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС77-56668.

Подписной индекс: П1895.

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

**Адрес в Интернете**

[www.c-o-k.ru](http://www.c-o-k.ru), [www.forum.c-o-k.ru](http://www.forum.c-o-k.ru)

**Отпечатано в типографии**

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

Тираж 15 000 экз. Цена свободная.

Выпуск № 245 (05/2022). Дата выхода: 25.06.2022.

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

ISSN 1682-3524

**Новости**

4

**События**

[«Дорогобужкотломашу» исполнилось 60 лет](#)

8

[Итоги конференции «Проблемы развития теплоснабжения в малых городах России»](#)

10

**Интервью**

[Олег Хрипач: «Неуклонный рост качества — один из важнейших векторов развития производства»](#)

12

**Сантехника и водоснабжение**

[Водно-химический режим автомойки](#)

18

[BERGES Wasserhaus: стабильное качество и забота о клиентах](#)

22

[О закономерностях окисления двухвалентного железа](#)

[до трёхвалентного при работе станций обезжелезивания воды](#)

24

[Зависимость энергопотребления насосных агрегатов](#)

[напорных коллекторов водоотведения от толщины слоя осадка](#)

[на внутренней поверхности труб](#)

28

**Отопление и ГВС**

[Мероприятия LUNDA: новые возможности и знакомства для профессионалов](#)

32

[Гарантийный срок на нержавеющие крепежные изделия](#)

34

[Особенности водно-химического режима водогрейных котлов](#)

36

[Выбор оборудования для систем тёплого пола](#)

40

[Сравнительный анализ эффективности применения чугунных котлов в котельных малой мощности](#)

42

**Кондиционирование и вентиляция**

[Системы вентиляции будущего: дискуссия профессионалов](#)

44

[Применение локальной системы подогрева в системе фасадного остекления](#)

52

[Осушение воздуха в системе приточной вентиляции для помещений с повышенной влажностью](#)

54

**Энергосбережение и ВИЭ**

[Возобновляемая энергетика России в 2020 году. Обзор](#)

56

[Расчёт времени охлаждения помещений в кирпичных домах](#)

64

[К вопросу о целесообразности использования энергии Солнца и ветра](#)

68

[Моделирование и исследование в COMSOL Multiphysics динамических характеристик малых ветроэнергетических установок](#)

70

**References**

78

## Одной строкой

•• На выставке «Цифровая индустрия промышленной России» (ЦИПР-2022) холдинг «Швабе» (Shvabe Holding) заключил соглашение с крупным производителем приборов учёта и контроля потребления воды и тепловой энергии. Новое партнёрство нацелено на усовершенствование систем водо- и теплоснабжения жилых домов.

•• Компания «Бетар» выпустила юбилейный 75-миллионный счётчик воды. Руководство компании благодарит всех своих коллег, клиентов и партнёров, кто остаётся рядом, несмотря на постоянно меняющиеся условия.



•• Компания «Альтрэн» (член РАВИ) предложила варианты снижения цены за электричество в Хабаровском крае до 3 руб./кВт·ч за счёт использования энергии ветра.

•• По сообщению издания «Коммерсант», аналитики газеты Financial Times подсчитали, что Евросоюзу в ближайшие пять лет придётся потратить дополнительно €195 млрд, чтобы полностью отказаться от поставок нефти и газа из России и перейти на альтернативные источники энергии. Этот процесс также предполагает постепенное сокращение энергопотребления в ЕС.



•• Ветряные и солнечные электростанции в России в январе — апреле 2022 года увеличили выработку на 61,9% по сравнению с показателем за аналогичный период 2021 года, — до 2,77 млрд кВт·ч. Об этом говорится в сообщении российского «Системного оператора Единой энергосистемы» (СО ЕЭС).

•• Количество аварий на объектах жилищно-коммунального хозяйства в России снижается, за последний отопительный сезон их стало меньше примерно на 6%, заявил премьер-министр РФ Михаил Мишустин на заседании правительства.



ТПХ «Русклимат»

## Новые возможности для бизнеса

Для бизнеса наступило интересное время, когда закрываются одни двери и открываются другие. Некоторые иностранные бренды в 2022 году покинули российский рынок по тем или иным причинам, другие — выбрали путь развития и остались со своими партнёрами и клиентами, и теперь вместе проходят сложный путь адаптации к новым условиям рынка.

Работа бизнеса в условиях неопределённости ставит перед владельцами компаний комплексные задачи по сохранению позиций на рынке и поддержке клиентов. О сложностях и новых возможностях в своём интервью рассказал председатель совета директоров ТПХ «Русклимат» Михаил Тимошенко (см. QR-код). Видеосъёмка состоялась на территории технопарка «Русклимат ИКСЭл», созданного в 2014 году в городе Киржач, — это первая в России технологическая площадка производителей климатической техники.

Технопарк входит в список крупнейших налогоплательщиков Владимирской области.

Михаил Тимошенко отметил, что за годы работы было реализовано много интересных проектов в отопительной и смежных областях: технические семинары и маркетинговые мероприятия, открытие Cash & Carry. Кроме того, в этом году холдинг «Русклимат» презентовал образовательную программу Академии «ОВКЭС» и новую продукцию под брендом Royal Thermo.



Интервью с председателем совета директоров ТПХ «Русклимат» Михаилом Тимошенко

Источник: «БДР Термия Рус»

## VIM

## Михаил Мишустин призвал промышленников переходить на отечественный VIM-софт



В дни работы конференции «ЦИПР-2022» председатель Правительства Российской Федерации Михаил Мишустин посетил стенд компаний «СиСофт Девелопмент» и «Нано-софт разработка», где были представлены отечественные решения в области проектирования и информационного моделирования. Михаил Мишустин озвучил запрос на полную замену продуктов Autodesk и других западных решений для автоматизации проектирования и цифровизации бизнеса и призвал

представителей российской промышленности переходить на отечественные цифровые решения. Его заявление поддержали РФ заместитель председателя Правительства Дмитрий Чернышенко, министр финансов РФ Антон Силуанов, министр цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ Максют Шадаев, заместитель министра промышленности и торговли РФ Василий Шпак. Михаил Мишустин отметил: «Активно разрабатываются системы цифрового проектирования, математического моделирования и управления жизненным циклом продукции. Я был очень рад увидеть сегодня целый ряд таких решений — наших, российских решений. К сожалению, о них не все знают».

В рамках выставочной экспозиции специалисты компаний «СиСофт Девелопмент» и «Нано-софт разработка» представили на совместном стенде ТИМ-решения для поддержки жизненного цикла объекта строительства и размещаемого оборудования.

**Systemair**

## Агрегаты серии Geniox выпускаются на заводе Systemair в России



Компания Systemair продолжает работать и запустила производство оборудования для систем вентиляции на собственном заводе в России. На российском заводе уже выпускаются высокотехнологичные воздухообрабатывающие агрегаты серии Geniox, шумоглушители и другие принадлежности. Планируется наладить производство вентиляторов для квадратных каналов.

Производственно-складской комплекс расположен в подмосковном Пушкино. Воздухообрабатывающие агрегаты серии Geniox выпускаются на заводе в Пушкино специально под запросы российского рынка и делают передовые инженерные технологии более доступными. Это новейшее поколение агрегатов такого типа.

Отличительные особенности агрегатов Geniox компании Systemair: уникальная конструкция корпуса позволяет достичь максимально возможного класса герметичности L1; толщина панелей с изоляцией составляет 60 мм, что позволяет добиться низкого уровня шума, обеспечить высокий класс теплоизоляции корпуса T2 (в соответствии с EN 1886) и минимизировать энергопотери; высокий класс коррозионной защиты C4/C5 (согласно EN 12944-2 и ISO:2000) повышает срок службы агрегата; корпус агрегата обладает лучшим возможным классом механической прочности D1 и будет служить долго; качественные теплообменники и вентиляторы позволяют достичь высокой степени эффективности и экономить энергию.



**«РИФАР»**

## Компания «РИФАР» на Втором Всероссийском слёте сантехников



13 мая 2022 года в Москве, в ЦВК «Экспоцентр» прошло грандиозное мероприятие — «Второй Всероссийский слёт сантехников». В этом году мероприятие посетили более 2000 специалистов — сантехников, монтажников и строителей.

Во время Слёта прошли уникальные мастер-классы от известных профессионалов, интересные конкурсы, тематические выступления ведущих блогеров.

Центральным акцентом «Второй Всероссийский слёт сантехников» стала выставка ведущих российских производителей продукции для систем отопления и водоснабжения.



Компания «РИФАР» приняла участие в этом событии в ранге партнёра мероприятия. На стенде компании были представлены новинки продукции — биметаллические радиаторы RIFAR Ecobuild и вертикальный биметаллический радиатор RIFAR Convex. Инженеры компании рассказали о преимуществах продукции «РИФАР», поделились опытом и ответили на множество интересных вопросов посетителей.

В завершение мероприятия директор московского представительства «РИФАР» Александр Солодченко наградил призёров конкурсов памятными подарками.

**Одной строкой**

:: За первые четыре месяца 2022 года инвестиции в «зелёную» энергетику в Китае составили 29 млрд юаней (примерно \$4,3 млрд). В январе — апреле 2022 года Китай в три раза увеличил свои вложения в проекты солнечной энергетики. Об этом сообщает агентство Bloomberg.

:: Европейские страны хотят внедрять солнечные панели на все новые здания. Инициатива «солнечные крыши» должна обеспечить энергией больше 50% домов уже через восемь лет.



:: Европейский союз хочет ускорить широкое внедрение солнечной энергии. Потребление электроэнергии является одним из важнейших экономических и социальных показателей, определяющих уровень жизни людей. По данным Международного энергетического агентства (IEA), за последние пять лет объём потребления вырос на 27%.

:: Правительство Российской Федерации выделило порядка 9 млрд руб. на реализацию в 2022 году проекта «Чистый воздух», который нацелен на снижение вредных выбросов в атмосферу. Финансирование распределено между десятью регионами, заявил премьер-министр РФ Михаил Мишустин на совещании со своими заместителями.

:: В России создали первый национальный экологический фонд — Фонд поддержки и развития экологических инициатив «Компас» — аналог международной природоохранной некоммерческой организации Greenpeace. Об этом сообщает Forbes со ссылкой на главу комитета Госдумы ФС РФ по экологии, природным ресурсам и охране окружающей среды Дмитрия Кобылкина.

:: Климатологи и инженеры-теплоэнергетики выяснили, что глобальное потепление удастся замедлить только при помощи технологии принудительного изъятия и фиксации углекислого газа (CO<sub>2</sub>) из атмосферы Земли. Об этом в среду сообщила пресс-служба НИТУ «МИСиС».

:: Новый стандарт для субсидируемых зарядных станций электромобилей в России предусматривает только один обязательный разъём, и он китайский — стандарта GB/T, узнал «Коммерсант».

ВИЗ

## Солнечная электростанция для опытной станции садоводства

В мае предприятие «Опытная станция садоводства» ввела в эксплуатацию новую солнечную станцию мощностью 30 кВт в Саратовской области.

Средства на покупку станции были выданы в Фонде микрокредитования субъектов малого предпринимательства Саратовской области. Проектирование, поставку оборудования и монтаж «под ключ» выполнила компания «Умная энергия». В перспективе солнечная установка позволит продавать излишки электроэнергии в сеть, а также снизить себестоимость выпускаемой продукции.



Солнечная станция оборудована 68 высокоэффективными солнечными модулями мощностью 440 Вт каждый и европейским сетевым инвертором Fronius мощностью 27 кВт.

*«Высокие тарифы за энергоснабжение всегда беспокоили нас. А в свете последних событий проблема стала ощущаться особенно остро. Чтобы исправить ситуацию, мы приобрели солнечную станцию. Сейчас она покрывает половину нашего суточного потребления. Также солнечная установка имеет очень удобную систему мониторинга, которая позволяет нам управлять нагрузками и поливать плодово-ягодные культуры в определённые часы. В ближайшее время мы намерены подать заявку в энергоснабжающую организацию, чтобы продавать излишки электроэнергии в сеть по закону о микрогенерации», —* сказал генеральный директор ООО «Опытная станция садоводства» Антон Сушков.



Премия

## Премия Green Office Awards 2022



Премия Green Office Awards проходит при информационной поддержке журнала СОК и отбирает лучшие объекты офисной недвижимости в сферах энергоэффективности, эффективного водопотребления, экологического дизайна, сохранения здоровья сотрудников, экологически ответственных систем закупок и в др. категориях, оценивая эффективность объектов по зарегистрированной ещё в 2018 году российской системе оценки для экологических офисных объектов СДС «Зелёный офис» (Ecogreenoffice) [рег. номер РОСС RU.31963.0430Ф0, дата регистрации 09.08.2018], по которой сегодня сертифицировано более 20 экологических офисов и бизнес-центров в девяти регионах Российской Федерации. Основы рейтинговой системы добровольной сертификации легли в систему профессиональной оценки конкурсантов премии Green Office Awards.

К участию в Премии приглашаются российские и другие компании, сертифицированные по СДС «Зелёный офис» (Ecogreenoffice), а также компании — арендаторы и собственники офисных объектов с любыми другими сертификатами по рейтинговым оценкам экологического, энергоэффективного и здорового соответствия для зданий (BREEAM, LEED, WELL и др.).

География премии: Россия и страны СНГ. Премия проходит при поддержке Российского экологического общества (РЭО), RAEX, Проектного офиса Недели устойчивого развития (НУР), Школы КСО и устойчивого развития, Фонда развития социального предпринимательства, РГУД, Knight Frank, Ассоциации менеджеров проектов «Проектный Альянс» и др.

Заявку на участие в Национальной премии «зелёного» строительства и эксплуатации Green Office Awards 2022 можно подать на сайте Премии [ecogreenstandard.ru/green-officeawards](http://ecogreenstandard.ru/green-officeawards) (см. QR-код). Заявки принимаются до 31 августа 2022 года.



Онлайн-заявка на участие в Национальной премии Green Office Awards 2022

«ВТС»

## Новая линия климатического оборудования ВТС



Компания «ВТС» уведомляет, что в связи с текущей мировой санкционной ситуацией более не имеет возможности поставлять на российский рынок линейки VVS и NVS.

«ВТС» непрерывно работает на российском рынке с 1997 года, имеет колоссальный опыт, мощную, технически грамотную команду, а также репутацию надёжного и ответственного партнёра.

Руководством компании было принято решение продолжить поставки на российский рынок оборудования и переориентироваться на завод, находящийся в Турции. Параллельно прорабатывается вопрос локализации поставщиков и запуск производства в России.

По-прежнему главным критерием работы «ВТС» будет сочетание хорошей цены и высокого качества. Компания «ВТС» продолжает нести гарантийные обязательства по ранее поставленным агрегатам линеек Ventus и NVS в рамках подписанных договоров поставки. Технические специалисты «ВТС» с удовольствием обработают запросы заказчиков и предоставят подробную информацию о новой линейке оборудования для вентиляции и кондиционирования воздуха ВТС.



Union Polymer Technologies

## Компания «Юнион Полимер Технолоджи» отметила 18-й день рождения



Юрий Бешенцев (справа), собственник предприятия, и Радослав Милошевич, технический директор



Мансим Кувшинов, генеральный директор компании «Юнион Полимер Технолоджи»

Свой 18-й день рождения отметила компания «Юнион Полимер Технолоджи».

Основанная в 2004 году компания быстро развивалась и смогла занять лидирующие позиции по поставкам и производству в том числе ряда резинотехнических изделий для промышленного, строительного рынков и рынка светопрозрачных конструкций (СПК) в России и Белоруссии, профессиональных теплоизоляционных материалов Unionflex из вспененных синтетического каучука и пластиков.

В день рождения компании сотрудники встретились на одной из производственных площадок в городе Мценске Орловской области, где прошла презентация завода, новых линий оборудования, были подведены итоги и обозначены новые задачи. Завершилось мероприятие фуршетом, на котором состоялось награждение и поздравление с успешной работой коллег и партнёров.

Направление по производству теплоизоляционных материалов Unionflex достаточно новое, но в нём компания уже смогла добиться определённых успехов.

Теплоизоляция Unionflex, благодаря химической основе и своей структуре, предназначена

для решения широкого спектра технических задач. Продукция ценится и охотно используется во многих областях: при многоэтажном строительстве, в тепловых сетях, на промышленных предприятиях, в муниципальных и спортивных сооружениях, в частном строительстве для изоляции трубопроводов систем отопления, ГВС и вентиляции, в холодильном оборудовании, для теплоизоляции инженерных коммуникаций.

Одной из самых важных характеристик теплоизоляции Unionflex является высокая износостойкость, что повышает её эксплуатационные свойства.



ВИЗ

## Инвестиции в мировую ветроэнергетику превысят \$ 100 млрд в 2030 году

Глобальные инвестиции в офшорную ветроэнергетику будут увеличиваться, пишет Rystad Energy. По прогнозу экспертов, капитальные затраты в этой сфере вырастут более чем вдвое и достигнут \$ 102 млрд в 2030 году по сравнению с \$ 46 млрд в прошлом году.

Страны Северной и Южной Америки не спешили со строительством ветряных электро-

станций, но ситуация начинает меняться. В текущем году капзатраты прогнозируются в объёме \$ 3,3 млрд по сравнению с \$ 0,7 млрд годом ранее. В конце текущего десятилетия они могут подняться почти до \$ 15 млрд.

Что касается Китайской Народной Республики, то темпы роста инвестиций в КНР будут замедляться, полагают аналитики Rystad.

Выставки

## Журнал СОК – генеральный информационный партнёр выставки International Machinery Fair 2022

Журнал СОК стал генеральным информационным партнёром IV Международной выставки оборудования, услуг, инноваций для промышленных предприятий различных отраслей International Machinery Fair 2022, включая специализированный раздел промышленного оборудования для бесперебойного теплоэнергоснабжения предприятий Electro & Heat Generation. Мероприятие пройдёт в рамках Российской промышленной недели 24–26 октября в ЦВК «Экспоцентр», павильон 8.



Одновременное проведение на одной территории четырёх крупных промышленных выставок (International Machinery Fair 2022, «Технофорум-2022», Rusweld-2022, «Территория NDT-2022») будет способствовать максимальной эффективности: это более 50 мероприятий деловой программы и более 20 тыс. целевых посетителей из промышленных предприятий различных отраслей.



International Machinery Fair — это промышленные экспозиции, которые представят посетителям широкий выбор оборудования для промышленных предприятий различных отраслей и их бесперебойного тепло- и энерго-снабжения. Насыщенная деловая программа позволит специалистам обсудить насущные задачи и проблемы отрасли.

Сочетание тематических докладов с возможностью вживую ознакомиться с большим количеством оборудования позволит получить максимальную эффективность, необходимую для решения профессиональных задач.



## «Дорогобужж-котломашу» исполнилось 60 лет

26 мая состоялся экспертно-медийный тур на завод «Дорогобужжкотломаш» — одно из ключевых предприятий Смоленской области. Завод «Дорогобужжкотломаш» является одним из крупнейших и лучших российских производителей водогрейных котлов и запасных частей к ним, лидером в области комплексных решений для теплоснабжения, энерго- и ресурсосбережения. «Дорогобужжкотломаш» — это бренд, проверенный временем, — в этом году предприятию исполнилось 60 лет.



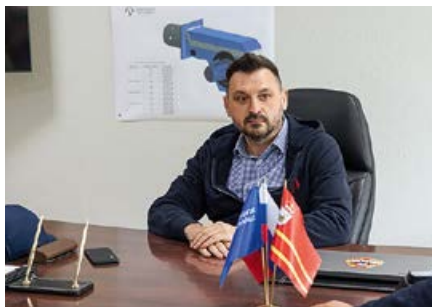
В туре принимали участие представители ведущих отраслевых и федеральных СМИ, включая журнал СОК, а также приглашённые эксперты: Рашид Артиков, член президиума Научно-экспертного совета при рабочей группе Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации по мониторингу реализации законодательства в области энергетики; Алексей Лукашев, заместитель начальника департамента Смоленской области по энергетике, энергоэффективности и тарифной политике; Юрий Тихоненко, советник правительства Москвы по вопросам энергетики, вице-президент Общероссийского объединения работодателей «Федеральная палата энергоэффективности и энергобезопасности»; Алла Захарова, вице-президент Ассоциации малой энергетики; Екатерина Жолудева, вице-президент НП «НАЭВИ»; Максим Крец, продукт-менеджер компании «ОВЕН»; и Никита Шibaев, представитель технологического центра «ТЕНА».

Участники познакомились с масштабной производственной базой ДКМ, увидели полную цепочку производства котельного оборудования, посетили инженерно-

проектный центр — место, где воплощаются все новые технологические идеи и зарождаются новые котлоагрегаты.

На производстве гостей сопровождали и отвечали на вопросы представители завода: Александр Борцов, исполнительный директор ООО «Дорогобужжкотломаш»; Александр Артамонов, руководитель инженерно-проектного центра; Виталий Дмитриев, первый заместитель исполнительного директора; Владимир Петров, заместитель начальника производства; Дмитрий Войтенко, начальник участка блочно-модульных котельных и горелочных устройств.

Начальник ОТК завода «Дорогобужжкотломаш» Людмила Полупан рассказала об его истории. Завод основан в 1962 году.





●● Александр Борцов (в центре), исполнительный директор ООО «Дорогобужкотломаш»

За годы работы изготовлено более 18 тыс. котлов. Главный вектор развития завода «Дорогобужкотломаш» сегодня — осуществить качественный рывок в импортозамещении для всей теплоэнергетической отрасли страны, для чего необходимо увеличить номенклатуру продукции, восполнить ниши, которые остались после ухода с российского рынка западных производителей котельного оборудования, опережая потребности клиентов, и решать задачи теплоснабжения комплексно, качественно и эффективно. Для достижения этих задач очень важно привлекать компетентных российских партнёров. Примером успешной коллаборации может служить тесное сотрудничество завода и компании «ОВЕН» в части автоматизации котлоагрегатов.

Исполнительный директор ООО «Дорогобужкотломаш» Александр Борцов подчеркнул, что качество, надёжность,

экологоориентированность и энергоэффективность продукции завода — главные составляющие успеха продукции.

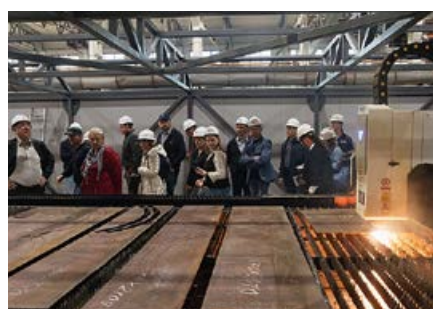
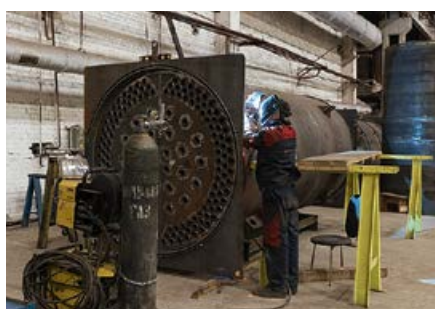
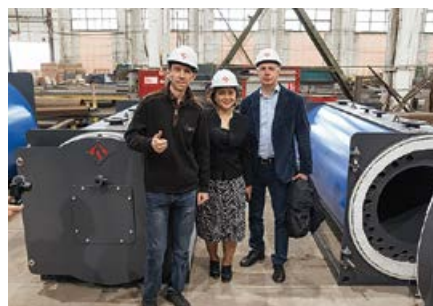
Рашид Артиков высоко оценил активную работу «Дорогобужкотломаш» в области цифровизации продукции при сотрудничестве с НОПРИЗ, а также участие экспертов в нормотворческом процессе. На отраслевых совещаниях и круглых столах специалистами завода ведётся большая работа по получению обратной связи с конечными потребителями про-



дукции, построению внутриотраслевых связей и выработке совместных предложений в действующее законодательство.

На круглом столе были обсуждены темы импортозамещения и инноваций в теплоснабжении и способы в кратчайшие сроки закрыть потребности отрасли. Говорили о цифровых решениях для проектных организаций, энергоэффективности и устойчивом развитии. Помимо этого, особое внимание было уделено вопросам подготовки кадров в отрасли.

Заводу «Дорогобужкотломаш» есть чем гордиться — здесь созданы все условия для развития специалистов, разработаны системы мотивации, поддержки и социальной защиты трудового коллектива. Молодые специалисты, студенты, выпускники технических колледжей здесь не просто проходят стажировку, а начинают строить свою карьеру и получают настоящую «путёвку в жизнь». ●



## Итоги конференции «Проблемы развития теплоснабжения в малых городах России»

Нетипичной площадкой отраслевой конференции стал нестоличный город, а организатором — сама ТЭЦ. 26–27 мая 2022 года в городе Лысьва Пермского края состоялась практическая конференция «Проблемы развития теплоснабжения в малых городах России», проведённая по инициативе [ООО «Лысьва-теплоэнерго»](#) при поддержке Центра энергоэффективности Фонда «Центр стратегических разработок» и информационной поддержке [журнала СОК](#).



Необычен был и формат конференции — локальная с точки зрения участников (присутствовали представители ресурсо- и теплоснабжающих, сетевых организаций Пермского края, муниципалитетов) и очень представительная по составу спикеров конференция имела целью сверить видение лиц, принимающих в отрасли решения, с теми, кто ведёт практическую деятельность на местах. Формат обсуждения и камерный характер позволили открыто говорить о существующих проблемах и задачах, а последующее распространение видеозаписи и итогов мероприятия с помощью отраслевых изданий (информационных партнёров) позволит расширить аудиторию конференции и вовлечь в обсуждение заявленных вопросов широкие круги специалистов.

Программа двух дней включала в себя как обсуждение общих вопросов развития отрасли теплоснабжения, так и знакомство с опытом «[Лысьва-теплоэнерго](#)», как теплогенерирующего предприятия, по реализации мероприятий инвестиционной программы для модернизации оборудования ТЭЦ.



В пленарной сессии по видеосвязи приняли участие федеральные эксперты, с различных сторон осветившие особенности сложившейся в теплоснабжении ситуации и рассказавшие о государственной политике в этом направлении. Модераторами дискуссии выступили **Дмитрий Хомченко**, отраслевой эксперт (в том числе в вопросах теплоснабжения), один из разработчиков Федерального закона

№190-ФЗ, и **Мария Степанова**, директор эксперт-бюро «ЭнергияВита». Практически все выступавшие подчёркивали большую эффективность комбинированной выработки, при этом признавая, что по различным причинам практическое применение её приоритет находит не всегда.

**Екатерина Кваша**, вице-президент Фонда «Центр стратегических разработок», руководитель центра энергоэффективности, рассказала о связке государственной политики энергоэффективности (и разрабатываемой соответствующей госпрограммы) с НДТ, стратегией социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов и подчеркнула, что повышение энергоэффективности — неотъемлемое условие достижения климатических целей России.



Руководитель Комиссии по ЖКХ Общественного совета Минстроя России, исполнительный директор Ассоциации предприятий сферы ЖКХ «Объединённый жилищно-коммунальный совет» **Ирина Булгакова** сфокусировалась на возможностях обеспечения приоритета когенерации в городах. Несмотря на то, что в целом на уровне города или региона выгоднее максимально загружать ТЭЦ, регуляторная модель настроена таким образом, что ТЭЦ большой мощности неконкурентоспособны на рынке. Ирина Александровна отметила, что на федеральном уровне нужны конкретные меры, чтобы от деклараций о приоритете комбинированной выработки перейти к практической реализации этого принципа.



**Олеся Лещенко**, директор Департамента ЖКХ Минстроя России, рассказала о действующих и планируемых мерах в секторе ЖКХ, как в тарифообразовании, так и в государственной поддержке инвестиций. Необходимо балансировать социальную и экономическую составляющие в тарифообразовании, подчеркнула эксперт.

Президент НП «Российское теплоснабжение» **Виктор Семёнов** упомянул о противоречиях в регулировании электро- и теплоэнергетики и рассказал о разработке совместно с Минстроем России индекса состояния систем теплоснабжения, что поможет адекватной оценке состояния объектов и принятию обоснованных решений в дальнейшем.

**Сергей Сиваев**, профессор НИУ ВШЭ, член наблюдательного совета ГК «Фонд содействия реформированию ЖКХ», призвал в каждом случае разбираться, что становится причиной отказа от когенерационных источников, ведь когенерация имеет технологические преимущества перед котельным производством.

**Евгений Гапо**, эксперт НП «Ростепло», заведующий лабораторией энергосбережения и энергоэффективности, профессор НИУ МЭИ, отметил важность схемных решений и использования набора методов и мероприятий для обеспечения слаженности в цепочке производства, передачи и потребления тепловой энергии.

Как отметил **Дмитрий Хомченко**, специфика отрасли такова, что при регулировании сегодня не оценивается влияние тарифных решений на будущее субъекта регулирования, оно осуществляется в текущем моменте.

В завершение первого экспертного трека депутат Государственной Думы ФС РФ, первый заместитель председателя Комиссии Государственной Думы по регламенту и обеспечению деятельности Госдумы РФ **Андрей Кузнецов** отметил, что законодатели следят за ситуацией в социально значимых отраслях и понимают как специфику, так и типовые проблемы в тепло-



⚡ Круглый стол, состоявшийся на второй день конференции, 27 мая

снабжении городов, в том числе малых. Депутаты готовы ближе взаимодействовать с вовлечёнными участниками процесса на местах для выработки сбалансированных решений. На следующий день депутат Законодательного собрания Пермского края, член Комитета по инфраструктуре **Вероника Куликова**, принявшая участие в круглом столе в рамках конференции, подтвердила заинтересованность региональных депутатов в сотрудничестве для решения актуальных вопросов модернизации инфраструктуры, в частности, теплоснабжения.

Региональным опытом поделился начальник отдела формирования инвестиционного потенциала ГАУ Республики Саха (Якутия) «Центр развития ЖКХ и повышения энергоэффективности» **Сергей Воробьёв**. В Якутии налажен мониторинг состояния схем тепло- и водоснабжения посредством специализированной АСУ и рейтинга схем, создано ГКУ «Тарифное агентство», чьей функцией является мониторинг технико-экономических показателей комплекса ЖКХ, качества и надёжности коммунальных услуг, разработка и актуализация схем, реализация соответствующих программ, а также предложения по оптимизации затрат регулируемых организаций.

Также с точки зрения участника рынка выступил **Валерий Кривощёков**, техни-

ческий директор ООО «Синерджи тиам», эксперт в вопросах защиты инвестиционных программ и тарифов. Он призвал сделать прозрачнее процедуры тарифного регулирования для обеспечения источников инвестиций в модернизацию и аргументировал примером инвестиционной программы «**Лысьва-теплоэнерго**».

Подробнее о предприятии и опыте модернизации рассказал исполнительный директор ООО «**Лысьва-теплоэнерго**» **Алексей Горнов** — он дал обзор предприятия в логике влияния ТЭЦ на развитие города.

На следующих сессиях состоялась производственная экскурсия по площадке Лысьвенской ТЭЦ «**Лысьва-теплоэнерго**» и ряд сессий за круглым столом с открытым обсуждением вопросов, волнующих тепло- и ресурсоснабжающие организации. Технологические партнёры «**Лысьва-теплоэнерго**» рассказали в своей части о реализованных мероприятиях на площадке. Презентации проведённых исследований сделали третьекурсники Лысьвенского филиала Пермского политеха **Егор Прокудин** и **Полина Скачкова**.

На второй день конференции, 27 мая, состоялось торжественное открытие нового парового газоплотного котла мощностью 35 тонн пара в час.

Конференция закончилась общим обсуждением дальнейших действий и резолютивных положений конференции. В частности, звучали предложения по формированию ассоциации тепло- и ресурсоснабжающих компаний, разработки объективных коэффициентов, отражающих специфику теплоснабжения малых городов, и ряд других. Сформированная резолюция будет доступна позже. ●



⚡ Материалы конференции по мере поступления обновляются на странице конференции

ИНТЕРВЬЮ

## Олег Хрипач: «Неуклонный рост качества — один из важнейших векторов развития производства»

Отечественная экономика переживает беспрецедентный кризис. Принято считать, что подобные испытания несут не только опасность для существования бизнеса, но могут стать и стимулом для его развития. Представляем вниманию читателей интервью с основателем компании «Компенсаторы «Протон-Энергия» Олегом Хрипачом. Топ-менеджер рассказывает о том, как компания проходит через экономическую турбулентность. В беседе затрагиваются и другие важные темы — особая актуальность импортозамещения, важность невысокой цены комплектации объекта при высоком качестве продукции, помощь клиентам.

Беседовал Александр ГУДКО,  
главный редактор [журнала СОК](#)

❖ В настоящее время сегмент инженерного обустройства зданий и сооружений в России переживает непростые времена, как, впрочем, и вся отечественная экономика. Можете ли вы сказать, что компания «Компенсаторы «Протон-Энергия» вошла в этот кризис с достаточным запасом прочности?

— Да, запас прочности был. В нашей фирме вообще подход такой — стараться делать всё и всегда с запасом. В частности, к нынешнему кризису компания подошла с достаточно большим объёмом склада. Из Италии мы осуществляем небольшую часть поставок, поэтому текущие форс-мажорные обстоятельства пока не оказали какого-либо серьёзного влияния на бизнес. К тому же, несмотря на непростую внешнеполитическую обстановку, машины с компенсаторами из Италии к нам приходили уже неоднократно. Но самое главное, что нам помогло, — открытие собственного производства полного цикла. Именно наше производство обеспечивает очень активное пополнение складских запасов. Сегодня из Италии мы импортируем не более 20 процентов продукции. Соответственно, 80 процентов производим в России. И чем дальше, тем большее количество компенсаторов мы производим самостоятельно.

❖ Видимо, теперь вы ещё более активно и планомерно устремились к стопроцентному замещению... Кстати, оно возможно в принципе?

— И возможно, и необходимо. Раньше мы не считали эту задачу первоочередной. Но сегодня вынужден констатировать, что мы всё чаще действуем не так, как планировали, а исходя из острой необходимости поступить определённым образом, а не иначе. То есть стараемся проявлять гибкость и быстро реагировать на измене-



❖ Олег Хрипач, генеральный директор компании «Компенсаторы «Протон-Энергия»

ния. Учитываем, что при неблагоприятном стечении обстоятельств — чисто теоретически — весь импорт может быть перекрыт... Поэтому компания постоянно закупает новые станки, набирает квалифицированных специалистов, наращивает объём производства. В этом году мы, по крайней мере, постараемся включить в свой производственный арсенал мощности, которые позволят провести стопроцентное замещение ввозимой из-за рубежа продукции в самой ближайшей перспективе.

❖ Как я понял, вы сейчас говорите о возможности прекратить импорт продукции. А что со средствами производства? Ведь с импортными станками тоже могут возникать проблемы: они иногда выходят из строя и требуют заказа запчастей за рубежом. Это может повлиять на стабильность выпуска продукции.

— Пока негативного опыта у нас в этой сфере нет, хотя часть станков действительно импортные. Согласен, что условно «тонким» местом, например, является импортное оборудование с ЧПУ, содержащее электронные компоненты. Но считаю возникновение этой проблемы маловероят-



❖ Изготовление многослойного сильфона методом гидроформования

ным, так как даже если какие-то детали или компоненты для станков будут запрещены к прямому ввозу, можно использовать каналы параллельного импорта. Кроме того, у нас немало оборудования российского производства. Его делают по нашим чертежам либо по согласованию с нами. То есть это — практически инновационные разработки, осуществляемые в тесном контакте с нашими инженерами. А ещё — значительную часть оснастки для станков мы научились делать сами либо руками субподрядчиков. Всё это позволяет нам считать, что наше производство неплохо подготовлено к кризису.

❖ Около года назад я уже посетил производство «Компенсаторы «Протон-Энергия», и вы тогда обмолвились, что на очереди запуск нового оборудования. Какие изменения произошли за прошедший период с производственной базой предприятия? Насколько увеличился парк станков, инструментов, а также оборудования для проверки качества продукции? Как изменились качество и ассортимент производимых компенсаторов?

— Парк станков увеличился приблизительно в полтора раза. Появилась потребность ускорить импортозамещение, поэтому мы активно инвестируем в средства производства и планируем делать это и дальше. Качество продукции тоже повысилось, в том числе после проведения НИОКР с использованием изготовленного по нашему техническому заданию стенда для испытания компенсаторов на подтверждение вероятности безотказной работы.



❖ Готовая продукция — осевые сильфонные компенсаторы

Проанализировав результаты испытаний, мы изменили конфигурацию гофр сильфона, и в результате число циклов срабатывания при заданном осевом ходе значительно увеличилось (следует заметить, что данный параметр у нашей продукции и раньше был достойным). В итоге надёжность изделия повысилась, а себестоимость осталась прежней. И всё это благодаря собственному конструкторско-исследовательскому отделу и нашим инвестициям в НИОКР. Для нас неуклонный рост качества продукции — один из важнейших векторов развития.

❖ Расскажите, пожалуйста, подробнее, какие именно станки пополнили парк оборудования.

— Это дополнительный токарный станок с ЧПУ, сварочный станок для изготовления тонкостенных трубок из металлической ленты, станок для гидравлической

формовки сильфонов. Также примерно на десять единиц увеличился парк относительно несложных станков: появились токарный, отрезной, фрезерный, обжимной, галтовочный станок финишной обработки, а также другие.

Как я уже говорил, заработал испытательный стенд, на котором тестируется число циклов срабатывания (проверка на ВБР — вероятность безотказной работы).

В стремлении увеличить объёмы производства и обезопасить бизнес мы начали дублировать средства производства, и, например, теперь в случае отправки одного из станков на техническое обслуживание в работе не будет простоев.

❖ Количество ваших производственных активов существенноросло, только вот спрос упал... Думаю, когда политическая — а вслед за ней и экономическая — ситуация стабилизируется, вы можете рассчитывать на значительный рост продаж.

— Спрос на нашу продукцию в этом году резко вырос относительно запланированных показателей. Продажи за весну 2022 года выросли в полтора раза по отношению к тому же периоду 2021-го.

❖ Неожиданно. В связи с чем?

— Поначалу для нас это было загадкой, но потом ситуация прояснилась. Видимо, такой эффект стал следствием наличия большого запаса товаров на складе. Плюс — собственное производство снизило себестоимость продукции, и поэтому мы не стали чрезмерно «задирать» цены даже при серьёзном росте закупочных цен на сырьё. И ещё — мы много работали для того, чтобы покупатели доверяли нашему бренду. А доверие к поставщику особенно важно для клиента именно в кризисный период. Эти три фактора, думаю, сыграли решающую роль.



❖ Изготовление деталей на станке с ЧПУ



•• ММДЦ «Москва-Сити» (г. Москва)

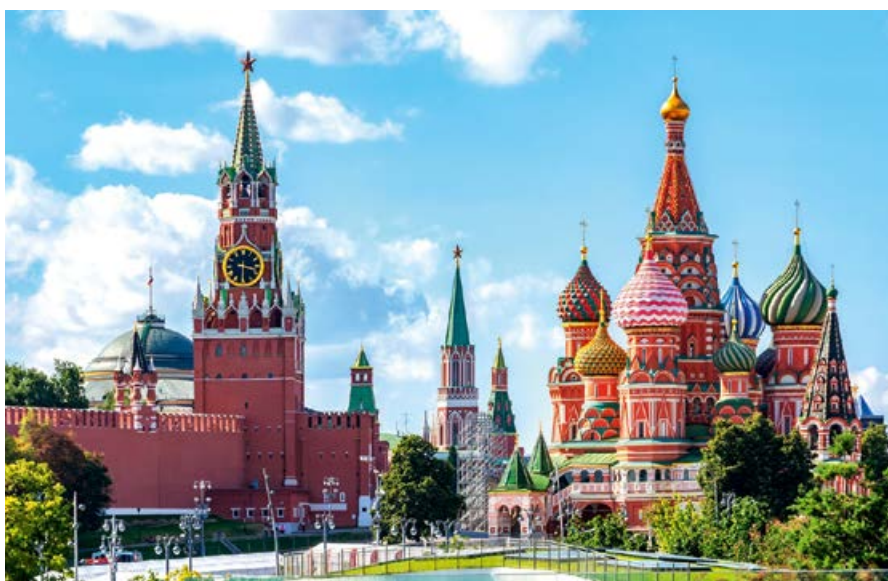
•• **Улучшение качества, повышение надёжности продукции однозначно положительно сказывается на её конкурентоспособности. А в целом какие конкурентные преимущества компенсаторов «Протон-Энергия» вы считаете основными и почему?**

— Основным нашим конкурентным преимуществом, я считаю, являются знания и опыт. Благодаря знаниям маркетинга, ещё в начале становления нашей фирмы мы запланировали, что наша компания не будет расплывать усилия на разные виды продукции, а станет узкоспециализированной. Благодаря узкой специализации за много лет работы мы достаточно глубоко изучили особенности разработки проектов с использованием сильфонных компенсаторов для отопления и водоснабжения, а также монтажа и эксплуатации данного оборудования.

Понимание большинства нюансов даёт нам возможность не просто производить и продавать продукцию для установки на некоем абстрактном объекте, а поставлять изделия с учётом условий и сроков эксплуатации.

Важное конкурентное преимущество заключается в том, что конструкция каждого компенсатора детально продумана. Она не только не уступает, но и превосходит по ряду технических характеристик большинство западноевропейских аналогов.

Высокое качество компенсаторов достигается сочетанием конструкторских и производственных факторов: продуманная конструкция, высокая точность при сборке, высококачественные материалы, труд высококвалифицированных специалистов, система контроля качества каждого компенсатора. Также достигнуть таких результатов нам позволил накопленный опыт работы в сфере компенса-



•• Московский Кремль

торов для отопления и водоснабжения — некоторые наши ведущие специалисты, например, заместитель директора по развитию производства, а также ваш покорный слуга работают в данной сфере свыше двадцати лет и являются родоначальниками данной отрасли в России.

Также наше конкурентное преимущество в том, что мы в своей работе настроены на долгосрочное сотрудничество, как результат — много лояльных клиентов. Мы поставили для них более 600 тысяч компенсаторов на более чем десять тысяч объектов от Калининграда до Владивостока и от Архангельска до Сочи. Наша особая гордость: Московский Кремль, небоскрёбы «Москва-Сити» (башни «Федерация», «Меркурий», «Око», «Эволюция», «Евразия», «IQ-квартал»), высочайшее здание в Европе — «Лахта-Центр».

Кроме того, одно из наших конкурентных преимуществ состоит в том, что мы стараемся платить сотрудникам хорошую

зарплату, — выше рыночной, и это даёт нам возможность набирать квалифицированных специалистов с высокой личной мотивацией и настроен на эффективное решение поставленных задач. У нас стабильный кадровый состав, что приводит к постоянному росту квалификации сотрудников за счёт наработки опыта и внутрикорпоративного обучения.

Руководство фирмы учитывает, что мотивированные и высококвалифицированные сотрудники нацелены на повышение качества продукции и услуг.

Также хочу упомянуть важные особенности нашей продукции: [компенсаторы «Энергия»](#) имеют полнопроходную гильзу из нержавеющей стали, эффективно стабилизирующую сильфон и защищаю-

щую его тонкостенные гофры от отложения осадков, а также от кавитационных вибраций и истирания твёрдыми частицами, находящимися в транспортируемой жидкости в случае не очень хорошей водоподготовки. Сильфоны мы изготавливаем методом гидроформования, что обеспечивает высокие показатели числа циклов срабатывания.

Кроме того, не только сильфон и внутренняя гильза, но и кожух изготавливаются из высококачественной нержавеющей стали. Отличная сталь идёт и на патрубки.

Наша продукция рассчитана не на пять или десять лет эксплуатации. Мы исходим из интересов жильцов, и поэтому наши компенсаторы сконструированы с учётом факторов внешней среды (условий эксплуатации) и срока эксплуатации — 25 лет, указанного в сводах правил [СП 30.13330.2020](#) и [СП 60.13330.2020](#).





⚡ Общественно-деловой комплекс «Лахта-Центр» (г. Санкт-Петербург)

Не менее важным нашим преимуществом является полный цикл производства и сервиса. В этот замкнутый цикл входят следующие основные элементы: *работа со службами эксплуатации — конструирование — производство — техническая поддержка проектных организаций — продажа — шефмонтаж — работа со службами эксплуатации.*

Кроме того, мы не ставим во главу угла быстрый рост финансовых показателей, так как понимаем: гораздо дороже и важнее длительные и доверительные отношения с потребителем. Есть такая мудрая поговорка: «Хорошим человеком быть выгодно». Если руководство компании исповедует данный принцип, если оно не заиклено только на получении прибыли, то достойный доход фирмы будет стабильным и приятным бонусом за добросовестную работу во благо клиента.

#### ⚡ Могли бы привести примеры шагов навстречу клиентам?

— Конечно. Например, «в один прекрасный момент» мы поняли, что монтажникам достаточно затруднительно устанавливать компенсаторы DN15. Ребятам приходится приваривать их к трубопроводу через «стаканчик», что неудобно — в условиях стройплощадки последний отцентровать весьма сложно. И мы оснастили патрубки наших компенсаторов DN15 встроенным «стаканчиком» для удобства монтажа. Тем более что есть требования монтажного СП, где чёрным по белому написано, что компенсаторы данного диаметра нужно приваривать внахлёт, а встык — категорически запрещено. В итоге монтажник получает от нас компенсатор, у которого патрубок сделан так, что в него вставляется труба и стык обваривается внахлёт.

Соответственно, у слесарей и сварщиков отпадает необходимость изготавливать самостоятельно две дополнительные детали, делать два дополнительных сварных шва. Да, при этом наши изделия становятся чуть более сложными в производстве, но ведь востребованность такого решения очень велика.

И при этом мы не видели, чтобы кто-то из производителей, кроме нас, «заморачивался» на этом, чтобы обеспечить удобство работы монтажника. И это лишь один из фактов. В целом же скажу — мы стараемся быть экспертами в нашей товарной группе, подходить к отработке конструктива изделий творчески. Потому к нам несколько раз обращались за советом касательно конструкции компенсаторов специалисты российских, турецких, итальянских и датских компаний-произ-

водителей, когда у них возникали какие-либо сомнения. Мы корректировали в лучшую сторону и нашу конструкцию, например, отказались от применения углеродистой стали для изготовления кожуха, заменив её на стойкую к коррозии нержавеющей сталью.

#### ⚡ Вы говорили о том, что немаловажная составляющая качества продукции «Компенсаторы «Протон-Энергия» — хорошая сталь. Какие марки вы используете и кто вам её поставляет?

— Для сильфонов мы берём у поставщиков только стали марок 12X18H10T или 08X18H10T (AISI 321) или 03X17H14M3 (AISI 316L). Первые две из них — титаносодержащие, третья — имеет в своём составе молибден. Данные материалы оптимальны. И мы никогда не покупаем для сильфона, например, сталь AISI 304. Она, конечно же, дешевле, но при определённых — неблагоприятных — условиях может быть подвержена межкристаллитной коррозии. Мы стараемся обезопасить и себя, и клиента «с запасом», а в ряде случаев и обеспечить «защиту от дурака». Кто-то может посчитать, что это неоправданная перестраховка — маловероятно, что такие условия возникнут. Что ж — каждый решает сам, какую степень надёжности заложить в свою продукцию... В целом, сталь закупаем у проверенных поставщиков. В основном — у отечественных. Однако сталь для сильфонов мы предпочитаем импортную — европейскую либо южнокорейскую. Считаем, что иногда лучше переплатить, нежели купить что-то сомнительное, особенно для ответственных элементов конструкции.



⚡ Жилой комплекс «Алые Паруса» (г. Москва)

❖ Вы говорили о внимательном отношении к чаяниям клиента. Потребителю, конечно же, важно качество и стабильная работа приобретённого оборудования. Но не только это. Ныне многие потребители испытывают значительные финансовые затруднения, вызванные как общеэкономическими пертурбациями, так и ростом стоимости инженерного оборудования. Изменилась ли в связи с этими обстоятельствами маркетинговая политика компании? Стала ли она более гибкой по отношению к клиентам?

— Рассрочка — вот один из наших основных финансовых инструментов в работе с клиентами. Мы предоставляем её сейчас и делали это и раньше, причём на довольно значительные суммы. Правда, в марте вынуждены были сделать паузу. Сейчас вновь начинаем кредитовать покупателей. В первую очередь, конечно же, проверенных. Кроме того, один из наших основных шагов в движении навстречу клиентам — совершенствование собственного производства: оно даёт возможность снижать цену, не снижая, а иногда и значительно улучшая в каких-то аспектах, качество продукции.

Есть ещё и интеллектуальный способ финансовой поддержки клиентов. Он весьма популярен последние пять-семь лет и заключается в консультировании клиентов в целях снижения количества приобретаемых компенсаторов за счёт оптимизации проекта. Мы дополнительно критически просматриваем чертежи инженерной системы и зачастую находим возможность уменьшения количества компенсаторов без снижения эффективности работы спроектированной системы в целом. Обосновываем это про-



На правах рекламы.

❖ Жилой комплекс «Эталон-Сити» (г. Москва)

ектной организации. В том случае, если проектировщики находят наше предложение рациональным, они убирают часть компенсаторов из схемы и проект дешевле, причём уменьшение количества компенсаторов приводит к снижению количества неподвижных опор и увеличивает скорость монтажа. Кстати, в ряде случаев оптимизация становится возможной во многом именно потому, что мы делаем продукт очень высокого качества — устройства со значительным запасом возможностей. И возвращаясь к вашему вопросу об удивительном росте продаж нашей продукции: оптимизация — это тоже фактор, стимулирующий их, привлекающий клиентов.

❖ Раз уж мы убедились в отличном понимании вами клиентов: что вы хотели бы порекомендовать потребителям сильфонных компенсаторов, как технический специалист и как бизнесмен?

— Рекомендую клиентам, экономящим свои средства, подбирать оборудование

не только по критерию цены за единицу продукции. Рациональнее принимать в расчёт стоимость полной комплектации объекта, а также качество продукции.

Сейчас, как говорят, время информационного хаоса и фейков. Поэтому, на мой взгляд, покупателю желательно самостоятельно разобраться в основных критериях качества продукции, а не слепо доверять менеджерам по продажам. Также считаю возможным ориентироваться на данные, указанные в открытых источниках: сколько лет компания-продавец/производитель на рынке, какие объёмы продаж и прибыль, какой штат сотрудников, на какие объекты проведены поставки и т.п. Солидные специализирующиеся на компенсаторах компании, как правило, не рискуют продавать товар сомнительного качества — репутация дороже. Товар «за пять копеек», купленный «не пойми у кого» сначала вызывает удовольствие от осознания собственной предприимчивости. Но зачастую такое оборудование может не отработать стандартный пятилетний срок строительной гарантии и его потребуется менять безо всякого удовольствия, попутно устраняя последствия аварий и неся репутационные потери.

❖ Будем надеяться, что это интервью внесёт свой вклад в дело повышения здравомыслия лиц, принимающих решения при выборе инженерного оборудования для включения в проекты. А вам хочу пожелать сохранять столь же высокий градус устремлённости к качеству и заботе о клиентах. Уверен, что этот кризис сделает компанию [«Компенсаторы «Протон-Энергия»](#) только сильнее. И потребители будут получать от вас качественную продукцию, а также хорошую техническую поддержку.

— Благодарю за добрые пожелания. Будем стараться. И вашему журналу успехов и процветания. ●



❖ Научная библиотека МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва)



ХІХ МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
ВЫСТАВКА ПО ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ



# КОТЛЫ И ГОРЕЛКИ

## BOILERS AND BURNERS



НОВИНКИ  
ТЕХНОЛОГИИ  
ИННОВАЦИИ

2022 | 2023

13-16 СЕНТЯБРЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
[HTTPS://BOILERS-EXPO.RU](https://boilers-expo.ru)



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР:



ОРГАНИЗАТОР:



PROFESSIONAL EXHIBITION & CONGRESS ORGANIZER  
Тел. (812) 718-35-37



## Водно-химический режим автомойки

В статье приводятся рассуждения об организации водно-химического режима (ВХР) бесконтактной автомойки.

Для начала необходимо понять, какое качество воды действительно требуется для технических нужд автомойки. Какие примеси, содержащиеся в воде, могут быть причиной некачественной мойки автомобиля, и как влияет химический состав воды на эффективность применения автомобильных моющих композиций?

Известно, что при высыхании воды после мойки на поверхности автомобиля могут оставаться белые разводы. Это происходит в том случае, если в воде содержится большое количество карбоната кальция. Давайте рассмотрим механизм образования данного налёта.

Соли в воде изначально находятся в растворённом состоянии. То есть, если в твёрдом состоянии мы наблюдаем всем известный «натрий хлор» (NaCl) — поваренную соль, то в растворённом виде в воде содержатся катионы натрия и анионы хлора. Для того, чтобы катион соединился с анионом и выделился из воды в твёрдом состоянии, требуется перенасытить раствор по этой соли.

Однако с карбонатом кальция (CaCO<sub>3</sub>), по сравнению с остальными солями, дело обстоит несколько иначе. Растворимость карбоната кальция определяется углекислотным равновесием. Чем больше в воде катиона водорода H<sup>+</sup> (то есть фактически кислоты), тем выше концентрация кар-

боната кальция может быть в воде. Но в растворённом состоянии в воде преимущественно будет не карбонат кальция, а бикарбонат кальция — Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Растворение карбоната кальция, как осадочной породы, и перевод его в растворённую форму бикарбоната кальция происходит за счёт того, что в воду попадает углекислый газ (диоксид углерода, CO<sub>2</sub>). Диоксид углерода взаимодействует с водой и образуется угольная кислота H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, которая диссоциирует на катион водорода H<sup>+</sup> и анион бикарбоната HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:



Катион водорода растворяет карбонат кальция с образованием бикарбоната кальция. При этом один анион бикарбоната получается от гидролиза угольной кислоты, а второй — от карбоната кальция:



Данный процесс обратим. При удалении из воды угольной кислоты начинает образовываться твёрдый карбонат кальция. Определённой концентрации угольной кислоты в воде соответствует определённая концентрация бикарбоната кальция. Это называется «углекислотный баланс воды». Когда данный баланс находится в равновесии, то индекс насыщения (индекс Ланжелье) такой воды равен нулю.



Автор: [И.А. ТИХОНОВ](#),  
директор по развитию компании  
[ООО «Сарфильтр»](#) (г. Саратов)

Если внешние условия изменяются, и диоксид углерода начинает удаляться из жидкости, то, соответственно, начинает образовываться твёрдый карбонат кальция.

При бесконтактной мойке автомобиля происходит интенсивное удаление диоксида углерода при распылении воды, соответственно, создаются условия для выпадения карбоната кальция. Данное обстоятельство становится критичным в тёплое или даже жаркое время года на солнце. Когда аэрированная вода на поверхности автомобиля быстро высыхает, весь карбонат кальция выпадает на поверхности

Если автомойка использует питьевую воду центрального водоснабжения, то, как правило, у неё низкая окисляемость, и углекислотный баланс смещён в сторону растворения карбоната кальция. То есть углекислоты в воде содержится больше, чем растворённого бикарбоната кальция. Вода — коррозионно-активна. Это происходит из-за того, что в процессе коагуляции в воде идёт гидролиз солей алюминия по первой ступени с образованием серной либо соляной кислот (в зависимости от коагулянта — хлорид или сульфат алюминия), и часть бикарбонатов пере-

Поэтому при использовании такой воды на автомойке, при умеренной жёсткости воды, вероятность образования белого налёта высока только в летний период. При этом отсутствует вероятность налёта гумуса различного состава.

Если использовать воду из минерализованной артезианской скважины, вероятность налёта карбоната кальция чрезвычайно высока, но в артезианской воде, вследствие отсутствия контакта с атмосферным воздухом, практически полностью отсутствует органическое вещество. Вода из поверхностного источника,



⌘ Фото 1. Двухступенчатая установка Na-катионирования воды с кондуктометрическим контролем умягчённой воды



⌘ Фото 2. Система кондуктометрического контроля умягчённой воды

лакокрасочного покрытия и оставляет белые разводы. Для пресной воды (соле-содержание до 1000 мг/л) содержащиеся в ней остальные соли не дадут такого неприятного эффекта. Из опыта автора: вода с жёсткостью 6,0 мг-экв/л и щёлочностью (HCO<sub>3</sub>) 4,5 мг-экв/л даёт устойчивый белый налёт при мойке автомобиля на солнце даже без использования бесконтактной технологии.

Негативно на качество мойки может сказаться также и содержание в воде органического вещества. Как правило, почти всё органическое вещество в воде поверхностных источников представлено гумусовыми кислотами. Их концентрация характеризуется таким показателем, как окисляемость. Для питьевой воды окисляемость должна быть не более 5,0 мг O<sub>2</sub>/л. Для этого воду из поверхностного источника подвергают коагуляции. Чем выше окисляемость, тем больше вероятность некачественной мойки автомобиля по причине повышенного наличия в ней гумусовых кислот.

ходит в углекислый газ. При этом образовавшиеся в результате гидролиза соляная или серная кислоты переходят в соли кальция, замещая бикарбонат, который перешёл в углекислоту.

В результате вода, прошедшая коагуляцию, имеет склонность к коррозии с водородной деполяризацией, поскольку углекислоты в воде теперь несколько больше, чем требуется для поддержания углекислотного равновесия существующего количества кальция.

**Если использовать воду из минерализованной артезианской скважины, вероятность налёта карбоната кальция чрезвычайно высока, но в артезианской воде отсутствует органическое вещество. Вода из поверхностного источника, не прошедшая коагуляцию и осветление, может вызывать и минеральные, и органические отложения**

не прошедшая коагуляцию и осветление, может вызывать и минеральные, и органические отложения на лакокрасочной поверхности автомобиля.

Имеется ещё одна проблема. Как химический состав воды влияет на приготовление моющего раствора?

Автору удалось найти только общие рекомендации по этому вопросу. То есть для жёсткой воды необходимо использовать шампуни с комплексообразователями — по аналогии с качественным стиральным порошком. При применении комплексообразователей соли жёсткости входят в состав комплексона и тем самым повышают свою растворимость, но всё равно имеют возможность выпадения в осадок только при более высоких концентрациях. Поэтому в состав шампуней должны входить фосфаты — тогда кальций из воды будет удаляться в виде образования твёрдого гидроксилалюмината, что должно настораживать в случае применения аппаратов бесконтактной мойки повышенного давления.



Даже не являясь специалистом в данном вопросе, понятно, что данные добавки — довольно спорное решение и требуются скорее как вынужденная необходимость в случае использования для мойки жёсткой воды. Это примерно так же, как в водоподготовке для паровых котлов — комплексоны не являются заменой основной водоподготовки, а применяются только на стадии корректировки уже подготовленной воды.

В результате на основе представленных рассуждений можно дать несколько рекомендаций по разработке и ведению ВХР бесконтактных автомоек:

1. Исходную воду необходимо подвергнуть Na-катионированию, в результате чего вода будет умягчена. В ней вместо двух- и трёхвалентных катионов будет содержаться только одновалентные катионы натрия. Натриевые соли не дадут налёта или осадка на поверхности автомобиля после мойки даже в условиях интенсивного «отгона» углекислоты и быстрого высыхания воды — по крайней мере, для воды с общим солесодержанием не более 1000 мг/л (пресная вода).
2. Для удаления органических кислот удобно использовать системы обратноосмотического обессоливания воды (обратный осмос). Во избежание быстрого засорения мембран обратного осмоса солями жёсткости воду перед обратным осмосом следует умягчать.
3. Если воду предварительно не подвергали коагулированию и осветлению, необходимо перед системой умягчения воды установить фильтры с песком и активным углём. Это продлит срок использования катионита и мембран обратного осмоса. Возможно, потребуются дозирование гипохлорита натрия перед фильтром с загрузкой из кварцевого песка или аналогом.

Давайте рассмотрим каждый пункт по отдельности.

Стандартная схема Na-катионирования удобна в случае её применения на автомойках, так как не требует очистки сточных вод. Умягчённая вода используется на мойке и после отстойников сливается в канализацию. В отстойник также сливается вода в процессе регенерации катионита — в результате происходит естественное разбавление концентрированных по солям стоков реге-

нерации установки умягчения. И в случае, если солесодержание исходной воды менее 500 мг/л, солесодержание сточной воды после смешения стоков регенерации и стоков мойки составит не более 1000 мг/л, что соответствует нормативным требованиям. В зависимости от состава исходной воды это соотношение может меняться, но для большинства поверхностных вод с умеренной жёсткостью это соотношение будет поддерживаться. Для исходной воды с жёсткостью 4 мг-экв/л удельный расход поваренной соли, затрачиваемый для получения 1 м<sup>3</sup> умягчённой воды, составит около 0,5 кг или 500 г/м<sup>3</sup> (500 мг/л) в случае грамотного ведения процесса умягчения и небольшого содержания натрия в исходной воде. То есть солесодержание смешанных стоков будет в два раза больше солесодержания исходной воды. Фактически в данном случае не будет требоваться утилизация сточных вод, что делает использование Na-катионитового умягчения воды очень удобным процессом для получения умягчённой воды на автомойках.

Контроль за ведением процесса Na-катионитового умягчения воды просто и оперативно можно осуществлять при помощи методики, описанной в статьях автора [1, 2].

Использование данного способа контроля не требует специальной подготовки операторов. На этот способ контроля автором статьи получен патент [3]. Данный способ контроля успешно внедрён в нескольких паровых котельных города Саратова, а также на бесконтактной автомойке в городе Энгельсе (Саратовская область).

Важно отметить, что при отсутствии контроля за умягчением воды, при недостаточном количестве регенераций, установка Na-катионирования начинает работать в режиме Ca- и Mg-катионирования.

**В результате на основе представленных рассуждений можно дать несколько рекомендаций по разработке и ведению ВХР бесконтактных автомоек. Прежде всего исходную воду необходимо подвергнуть Na-катионированию, в результате чего вода будет умягчена. Для удаления органических кислот удобно использовать системы обратного осмоса**



То есть накопленные на катионите соли жёсткости при отсутствии регенерации начинают обмениваться с ионами натрия исходной воды. В результате жёсткость воды после такой установки «умягчения» становится даже больше исходной жёсткости. Например, при жёсткости исходной воды, равной 4,0 мг-экв/л, жёсткость «умягчённой» воды при недостаточной регенерации с определённой периодичностью доходит до 6,5 мг-экв/л. В этом случае вообще лучше работать без установки умягчения. Поэтому качественный контроль установки умягчения есть главное условие успешного ВХР автомойки, как, впрочем, и других потребителей, требующих умягчённую воду.



Для полного удаления органики из воды, а также уменьшения соледержания воды удобно использовать системы её обратноосмотического обессоливания. Для данных целей достаточно использовать самые низкоселективные обратноосмотические мембраны. В любом случае уменьшение соледержания фильтрата после обратного осмоса по отношению к исходной воде будет говорить о полном удалении органики из воды. Даже самые маленькие органические кислоты значительно больше отдельных ионов. Тем более что использование высокоселективных мембран приведёт к получению фильтрата обратного осмоса со значением рН ниже, чем 6,0 (для большинства поверхностных вод гидрокарбонатного типа). При этом производители автошампуней допускают использование воды с диапазоном рН от 6,0 до 9,0.

Использование низкоселективных мембран будет требовать меньшего давления для осуществления процесса обратноосмотического разделения воды. Можно использовать относительно дешёвые мембраны, аналоги мембран известных фирм.

**Для полного удаления органики из воды, а также уменьшения соледержания воды удобно использовать системы обратноосмотического обессоливания воды. Для данных целей достаточно использовать самые низкоселективные обратноосмотические мембраны**

Только необходимо учесть, что диапазон значений рН моющего раствора мембран-аналогов должен быть 2,0–11,0, (а не 1,0–12,0 для дорогих мембран известных производителей). Это говорит о том, что дешёвые мембраны будут деградировать после химических моек осмоса гораздо быстрее, чем дорогие мембраны. Это требует качественной предварительной подготовки воды перед обратным осмосом. В случае с автомойкой это требование в любом случае должно выполняться (коагуляция-осветление, умягчение).

В данном случае можно сказать, что контроль качества фильтрата установки обратного осмоса должен осуществляться

по электропроводности фильтрата и исходной воды. Уменьшенное значение электропроводности (солеосодержания) фильтрата по отношению к исходной воде уже говорит о качественной работе осмоса в данном случае. При этом важно убедиться в отсутствии подмеса, что может происходить и внутри корпуса обратноосмотических мембран. По мнению автора, для целей автомойки говорить о некоей высокой селективности обратноосмотических установок (96–99%) нет необходимости, так как к фильтрату (пермеату) для целей мойки не предъявляются такие требования, как к дистилляту или к питательной воде паровых котлов высокого давления. Но только в том случае, если перед осмосом осуществляется умягчение воды.

Подводя итог, можно констатировать, что использование Na-катионитовой умягчения предварительно подготовленной (осветлённой) воды с последующим обратноосмотическим обессоливанием позволяет получить подготовленную воду для проведения качественной бесконтактной мойки автомашин. Образующиеся при этом сточные воды системы водоподготовки не будут требовать дополнительной очистки перед сбросом в канализацию. В любом случае (есть водоподготовка или нет) будет требоваться коагуляция и отстаивание сточной воды после мойки автомобилей.

Крайне интересным представляется использование оборотной системы водопользования. Этому будет посвящена отдельная статья. ●

1. Тихонов И.А. Простой способ узнать, работает ли установка Na-катионирования воды или нет // Журнал СОК, 2020. №12. С. 36–38.
2. Тихонов И.А. Способ контроля процесса Na-катионирования воды // Журнал СОК, 2021. №3. С. 25–29.
3. Патент RU №2744346 С1. МПК C02F 1/42, C02F 5/00, C02F 103/04. Способ контроля работы установки Na-катионирования воды / И.А. Тихонов. Заявл. 15.09.2020; опублик. 05.03.2021.

САНТЕХНИКА  
И ВОДОСНАБЖЕНИЕ

## BERGES

### Wasserhaus:

**стабильное  
качество и забота  
о клиентах**

**BERGES** сегодня — это производственно-торговая компания, которая разрабатывает и поставляет потребителям классический ассортимент товаров для ванной комнаты и туалета. Мы активно создаём продукты для проектирования как нового пространства, так и для реконструкции уже существующих объектов, а также для мелкого бытового ремонта и обновления. День за днём мы работаем над улучшением наших продуктов и сервисов для того, чтобы покупатели и партнёры **BERGES** были уверены в своём выборе.

**Авторы:** Сергей АСОНОВ, бренд-менеджер компании [BERGES Wasserhaus](#); Александр ГУДКО, главный редактор журнала СОК

### Производственный цикл

Неизменное внимание ко всем производственным этапам изготовления продукции занимает особое место в работе **BERGES**. Компетентный отбор качественных материалов и комплектующих от проверенных временем поставщиков гарантирует совершенство нашего внутреннего стандарта качества. Промышленный выпуск всего ассортимента **BERGES** налажен как на собственном производстве, так и на заводских площадях наших партнёров под непрерывным контролем наших специалистов. Результатом такого подхода стало безупречное качество производимой продукции.

Главной отличительной чертой всех желобов **BERGES** является бесшовный корпус, изготовленный из цельного листа нержавеющей стали методом штамповки. Данная технология придаёт конструкциям дополнительную жёсткость и обеспечивает более долгий срок эксплуатации.

Немаловажным гарантом надёжности и долгой службы продукта является материал, из которого он изготовлен. При производстве корпусов и решёток **BERGES** используется исключительно нержавеющая сталь высшего качества марки AISI 304 производства Германии и Австрии.

Неискушённый потребитель может считать, что системы водоотведения для



⇨ **Переворотная двухсторонняя конструкция решётки жёлоба-водостока B1 Keramik**

### Желобá и трапы

«Желобá и трапы» — это флагманская товарная группа в ассортименте компании **BERGES**. Она содержит огромный выбор позиций — более 400 артикулов, — позволяющий потребителю выбрать вариант для решения именно своей задачи, не прибегая к компромиссам. Все модели постоянно представлены на складе в России и могут быть доставлены клиенту по первому требованию.

душа — это примитивные устройства, однако варианты, предлагаемые производителем, меняют взгляд на них. В полной мере талант разработчиков компании воплотился в трёх моделях **BERGES Wasserhaus**: **B1 Keramik**, **Wall** и **Super Slim**.

Жёлоб-водосток **B1 Keramik** дарит потребителю выбор. Переворотная двухсторонняя конструкция решётки даёт возможность либо сделать жёлоб металлическим, либо вклеить плитку.

### **BERGES** в России: история и факты

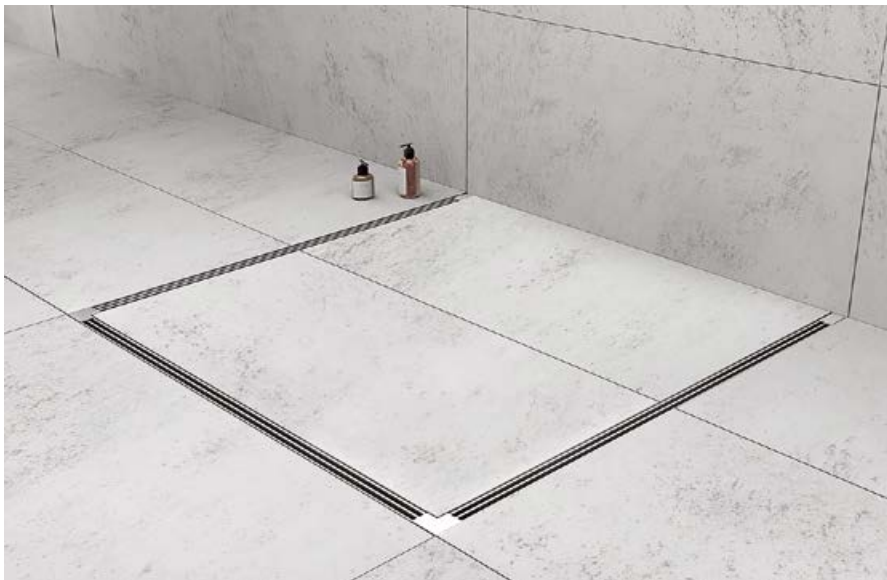
С 2012 года мы накопили большую базу знаний по конструктивным особенностям разработки сантехнического оборудования, а также построили устойчивые производственные цепочки по их выпуску.

В 2015 году в России было открыто официальное представительство [BERGES Wasserhaus](#) с офисами в городах Москва и Екатеринбург.

В 2021 открылся офис в городе Санкт-Петербурге.

В сферу компетенций представительств входят вопросы маркетинга, сбыта и внутреннего контроля качества по всей территории России и стран Восточной Европы.





❖ Душевой лоток [Super Slim](#)

Жёлоб-водосток [Wall](#) специфичен возможностью установки в стене, что обеспечивает безупречный внешний вид, а также позволяет сэкономить пространство ванной комнаты.

И, наконец, душевой лоток [Super Slim](#) с боковым выпуском превосходно сочетается с любым интерьером ванной комнаты благодаря компактному размеру и функциональности. Длина лотка может варьироваться в очень широких пределах, что делает его доступным для душевой кабины практически любого размера.

### Комплексность поставок

В настоящее время потребителями весьма востребована комплексная форма поставок. Следуя этому прогрессивному тренду, компания [BERGES](#) поставляет все желоба и трапы вместе с комплектом для установки продукта. Такое «коробочное» решение позволяет начать и закончить монтаж комплекта, не прибегая к использованию вспомогательных элементов.

В состав поставки входят:

- гидроизоляция;
- регулируемые ножки с шагом регулировки от 0,5 мм;
- регулировка высоты самих решёток для подгонки под высоту финишного покрытия с шагом 1,0 и 2,0 мм.

Дополнительно отметим, что уникальные самопромывные ультратонкие сифоны [BERGES](#) позволяют добиться минимальной высоты заливаемой основы — она составляет всего 65 мм.



❖ Жёлоб-водосток [Wall](#) специфичен возможностью установки в стене

### Глобализация поставок

В наш век глобализации промышленный цикл каждого изделия становится всё сложнее, поэтому департамент логистики [BERGES](#) неустанно и кропотливо работает над созданием устойчивых производственных цепочек поставок, тщательно выбирая поставщиков сырья. В результате строгого отбора мы сосредоточили основные производственные площадки [BERGES](#) в Турции, Сербии и Китае. При этом часть сложных конструктивных комплектующих традиционно изготавливаются в Германии и Австрии.

В 2018 году мы открыли производственно-транспортный хаб [BERGES](#) в Республике Беларусь, что на порядок повысило уровень доступности товара на стоках в России и стало значительным драйвером роста ассортимента наших продуктов.

### Проектное мышление и трансляция опыта

Прямым и логичным продолжением следования тренду комплексности и проявлением заботы о заказчиках становится помощь компании [BERGES](#) клиентам при осуществлении их проектов.

Успех проекта зависит от нескольких факторов: быстрое и качественное консультирование, внятное и понятное ценообразование, надёжная логистика — прежде всего по срокам поставок, а также гарантия защиты объекта и постпродажный сервис. Всё это — отработанные опции, доступные клиентам компании.

Кроме того, важная часть поставок и продаж любой продукции — знание. Компания [BERGES](#) постоянно проводит семинары и обучающие конференции для различной аудитории — дизайнеры, продавцы-консультанты, проектные инженеры и другие группы профессионалов.

### Сервис: мы всегда рядом

[BERGES](#) несёт ответственность за качество своих товаров и предлагает безупречное гарантийное и постгарантийное обслуживание на базе региональной сети авторизованных сервисных центров в крупных городах России.

При этом мы постоянно расширяем присутствие и активизируем своё дальнейшее развитие во всех регионах, чтобы быть ближе к потребителю, давать максимально полезную информацию о наших продуктах и ускорить время решения вопросов клиента. Компания [BERGES Wasserhaus](#) постоянно увеличивает число сервисных партнёров в регионах, стараясь найти самых ответственных и лучших.

### [BERGES](#): лучшие условия для клиентов и партнёров

[BERGES](#) прикладывает все усилия, чтобы нашим клиентам и партнёрам было удобно и выгодно работать с нами. Одна из основных задач компании [BERGES Wasserhaus](#) — помочь сохранить бюджет клиента. Мы знаем, сколько сил, времени и финансов отнимает ремонт, поэтому делаем всё возможное, чтобы предложить потребителям качественный продукт по разумной цене.

Второе, не менее ответственное направление нашей работы — привлечение новых партнёров, которым мы всегда рады. Реальный заработок на наших продуктах достаточно высок. В зависимости от группы товаров маржинальность реализации продукции [BERGES](#) составляет от 30 до 70 %.

**Мы готовы к диалогу и всегда находимся на связи!** ●

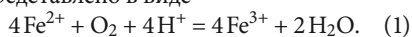
# О закономерностях окисления двухвалентного железа до трёхвалентного при работе станций обезжелезивания воды

Несмотря на широкое распространение станций обезжелезивания и множество работ по этой теме, многие стороны самого процесса до сих пор недостаточно исследованы. В статье пойдёт речь о совместном использовании диаграммы Пурбе и уравнения окислительно-восстановительной реакции для прогнозирования глубины окисления двухвалентного железа.

Автор: А.Ю. РУШНИКОВ, к.т.н., инженер-проектировщик, компания ООО «Отечественные Водные Технологии»

В опубликованных ранее работах [1, 2] были рассмотрены химическое уравнение окисления двухвалентного железа до трёхвалентного, основанное на сочетании полуреакций окисления и восстановления, а также предельное отношение окисленного железа к восстановленному (глубина окисления), которое определяется условиями протекания реакции — рН, окислительно-восстановительным потенциалом, содержанием кислорода, минерализацией, температурой воды.

Уравнение окисления двухвалентного железа, по мнению автора, может быть представлено в виде



Для оценки отношения концентраций окисленного  $\text{Fe}^{3+}$  и восстановленного  $\text{Fe}^{2+}$  железа (глубины окисления) предложено выражение:

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{66,5}{[\text{O}_2]^{0,25}} \times 10^{pH + 0,01033\sqrt{M} + \frac{2,5 \times 10^{-4} Eh - 0,114}{4,96 \times 10^{-5}(273+t)}}, \quad (2)$$

где  $[\text{O}_2]$  — содержание растворённого в воде кислорода, мг/л; рН — водородный показатель;  $M$  — минерализация воды, мг/л;  $Eh$  — окислительно-восстановительный потенциал воды (ОВП), мВ;  $t$  — температура воды, °С;  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  в уравнении (2) подставляются применительно к размерности [мг/л].

Уравнение (2) позволяет определить предельную глубину окисления двухвалентного железа при данных показателях качества воды. Также в (2) перечислены граничные условия применения данной формулы: она применима при невысокой окисляемости воды и при минерализации не более 1000 мг/л, то есть для пресной воды.

Первое ограничение учитывает требование наличия  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  только в ионной форме, в то время как при высокой окисляемости они могут быть в составе комплексных железоорганических соединений. Возможно, имеется взаимосвязь между окисляемостью и значением окислительно-восстановительного потенциала  $Eh$ , что требует отдельного изучения. Второе ограничение связано с применимостью уравнения Дебая — Хюккеля, которое является упрощённой записью более общего уравнения электростатического взаимодействия между молекулами.

## Уравнение (2) позволяет определить предельную глубину окисления двухвалентного железа при данных показателях качества воды

Выражение (2) показывает, что с увеличением рН, солесодержания  $M$  и  $Eh$  возрастает доля окисленного железа  $\text{Fe}^{3+}$ , что действительно подтверждается опытом работы станций обезжелезивания. При этом  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  снижается с увеличением содержания в воде кислорода, что может показаться нелогичным, так как аэрация является одним из условий эффективного обезжелезивания. Но, с другой стороны, с ростом концентраций исходных веществ реакции растёт её скорость, причём из трёх исходных веществ в реакции (2) при аэрации существенно увеличивается только  $[\text{O}_2]$ . Как влияет аэрация на повышение  $Eh$ , должно быть темой для отдельного рассмотрения.

Результаты анализов воды, которые доступны автору (исходной и прошедшей сооружения станций водоподготовки), показывают следующий разброс значений (табл. 1). Данные получены по опыту работы станций безреагентного обезжелезивания подземных вод, включавших оборудование аэрации (безмасляные компрессоры, аэрационные колонны, сепараторы воздуха) и напорные фильтры, загруженные каталитически активной загрузкой. В этой же таблице показаны расчётные значения  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  для исходной и очищенной воды. Минерализация воды во всех случаях составляла от 220 до 490 мг/л.

Представленные в табл. 1 данные следует считать скорее ориентировочными и оценочными, чем полными и достоверными, так как были получены по большей части (особенно  $Eh$ ) с помощью ручных тестеров. Кроме того, далеко не всегда выдерживались требуемые ГОСТ правила отбора проб воды. Следует также обратить внимание на то, что анализируемое содержание кислорода может отличаться от реальных значений в аэрируемой воде, так как аэрация в напорных установках обезжелезивания происходит при давлении, в несколько раз превышающем атмосферное, а растворимость газов при повышенном давлении также возрастает согласно закону Генри — Дальтона.

:: Показатели качества воды — исходной и прошедшей водоподготовку табл. 1

Вода	$[\text{O}_2]$ , мг/л	% от макс. насыщения $\text{O}_2$ при температуре воды 5 °С	$Eh$ , мВ	рН	$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$
Исходная вода	1,3–7,5	10–59	–3...–73	7,2–7,7	0,36–24
Очищенная вода	2,0–9,0	15–70	–30...+122	7,2–8,1	0,41–2983

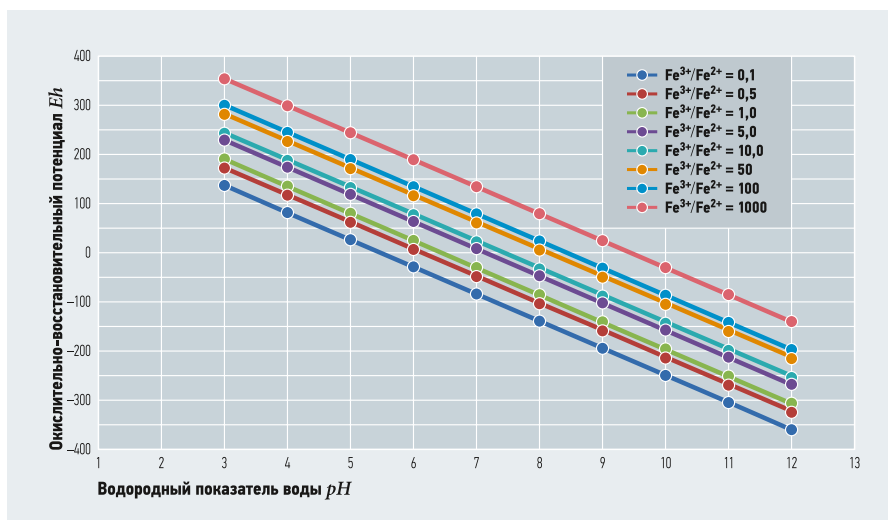


Рис. 1. Диаграмма Пурбе для железа (с линиями  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  при  $[O_2] = 3,8$  мг/л,  $M = 100$  мг/л)

Очевидно, что чем выше величина отношения  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  (то есть во сколько раз содержание трёхвалентного железа превышает содержание двухвалентного) в очищенной воде по сравнению с исходной, тем эффективней протекает процесс обезжелезивания. Значение  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  в очищенной воде менее 5–10 указывает на в целом низкую эффективность процесса при данных условиях.

Полученные в ходе анализов показатели качества исходной и очищенной воды (рН,  $Eh$ ,  $[O_2]$ ,  $M$ ) позволяют проследить их влияние на  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  согласно выражению (2).

Напомним, что схема обезжелезивания воды была безреагентной с использованием принудительной аэрации и напорных фильтров с каталитически активной загрузкой; несомненно, что и при других схемах обезжелезивания подобные расчёты также могут быть правомерны.

Значение рН воды мало изменялось при её обработке, следовательно не могло повлиять на повышение  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  в очищенной воде по сравнению с исходной.

Содержание кислорода  $[O_2]$  в очищенной воде возрастало максимум в 1,5–7,0 раз,

что с учётом (2) не оказывало существенного влияния на  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ .

В отличие от рН и  $[O_2]$  окислительно-восстановительный потенциал  $Eh$  в очищенной воде существенно возрос, что, согласно (2), соответственно ведёт к значительному росту  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ . И неважно, используется ли повышения  $Eh$  кислород воздуха или более сильный окислитель.

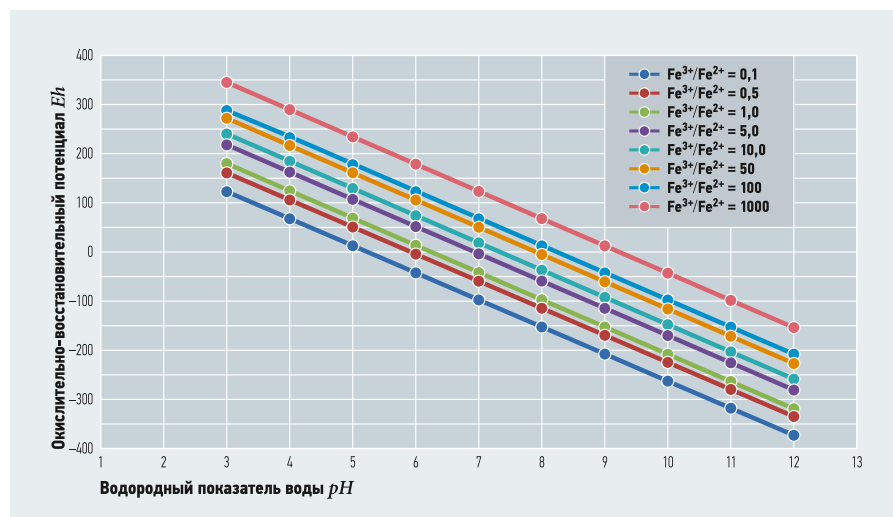


Рис. 2. Диаграмма Пурбе для железа (с линиями  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  при  $[O_2] = 3,8$  мг/л,  $M = 800$  мг/л)

Температура обрабатываемой воды за довольно короткое время нахождения в сооружениях водоподготовки измениться не может, поэтому почти никак не меняет отношение  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  в исходной и очищенной воде.

Выражение (2) связывает значения глубины окисления  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  с рН и  $Eh$  при заданных  $[O_2]$  и  $M$ . Термодинамически устойчивые формы существования железа в воде в зависимости от рН и  $Eh$  часто представляются в виде диаграммы Пурбе. В табл. 2–5 показаны расчётные значения  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  при  $[O_2] = 3,8$  (30% от максимального насыщения при температуре 5 °С) и 10,2 (80% от максимального насыщения при температуре 5 °С) мг/л, при  $M = 100$  и 800 мг/л и известных величинах рН и  $Eh$ . На рис. 1–4 показаны диаграммы Пурбе для железа с нанесёнными на них линиями постоянных значений  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ . Расчёты ограничивались значениями рН от 3 до 12.

Таким образом, графики глубины окисления  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  при соответствующих рН

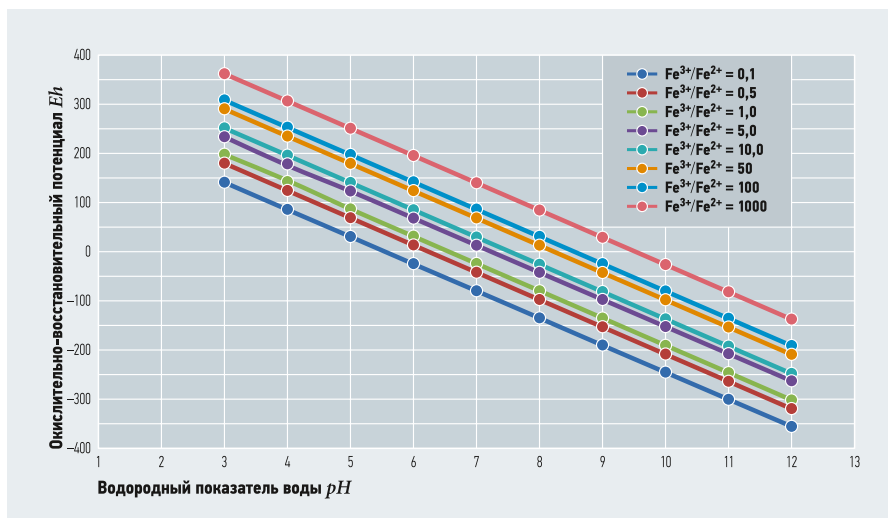


Рис. 3. Диаграмма Пурбе для железа (с линиями  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  при  $[O_2] = 10,2$  мг/л,  $M = 100$  мг/л)

и  $Eh$  представляют собой ряд параллельных отрезков, расположенных один над другим. Данные табл. 2–5 и рис. 1–4 также показывают, что содержание кислорода и минерализация (для пресных вод) не оказывают существенного влияния на величину  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ .

В то же время при одном значении рН увеличение  $Eh$  приводит к резкому увеличению глубины окисления — практически по экспоненте, что указывает на ведущее значение ОВП для окисления двухвалентного железа.

Указанные графики позволяют прогнозировать глубину окисления двухвалентного железа для любых показателей качества воды с учётом ограничений по окисляемости и минерализации.

То, что указанные отрезки попадают в область образования осадка  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , не должно смущать, так как процесс обезжелезивания не ограничивается только окислением двухвалентного железа. По-видимому, обезжелезивание включает, как минимум, две стадии: окисление двухвалентного железа и гидролиз с образованием малорастворимого осадка. Следовательно, некоторая часть трёхвалентного железа так и останется в негидратизованном состоянии.

Очевидно, что рост  $Eh$  и, соответственно, глубина окисления, зависят от устройства системы аэрации (упрощённая, принудительная с помощью эжектора или компрессора, на градирнях и т.д.) и от правильности работы этой системы. Предсказать величину роста  $Eh$ , по-видимому, невозможно на нынешнем уровне развития науки о водоподготовке.

В ходе работы был также поставлен вопрос, как изменяется  $Eh$  на отдельных этапах процесса обезжелезивания (в нашем случае — принудительная аэрация и напорная фильтрация). Здесь у автора не имеется подробного свода данных, кроме отдельных результатов измерений ОВП, которые показали, что  $Eh$  после аэрационных устройств возрастает на 10–20 мВ. Следовательно, основной вклад в окисление двухвалентного железа вносит фильтрующая загрузка, о которой стоит сказать пару слов.

В качестве фильтрующих загрузок на станциях обезжелезивания использовались каталитически активные зернистые материалы «Сорбент АС» и «Сорбент МС»,

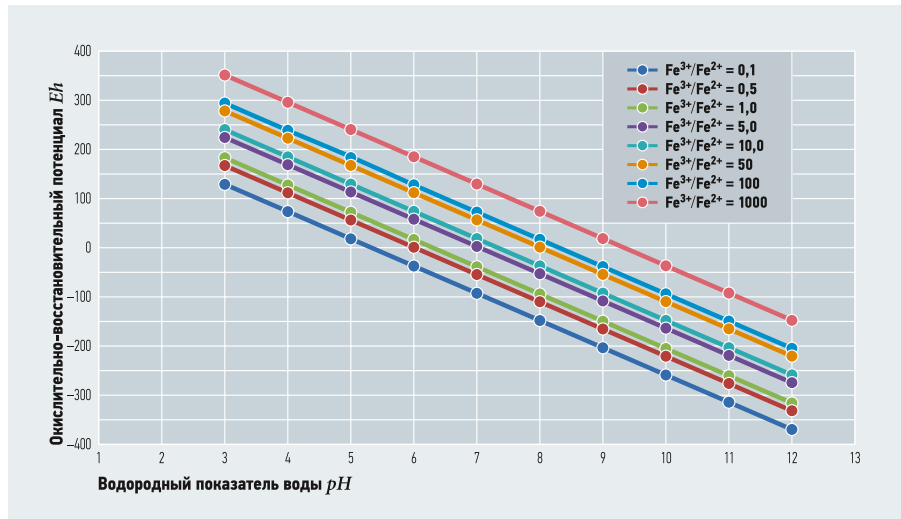


Рис. 4. Диаграмма Пурбе для железа (с линиями  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  при  $[\text{O}_2] = 10,2 \text{ мг/л}$ ,  $M = 800 \text{ мг/л}$ )

которые считаются алюмосиликатными сорбентами (конечно, о сорбции в прямом смысле этого понятия здесь говорить можно только условно). Каталитически активные загрузки — достояние уже нового времени; ранее чаще всего использовались загрузки из химически нейтральных материалов типа кварцевого песка. Но и такие химически нейтральные загрузки вполне справлялись с задачей обезжелезивания воды (правда, при меньших скоростях фильтрации по сравнению с каталитически активными) за счёт образования на поверхности зёрен каталитической плёнки (слоя) из ранее выделившегося осадка.

В литературе можно встретить определение, что обезжелезивание в слое загрузки является гетерогенным автокаталитическим процессом, в ходе которого обеспечивается непрерывное обновление этой каталитической плёнки (хотя автор

не встречал в литературе попыток детального рассмотрения данного явления, тем более с расчётами на количественном уровне). По-видимому, исследователи не углублялись в тонкости явления, ограничиваясь лишь прикладной задачей получения воды нужного качества. Впрочем, каталитически активные загрузки для эффективной работы также нуждаются в образовании упомянутого слоя на своей поверхности, хотя, возможно, в меньшей степени, чем песчаные загрузки. Данный процесс условно можно считать окислительно-восстановительным — созданием оксидной плёнки (слоя) на какой-либо поверхности в результате окислительно-восстановительной реакции. Как говорят специалисты, должна произойти «зарядка загрузки». И опять же неясно, насколько проявляются каталитические свойства самой загрузки, а насколько окислительная способность определяется оксидной плёнкой.

Значения  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  при  $[\text{O}_2] = 3,8 \text{ мг/л}$ ,  $M = 100 \text{ мг/л}$

табл. 2

pH		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 0,1$	$Eh, \text{ мВ}$	136,0	80,0	25,0	-30,0	-85,0	-140,0	-195,0	-250,0	-305,0	-361,0
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 0,5$	$Eh, \text{ мВ}$	174,0	119,0	64,0	8,5	-46,5	-102,0	-156,5	-212,0	-267,0	-322,0
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 1,0$	$Eh, \text{ мВ}$	191,0	135,5	80,5	25,5	-30,0	-85,0	-140,5	-195,5	-250,5	-305,5
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 5,0$	$Eh, \text{ мВ}$	229,2	174,1	118,9	63,8	8,6	-46,5	-101,7	-156,8	-212,0	-267,1
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 10$	$Eh, \text{ мВ}$	245,8	190,7	135,5	80,4	25,2	-29,9	-85,1	-140,3	-195,4	-250,6
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 50$	$Eh, \text{ мВ}$	284,4	229,2	174,0	118,9	63,7	8,6	-46,6	-101,7	-156,9	-212,0
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 100$	$Eh, \text{ мВ}$	301,0	245,8	190,7	135,5	80,3	25,2	-30,0	-85,1	-140,3	-195,4
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 1000$	$Eh, \text{ мВ}$	356,1	301,0	245,8	190,7	135,5	80,3	25,2	-30,0	-85,1	-140,3

Значения  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  при  $[\text{O}_2] = 3,8 \text{ мг/л}$ ,  $M = 800 \text{ мг/л}$

табл. 3

pH		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 0,1$	$Eh, \text{ мВ}$	122,0	67,0	12,0	-43,3	-98,5	-153,4	-208,5	-264,0	-319,0	-374,0
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 0,5$	$Eh, \text{ мВ}$	160,6	105,5	50,3	-4,8	-60,0	-115,1	-170,2	-225,5	-280,6	-335,7
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 1,0$	$Eh, \text{ мВ}$	177,3	122,0	67,0	11,7	-43,2	-98,5	-153,5	-208,7	-264,0	-319,0
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 5,0$	$Eh, \text{ мВ}$	215,8	160,7	105,4	50,3	-4,8	-60,0	-115,1	-170,3	-225,4	-280,6
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 10$	$Eh, \text{ мВ}$	232,4	177,3	122,1	67	11,8	-43,3	-98,6	-153,7	-208,8	-264,0
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 50$	$Eh, \text{ мВ}$	271,0	215,8	160,6	105,5	50,3	-4,8	-60,0	-115,1	-170,3	-225,4
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 100$	$Eh, \text{ мВ}$	285,5	232,4	177,3	122,1	67,0	11,7	-43,4	-98,5	-153,7	-208,6
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 1000$	$Eh, \text{ мВ}$	342,7	287,6	232,4	177,2	122,1	66,9	11,8	-43,4	-98,5	-153,7

∴ Значения  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  при  $[O_2] = 10,2$  мг/л,  $M = 100$  мг/л

табл. 4

pH		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0,1$	<i>Eh</i> , мВ	142,0	86,5	31,5	-24,0	-78,8	-134,0	-189,5	-244,5	-299,5	-354,5
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0,5$	<i>Eh</i> , мВ	180,0	124,8	69,7	14,5	-40,6	-95,8	-151,0	-206,1	-261,1	-316,4
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 1,0$	<i>Eh</i> , мВ	196,6	144,0	86,3	31,1	-24,1	-79,0	-134,2	-189,5	-244,6	-300,0
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 5,0$	<i>Eh</i> , мВ	235,1	141,5	124,8	69,7	14,5	-40,7	-95,8	-150,9	-206,1	-261,3
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 10$	<i>Eh</i> , мВ	251,7	196,6	141,4	86,3	31,1	-24,0	-79,2	-134,4	-189,5	-244,7
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 50$	<i>Eh</i> , мВ	290,3	235,1	180,0	124,8	69,7	14,5	-40,7	-95,8	-151,0	-206,1
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 100$	<i>Eh</i> , мВ	306,9	251,7	196,6	141,4	86,2	31,1	-24,0	-79,2	-134,3	-189,5
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 1000$	<i>Eh</i> , мВ	362,0	306,9	251,7	196,6	141,4	86,3	31,1	-24,0	-79,2	-134,4

∴ Значения  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  при  $[O_2] = 10,2$  мг/л,  $M = 800$  мг/л

табл. 5

pH		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0,1$	<i>Eh</i> , мВ	128,0	73,0	17,7	-37,4	-92,5	-147,6	-202,8	-258,0	-313,0	-368,3
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0,5$	<i>Eh</i> , мВ	166,6	111,4	56,2	1,1	-54,1	-109,2	-164,4	-219,5	-274,7	-329,8
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 1,0$	<i>Eh</i> , мВ	183,2	128,0	73,0	17,7	-37,5	-92,7	-147,7	-203,0	-258,1	-313,3
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 5,0$	<i>Eh</i> , мВ	221,7	166,6	111,4	56,2	1,1	-54,1	-109,2	-164,4	-219,5	-274,7
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 10$	<i>Eh</i> , мВ	238,3	183,2	128,0	72,9	17,7	-37,4	-92,6	-147,8	-202,9	-258,1
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 50$	<i>Eh</i> , мВ	276,9	221,7	166,6	111,4	56,2	1,1	-54,1	-109,2	-164,4	-219,5
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 100$	<i>Eh</i> , мВ	293,5	238,3	183,2	128,0	72,8	17,7	-37,5	-92,6	-147,8	-202,9
$Fe^{3+}/Fe^{2+} = 1000$	<i>Eh</i> , мВ	348,6	293,5	238,3	183,2	128,0	72,8	17,7	-37,4	-92,6	-147,8

Для образования данного слоя при пусконаладочных работах бывает целесообразно некоторое время дозировать в воду сильный окислитель — гипохлорит натрия — перед устройствами аэрации. Затем, после выхода фильтров на рабочий режим (каталитическая плёнка сформировалась, качество очищенной воды соответствует требуемому), дозирование можно отменить. Хотя согласно [3] требуется поддерживать содержание железа в очищенной воде менее 0,3 мг/л, но, по мнению автора, полноценно работающая станция обезжелезивания должна обеспечивать содержание железа в очищенной воде 0,15 мг/л и менее.

Поясним приведённые расчёты на примере. Предположим, что показатели качества исходной воды, добытой из скважины, следующие:  $Eh = -35$  мВ, pH = 7,0,  $[O_2] = 1,5$  мг/л,  $M = 350$  мг/л, температура воды — +5 °С; содержание общего железа —  $Fe_{общ} = 1,0$  мг/л. Согласно (2) глубина окисления составит  $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 1,33$ .

Отсюда содержание двухвалентного железа равно  $Fe^{2+} = 0,43$  мг/л, трёхвалентного —  $Fe^{3+} = 0,57$  мг/л. Данные цифры показывают, что требуемого эффекта обезжелезивания при таких условиях не произойдёт даже при полной гидролиза-ции трёхвалентного железа и образования осадка.

После устройств аэрации минерализация и температура воды не изменились, значения других показателей составили:  $Eh = -20$  мВ, pH = 7,1,  $[O_2] = 2,5$  мг/л. Теперь глубина окисления оценивается величиной  $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 2,77$ . Следовательно,  $Fe^{2+} = 0,27$  мг/л,  $Fe^{3+} = 0,73$  мг/л.

После напорных зернистых фильтров:  $Eh = +17$  мВ, pH = 7,1,  $[O_2] = 2,5$  мг/л при постоянных  $[O_2]$  и  $M$ . Отсюда следует, что  $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 12,97$ ,  $Fe^{2+} = 0,072$  мг/л,  $Fe^{3+} = 0,928$  мг/л.

Таким образом, глубина окисления после напорных зернистых фильтров достаточна для снижения содержания железа заведомо ниже допустимого значения 0,3 мг/л. Разумеется, снизить содержание железа до таких значений можно только, используя стадию фильтрации после окисления. Следует также иметь в виду, что расчётная глубина окисления является предельной, которая может не быть достигнута при данных условиях, о чем следует поговорить отдельно.

### Основную роль в повышении $Eh$ в безреагентных системах обезжелезивания играет фильтрующая загрузка, а не устройства аэрации

#### Выводы

1. Глубина окисления двухвалентного железа до трёхвалентного  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  прямо пропорциональна значению pH, окислительно-восстановительного потенциала (ОВП)  $Eh$  и обратно пропорциональна содержанию растворённого в воде кислорода  $[O_2]$ ; повышение температуры воды способствует увеличению глубины окисления, однако температура воды мало меняется в сооружениях водоподготовки. 2. Ведущую роль в окислении двухвалентного железа играет повышение  $Eh$ :

с ростом ОВП  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  возрастает практически экспоненциально.

3. Основную роль в повышении  $Eh$  в безреагентных системах обезжелезивания играет фильтрующая загрузка, а не устройства аэрации; при разработке станций водоподготовки подбор фильтрующей загрузки является определяющей задачей; предпочтение следует отдавать каталитически активным загрузкам, что не отменяет, впрочем, необходимость образования каталитической оксидной плёнки (слоя) на поверхности зёрен загрузки («зарядки загрузки»).

4. Для прогнозирования глубины окисления двухвалентного железа в воде можно использовать диаграмму Пурбе с нанесёнными на неё линиями одинаковых значений  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  [согласно (2)] при известных значениях концентрации растворённого кислорода  $[O_2]$  и минерализации  $M$ .

5. Необходимо продолжать изучение факторов, определяющих процесс обезжелезивания воды. ●

1. Рушников А.Ю. Уравнение реакции окисления двухвалентного железа // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение\*, 2019. №10. С. 14–17.
2. Рушников А.Ю. Зависимость глубины окисления двухвалентного железа от показателей качества воды // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение\*, 2020. №8. С. 48–52.
3. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания / Утв. постановл. Глав. гос. санит. врача РФ от 28.01.2021 №2.

\* Журнал «Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» в настоящее время не издаётся, материалы журнала также недоступны в интернете. Указанные статьи можно посмотреть на личной странице А.Ю. Рушникова в социальной сети «ВКонтакте».

# Зависимость энергопотребления насосных агрегатов напорных коллекторов водоотведения от толщины слоя осадка на внутренней поверхности труб

Рецензия эксперта на статью получена 07.06.2022 [The expert review of the article received on June 7, 2022].

На основе длительного опыта эксплуатации трубопроводов водоснабжения и водоотведения установлено, что в процессе их жизненного цикла «эксплуатация» на внутренней поверхности напорных металлических сетей водоснабжения и на внутренних стенках напорных канализационных коллекторов образуется слой осадка, влияющий на величину значений фактических характеристик гидравлического потенциала трубопроводов —  $N_{дв}^{\phi}$ ,  $v_{\phi}$  и  $i_{\phi}$  [1, 2, 5]. Следствием изменения значений этих характеристик, естественно, является изменение энергопотребления насосных агрегатов, установленных на канализационных насосных станциях (КНС), что снижает эффективность эксплуатации напорных коллекторов и приводит к изменению экономических показателей их эксплуатации [3, 4, 6–8].

На рис. 1 приведён фрагмент слоя осадков на внутренних стенках сетей водоснабжения и стенках напорных канализационных коллекторов.

В результате проведённых гидравлических исследований трубопроводов с внутренними отложениями подтверждено существование зависимостей фактического энергопотребления насосных агрегатов от значений величин фактического внутреннего диаметра труб  $d_{вн}^{\phi}$  и фактической средней скорости потока  $v_{ср}^{\phi}$ , зависящих от значения толщины фактического (измеренного) слоя осадка  $\sigma$  на внутренней поверхности труб (рис. 1а).

Зависимость имеет вид [8]:

$$N_{дв}^{\phi} = f(d_{вн}^{\phi}, v_{ср}^{\phi}, i_{\phi}), \text{ кВт},$$

$$\text{или } i_{\phi} = f(N_{дв}^{\phi}, \sigma).$$

$$N_{дв}^{\phi} = 10^6 i_{\phi} (d_{вн}^{\phi})^2 v_{\phi} \frac{0,00808}{\eta}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где  $i_{\phi}$ ,  $d_{вн}^{\phi}$  и  $v_{\phi}$  — значения фактических характеристик гидравлического потенциала труб со слоем внутренних отложений;  $\eta$  — величина КПД насосного агрегата по паспорту (для расчётов принимают  $\eta = 0,7$  [10]).

## Подтверждено существование зависимостей фактического энергопотребления насосных агрегатов от значений величин фактического внутреннего диаметра труб и фактической средней скорости потока

Значения параметров, входящих в зависимость (1), зависят в первую очередь от значения толщины фактического слоя осадка  $\sigma_{\phi}$  на внутренней поверхности труб коллектора (рис. 1а), которая изменяется во времени в процессе его эксплуатации, а значит изменяется энергопотребление насосных агрегатов.

Формулы для расчёта значений  $d_{вн}^{\phi}$ ,  $v_{ср}^{\phi}$  и  $i_{\phi}$  широко используются на практике и имеют следующий вид [2, 9]:

$$d_{вн}^{\phi} = (d_n - 2S_p) - 2\sigma_{\phi}, \text{ м}, \quad (2)$$

здесь  $d_n$  — наружный диаметр труб по ГОСТ из конкретного вида материала, м;  $S_p$  — толщина стенки трубы по ГОСТ, м;  $\sigma_{\phi}$  — значение фактической (измеренной) толщины слоя осадка на внутренней поверхности трубы, м (рис. 1а):

$$\sigma_{\phi} = S_{\phi} - S_p, \text{ м}, \quad (3)$$

где  $S_{\phi}$  — фактическая толщина стенки труб со слоем отложений, м.

Формулы (2) и (3) используются при расчёте значений  $N_{дв}^{\phi}$  по формуле (1) [10].

UDK 628.22:532.5.013. Научная специальность: 05.23.04.

### Зависимость энергопотребления насосных агрегатов напорных коллекторов водоотведения от толщины слоя осадка на внутренней поверхности труб

**О. А. Продоус**, д.т.н., профессор, ООО «ИНКО-эксперт» (г. Санкт-Петербург); **П. П. Янубчик**, к.т.н., профессор, кафедра «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика», [Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I \(ПГУПС\)](#); **Д. И. Шлычков**, [Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет \(НИУ МГСУ\)](#)

Целью работы является исследование влияния толщины слоя осадка на внутренней поверхности канализационных коллекторов на величину энергопотребления насосных агрегатов в процессе их эксплуатации. Проведены расчёты значений характеристик гидравлического потенциала стальных труб для конкретного примера. Рекомендовано в процессе эксплуатации канализационных коллекторов учитывать влияние толщины слоя осадка на внутренней поверхности труб для предотвращения роста энергопотребления насосных агрегатов. Подтверждается зависимость энергопотребления насосных агрегатов канализационных коллекторов от толщины слоя осадка на их внутренних стенках.

**Ключевые слова:** энергопотребление, напорные коллекторы, толщина слоя отложений, внутренняя поверхность труб.

UDC 628.22:532.5.013. The number of scientific specialty: 05.23.04.

### Dependence of energy consumption of pumping units of pressure water manifolds on the thickness of the sediment layer on the inner surface of pipes

**O. A. Prodous**, Doctor of Technical Sciences, Professor, "INCO-expert", LLC (St. Petersburg city); **P. P. Yakubchik**, PhD, Professor, [Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University](#); **D. I. Shlychkov**, [Moscow State University of Civil Engineering \(National Research University\)](#)

The aim of the work is to study the influence of the thickness of the sediment layer on the inner surface of sewer collectors on the amount of energy consumption of pumping units during their operation. The values of the characteristics of the hydraulic potential of steel pipes were calculated for a specific example. It is recommended during the operation of sewer collectors to take into account the influence of the thickness of the sediment layer on the inner surface of the pipes to prevent an increase in the energy consumption of pumping units. The dependence of the energy consumption of pumping units of sewer collectors on the thickness of the sediment layer on their inner walls is confirmed.

**Key words:** energy consumption, pressure collectors, thickness of sediment layer, inner surface of pipes.

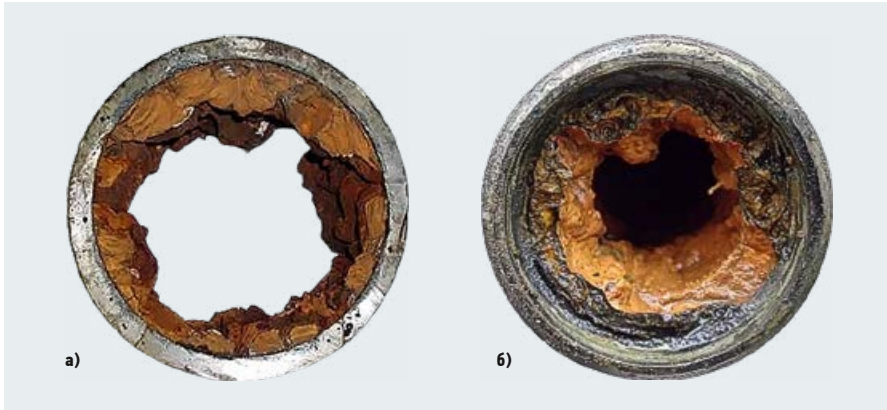


Рис. 1. Фрагменты отложений внутри различных трубопроводов (на внутренней поверхности: а — водопроводных сетей, б — напорных коллекторов)

Покажем на конкретном примере, как изменяется энергопотребление насосного агрегата при изменении фактической толщины слоя отложений  $\sigma_f$  на внутренней поверхности канализационного коллектора из стальных труб.

**Условие задачи**

По напорному коллектору диаметром  $d_{вн} = 400$  мм из стальных электросварных труб по ГОСТ 10704–91 перекачивается расход сточной жидкости  $q = 0,11$  м<sup>3</sup>/с (110 л/с). Толщина фактического (измененного) слоя осадка на внутренних стенках труб составляет  $\sigma = 30$  мм.

Необходимо рассчитать и сравнить значения энергопотребления насосного агрегата для новых стальных труб и труб со слоем отложений  $\sigma = 30$  мм (0,03 м). Показать графически изменение энергозатрат насосного агрегата  $N_{дв}$  при заданных условиях.

**Покажем на примере, как изменяется энергопотребление насосного агрегата при изменении фактической толщины слоя отложений внутри стального канализационного коллектора**

Результаты сравнения

табл. 1

Толщина слоя внутренних отложений $\sigma$ , м	Характеристики гидравлического потенциала труб			Фактические энергозатраты насосного агрегата $N_{дв}^{\Phi}$ , кВт·ч
	$d_{вн}^{\Phi}$ , м	$v_{\Phi}$ , м/с	$i_{\Phi}$ , м/м	
0	0,3864	0,94	0,00325	5,264
0,005	0,3764	0,99	0,00373	6,045
0,010	0,3664	1,04	0,00427	6,880
0,020	0,3464	1,17	0,00581	9,413
0,030	0,3264	1,32	0,07226	117,268



**Решение**

1. По формуле (2) вычисляют значение фактического внутреннего диаметра  $d_{вн}^{\Phi}$  для расчёта величины фактической скорости потока  $v_{\Phi}$ :  $d_{вн}^{\Phi} = (0,4064 - 2 \times 0,01) - 2 \times 0,03 = 0,3264$  м.

2. Аналогично для новых стальных электросварных труб:

$$d_{вн} = 0,4064 - 2 \times 0,01 = 0,3864 \text{ м.}$$

3. Вычисляют значение средней скорости для новых труб и фактической средней скорости для труб со слоем осадка  $\sigma = 0,03$  м:

$$v = \frac{4q}{\pi d_{вн}^2} = \frac{4 \times 0,11}{3,14 \times 0,3864^2} = 0,94 \text{ м/с;}$$

$$v_{\Phi} = \frac{4 \times 0,11}{3,14 \times 0,3264^2} = 1,32 \text{ м/с.}$$

4. Определяют значения потерь напора  $i$  (гидравлического уклона) на сопротивление по длине для новых труб и для труб со слоем отложений  $\sigma = 0,03$  м. Для расчётов используют формулу профессора Ф. А. Шевелева, имеющую уточнённый авторами вид [9]. Для новых труб:

$$i = 0,00107 \frac{v^2}{(d_n - 2S_p)^{1,3}}, \text{ м/м.} \quad (5)$$

для труб со слоем отложений  $\sigma$ :

$$i_{\Phi} = 0,00107 \frac{(v_{\Phi}^{\Phi})^2}{[(d_n - 2S_p) - 2\sigma]^{1,3}}, \text{ м/м;} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} i &= 0,00107 \times \frac{0,94^2}{(0,4064 - 2 \times 0,01)^{1,3}} = \\ &= 0,00107 \times \frac{0,8836}{0,3864^{1,3}} = 0,00325 \text{ м/м;} \\ i_{\Phi} &= 0,00107 \times \frac{1,32^2}{[(0,4064 - 2 \times 0,01) - 2 \times 0,03]^{1,3}} = \\ &= 0,00107 \times \frac{1,7424}{0,3264^{1,3}} = 0,07226 \text{ м/м.} \end{aligned}$$

5. По формуле (1) вычисляют величину энергозатрат насоса для новых стальных труб  $N_{дв}$  и для труб со слоем осадка  $N_{дв}^{\Phi}$ :

$$\begin{aligned} N_{дв} &= 10^6 \times 0,00325 \times 0,3864^2 \times 0,94 \times \\ &\times \frac{0,00808}{0,7} = 5,265 \text{ кВт·ч;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{дв}^{\Phi} &= 10^6 \times 0,07226 \times 0,3264^2 \times 1,32 \times \\ &\times \frac{0,00808}{0,7} = 117,268 \text{ кВт·ч.} \end{aligned}$$

6. Фактические энергозатраты насосного агрегата  $N_{дв}^{\Phi}$  в коллекторе со слоем осадка  $\sigma = 0,03$  м возросли:  $N_{дв}^{\Phi} > N_{дв}$  на 95,51 % или в 22,27 раза.

7. Для графической демонстрации изменяемых энергозатрат насосного агрегата  $N_{дв}^{\Phi}$  в табл. 1 по описанной методике рассчитаны значения характеристик гидравлического потенциала новых стальных труб и труб с разной толщиной слоя отложений в диапазоне значений  $\sigma < 0,03$  м.

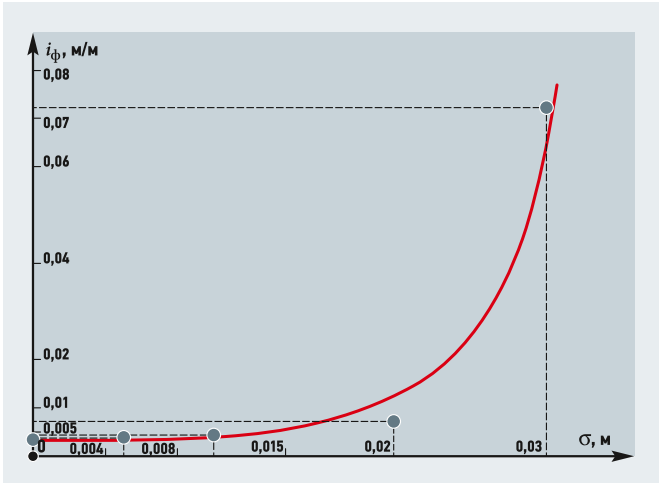


Рис. 2. Зависимость фактических потерь напора воды в трубопроводе от толщины слоя осадка на внутренней поверхности

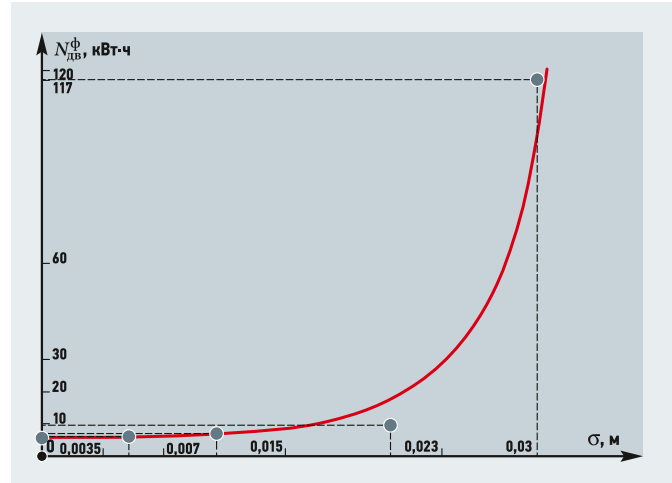


Рис. 3. Зависимость фактических энергозатрат насосного агрегата от толщины слоя осадка на внутренней поверхности

### Результаты и их обсуждение

Сравнение значений гидравлических характеристик труб и характеристик энергозатрат насосных агрегатов  $N_{дв}^ф$  с разной толщиной слоя внутренних отложений приведено в табл. 1. На рис. 2 по данным табл. 1 построен график зависимости  $i_ф = f(\sigma)$ , а на рис. 3 — график зависимости  $N_{дв}^ф = f(\sigma)$ , подтверждающие влияние толщины слоя осадка  $\sigma$  на значение величины гидравлического уклона  $i_ф$  и значение энергозатрат насосного агрегата, транспортирующего сточные воды.

### Структура слоя осадка на внутренней поверхности напорных коллекторов из металлических труб изучена недостаточно. Требуется проведение специальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для разработки мер, предотвращающих резкое изменение значений характеристик гидравлического потенциала труб

Анализ значений гидравлических характеристик коллектора, представленных в табл. 1, показывает, что:

1. С увеличением толщины слоя осадка  $\sigma$  на внутренней поверхности канализационных коллекторов — резко изменяются значения фактических потерь напора  $i_ф$  на сопротивление по длине. Для приведённого примера при изменении значений  $\sigma$  в диапазоне от 0 до 30 мм (0,03 м) фактические потери напора  $i_ф$  возрастают на 95,5%:  $i_{ф30} = 0,07226 \text{ м/м} > i_{ф0} = 0,00325 \text{ м/м}$  на 95% или в 22,23 раза.
2. При этом (табл. 1) фактическое энергопотребление насосного агрегата на перекачку стоков по трубам с внутренними

отложениями для тех же условий также возрастает на 95,51% или в 22,28 раза:

$$N_{дв}^ф = 117,268 \text{ кВт·ч} > N_{дв0} = 5,264 \text{ кВт·ч.}$$

3. Это свидетельствует о необходимости проведения постоянного контроля толщины слоя внутренних отложений  $\sigma$  на стенках напорных коллекторов.

### Заключение

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать следующее заключение:

1. Напорные коллекторы систем водоотведения из стальных труб и труб из серого чугуна, также как и водопроводные трубы из этих материалов, в процессе эксплуатации трубопроводов подвержены образованию на внутренней поверхности труб слоя осадка, влияющего на величину фактических значений характеристик их гидравлического потенциала ( $i_{вн}^ф$ ,  $v_ф$  и  $i_ф$ ) и, в конечном итоге, на энергопотребление насосных агрегатов.
2. Структура слоя осадка на внутренней поверхности напорных коллекторов из металлических труб изучена недостаточно, поэтому требуется проведение специальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для разработки мер, предотвращающих резкое изменение значений характеристик гидравлического потенциала труб с внутренними отложениями.
3. Требуется также разработка и обоснование величины предельных значений  $\sigma$  для труб разного диаметра, при достижении которых дальнейшая эксплуатация напорных коллекторов с внутренними отложениями — недопустима.
4. Гидравлический расчёт напорных коллекторов из металлических труб с внутренними отложениями следует на данном этапе проводить с использованием

справочного пособия «Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями» [11], а после проведения исследований структуры слоя осадка  $\sigma$  разработать уточнения к этим таблицам. ●

1. Водоснабжение и водоотведение на железнодорожном транспорте: учебник. Изд. 2-е / Под ред. В.С. Дикаревского. — М.: ДПО «УМЦ ЖДТ», 2009. 445 с.
2. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Об изменении значений гидравлических характеристик напорных канализационных коллекторов из стальных и чугунных труб с внутренними отложениями // Известия вузов. Серия: Строительство, 2020. №12. С. 70–77.
3. Продоус О.А., Терехов Л.Д. Изменение энергозатрат насосов в зависимости от значений фактического внутреннего диаметра трубопроводов из напорных полиэтиленовых труб // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад, 2020. №1. С. 36–42.
4. Продоус О.А. Технический аудит состояния городского водопровода и канализации для оценки их возможностей на перспективу // Трубопроводы и экология, 2011. №2. С. 14.
5. Пустовойт Б.В. Механика движения жидкостей в трубах. — Ленинград: Недра, 1971. 144 с.
6. Ботук Б.О., Фёдоров Н.Ф. Канализационные сети. Изд. 2-е. — М.: Стройиздат, 1976. 272 с.
7. Продоус О.А., Терехов Л.Д., Якубчик П.П., Черных А.С. Техническое регулирование значений гидравлических параметров неновых металлических труб для продления периода их использования // Известия ПГУПС. — СПб.: Изд-во ПГУПС, 2021. Т. 18. Вып. 3. С. 421–427.
8. Дикаревский В.С., Продоус О.А., Якубчик П.П., Смирнов Ю.А. Резервы экономии электроэнергии при транспортировании воды по водоводам из железобетонных труб / Рациональное использование воды и топливно-энергетических ресурсов в коммунальном водном хозяйстве: Тезисы докладов Всесоюз. науч.-техн. семинара (г. Алма-Ата, 6–8 августа 1985 г.). — М.: КСМ ВСНТО, 1985. С. 90–92.
9. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб: справочное пособие. Изд. 11-е. — М.: Бастет, 2020. 428 с.
10. Рекомендации по реконструкции неновых металлических трубопроводов из стали и серого чугуна / Продоус О.А. и др. — СПб., М.: Своё издательство, 2021. 36 с.
11. Продоус О.А., Шпилов А.А., Якубчик П.П. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями: справ. пособие. — СПб., М.: Перо, 2021. 238 с.

References — see page 78.





14-я Международная выставка бытового  
и промышленного оборудования для отопления,  
водоснабжения, сантехники, кондиционирования  
и вентиляции

# aqua THERM ALMATY

7-9 сентября 2022

Алматы, Казахстан, КЦДС «Атакент»

[www.aquatherm-almaty.kz](http://www.aquatherm-almaty.kz)



Разработано



Организовано



Iteca (Казахстан, Алматы)  
tel: +7 727 258 34 34  
e-mail: [om@iteca.kz](mailto:om@iteca.kz)

ОТОПЛЕНИЕ И ГВС



## Мероприятия **LUNDA**: новые возможности и знакомства для профессионалов

Компания **LUNDA** традиционно проводит мероприятия разных форматов для монтажников. На них можно получить всё необходимое для профессионального развития — информацию о новейших технических решениях и продуктах, опыт по их применению, решения по оптимизации бизнеса и многое другое.

В число мероприятий, организуемых компанией **LUNDA**, входит цикл бизнес-тренингов, посвящённых продажам. На них профессиональные спикеры учат, как расположить к себе клиентов, завоевать их доверие, правильно «продавать» себя как специалиста. И это только часть полезных приобретений мастеров своего дела...

Также на мероприятиях **LUNDA** профессионалы проходят обучение по работе с новым сервисом оптимизации монтажного бизнеса Obermaster, который позволяет улучшить загрузку бригад, сформировать клиентскую базу и активно работать с ней, собирать статистику, анализировать и оптимизировать свою работу. И, как следствие, больше зарабатывать. Всего сервис Obermaster насчитывает более 50 функций.

Для повышения уровня практических навыков монтажников **LUNDA** организывает профессиональные пятидневные обучения по направлению «Трубопроводные системы. Сантехника и отопление». Преподаватели — сертифицированные эксперты WorldSkills Russia. Занятия про-

ходят в классах-мастерских, оснащённых новейшим инженерным оборудованием. А все работы выполняются с учётом стандартизации 5S. Слушатели, успешно сдавшие теоретический и практический экзамены, получают не просто сертификат о прохождении курса, а удостоверения государственного образца о повышении квалификации.

И, конечно же, в список мероприятий от компании **LUNDA** входят так любимые всеми участниками рынка «Дни монтажника», которые проходят в разных городах и регионах России. Это, без преувеличения, одни из самых интересных событий отрасли, в которых участвуют сотни профессионалов: частные специалисты, руководители монтажных компаний, проектировщики, дизайнеры, представители поставщиков и производителей инженерного оборудования.

На «Днях монтажника» участники заводят полезные знакомства, изучают новинки инженерного оборудования, соревнуются в мастерстве и с удовольствием проводят время, общаясь с коллегами.



⚡ На мероприятиях **LUNDA** всегда царит дружеская и праздничная атмосфера



❖ «День монтажника» — масштабный, красочный профессиональный праздник, организуемый компанией [LUNDA](#)

В том числе узнают о новых возможностях уникальной программы лояльности [LUNDA](#). Она позволяет участникам экономить на покупках, получать более выгодные условия на доставку, резервирование и возврат инженерного оборудования, копить бонусы с каждой покупки и потом оплачивать ими заказы, а также даёт доступ к экспресс-кредитованию и другим сервисам.

В этом году встречи уже состоялись в Москве, Белгороде, Нижнем Новгороде, Орле, Пензе, Петрозаводске, Туле, Рязани, Самаре, Великом Новгороде, Краснодаре, Казани, Чебоксарах, Новороссийске, Сочи



❖ Профессиональные бизнес-тренинги по продажам позволяют специалистам повысить свои навыки коммуникации с клиентами



❖ На пятидневных курсах монтажники получают как теоретические, так и практические знания

и Адлере. В ближайшие месяцы планируются мероприятия в Санкт-Петербурге, Волгограде, Ростове-на-Дону, Набережных Челнах, Петрозаводске, Смоленске, Владимире и Твери.

Точные даты можно узнать на официальном сайте [lunda.ru](http://lunda.ru) и на страницах компании в социальных сетях.

[LUNDA](#) продолжает следовать своей стратегической цели — быть рядом с клиентом и помогать в решении его задач. Присоединяйтесь к сообществу профессионалов и участвуйте в главных событиях отрасли. А чтобы не пропускать интересные мероприятия и быть в курсе последних новостей, подписывайтесь на аккаунты компании в социальных сетях — [vk.com/lundaru](http://vk.com/lundaru) и [t.me/lunda\\_ru](http://t.me/lunda_ru). ●

## Гарантийный срок на нержавеющие крепёжные изделия

Согласно действующим в России нормативным документам, крепёжные изделия из коррозионностойких сталей марок А2, А4 и С1 не подвергаются заметным коррозионным разрушениям в течение до 50 лет и более при соблюдении требований, заданных техническими регламентами. Гражданский кодекс РФ даёт два года на предъявление претензий, связанных с ненадлежащим качеством товара, и лишь в том случае, если монтаж и эксплуатация этих изделий укладывались в требования действующих регламентов...



На основании чего сделаны заключения, приведённые во вступлении к статье? Попробуем разобраться в аспектах гражданского права и технических нормативных актов Российской Федерации, касающихся гарантийных обязательств на крепёжные изделия из сталей коррозионностойких марок. Качество товара и гарантийный срок в правовом поле задаёт Гражданский кодекс РФ (далее — ГК РФ).

ГК РФ в ст. 469, п. 1 обязывает продавца передать покупателю товар, качество которого соответствует договору купли-продажи. Как правило, в договоре прописывают требования к качеству крепёжных изделий. Согласно п. 2 ст. 470 ГК РФ, гарантийным сроком называется время, установленное договором купли-продажи, в течение которого товар должен соответствовать требованиям к качеству.

### Где указано качество, которому должен соответствовать нержавеющий крепёж?

Ст. 469, п. 4 ГК РФ: «Если законом или в установленном им порядке предусмотрены обязательные требования к качеству продаваемого товара, то продавец, осуществляющий предпринимательскую

деятельность, обязан передать покупателю товар, соответствующий этим обязательным требованиям».

На территории Российской Федерации свойства крепёжных изделий из коррозионностойких сталей А2, А4 и С1 регламентирует ГОСТ ISO 3506–2014 «Механические свойства крепёжных изделий

**Гражданский кодекс РФ обязывает продавца передать покупателю товар, качество которого соответствует договору купли-продажи. Согласно ГК РФ, гарантийным сроком называется время, установленное договором купли-продажи, в течение которого товар должен соответствовать требованиям к качеству**

из коррозионностойкой нержавеющей стали». Кроме механических свойств (перечислены в табл. 1), прописанных в названии ГОСТа, этот стандарт определяет химический состав марок аустенитных, мартенситных и ферритных нержавеющих сталей (приведён в табл. 2).

### Механические свойства болтов, винтов и шпилек из аустенитных марок сталей\* табл. 1

Класс стали	Марка стали	Класс прочности	Предел прочности на разрыв $R_m^{*1}$ , не менее, МПа	Условный предел текучести $R_{p0,2}^{*1}$ , не менее, МПа	Удлинение после разрыва $A^{*2}$ , не менее, мм
Аустенитные	А1, А2, А3, А4, А5	50	500	210	0,6d
		70	700	450	0,4d
		80	800	600	0,3d

\* По ГОСТ ISO 3506–1–2014. \*1 Напряжения растяжения рассчитывают по площади расчётного сечения болта (табл. 3.1 и табл. 3.2). \*2 Определяют в соответствии с ГОСТ ISO 3506–1–2014 (п. 7.2.4) сравнением фактической длины винта до испытания и составленных после испытания частей.

### Марки коррозионностойких сталей А2, А4 и С1 по ГОСТ ISO 3506–2014 табл. 2

Класс стали	Марка стали	Химический состав*1, %								Сноска	
		С	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni		Cu
Аустенитные	А2	0,10	1	2	0,05	0,03	15–20	–*2	8–19	4	*3, *4
	А4	0,08	1	2	0,045	0,03	16–18,5	2–3	10–15	4	*4, *5
Мартенситные	С1	0,09–0,15	1	1	0,05	0,03	11,5–14	–	1	–	*5

\*1 Приведены максимальные значения, если не указано иное. \*2 Молибден может присутствовать по решению изготовителя стали. В случае, если содержание молибдена влияет на условия применения стали, его содержание должно быть согласовано между изготовителем и потребителем стали. \*3 Если содержание хрома менее 17%, содержание никеля должно быть не менее 12%. \*4 Для аустенитных сталей с минимальным содержанием углерода 0,03% содержание азота не должно превышать 0,22%. \*5 По решению изготовителя стали содержание углерода может быть выше для достижения особых механических свойств, но не должно превышать 0,12%.

В дополнение к тому этот же стандарт, как указано ниже, в справочном порядке приводит и характеристики коррозионной стойкости нержавеющей крепежа с учётом среды эксплуатации:

*«Описание классов и марок нержавеющей сталей*

*<...>*

#### *В.2.3 Стали марки А2*

*Стали марки А2 являются наиболее часто применяемыми нержавеющими сталями. Они применяются для кухонного оборудования и аппаратов для химической промышленности.*

*Стали этой марки неприменимы при использовании неокисляющей кислоты и хлоросодержащих соединений, как например в морской воде и плавательных бассейнах.*

*<...>*

#### *В.2.5 Стали марки А4*

*Стали марки А4 кислотоустойчивые, легированы молибденом и более коррозионностойкие. Стали марки А4 наиболее востребованы в бумажной промышленности, так как эта марка разработана для работы с серной кислотой (отсюда и название “кислотоустойчивые”), а также в некоторой степени подходят для работы в хлоросодержащей среде.*

*Стали марки А4 также часто применяют в пищевой и кораблестроительной промышленности.*

*<...>*

#### *В.4.2 Стали марки С1*

*Стали марки С1 имеют ограниченную коррозионную стойкость. Они применяются в турбинах, насосах и ножах».*

### **Срок службы нержавеющей болтов, винтов, шпилек, гаек, шайб и прочих схожих крепёжных изделий**

Для крепёжных изделий можно считать приемлемым определение по ГОСТ Р 57787–2017: «срок службы <крепёжного изделия>: Период времени от начала эксплуатации <крепёжного изделия> до достижения им предельного состояния».

Срок службы нержавеющей крепежа зависит также от множества факторов, не связанных с качеством товара, а определяемых условиями эксплуатации крепёжного узла:

- агрессивность среды, в частности, по СП 28.13330.2012 и ГОСТ ISO 3506–2014 (приложения);
- температурные режимы эксплуатации, в первую очередь по ГОСТ ISO 3506–2014 (приложения);

□ характер и величина нагрузок должны удовлетворять требованиям СП 16.13330.2017 и ГОСТ ISO 3506–2014;

□ и даже соблюдение условий монтажа, заданных стандартами, в первую очередь ГОСТ ISO 3506–2014.

Срок службы вытяжных заклёпок и нержавеющей анкеров, прошедших подтверждение пригодности Минстроем России, зависит от условий эксплуатации, заданных в соответствующих Технических оценках ФАУ «ФЦС».

Таким образом, срок службы крепежа (в нашем случае — из коррозионно-стойких сталей) в первую очередь определяется соблюдением требований технических регламентов к проектированию (расчёту), установке и эксплуатации крепёжного узла. Он не зависит от качественных показателей изделия\*, а обусловлен лишь условиями, заданными в проектно-технической документации, и качеством установки каждого изделия в проектное положение.

### **Где прописывается гарантийный срок на нержавеющие крепёжные изделия?**

Гарантийный срок не является обязательным условием для заключения договора между юридическими лицами. Стороны вправе не задавать срок действия гарантии качества, согласно п. 2 ст. 470 ГК РФ. Защитой потребителя в этом случае служит п. 2 ст. 477 ГК РФ, где сказано: «Если на товар не установлен гарантийный срок или срок годности, требования, связанные с недостатками товара, могут быть предъявлены покупателем при условии, что недостатки проданного товара были обнаружены в разумный срок, но в пределах двух лет со дня передачи товара покупателю либо в пределах более длительного срока, когда такой срок установлен законом или договором купли-продажи».

Законодательно требования к качеству товара по умолчанию могут быть предъявлены только в течение двух лет. При этом брак в крепёжном узле с применением изделий из коррозионно-стойких сталей может проявить себя гораздо позже. Поэтому в таких случаях, кроме условий, прописанных в договоре, очень важно, чтобы поставщик крепёжных изделий имел в штате опытных инженеров, специалистов, готовых рассмотреть претензию и оказать техническую поддержку в проблемной ситуации независимо от срока давности отгрузки изделий. ●

\* Если мы говорим не о бракованном крепеже, товарные свойства которого полностью соответствуют требованиям ГОСТов, технических оценок Минстроя или других нормативных актов, включая ТУ производителя.



## **НЕРЖАВЕЮЩИЙ КРЕПЁЖ ИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МАРОК СТАЛЕЙ**

Компания BEST-Крепёж специализируется на поставках крепёжных и такелажных элементов из нержавеющей стали марок А2 и А4 по ГОСТ ISO 3506.

По американским стандартам ASTM к ним относятся коррозионностойкие стали, типа: 304 и 316.

Качество продукции BEST-Крепёж соответствует требованиям ГОСТ, ISO, EN и DIN, что подтверждается лабораторными испытаниями и отображено в соответствующих документах, согласно действующим в России нормативным актам.

ОТК BEST-Крепёж строго контролирует: механическую прочность и геометрию резьбы, сплав и радиационный фон продукции в каждой партии товара.

Компания BEST-Крепёж принимает к рассмотрению претензии на отгруженные изделия, независимо от срока давности отгрузки. В случае выявления брака вся партия признаётся бракованной.



На правах рекламы.

[www.best-krepeg.ru](http://www.best-krepeg.ru)

## Особенности водно-химического режима водогрейных котлов

В данной статье рассматривается, какие изменения происходят в подпиточной воде при её попадании в котловой и сетевой контуры систем теплоснабжения.



Системы теплоснабжения могут быть одно- и двухконтурные. В первом случае сетевая вода циркулирует в системе теплоснабжения непосредственно через водогрейный котёл. Во втором случае она проходит через сетевой подогреватель, в котором подогревается котловой водой. Последняя циркулирует непосредственно через водогрейный котёл, нагреваясь в котле и отдавая тепло сетевой воде непосредственно в подогревателе.

В первом случае качество подпиточной воды должно соответствовать жёстким требованиям, предъявляемым для водогрейных котлов. Во втором случае к её качеству принято предъявлять несколько менее жёсткие требования, так как подпитывается только сетевой контур. Котловой контур замкнут и при правильной эксплуатации не требует подпитки.

Сначала давайте рассмотрим одноконтурную систему теплоснабжения, в которой вся вода в системе теплоснабжения проходит через водогрейный котёл.

В контуре теплоснабжения вода нагревается. При этом из воды начинают активно выделяться растворённые в ней газы. Так, при температуре 100°C при атмосферном давлении растворимость газов в воде равна нулю. Таким образом, при

нагреве воды в котловом контуре происходит выделение кислорода и диоксида углерода. Уменьшение диоксида углерода в воде смещает углекислотное равновесие воды котлового контура в сторону выделения твёрдого карбоната кальция. В подпиточной воде наблюдалось углекислотное равновесие, то есть карбонат кальция не выделялся из воды, потому что карбонаты находились в форме бикарбонатов.

**При температуре 100°C при атмосферном давлении растворимость газов в воде равна нулю. Таким образом, при нагреве воды в котловом контуре происходит выделение кислорода и диоксида углерода**

Удаление углекислоты за счёт повышения температуры воды вызвало переход бикарбонатов в карбонаты и, соответственно, выпадение карбоната кальция в осадок.

Чем меньше в воде растворённой углекислоты, тем выше значение pH такой воды. Это происходит из-за того, что диоксид углерода удаляется из воды при





нагревании и больше не участвует в процессе гидролиза с образованием угольной кислоты. В результате бикарбонат кальция, который был получен в воде в процессе его растворения угольной кислотой из твёрдой осадочной породы карбоната кальция, снова переходит в карбонат кальция и выделяется из воды.

При значении  $\text{pH} = 8,37$  в воде практически полностью отсутствует уголекислота, поэтому в воде начинают образовываться карбонаты, которые стремятся перейти в твёрдую фазу в виде карбоната кальция. При небольших концентрациях карбонат-иона этому препятствуют, вероятно, дипольные свойства воды и её ионная сила. Чем выше ионная сила воды, тем больше в воде может находиться карбонат-ионов. Но при увеличении температуры воды концентрация растворённого карбоната (аниона карбоната) значительно уменьшается. Произведение растворимости для карбоната кальция при температуре  $25^\circ\text{C}$  составляет  $4,4 \times 10^{-9}$ , при  $100^\circ\text{C}$  составляет  $0,47 \times 10^{-9}$ . Это означает, что при концентрации кальция, равной  $0,1$  ммоль/л, при температуре  $25^\circ\text{C}$  концентрация карбоната составит  $0,06$  ммоль/л. При той же концентрации кальция, но при температуре  $100^\circ\text{C}$  концентрация карбоната составит  $0,0065$  ммоль/л. Выше этих концентраций начнётся выделение твёрдой фазы карбоната кальция.

Как видно, при высокой температуре в котловом контуре в воде даже при небольших концентрациях карбоната и кальция может начать образовываться твёрдый осадок карбоната кальция. Напрашивается простой вывод — необходимо обеспечить глубокое умягчение подпиточной воды котлового контура, чтобы исключить образование отложений карбоната кальция в котловом контуре.



Говорить о каком-либо остаточном количестве кальция в котловом контуре можно только в том случае, если значение  $\text{pH}$  котловой воды значительно ниже, чем  $8,37$ . В этом случае в воде практически отсутствует карбонат-ион (существуют только бикарбонаты), и кальций находится в виде катиона. Но можем ли мы говорить о том, что  $\text{pH}$  воды котлового контура будет ниже  $8,37$ ?

В контуре происходит нагрев воды и интенсивное выделение уголекислоты через воздушники. В условиях отсутствия подпитки или низкой подпитки

уголекислоты в котловом контуре практически не будет, и значение  $\text{pH}$  такой воды будет держаться в диапазоне от  $8,0$  до  $8,5$  и больше (в зависимости от температуры и расхода подпитки). Поэтому в такой воде достижение термодинамического равновесия определённо приведёт к выделению карбоната кальция даже в случае их небольших концентраций. Следовательно, для котлового контура при любых условиях необходимо производить глубокое умягчение подпиточной воды.

Надо отметить, что при значениях  $\text{pH}$  около  $8,5$  карбонат кальция выпадает в осадок в виде тонкого плотного слоя на поверхностях нагрева. В отличие от паровых котлов с водяным пространством, где высокое значение  $\text{pH}$  котловой воды (около  $12$ ) переводит растворённый

бикарбонат кальция питательной воды (если произойдёт проскок солей жёсткости) в шлам в котловой воде. В водогрейном котле (при относительно низких значениях  $\text{pH}$ ) карбонат кальция выпадет в виде твёрдого осадка.

В двухконтурной системе теплоснабжения котловой контур не требует подпитки, и это позволяет котлу работать даже при заполнении его водой с повышенной жёсткостью. Через определённое время работы вода в котловом контуре достигнет термодинамического равновесия для условий повышенной температуры, и часть солей жёсткости выпадет в осадок. Но количество этого осадка будет небольшое.

Например, если объём котлового контура равен  $20$  тыс. л, то концентрация кальция в воде составит  $1,5$  ммоль/л (то есть  $1,5 \times 40 = 60$  мг/л), карбоната —  $1,5$  ммоль/л ( $1,5 \times 60 = 90$  мг/л), итого  $\text{CaCO}_3 = 60 + 90 = 150$  мг/л. Если весь кальций выпадет в осадок с карбонатом, то масса осадка составит  $20\,000 \times 150 = 3$  кг.

**При высокой температуре в котловом контуре в воде даже при небольших концентрациях карбоната и кальция может начать образовываться твёрдый осадок карбоната кальция. Поэтому необходимо обеспечить глубокое умягчение подпиточной воды котлового контура**



Тем не менее, даже при таком незначительном количестве карбоната кальция он будет равномерно откладываться на поверхностях нагрева котла. В том случае, если котловой контур заполнять водой с низким значением pH, будет наблюдаться активная водородная коррозия. Естественно, процессы коррозии и осадкообразования будут проходить только на этапе достижения водой нового термодинамического равновесия в котловом контуре. Затем при достижении равновесия коррозионные и осадкообразующие процессы прекратятся, но получившиеся продукты осядут на поверхностях нагрева, дополнительно скрепляя друг друга. В этом случае эффективность теплообмена понизится, но котёл сможет вполне

неплохо работать. Это будет происходить только в случае отсутствия подпитки котлового контура.

Сетевой контур системы теплоснабжения не имеет поверхностей нагрева с высоким температурным напряжением, как в водогрейном котле. Поэтому принято считать, что качество подпиточной воды сетевого контура может быть значительно ниже, чем котлового. Это обстоятельство отражает критерий оценки качества сетевой воды, называемый карбонатным индексом. Но необходимо помнить, что данный критерий не говорит о том, что в сетевом контуре не идёт выделение карбоната кальция. Критерий лишь предполагает, что выделение осадка будет иметь определённую низкую скорость.



Это обстоятельство требует периодических осмотров сетевых подогревателей и регулярных химических промывок.

Можно сделать вывод, что при подпитке контура водогрейного котла всегда требуется глубоко умягчённая вода, как и в случае с паровыми котлами. При подпитке сетевого контура жёсткость подпиточной воды может быть несколько выше, но из-за выделения диоксида углерода будет происходить выделение карбоната кальция с большей или меньшей скоростью. При большом расходе подпиточной воды сетевого контура может быть экономически невыгодно производить её умягчение и подщелачивание. Тогда необходима организация периодических осмотров и промывок теплообменного оборудования. Также в случае большой подпитки сетевого контура следует быть готовым к постоянным протечкам трубопроводов, вызванных коррозионными процессами.

**Лучшая водоподготовка для системы теплоснабжения — это организация двухконтурной системы и максимально возможное уменьшение подпитки сетевого контура, а также отсутствие подпитки котлового контура. В этом случае система может работать даже вообще без водоподготовки**

Большой расход подпитки сетевого контура не позволяет достигнуть термодинамического равновесия воды в зависимости от температуры. Поэтому в теплоагрегате постоянно будут происходить коррозионные и осадкообразующие процессы. Скорость этих процессов будет напрямую зависеть прежде всего от расхода подпиточной воды, температуры сетевой воды и от концентрации бикарбоната кальция в ней.

В заключение необходимо сказать, что лучшая водоподготовка для системы теплоснабжения — это организация двухконтурной системы и максимально возможное уменьшение подпитки сетевого контура, а также отсутствие подпитки котлового контура.

В этом случае система может работать вообще без водоподготовки при условии ежегодного осмотра сетевых подогревателей и, при необходимости, проведения химических промывок теплообменной поверхности подогревателей. Данные рассуждения представлены для систем теплоснабжения с температурой сетевой воды не более 100 °С. ●



# Часть жизни



## GIACOMINI SPIDER

Система напольного отопления для новых и реконструируемых зданий



Уникальная система подложки для систем водяного напольного отопления, которая сочетает в себе преимущества и удобство формованных матов с простотой и экономичностью использования плоских листов теплоизоляции. Структура запатентованной формы напоминает паутину, полностью заполняется бетонной стяжкой, обеспечивает оптимальное распределение тепла и нагрузки на поверхность.

Панели SPIDER также идеальны для использования при реконструкции помещений, являясь одновременно структурой для укладки контуров теплого пола, и армирующей основой, увеличивающей прочность пола на 40% при увеличении его толщины всего на 25-35 мм.

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.*

## Выбор оборудования для систем тёплого пола

Обустройство системы водяного напольного отопления подразумевает использование разнообразных компонентов: гидравлических (регулирующей арматуры, коллекторов, труб), электрических (устройств дистанционного контроля и управления) и общестроительных (как правило, армированной бетонной стяжки). Рассмотрим некоторые нюансы выбора на примере систем напольного отопления итальянской фирмы *Giacomini*.

### Труба без проблем

В системе водяного напольного отопления используют отрезки труб (греющие контуры), которые укладывают в виде змеевиков в конструкцию пола и подключают к подающему и обратному коллекторам. После установки труба становится недоступной для обслуживания, для её ремонта требуется демонтаж напольного покрытия и разрушение пола.

Много проблем возникает с некачественными металлопластиковыми трубами — в результате старения у них разрушается клеевой слой, и внутренний «рукав» такой трубы уменьшается в диаметре, из-за чего система начинает работать некорректно. Выявить и устранить такую неисправность обычно очень непросто.



### ❖ Труба [Giacomini GIACOTHERM PE-X](#)

Инженеры [Giacomini](#) рекомендуют использовать в системах водяного напольного отопления только качественные полимерные трубы, соответствующие требованиям российских и европейских норм, например, трубу из сшитого полиэтилена с антикислородным барьером [Giacomini GIACOTHERM PE-X](#).

Расчётный срок службы полимерной трубы [GIACOTHERM](#) сопоставим с расчётным сроком службы здания, в котором она установлена. Труба [GIACOTHERM](#) не склонна к зарастанию изнутри кальциевыми отложениями. Уровень диффузии кислорода через стенки трубы минимизирован благодаря специальному слою, что способствует защите элементов системы напольного отопления, контактирующих с теплоносителем, от коррозии.

Труба [GIACOTHERM PE-X](#) очень гибкая (на этапе её производства в исходный материал вводят пластификатор, снижающий модуль упругости готовой трубы).

**Инженеры [Giacomini](#) рекомендуют использовать в системах водяного напольного отопления только качественные полимерные трубы, соответствующие требованиям российских и европейских норм**

А также производитель поставляет в Россию широкую гамму фитингов — на все случаи жизни.

### Стяжка – сухая или мокрая?

Современным трендом в системах напольного отопления является вопрос облегчения и уменьшения высоты стяжки, решение которого позволяет значительно сократить расход строительного материала, уменьшить нагрузку на перекрытие, снизить высоту пола, который должен быть выполнен для системы напольного отопления.

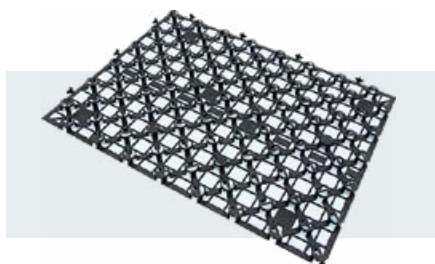
На прочных основаниях и перекрытиях греющие контуры из полимерных труб, как правило, монтируются «мокрым» способом — их заливают цементно-песчаным раствором. До заделки раствором труба должна быть установлена в проектном положении и зафиксирована на промежуточной стяжке, слое теплоизоляционного материала или непосредственно на старом напольном покрытии (в зданиях, подвергающихся реконструкции).

При этом типичными ошибками монтажников являются фиксация полимерных труб крепёжными элементами с острыми кромками, перетяжка трубы проволокой при фиксации к арматурной сетке, хождение по трубе в обуви с твёрдой подошвой и другие воздействия на трубу, как при её укладке, так и при заделке раствором, в результате которых в процессе эксплуатации труба может дать течь.

Для укладки и надёжной фиксации полимерной трубы в проектном положении, при минимизации высоты стяжки (не более 25 мм), инженеры [Giacomini](#) разработали и запатентовали специальные панели [SPIDER](#) высотой всего 22 мм, которые изготавливают из полипропилена PP-R повышенной прочности.



### ❖ Сухая стяжка для устройства системы «тёплый пол»



❖ Панель [SPIDER](#) для системы «тёплый пол»

При использовании панелей [SPIDER](#) труба укладывается в их пазы, после чего вероятность её повреждения из-за неосторожных действий монтажников резко снижается, более того, по панелям с трубой можно свободно ходить. При заливке цементом панели [SPIDER](#) укрепляют стяжку, выполняя роль армирующей сетки.

В деревянных домах с их «слабыми» перекрытиями нет возможности выполнить стяжку даже небольшой высоты. В этом случае греющие контуры чаще укладывают «сухим» способом.

### Главное требование к компонентам для укладки напольного отопления «сухим» способом: они должны быть лёгкими, прочными и простыми при монтаже

Главное требование к компонентам для укладки напольного отопления «сухим» способом — они должны быть лёгкими, прочными и простыми при монтаже. При этом труба должна надёжно фиксироваться в проектном положении. Иначе при интенсивной эксплуатации помещения постоянные механические воздействия на греющий контур могут привести к его разгерметизации.



❖ Теплоизоляционная панель [R883](#)

Для укладки греющего контура «сухим» способом компания [Giacomini](#) предлагает прочные перфорированные теплоизоляционные панели [R883](#), алюминиевые планки [K802P](#) с желобками для укладки труб, листы [K805P](#) из оцинкованной стали для укладки экранирующего слоя на пароизоляцию из полиэтилена, установленную поверх греющего контура, и другие элементы.

### Гидравлический комплект

С целью упрощения проектирования и монтажа системы напольного отопления [Giacomini](#) рекомендует использовать готовые решения — комплекты арматуры и предварительно собранные узлы системы напольного отопления.

Для случаев, когда подготовка теплоносителя для систем напольного отопления осуществляется среднетемпературным или низкотемпературным тепловым насосом, или же в котельной предусмотрен смесительный узел для подачи в систему теплоносителя с температурой 45–50°C, компания [Giacomini](#) предлагает коллекторные узлы [R553D](#), [R553F](#), а также наборы [R553DK](#) и [R553FK](#) для ручного или автоматического управления контурами напольного отопления (от двух до 12 контуров).



❖ Комплекты коллекторных узлов [R553DK](#) (вверху) и [R553FK](#) (внизу)

Коллекторный узел [R553D](#) собран на монтажных кронштейнах. Он включает в себя: подающий коллектор с отсечными балансировочными клапанами для предварительной настройки системы, обратный коллектор с регулирующими вентилями для ручной или автоматической (при установке сервоприводов) регулировки системы «тёплый пол», монтажные кронштейны. В версии [R553F](#) дополнительно предусмотрены расходомеры.

Если по результатам расчёта система напольного отопления не может компенсировать теплотери помещений, в комнатах помимо греющих низкотемпературных контуров устанавливают отопительные приборы. В такой комбинированной системе первичный контур, к которому подключаются отопительные

приборы, как правило, высокотемпературный, а вторичный, питающий греющие контуры водяной напольной системы отопления, — низкотемпературный.

При отсутствии источника теплоты с необходимыми для напольного отопления параметрами или смесительного узла в котельной насосно-смесительный узел часто предусматривается в составе общего коллекторного узла напольного и радиаторного отопления. В ассортименте



❖ Сборный коллекторный узел со смесительной группой [R557R](#)

компании [Giacomini](#) имеется комбинированный коллекторный узел напольного и радиаторного отопления, предварительно собранный в металлическом шкафу, — тип [R557R](#). Узел применяется для автоматического управления контурами напольного отопления и контурами высокотемпературного радиаторного отопления, с возможностью компенсации температуры наружного воздуха и интерфейсом для удалённого доступа.

Также у [Giacomini](#) есть готовые технические решения и для более простых задач, например, когда требуется подключение греющего контура санузла или небольшой кухни к уже существующей системе отопления квартиры или коттеджа. Такую возможность предоставляет комплект регулирующей арматуры [R508K](#) в монтажной коробке с фитингами под трубу 16×2,0 для установки в стену. ●



❖ Комплект для тёплого пола [R508K](#)

# Сравнительный анализ эффективности применения чугунных котлов в котельных малой мощности

Рецензия эксперта на статью получена 17.05.2022 [The expert review of the article received on May 17, 2022].

В настоящее время в большинстве регионов Российской Федерации используются отопительные котельные малой мощности, оснащённые бытовыми чугунными котлами, срок службы которых превышает 25 лет. В результате используемое горелочное оборудование и автоматика морально и физически устарели и не отвечают современным требованиям Федерального закона «О теплоснабжении» №190 [1], направленного на реформирование теплоэнергетики с целью повышения энергетических, экологических и экономических показателей оборудования. В условиях активного поиска резервов топливно-энергетических ресурсов необходимы исследования, связанные с использованием чугунных котлов малой мощности. Котельные малой мощности широко используются в качестве источника тепловой энергии для промышленных предприятий и жилого сектора, а также для реконструкции исторических районов крупных городов [2–5].

Чугунные отопительные котлы используются уже на протяжении 150 лет. Они высоко востребованы, даже на сегодняшний день, благодаря своим преимуществам по отношению к своим прямым конкурентам — стальным котлам [6].

Преимущества чугунных котлов [7]:

1. Чугунные котлы состоят из секционных конструкций или секций. Котёл можно легко собирать и разбирать на секции, перемещать, ремонтировать в случае необходимости.
2. Чугун обладает высокой коррозионной стойкостью. За время эксплуатации чугунные стенки котла покрываются слоем «сухой ржавчины», которая не позволяет коррозии продвигаться далее вглубь материала. Воздействию коррозии, а именно электрохимической, возникающей во влажной среде, подвержены в основном те части котла, в которых температура может быть ниже температуры точки росы.

Наиболее часто такая коррозия возникает в топке котла при выпадении на стенках конденсата, который образуется за счёт взаимодействия дымовых газов со стенкой котла, температура которой ниже температуры газов. Конденсат при этом содержит различные агрессивные соли и кислоты.

**Чугунные котлы состоят из секционных конструкций или секций. Котёл можно легко собирать и разбирать на секции, перемещать и ремонтировать. Кроме того, чугун обладает высокой коррозионной стойкостью. Однако у чугунных котлов также есть и недостатки**

Недостатки чугунных котлов [8]:

- большая масса котла, по сравнению со стальным котлом такой же мощности;
- необходимость наличия грамотного персонала для эксплуатации именно чугунных котлов, у которых есть много условий и ограничений, несоблюдение которых может привести к повреждению или разрыву котла (например, в чугунные котлы нельзя подавать холодную воду);
- сложность выполнения технически грамотной паспортной обвязки котла;
- невысокий коэффициент полезного действия (КПД) котла.

Несмотря на наличие ряда трудностей в эксплуатации чугунных котлов, они до сих пор охотно применяются в теплоэнергетике разного уровня — это и малая теплоэнергетика, направленная на подготовку тепловой энергии небольшой мощности для частных потребителей, и теплоэнергетика, связанная с обеспечением тепловой мощностью целых городов от теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) и теплоэлектростанций (ТЭС).

УДК 621.184.465. Научная специальность: 05.23.03.

## Сравнительный анализ эффективности применения чугунных котлов в котельных малой мощности

**М. А. Нефёдова**, к.т.н., доцент, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ), г. Санкт-Петербург)

В большинстве регионов России используются отопительные котельные малой мощности. Многие из них оснащены бытовыми чугунными котлами. В результате длительного использования оборудование котельных устарело и не отвечает современным требованиям. В ходе исследований проводился сравнительный анализ всех характеристик работы чугунных отопительных котлов отечественного производства.

**Ключевые слова:** чугунные котлы, объекты теплоэнергетики, эффективность, энергоэффективность, котельные, котельные малой мощности, энергетические показатели, экологические показатели, отопительные котлы, отопительные котельные.

UDC 621.184.465. The number of scientific specialty: 05.23.03.

## Comparative analysis of the efficiency of the use of cast iron boilers in low-power boilers

**M. A. Nefedova**, PhD, Associate Professor, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

In most regions of Russian Federation, low-capacity boiler houses are used. Many of them are equipped with household cast-iron boilers. As a result of the long-term use of the boiler room equipment, it became obsolete and no deviations from the requirements were identified. In the course of the research, a comparative analysis of all the characteristics of the work of cast-iron boilers of domestic production was carried out.

**Key words:** cast iron boilers, thermal power facilities, efficiency, energy efficiency, boiler rooms, boiler rooms of low power, energy indicators, environmental indicators, heating boilers, heating boilers.

Источником теплоснабжения в небольших районных городах и посёлках городского типа служат ТЭЦ и котельные, в которых для выработки теплоносителя для нужд отопления эксплуатируются чугунные секционные котлы, обладающие невысоким коэффициентом полезного действия (КПД).

Можно повысить КПД чугунных котлов за счёт исследования и выявления графика работы котлов на максимальной мощности, а также выявления величины КПД, который соответствует этим режимам работы [9]. Добиться такого повышения эффективности работы можно только за счёт решения организационных вопросов, без дополнительных капитальных вложений.

Другой способ повышения эффективности работы котельного оборудования связан с заменой морально и физически устаревшего горелочного оборудования и автоматики котельного агрегата на современное оборудование, отвечающее всем современным требованиям надёжности и долговечности работы [2]. Такой способ требует значительных финансовых вложений, которые не всегда могут обеспечить собственники малых отопительных котельных.

Решение задачи повышения эффективности чугунных секционных котлов без их замены может быть осуществлено за счёт недорогого, но эффективного технического перевооружения горелочного оборудования, которое сводится к применению отечественной разработки модернизированной конструкции горизонтально-щелевой (подовой) горелки низкого давления с принудительной подачей воздуха и комплексной автоматикой регулирования и безопасности [6]. Такое решение позволяет эксплуатировать отечественные чугунные секционные котлы ещё долгое время без их замены и повысить КПД котлоагрегата в долговременном промышленном режиме на 15–16%,



следовательно, оно является актуальным, отвечающим современным требованиям Федерального закона «О теплоэнергетике» №190 [1], направленного на реформирование теплоэнергетической отрасли с целью повышения энергоэффективности, экологичности и экономической эффективности оборудования.

Проведённые исследования показателей работы чугунных котлов, прошедших предложенную модернизацию, выявили высокие показатели по энергосбережению, эффективности использования топлива и соответствию экологическим требованиям (табл. 1 и 2).

Современные чугунные отопительные котлы отечественных и зарубежных производителей, оборудованные современными газогорелочными устройствами, уже имеют высокий КПД (около 91%) и широкую линейку типоразмеров, позволяющую использовать это оборудование для различных групп потребителей. Дополнительно имеется возможность применения не только природного газа, но и сжиженного, а также дизельного топлива, что является неоспоримым преимуществом [6, 10].

#### ❖ Результаты исследования работы чугунных котлов до и после замены оборудования табл. 1

Показатели до замены оборудования			Показатели после замены оборудования		
КПД котельной установки, %	коэффициент избытка воздуха $\alpha$	концентрация оксидов азота, мг/м <sup>3</sup>	КПД котельной установки, %	коэффициент избытка воздуха $\alpha$	концентрация оксидов азота, мг/м <sup>3</sup>
75	1,35–1,75	110–135	91–92	1,10–1,15	90–135

#### ❖ Показатели экономической эффективности модернизации оборудования табл. 2

Предложение по энергосбережению	Экономия природного газа на среднестатистический котёл	Экономия природного газа		Стоимость замены оборудования, тыс. руб.	Срок окупаемости, годы
		часовая, м <sup>3</sup> /ч	годовая за отопительный сезон, тыс. м <sup>3</sup>		
Модернизация газогорелочного оборудования с современными средствами автоматизации	12–15	60	не менее 10%	150	3

Проведённые исследования показателей работы чугунных котлов отечественного и зарубежного производства, а также отзывы эксплуатирующих организаций позволили выявить следующие особенности: невозможность запуска котла зарубежного производства при низких температурах воздуха (это не предусмотрено в принципе, согласно техническому паспорту), сложность ремонта и его высокая стоимость. В то же время котлы отечественных производителей рассчитаны на климатические особенности Российской Федерации, они проще в наладке и обслуживании, прочные и ремонтпригодные. При этом, однако, выбор того или иного производителя должен основываться на характеристиках оборудования и условиях эксплуатации.

Стоимость котельного оборудования зарубежных производителей в полтора-два раза превышает стоимость аналогичного отечественного оборудования. И этот показатель является в настоящее время определяющим.

Выполненные исследования наглядно показывают возможность дальнейшего использования чугунных отопительных котлов, находящихся в эксплуатации уже долгое время, после малозатратной модернизации газогорелочного оборудования и комплекса автоматики. Кроме того, показатели работы современных отечественных чугунных котлов не уступают зарубежным и являются вполне конкурентоспособными. ●

1. О теплоснабжении: Фед. закон РФ от 27.07.2010 №190 (с Изм. от 01.05.2022).
2. Нефедова М.А. Энергосберегающие технологии при эксплуатации котлов малой мощности: Дисс. канд. техн. наук по спец. 05.23.03. — СПб.: СПбГАСУ, 2017. 168 с.
3. Палей Е.Л. Котельные. Нормативные требования и практические рекомендации при проектировании: справ.-практ. пособие. — СПб.: Газовый клуб, 2010. 119 с.
4. Сергеев А.В. Тепломеханическое оборудование котельных: справ. пособие. — СПб.: Изд-во ДЕАН, 2012. 256 с.
5. СП 89.1330.2016. Котельные установки. Актуализ. ред. СНиП П-35–76 / Дата введ. 17.06.2017.
6. Бирюзова Е.А. Совершенствование сжигания природного газа для отопления чугунных секционных котлов с горизонтально-щелевыми (нижними) горелками: Дисс. канд. техн. наук по спец. 05.23.03. — СПб.: СПбГАСУ, 2004. 265 с.
7. Сидельковский Л.Н., Юрнев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий. — М.: Бастет, 2009. 528 с.
8. Стаскевич Н.Л., Северинцев Г.Н., Виддорчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. — Ленинград: Недра, 1990. 762 с.
9. Воликов А.Н. Тепловой расчёт паровых и водогрейных котлов: учеб. пособие. — СПб.: СПбГАСУ, 2006. 130 с.
10. Нефедова М.А. Разработка методов работы и повышение энергоэффективности газовых котельных малой мощности / Грант СПбГАСУ; научн. руковод. Е.А. Бирюзова. — СПб.: СПбГАСУ, 2015. 100 с.

References — see page 78.

## СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ БУДУЩЕГО. КАКИМ ДОЛЖЕН СТАТЬ НОВЫЙ НОРМАЛЬНЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ?

# Системы вентиляции будущего: дискуссия профессионалов

Всем известна крылатая фраза: «*В споре рождается истина*». Но есть и другая: «*Каждое крылатое выражение хромает*». Первая в нашем случае — буквально заваливается на одно крыло. Ведь любому думающему человеку понятно, что в споре часто рождается отнюдь не истина, а его победитель, более искусный в словесной эквилибристике. Именно поэтому на публичной отраслевой дискуссии специалистов о том, какой должна быть вентиляция будущего, во главу угла был поставлен не спор, а взвешенный и глубокий обмен профессиональными мнениями.

Упомянутая во вступлении к статье дискуссия происходила на выставке «Мир Климата Экспо 2022». К завершению мероприятия стало понятно, что разговор специалистов привёл не только к определённым рациональным выводам, но и поставил вопросы, ответы на которые отнюдь не однозначны. Вопросы эти требуют дальнейшего рассмотрения. И мы будем рады мнениям наших читателей по рассмотренным темам. Дискуссия должна продолжаться.

### Основная повестка

Что такое настоящий комфорт потребителя и как он связан с его самочувствием? Как найти «золотую середину» между ценой, качеством исполнения системы вентиляции, субъективными запросами потребителя и объективной заботой о его здоровье, которое должно быть сохранено в течение долгих лет проживания в квартире? Пандемия привела к тому, что подавляющая часть людей стала работать в закрытых помещениях очень подолгу и в неизменных условиях. Вследствие этого грамотное управление инженерными системами стало одной из важнейших социальных задач. При этом, с одной стороны, система вентиляции как таковая пред-

ставляет собой довольно сложный объект, а с другой — так сложилось исторически, что вентиляционная тема далеко не так широко обсуждается, как прочие инженерные направления.

### Как найти «золотую середину» между ценой, качеством исполнения системы вентиляции, субъективными запросами потребителя и объективной заботой о его здоровье, которое должно быть надолго сохранено?

Говорят, что «нет предела совершенству». И задача «спроектировать оптимальную систему вентиляции вообще» — вряд ли в полной мере выполнима. Потому как этот самый оптимум должен быть сформирован из разнообразного опыта, добытого путём проб и ошибок, с учётом таких субъективных параметров, как «комфортность», «хорошее самочувствие», влияние микроклимата на конкретных людей, а также других привходящих условий, одно из которых в нашей новой истории было навязано внезапно появившимся коронавирусом.

### Участники дискуссии

**Александр Гудко**, модератор дискуссии, главный редактор [журнала СОК](#)

#### Спикеры:

**Жером Антуан Бономм**, директор представительства [АО «АЭРЭКО»](#) в РФ; директор по экспорту в страны СНГ; директор по корпоративному развитию, AERECO S.A. France

**Ольга Шарипова**, представитель «Панасоник Россия»

**Альберт Насибулин**, профессор Центра фотоники и квантовых материалов, Сколковский институт науки и технологий; адъюнкт-профессор, Университет Аалто (Финляндия), д.т.н., профессор, РАН

**Дмитрий Долгих**, специалист по системам вентиляции и кондиционирования, блогер, автор канала «Dmitry\_HVAC Вентиляция и кондиционеры»

**Павел Шапошников**, специалист по системам компактной вентиляции и микроклимату, блогер, автор канала «Вентиляция квартиры и дома»

На правах рекламы.



●● Дискуссия «Системы вентиляции будущего» на выставке «Мир Климата Экспо 2022»

Удовлетворительность качества подаваемого потребителю воздуха определяется его насыщенностью влагой, кислородом и углекислым газом, а также уровнем загрязнённости разной типологии — от пыли до биологических составляющих. По мнению участника дискуссии **Жерома Бонома, директора представительства АО «АЭРЭКО» в РФ**, базовый принцип при создании системы вентиляции — это комплексный подход.

*«Мы должны понимать, что хорошая вентиляция обязана одновременно обеспечивать соблюдение сразу нескольких параметров, и это возможно только в случае её сложности, — сказал Жером Бономм. — Вне всякого сомнения создать её могут лишь профессионалы, имеющие внушительный опыт, качественное современное оборудование и чёткое понимание того, что действительно нужно потребителю. Однако при этом прежде всего следует понимать, что просто одним волевым решением в конкретной комнате создать систему, чётко соответствующую абсолютно всем запросам её владельца, вряд ли возможно, если он проживает в многоквартирном доме. Ведь это может повлиять на вентиляционный режим всего здания, то есть оказать влияние на микроклимат в сопредельных помещениях, где тоже живут люди — его соседи.»*

Чтобы этого не произошло, подход к проектированию не может сводиться к примитивному притоку или вытяжке — в его основе должен лежать серьёзный инженерный подход, который потом необходимо воплотить в инженерных решениях, обеспечивающих подконтрольное поступление воздуха, его перемещение в помещении и вытяжку.

Кроме того, нужно уделить должное (но вместе с тем — не избыточное) внимание и фильтрации воздуха, о которой речь пойдёт ниже.

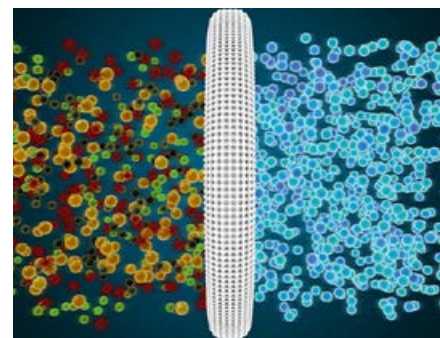
### Его Темнейшее Ковид

Прокатившейся по планете пандемии посвящено огромное число публикаций, пожалуй, на всех языках. Новый распорядитель судьбами мира — вирус COVID-19 — нанёс серьёзный удар по рынку и сильно повлиял на мнение людей о том, как должны работать системы вентиляции и кондиционирования воздуха, что такое устойчивое проектирование и строительство в новой реальности в принципе, каковы параметры безопасной вентиляции. Участники дискуссии отметили, что профессионалам был брошен серьёзный вызов — по сути, им пришлось переосмыслить выверенные годами инженерные решения. И в этом приняли участие не только производители систем вентиляции и специалисты, ежедневно проектирующие и монтирующие их, но и представитель отраслевой науки, рассказавший об одном из последних достижении в области фильтрации воздуха.

Здесь сразу отметим один важный нюанс: помимо прямых негативных последствий пандемии, в ходе обмена мнениями стал виден эффект определённого смеще-

ния внимания даже самих специалистов с собственно технологий построения систем вентиляции на вопросы фильтрации воздуха — дискуссия имела некоторый «крен» именно в эту сторону.

Задача противодействия COVID-19 активизировала во всём мире исследования в области фильтрации воздуха, и Россия здесь не стала исключением. В частности, исследования проводятся в Сколково. В диалоге на площадке выставки «Мир Климата» принял участие **Альберт Насибулин, профессор Центра фотоники и квантовых материалов Сколковского института науки и технологий.**



Он рассказал о разработке новых материалов, а именно — об однослойных углеродных нанотрубках, синтезируемых в лаборатории Центра. Они представляют собой бесшовно свёрнутый цилиндр из графена. Преимуществом таких нанотрубок является то, что при их изготовлении можно получить довольно большое aspectное отношение диаметра к длине: диаметр углеродной нанотрубки составляет всего один нанометр, тогда как длина её достигает порядка 60 микрон. Такие трубки, собранные в хаотически ориентированную сетку, можно использовать в качестве высокоэффективного фильтра, размер пор которого меньше, чем длина свободного пробега молекул воздуха.



Уже изготовлен опытный образец мембраны, имеющий толщину порядка 50–60 нанометров, что в 1000 раз тоньше человеческого волоса. Это преграда обладает высокой эффективностью фильтрации, которая повышается при увеличении её толщины. *«Наиболее важной характеристикой фильтра является перепад давления, который он создаёт, — рассказал Альберт Насибулин. — Мы сравнили нашу разработку с коммерчески доступными фильтрами и получилось, что мембрана создаёт в пять-десять раз меньший перепад давления. При этом мы говорим об очень тонкой фильтрации. Наш фильтр резистентен к ультрафиолету. Но самым главным его преимуществом является возможность нагрева. Углеродные нанотрубки обладают баллистической проводимостью — это самый лучший проводник из всех известных. При пропускании через мембрану постоянного или переменного электрического тока она нагревается до 400 градусов Цельсия. Температура воздуха на выходе достигает 140 градусов, что позволяет уничтожить патогенные микроорганизмы или биоаэрозоли, попадающие на поверхность».*

На вопрос участников дискуссии о коммерческих перспективах разработки специалист сообщил, что решение, несомненно, будет дороже, чем, например, HEPA-фильтр, однако за счёт регенерации срок его службы может быть весьма большим, что ощутимо снижает стоимость владения. Однако, при всех преимуществах новации, как представитель Центра фотоники и квантовых материалов, так и все участники диалога пришли к выводу, что презентованная разработка не адресована массовому потребителю. Она может быть использована на высококритичных объектах, где требуется практически идеальная чистота воздуха, — в больницах, на производствах, требующих полного отсутствия примесей в воздухе и т.д.

Тему фильтрации продолжила **Ольга Шарипова, представитель компании «Панасоник Россия»**. По её словам, основная цель вентиляции — обеспечить комфортные условия жизнедеятельности человека. Она рассказала об опыте Китая, где поквартирно монтируют установки с очень большим количеством фильтров. И при этом никто не обращает внимания на шум вентилятора и его размеры. Причина тому — смог, а любые техногенные неудобства — сущие пустяки в сравнении с губительным воздействием хронически отравленного воздуха в Поднебесной.

По её наблюдениям, в последнее время в России стали доступными различные «девайсы» для квартир, например, так на-



зываемые «проветриватели». Подобная техника позволяет подавать в квартиры свежий воздух, свободный от неуместных примесей, в том числе большого количества аллергенов. О необходимости приобретения подобных агрегатов конечные потребители всё чаще начали задумываться ещё до пандемии.

**В последнее время в России стали доступными оконные «проветриватели». Подобная техника позволяет подавать в квартиры свежий воздух, свободный от неуместных примесей**

Появился спрос и на поквартирные установки со встроенным рекуператором, а также компрессором, то есть с опцией охлаждения воздуха. Есть опыт создания подобных устройств с малым расходом. Они имеют встроенный ионизатор, обеспечивающий подачу свежего воздуха, и, в отличие от агрегатов с ультрафиолетовыми лампами, не нуждаются в сервисе, что очень важно для пользователя. Спрос же на ультрафиолетовые секции, «обкатанные», к сожалению, только на стафилококке и некоторых грибах, начал расти по мере распространения COVID-19.



•• Секция с УФ-лампами в системе вентиляции

В контексте выступления представителя Сколково, **Ольга Шарипова** посетовала на то, что при возникновении необходимости инсталляции больших установок для высококритичных объектов, к которым относятся медицинские, многие отечественные проектировщики даже не до конца понимают, что такое «медицинское исполнение» установки и какова её комплектация. Причина этому — отсутствие регулирования данного вопроса на законодательном уровне. Кроме того, при рассмотрении концепций безопасности медицинских учреждений нужно понимать, что поступающий чистый воздух ещё не гарантирует нераспространение инфекции, так как бактерии, вирусы и прочие вредоносные элементы могут находиться на поверхностях внутри помещения, будучи принесённые туда посетителями.

Несмотря на важность обеспечения защиты потребителей от бактериологической и вирусной опасности, не менее важную роль играют и, собственно, вентиляционные технологии, которые обеспечивают микроклимат, соответствующий как официальным нормативам, так и благоприятным параметрам воздушной среды внутри помещения, которые отвечают физиологии человека.

Дело в том, что пренебрежение данными параметрами может привести к тому, что за годы пользования неверно спроектированной системой вентиляции в ряде случаев вред здоровью потребителя может быть причинён не менее, а то и более значительный, чем последствия вирусного заражения.

Стремясь показать собравшимся экспертам и слушателям степень важности вопроса создания базовых и концептуально верных схем вентиляции, **Жером Бономм** сослался на всероссийский опрос на тему осведомлённости граждан страны о параметрах и целях обустройства этих систем в жилых помещениях.





Жером Бономм (справа), директор АО «АЭРЭКО» (представительство AERECO S.A. France в РФ), и Александр Гудко, главный редактор журнала СОК

Анкетирование показало, что до сих пор очень много людей уверены, что полноценную жизнь и здоровье они себе обеспечат, если, грубо говоря, закупорятся от холода герметичными (в том числе оконными) конструкциями. Ещё один результат опроса — вывод о том, что даже в столице России — городе Москве — нередко встречаются жилые объекты, где вентиляция отсутствует фактически полностью, и её роль, по сути, выполняют открытые окно или дверь.

Данная ситуация говорит о плачевной ситуации среди конечного потребителя, как с пониманием конечными пользователями функций системы вентиляции, так и с наличием полноценных систем на объектах жилого фонда. Несмотря на слабое понимание задач и схем построения вентиляции, в среде потребителей отмечается явное стремление к индивидуализации решений. Особо активно этот тренд заметен в Японии и в уже упомянутом Китае. Есть он и в России. Что ж, с одной стороны, производителям выгодно продавать индивидуальные установки людям, которые готовы их приобретать. Однако, если посмотреть трезво на вопрос массового внедрения индивидуальной системы вентиляции, то такой подход просто утопичен.

«Это из области иллюзий — считать, что, например, в большом жилом комплексе все проживающие в нём семьи окажутся специалистами по этому вопросу, и все они с радостью заплатят за персональную систему, — усомнился Жером Бономм, директор представительства АО «АЭРЭКО». — Более реалистично обеспечить некий баланс, разумный компромисс между смонтированной строителями центральной системой вентиляции, учитывающей функциональные особенности здания, регулирующей приток воздуха в помещения, а также решающей

самые основные проблемные вопросы, связанные с загрязнением воздуха, углекислым газом, повышенной влажностью и т.д.».

Здесь мы приближаемся к столь желанному понятию оптимума: во-первых, возможность существования «поверх» центральной системы индивидуальной вентиляции должна быть предусмотрена. Это достаточно широкий вентиляционный канал, обеспечивающий возможность пропускать нужного количества воздуха по нормативам. Также индивидуализация должна соотноситься с реальной за-

селённостью квартир — адаптивно подстраиваться, а наших строителей этот вопрос нужно обязать рассматривать не в последнюю очередь, как это происходит сегодня, а едва ли не в первую.

«Отдавать принятие решений по обустройству индивидуальной системы вентиляции на откуп конечным пользователям — непрофессиональный подход, — уверен Жером Бономм. — Хотя бы потому, что они далеко не всегда готовы принять оптимальное решение. Люди могут увлечься идеей хорошей вентиляции, но если без понимания принципов воздухораспределения установить крупную вентиляционную систему в отдельно взятой квартире, с забором воздуха из общего канала или выбросом его туда, то соседи, образно говоря, при пользовании вентиляцией будут чувствовать интерес инициатора этого индивидуального подхода, а отнюдь не свой... Надеюсь, никто не будет спорить, что такое попросту недопустимо». Директор представительства АО «АЭРЭКО» Жером Бономм уточнил, что в «системе вентиляции завтрашнего дня» девелопер должен будет предусматривать домовую систему «с запасом» и потом подсказывать, какое возможно доукомплектование квартир. И тогда хаос в разработках станет попросту невозможным.



Стремясь показать собравшимся экспертам и слушателям степень важности вопроса создания базовых и концептуально верных схем вентиляции, директор представительства компании «АЭРЭКО» Жером Бономм сослался на всероссийский опрос на тему осведомлённости граждан страны о параметрах и целях обустройства этих систем в жилых помещениях. Анкетирование показало, что до сих пор очень много людей уверены, что полноценную жизнь и здоровье они себе обеспечат, если, грубо говоря, закупорятся от холода герметичными (в том числе оконными) конструкциями.



❖ Центральные системы вентиляции до сих пор распространены только в офисных зданиях

С мнением о недопустимости доработок в квартирах одних жильцов в ущерб другим согласился белорусский блогер и специалист по системам компактной вентиляции и микроклимату Павел Шапошников. Также он отметил явное отсутствие у рядового потребителя понимания элементарных причинно-следственных связей при принятии решений о вентиляционных «улучшениях», вследствие чего на своём YouTube-канале «Вентиляция квартиры и дома» он старается по мере сил устранять пробелы в знаниях людей.

«Мы не рассказываем о каких-то космических технологиях, о суперсистемах с уникальной очисткой воздуха, — констатировал Павел Шапошников. — Просто даём базовые понятия о воздухообмене, притоке, перетоке, вытяжке и в целом о способах организации воздухообмена при помощи различных вентиляционных систем».

По мнению блогера, после получения потребителем такого базового набора знаний с ним в ряде случаев можно общаться почти на одном языке, не чувствуя себя манипулятором.

Блогер и автор канала «Dmitry HVAC Вентиляция и кондиционеры» Дмитрий Долгих в свою очередь констатировал, что при работе над усовершенствованием системы вентиляции в МКД приходится работать с теми параметрами, которыми обладает центральная система, и учитывать её возможности. «Но хочется верить, что настанут такие времена, когда система вентиляции будет восприниматься застройщиками в качестве конкурентного преимущества, — сказал Дмитрий Долгих. — И тогда начнут строить дома, в которых будет интегрирована многовариантная система с широким диапазоном возможностей для

подстройки. И вентиляция войдёт в число привлекательных для потенциального покупателя опций, таких как хорошая детская площадка, удобно обустроенная территория, паркинг и т.д. Централизованная система будет должным образом проработана и энергоэффективна. А компании, которые ныне заняты доработкой вентиляции, уйдут в сегмент частного домостроения».

### Компактные решения

Понимание «правильности» обеспечения микроклимата для объектов коммерческого, промышленного и бытового сегментов существенно различается. Исходя из того, что в поиске путей приближения к оптимальной вентиляции принимали участие профессионалы, занимающиеся как созданием индивидуальных решений для частных домов, квартир, так и крупными вентиляционными проектами, вектор дискуссии не всегда был чётким.

### Когда-нибудь начнут строить дома с интегрированной многовариантной системой с широким диапазоном возможностей для подстройки



Павел Шапошников излагал своё мнение именно относительно бытового сегмента, отмечая, что центральными вентиляционными установками уже сегодня мало кого удивишь. Практически каждый, кто ремонтирует квартиру или строит дом, уже наверняка слышал о существовании центральных систем, чего нельзя сказать о компактных поквартирных вентиляционных решениях. И, несмотря на старания популяризаторов подобных систем, к числу которых относит себя блогер, осведомлённость потребителя на сегодняшний день неприлично низкая.

«Патовость ситуации заключается в том, что зачастую данные решения являются единственно возможными, — сказал Павел Шапошников. — Например, когда ремонт в квартире уже завершён, неразумно предлагать клиенту переделывать его лишь для того, чтобы проложить трассы центральной вентиляционной системы. Совершенно логично предложить клиенту установить проветриватель, который смонтируют ему за час, что фактически решит его проблемы: будут закрыты вопросы и с микроклиматом, и с удлинением газом, и с очисткой воздуха — ведь современные компактные решения уже позволяют очищать воздух, я бы сказал, даже лучше многих центральных систем, которые имеют «на борту» фильтры F7, M5».

По наблюдениям блогера, «редко найдёшь в составе такой установки также и HEPA или фотокаталитический фильтры, хотя сегодня их достаточно часто запрашивают клиенты в связи со сложной эпидемиологической и экологической ситуацией, а также необходимостью создания комфортного микроклимата на домашнем рабочем месте».

В свою очередь, Жером Бономм обратил внимание собеседников и слушателей на то, что компании, которые оказывают услуги, должны чётко осознавать, куда именно они ведут своего потребителя, хотя отчасти и согласился с коллегой в том, что в определённой степени рынок зависит от спроса. Но, по его мнению, ответственности с профессионалов за предлагаемые рынку решения это не снимает.

«Чистота — это то, за что мы уважаем наших китайских коллег, — отметил представитель компании «АЭРЭКО». — Вместе с тем нужно сделать серьёзную скидку на то, что сильное увлечение ею — результат безысходности. Если же взять мировой рынок — генерального тренда на суперочистку нет, даже с учётом пандемических предпосылок. И потому в целом имеет смысл смотреть на рынок более объективно и менее трендово».

## Массовая индивидуализация – «да» или «нет»?

В ходе дискуссии были приведены примеры концептов больших жилых комплексов на 2000–2500 установок в городах, где имеется высокий спрос на жильё бизнес-класса. Установки уже предустановлены, и, по идее их авторов, девелоперы при продаже жилья могут их использовать как одно из конкурентных преимуществ и возможность повысить стоимость квадратного метра.

Однако, в частности, по мнению **Дмитрия Долгих**, основанному на эксплуатационном опыте самого блогера и его коллег, предустановленные индивидуальные системы — это то, что в России в обозримом будущем работать не будет. Хотя бы потому, что такой подход всегда сопряжён с тем, что абонент должен будет либо сам обслуживать своё оборудование, или ему будут данную услугу навязывать. Как показывает практика, навязывание — это то, от чего наши люди традиционно уходят. Для примера: на этаже живут три-четыре семьи. Какие-то из них очень довольны вентиляцией и её ежемесячным или ежеквартальным обслуживанием, а другие вообще не знают, как она работает, не понимают, зачем она нужна, и полностью снимают с себя ответственность за этот элемент системы жизнеобеспечения.

В итоге получается некий усреднённый результат. Блогер считает, что всё-таки сегодня гораздо больше пользователей, которые не хотят рассматривать при покупке никаких особых расценок, довольны стандартной централизованной системой, чётко регулируемой коммунальными службами без входа к ним в квартиру. Системой, за которую абонент отвечает так же, как за отопление, — только рублём в разумных пределах и не более того.

В той же связи **Жером Бономм** добавил, что, говоря о денежных вложениях потребителя в концептуальные индивидуализированные решения для МКД, мы должны учитывать как изначальный вопрос

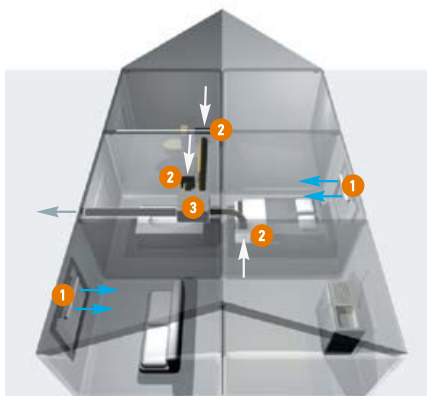


Схема работы малой квартирной вентсистемы, основанной на оборудовании **Aereco**: гигрорегулируемые приточные устройства 1 дают приток свежего воздуха; вытяжные решетки 2 монтируются в подсобных помещениях; вытяжной вентилятор 3 обеспечивает необходимый расход воздуха. Все устройства имеют заслонки и датчики-приводы для автоматического регулирования потока воздуха.



:: Гигрорегулируемое приточное устройство **Aereco EHA<sup>2</sup>** в ПВХ-окне



:: Вентилятор **Aereco V5S**



:: Стеновое гигрорегулируемое приточное устройство **Aereco EHT**

стоимости квартиры, так и вопрос трат на её эксплуатацию, то есть это не что иное, как комплексный подход к оценке инвестиций в недвижимость — сразу на несколько лет вперед. Но глубоко понимать обоснованность повышенной стоимости предлагаемого жилья готовы далеко не все потребители, а скорее пока только узкий сегмент представителей бизнес-класса — люди, имеющие возможность принимать данную технологию и расценки. Незрелость рынка в целом рассчитывать на это не позволяет.

В продолжение беседы **Дмитрий Долгих** поделился и опытом «воспитания» потребителя путём публикации разъяснительных видеороликов, как это делает и **Павел Шапошников**. «Мы стараемся компоновать свои видео максимально тезисно, чтобы информация была понятна широкому кругу неподготовленных потребителей, но уровень понимания всё равно оставляет желать лучшего, — признает блогер. — Мало того, что человек должен за всё это заплатить, так ему ещё перед этим надо вникнуть во все нюансы до такой степени, чтобы его нигде «не нагрели». Бывает, записываешь ролик на какую-то тему, даёшь совершенно однозначное название, пишешь, что здесь ответ на такой-то вопрос. Ролик длится шесть минут. И знаете, какой первый комментарий под ним?! «А что там?»». В итоге **Дмитрий Долгих** делает вывод, что в первую очередь необходимо, чтобы сам вентиляционный рынок развивался цивилизованно, и этому способствовали бы и производители, и продавцы, и проектировщики, и даже монтажники — своими делами, а не словами. Чтобы рядовой клиент, не обременённый специальными знаниями, мог получить оптимальную готовую услугу, не вникая в технические нюансы.

По мнению **Жерома Бономма**, необходимого уровня компетенции потребитель не получит никогда, и ему не помогут ни видеоролики, ни даже многократный реальный опыт приобретения и владения жильём. Собственник, который даже 20 раз в своей жизни покупал новые квартиры, всего лишь будет иметь опыт 20-ти различных ситуаций. И не более того. Но проектировщик, то есть профессионал в индустрии, может спроектировать тысячу объектов. Потому вопрос инвестиций конечного потребителя в недвижимость — это вопрос доверия профессионалам, а не массивного поглощения информации из всевозможных источников, в том числе и сомнительных. А профессионалы должны избегать сверхуникальных решений, которым рад ничтожный процент потенциальных потребителей.



## Несколько слов о финансовой дальновидности

**В ходе дискуссии не был затронут довольно важный вопрос, связанный с инвестиционной политикой при обустройстве вентиляционных систем. Однако он достаточно важен, потому мы решили посвятить ему отдельный блок в статье.**

К сожалению, при принятии решений в сфере инженерного обустройства объектов часто не учитывается такой важный аспект, как стоимость инвестиций. Вместе с тем, при неоптимальном подходе, разница в затратах может оказаться существенной.

В чём же заключается оптимум?

Недостаточное внимание к инженерным составляющим (в частности, вентиляции) на стадии строительства, как правило, приводит к значительно более ощутимым тратам в более поздние периоды. Во-первых, потому что с течением времени оборудование дешевле не становится, а в наше непредсказуемое время цена на него может возрасти неожиданно и кратно. Во-вторых, доделочный подход всегда дороже серьёзного проектного по умолчанию, и здесь профессионалам даже пояснять ничего не нужно.

Рассмотрение всех этапов жизненного цикла объекта — проектирования, строительства и эксплуатации — позволит девелоперу сэкономить серьёзные средства, обеспечить создание оптимальной системы вентиляции, причём как по стоимости, так и по техническим параметрам.

**Представитель компании «АЭРЕКО»** уверен, что у массового потребителя таким образом доверия не добиться. Скорее наоборот — это гарантированный метод получить отторжение и стойкое недоверие. Решения должны быть эффективными и при этом не «золотыми», иначе есть высокий риск инициировать хаос, когда один потребитель кричит «Ура!», а другой — «Уберите, мне этого не надо!»

В свою очередь, **Павел Шапошников** акцентировал внимание слушателей на роли продавца. «Продавец должен иметь совесть», — сказал специалист. — Но возможность быть совестливым появляется только тогда, когда компания предлагает очень широкий спектр оборудования. На каждый запрос продавец должен быть способным предложить оборудование, кото-

*рое реально требуется для решения задач клиента. В противном случае клиент придёт за одним, но из-за отсутствия требуемого товара продавец просто «впарит» ему то, что у него есть в наличии».*

В итоге участники дискуссии пришли к единому мнению, что вентиляция будущего — это система, созданная профессионалами с заботой о здоровье и комфорте людей.

Система вентиляции должна отвечать критериям комплексности — быть энергоэффективной, надёжной в течение многих лет эксплуатации и демократичной по цене, а также иметь оптимальный функционал, соответствующий реальным условиям, а не потребительской мифологии и искусственно созданным маркетинговым трендам.

Именно такие решения способны постепенно сформировать положительный опыт их использования у большого количества клиентов, а значит — обеспечить вентиляционному сегменту их настоящее доверие на долгие годы.

При этом открытым остаётся ряд вопросов. Как воплотить этот прекрасную теорию в практику? Каким образом повысить ответственность профессионалов за предлагаемые решения?



А ещё — как искоренить беспочвенные измышления в среде клиентов и вообще максимально очистить инфосферу от ложной информации и неадекватных призывов?

Единственный ответ, который сразу приходит в голову: проводить как можно больше дискуссий, подобных описанной в данной статье, и популяризировать материалы, созданные на их основе, в профессиональной среде. Что мы и делаем.

Надеемся, что обмен мнениями между профессионалами, приведённый на страницах нашего журнала, сделает вентиляционный рынок чуточку лучше и ближе к клиенту. ●





**МИР КЛИМАТА**

**EXPO 2023**

**EXPO  
КОНГРЕСС  
HVAC/R  
ИНДУСТРИЯ**

**28 февраля-3 марта 2023  
Москва, ЦВК «Экспоцентр»**

**Новая реальность –  
новый формат**

**[climatexpo.ru](https://climatexpo.ru)**

**Главное  
отраслевое  
событие года**



## Применение локальной системы подогрева в системе фасад- ного остекления

В работе рассмотрены вопросы обеспечения микроклимата в помещениях большой высоты с фасадным остеклением. Проблемой таких помещений является формирование нисходящих воздуха потоков воздуха вдоль остекления, переходящих в объём помещения.

**Авторы:** П.В. ЯКОВЛЕВ, д.т.н., профессор, кафедры «Теплотехника и теплоэнергетика», [Санкт-Петербургский горный университет \(Горный университет\)](#); И.С. ПРОСВИРИНА, старший преподаватель, кафедры «Инженерные системы и экология», [Астраханский государственный архитектурно-строительный университет \(АГАСУ\)](#)

Проблема формирования нисходящих воздуха потоков воздуха вдоль остекления, переходящих в объём помещения, обусловлена относительно малым термическим сопротивлением стеклопакетов и их высотой. Одним из способов решения проблемы является применение системы поверхностных подогревателей, расположенных на горизонтальных элементах профиля блоков остекления. Оценим эффективность различных способов размещения таких нагревателей и влияние дополнительных аэродинамических элементов — тонких пластин-панелей, размещаемых с различным зазором и под различными углами относительно профиля блоков остекления в местах расположения нагревателей.

В результате проведённого исследования выполнен сравнительный анализ формирующихся полей температур и скоростей в объёме помещения без поверхностных подогревателей, с поверхностными подогревателями, вертикальных панелей, отстоящих на расстояниях 100, 200, 300 и 400 мм, а также с наклонной верхней части панели в сторону окна и в сторону помещения.

К числу контролируемых параметров микроклимата помещений важнейшими являются температура и скорость движения воздуха. Как правило, необходимая температура обеспечивается тепловым балансом помещения и подбором соответствующей системы отопления без дальнейшего контроля отклонений температуры в различных точках помещения [1]. Этот подход регламентирован существующими нормами проектирования [2]. Формирование воздушных оттоков в помещении и их соответствие чаще всего остаются за рамками конструкторской проработки, и в лучшем случае выполняется расчёт скорости воздушного потока в струе приточной вентиляции.

И если в небольших помещениях этот подход оправдан, то в помещениях большой высоты неравномерность температурного поля и воздушные потоки со скоростью, превышающую нормативную, стали обычным явлением. Как правило, внешне это проявляется по ощущениям человека как зоны высокой и низкой температуры, конденсации влаги и т.п. [3].

### Необходимая температура обеспечивается тепловым балансом помещения и подбором соответствующей системы отопления без дальнейшего контроля температуры в помещении

Причиной возникновения этого явления становится свободно-конвективное движение воздуха вдоль холодной поверхности остекления со стороны помещения. На этот процесс влияет два фактора: понижение температуры поверхности стеклопакета относительно температуры воздуха и высота остекления. Дополнительными влияющими факторами могут быть подоконная доска, выполняющая собственную аэродинамическую функцию разделения нисходящего потока от остекления и восходящего потока от отопительных приборов, а также разнообразные занавеси, жалюзи и т.п. [4]. Одним из способов решения проблемы снижения скорости нисходящего воздушного потока является установка «охранных» подогревателей на горизонтальных частях профиля обрешётки остекления.

Основным методом исследования выбран метод численного моделирования с экспериментальной проверкой полученных результатов замерами температурных полей в помещении [5], на примере которого построена модель.

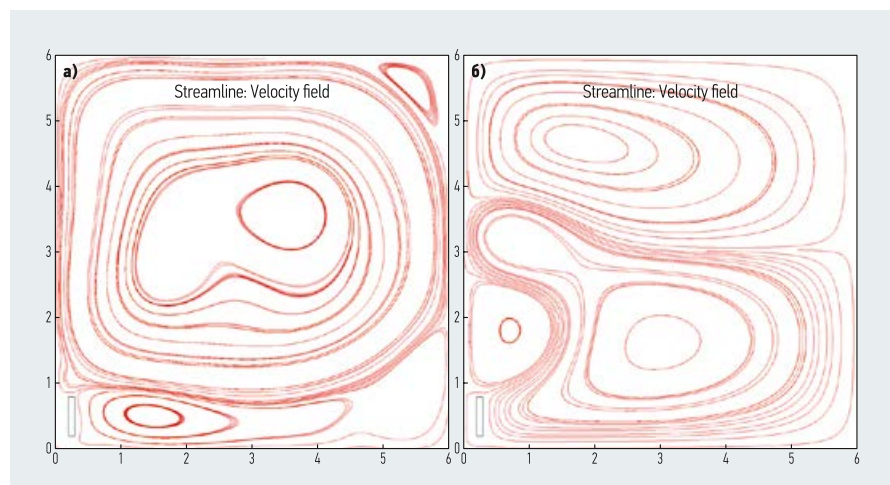
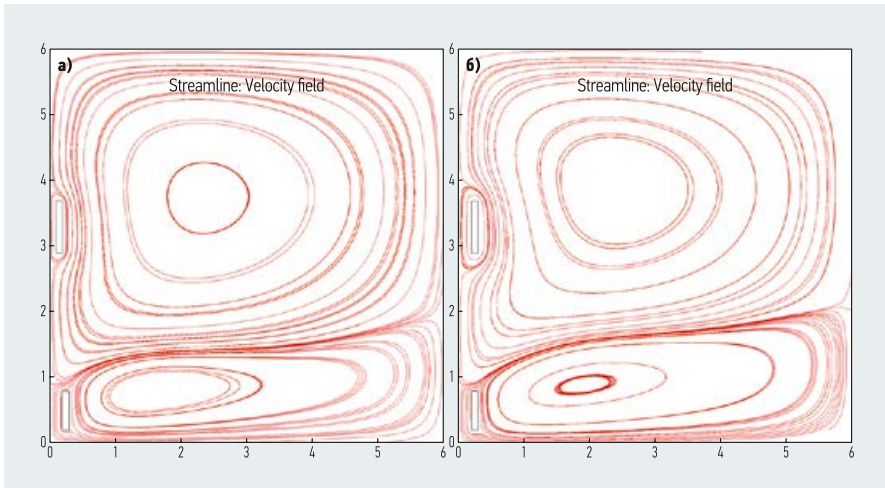


Fig. 1. Effectiveness of using a heating element (a — lines of flow in the room, b — lines of flow in the room when using a heater in the middle part of the glazing)



❖ **Рис. 2.** Влияние расстояния от панели до ограждения на линии тока свободно-конвективно-го движения воздуха (а — расстояние 100 мм, б — 200 мм)

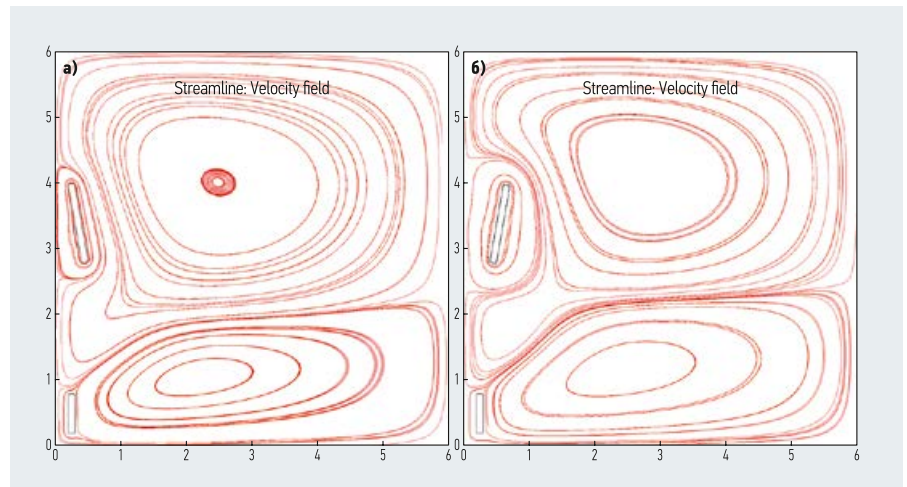
Без применения мер по снижению интенсивности конвективного движения и численная модель, и реальные замеры показали формирование двух вихрей, разделяемых у окна подоконной доской (рис. 1). Как видно из рис. 1, вихри проходят через всё помещение. В зависимости от температур на границах и размеров конкретного помещения граница вихрей может проходить горизонтально, с наклоном вверх или вниз, или по более сложной траектории, как это показано на рис. 1. Замеры в реальном помещении подтвердили полученный результат.

Повысить комфорт в помещении можно «поднять» нижний вихрь и снизив скорость движения воздуха. Для этого добавлен нагревательный элемент, устанавливаемый вдоль горизонтального профиля переплёта окна. Дополнительно для увеличения скорости восходящего потока размещён вертикальный экран у радиатора и исключена подоконная доска. В результате границу вихря удалось сдвинуть вверх (рис. 1). Как видно из рис. 1, граница вихрей с наибольшим значением градиента скорости движения воздуха сместилась вверх. Анализ поля скоростей показал, что произошло выравнивание температуры на 80–90 % площади помещения до комфортного уровня, а высокотемпературная зона от отопительного прибора локализована экраном.

Простейшим нагревательным элементом может быть горизонтальная труба с теплоносителем, которую можно скрыть за декоративным экраном. Очевидно, что экран изменит аэродинамику воздушного потока, в связи с чем проанализировано его влияние и расстояние отступа.

Исследованы поля скоростей и температур для расстояний 100, 200 (рис. 2), 300, а также 400 мм.

Как видно из полученных полей скоростей, панели существенно изменили характер движение воздуха, в том числе значительное влияние оказало в том чис-



❖ **Рис. 3.** Влияние наклона панели (а — наклон в сторону окна, б — наклон в сторону помещения)

ле и расстояние от панели до нагревателя. Увеличение зазора увеличивает скорость движения воздуха в зоне пребывания людей. Наилучшие результаты получены для зазора 100 мм.

Рассматривая панель как аэродинамический элемент, очевидным конструктивным решением является изменение угла атаки посредством изменения угла наклона панели. На рис. 3 приведены результаты для отклонения панели на угол 10°.

Как видно из рис. 3, даже небольшой наклон панели приводит к изменениям траектории и градиентов скорости воздушных потоков в помещении.

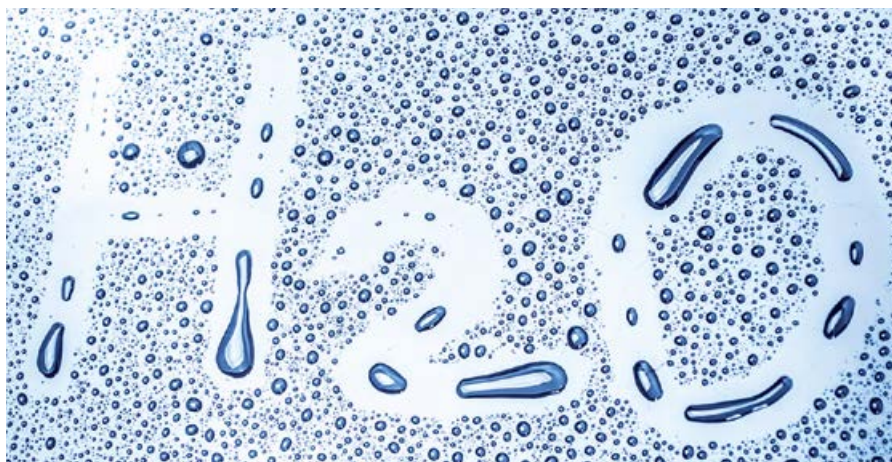
При наклоне в сторону окна панель выполняет функцию своеобразного сопла, увеличивая скорость восходящего потока, нейтрализуя нисходящий поток. При наклоне панели от окна интенсифицируется вихрь в верхней части помещения, однако в его центре, где находятся люди, градиенты скорости минимальные, тем самым комфорт пребывания в помещении повышается. Однако интенсификация вихреобразования вблизи отопительного прибора и у дальней стены ставит вопрос о целесообразности применения такого решения.

## Выводы

Исследования показали, что в помещениях с высотой 5 м и более неравномерность температурных полей и скорости движения воздуха в отопительный период могут снижать уровень комфорта вплоть до выхода за пределы, регламентируемые нормами. Решение данной проблемы является сложной инженерно-технической и архитектурно-планировочной задачей. Как один из вариантов повышения уровня комфорта предлагается установка «охранных» подогревателей, расположенных на горизонтальных элементах профиля блоков остекления.

В результате исследования выявлен положительный эффект от внедрения этих систем и выделены основные влияющие факторы, в числе которых место размещения, мощность нагревателя, применение декоративных элементов (панелей), расстояние отступа от нагревателя и угол наклона панели. Итого можно сделать вывод о перспективности дальнейших исследований для выбора оптимального конструктивного исполнения и параметров для различных геометрических характеристик помещения и теплофизических параметров ограждения и остекления, а также климатических условий и температурных режимов помещения. ●

1. Бодров В.И., Бодров М.В. Энергоэффективность систем обеспечения параметров микроклимата // Журнал СОК. 2015. №5. С. 66–69.
2. ГОСТ Р ИСО 23045–2013. Проектирование систем обеспечения микроклимата здания. — М.: Стандартинформ, 2014. 24 с.
3. Просвирина И.С., Маркин В.К. Влияние изменения микроклимата на физиологические показатели человека // Промышленное и гражданское строительство, 2012. №8. С. 48–49.
4. Бурмыкин В.В., Думанова В.С. Отечественный опыт применения светопрозрачных ограждающих конструкций в общественных зданиях // Высокие технологии в строительном комплексе, 2020. №2. С. 5–11.
5. Пасконов В.М., Полежаев В.П., Чудов Л.А. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена. — М.: Наука; Глав. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1984. 288 с.



## Осушение воздуха в системе приточной вентиляции для помещений с повышенной влажностью

В работе рассмотрен способ предотвращения образования конденсата в помещениях с повышенной влажностью, таких как бассейны, прачечные, цеха пищевых промышленных предприятий и т.д. Предложен способ снижения влажности в помещении включением в систему приточной вентиляции рекуперативного теплообменного аппарата, основанный на локальном снижении температуры воздуха ниже температуры точки росы.

**Авторы:** П.В. ЯКОВЛЕВ, д.т.н., профессор, кафедры «Теплотехника и теплоэнергетика», [Санкт-Петербургский горный университет \(Горный университет\)](#); И.С. ПРОСВИРИНА, старший преподаватель, кафедры «Инженерные системы и экология», [Астраханский государственный архитектурно-строительный университет \(АГАСУ\)](#)

Особенностью предлагаемого авторами способа является его адаптация к температуре окружающей среды. Определены основные принципы подбора оборудования на основе материального баланса испаряющейся воды и термического сопротивления ограждающих конструкций.

Конденсация влаги на поверхностях элементов остекления, стен, потолка и несущих конструкциях зданий приводит к увеличению теплопотерь и разрушению этих элементов. Обычно это элементы с наименьшим термическим сопротивлением или «тепловые мосты». Повышение эксплуатационных характеристик здания и срок его эксплуатации зависят от решения данной проблемы.

Образование конденсата на ограждающих конструкциях определяется температурой на внутренней поверхности ограждающих конструкций, температурой и влажностью воздуха в помещении. Последние два параметра определяют температуру точки росы. Если поверхность ограждающей конструкции имеет температуру ниже точки росы, то на ней выпадает конденсат. Решение проблемы возможно изменением указанных параметров. Повышение термического сопротивления ограждения позволяет снизить раз-

ность температур между воздухом и внутренней поверхностью, но последняя всегда будет ниже температуры воздуха. При влажности воздуха, близкой к  $\phi = 100\%$ , образование конденсата неизбежно.

Другим способом предотвращения образования конденсата является размещение в ограждении охранных подогревателей — таких же, как в ряде бытовых

**Повышение термического сопротивления ограждения позволяет снизить разность температур воздуха и внутренней поверхности, но последняя всегда будет ниже температуры воздуха**

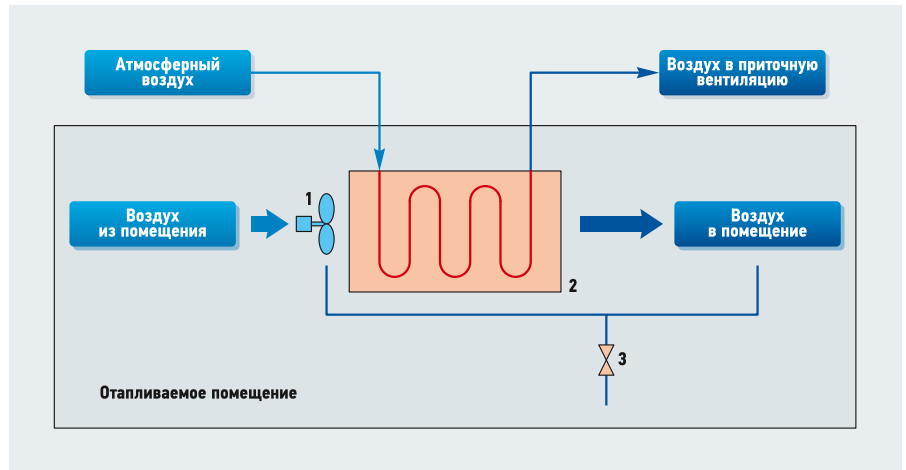
холодильников. Роль охранных подогревателей в последнем случае выполняют трубки конденсатора холодильной машины, которые не требуют значительных дополнительных затрат энергии. Несмотря на их эффективность, следует отметить повышение давления конденсации, появление в теплоизоляции источников тепла, увеличивающих теплопотери, к тому же подобная система приводит к удорожанию конструкции в целом.





Снижение температуры точки росы предполагает осушение воздуха. Это можно сделать самыми разнообразными способами, которые приводят к росту капитальных и эксплуатационных затрат. Одним из способов является охлаждение воздуха ниже температуры точки росы, сопровождающееся выпадением конденсата с последующим его нагревом, например, в калорифере. На этом принципе основано предлагаемое устройство (рис. 1).

Устройство состоит из камеры, через которую воздух помещения непрерывно циркулирует с помощью вентилятора 1, и воздуховода приточной вентиляции, по которому воздух с температурой окружающей среды поступает в рекуперативный воздухо-воздушный теплообменник 2.



❖ Рис. 1. Схема осушения воздуха в помещении (1 — циркуляционный вентилятор; 2 — рекуперативный воздухо-воздушный теплообменник; 3 — дренажный вентиль)



В теплообменнике приточный воздух нагревается, охлаждая циркулирующий воздух. Если температура поверхности теплообменника ниже температуры точки росы, на ней будет конденсироваться вода, то есть будет происходить осушение воздуха в помещении. Приточный воздух, поступая в помещение, нагревается до требуемой температуры системой отопления, или же, для повышения комфорта, часть тепловой нагрузки может быть передана дополнительному калориферу, устанавливаемому на выходе из камеры. Сконденсировавшаяся вода отводится дренажной системой 3. Следует отметить, что тепловой баланс помещения не изменяется, так как приточный воздух с этой системой или без неё должен нагреваться, попадая в помещение. Устройство требует минимальных затрат, в основном на привод низконапорного циркуляционного вентилятора.

Циркулирующий воздух из помещения охлаждается в процессе 1–3, при этом, при температуре полного насыщения воздуха, начинается выпадение конденсата. Затем происходит нагрев воздуха в калорифере, или если калорифер в системе не предусмотрен, происходит смешивание воздушных масс, причём пара-

метры смешения зависят от их соотношения, поэтому целесообразно размещение камеры вблизи зон потенциального выпадения конденсата, чтобы снизить степень разбавления.

В числе особенностей способа можно отметить адаптацию степени высушивания к параметрам окружающей среды. Плотность теплового потока  $q$  в теплообменном аппарате находится из уравнения теплопередачи:

$$q = \frac{\Delta \bar{t}}{\frac{1}{\alpha_1} + R_1 + R_{ст} + R_2 + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}), (1)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — коэффициенты теплоотдачи от тёплого и холодного воздуха к стенке, соответственно, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $R_1$  и  $R_2$  — термические сопротивления слоя загрязнений со стороны горячего и холодного теплоносителя, соответственно, м<sup>2</sup>·°C/Вт;  $R_{ст}$  — термическое сопротивление разделяющей теплоносителя твёрдой стенки ( $R_{ст} = \delta_{ст}/\lambda_{ст}$ ), м<sup>2</sup>·°C/Вт;  $\Delta \bar{t}$  — средний температурный напор, °C.

Теплообмен от осушаемого воздуха к стенке теплообменника описывается уравнением Ньютона-Рихмана:

$$q = \alpha_1 (t_{\text{возд}} - t_{ст}), \text{ Вт}/\text{м}^2. (2)$$

Из этого следует, что:

$$t_{ст} = t_{\text{возд}} - \frac{\Delta \bar{t}}{\left( \frac{1}{\alpha_1} + R_1 + R_{ст} + R_2 + \frac{1}{\alpha_2} \right) \alpha_1}. (3)$$

Учитывая, что  $\Delta \bar{t}$  зависит от разности температур в помещении и окружающей среды, получим очевидный результат, что чем ниже внешняя температура, тем ниже температура поверхности теплообменника и больше осушающий эффект. Аналогичные уравнения могут быть записаны и для ограждения, и можно видеть, что вероятность появления зон конденсации на ограждении увеличивается с понижением температуры окружающей среды.

В результате мы получили два взаимосвязанных процесса: чем ниже температура окружающей среды и чем больше потребность в удалении влаги, тем эффективнее работает система осушения воздуха. То есть понижение температуры окружающей среды приводит к снижению температуры поверхности, и одновременно понижается температура точки 3 — температура точки росы.

### Заключение

Рассмотренная схема осушения воздуха в помещениях с повышенной влажностью может эффективно использоваться как часть системы приточной вентиляции и не требует значительных капитальных и эксплуатационных затрат.

Эффект саморегулирования системы не требует применения автоматизации, снижая стоимость и повышая надёжность здания в целом.

Место установки устройства и его взаимодействие с воздушными потоками в помещении зависит от геометрии помещения, особенностей вентиляции и источников влаги и является предметом дальнейшего исследования. ●



# Возобновляемая энергетика России в 2020 году. Обзор

Развитие возобновляемой энергетики (ВЭ) является одним из ведущих трендов мировой энергетики. В области электрогенерации итоги её развития в 2020 году, по данным Международного экспертного сообщества по возобновляемой энергетике REN21 ([ren21.net](http://ren21.net)) и Института экологических технологий AEE INTEC ([aee-intec.at](http://aee-intec.at)), представлены на рис. 1, где приведены значения установленной мощности и выработанной электрической энергии в гидроэнергетике, ветроэнергетике, фотоэнергетике, геотермальной энергетике и биоэнергетике. В электрогенерации наибольших результатов достигла гидроэнергетика: установленная мощность 1170 ГВт, годовая выработка — 4370 ТВт·ч/год. Для ветроэнергетики эти значения составляют 743 ГВт и 1743 ТВт·ч/год, для солнечной энергетики — 708 ГВт и 901 ТВт·ч/год, соответственно, для биоэнергетики выработка электроэнергии равна 602 ТВт·ч/год, для геотермальной энергетике при установленной мощности 14 ГВт годовая выработка достигла 94,7 ТВт·ч/год.

В области теплоснабжения, по данным тех же организаций, на рис. 2 представлены значения установленной мощности и выработанной тепловой энергии

в 2020 году с использованием энергии биомассы, солнечной и геотермальной энергии. Наибольшим количеством тепловой энергии отличается теплогенерация на основе энергии биомассы — 4323 ТВт·ч/год. Установленные мощности и выработки тепловой энергии солнечного теплоснабжения составили 501 ГВт и 407 ТВт·ч/год, геотермального теплоснабжения — 108 ГВт и 284 ТВт·ч.

**При общей выработке всеми электростанциями России за 2020 год 1047 ТВт·ч (100 %) электроэнергии, возобновляемой энергетикой было произведено 210 ТВт·ч (20,1 %), в том числе ГЭС — 207,4 ТВт·ч (98,7 %), СЭС — 1,98 ТВт·ч (0,8 %) и ВЭС — 1,38 ТВт·ч (0,5 %)**

Развитие возобновляемой энергетики в России осуществляется на основании Федерального закона «Об электроэнергетике» от 26 марта 2003 года №35-ФЗ, поправки в который регламентируют сооружение ветроэлектростанций (ВЭС), сол-

Рецензия эксперта на статью получена 19.01.2022 [The expert review of the article received on January 19, 2022].

УДК 620.92. Научная специальность: 05.14.08.

## Возобновляемая энергетика России в 2020 году. Обзор

**В.А. Бутузов**, д.т.н., Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина (КубГАУ, г. Краснодар)

Представлены мировые данные (2020 года) Международного экспертного сообщества по возобновляемой энергетике REN21 и Института экологических технологий AEE INTEC (Австрия). В России на 1 января 2021 года общая установленная мощность возобновляемой энергетики (ВЭ) с учётом всей гидроэнергетики составила 52,73 ГВт (21,47 %), выработка электрической энергии — 210 ТВт·ч/год (20,1 %). Описано состояние российского рынка возобновляемой энергетики, роль правительства в его формировании и регулировании. Представлены результаты деятельности в 2020 году СЭС (1700 МВт; 1980 ГВт·ч/год), ВЭС (1030 МВт; 1380 ГВт·ч/год), малой гидроэнергетики (1182 МВт), солнечного теплоснабжения (70 МВт), геотермальной энергетике (электрогенерация — 84 МВт, 427 ГВт·ч/год; теплоснабжение — 110 МВт, 280 ГВт·ч/год), БиоЭС — 65,2 ГВт·ч/год, био-теплогенерации — 29 836 ГВт·ч/год.

**Ключевые слова:** гидроэнергетика, солнечная энергетика, биоэнергетика, геотермальная энергетика, теплогенерация на биомассе, солнечное теплоснабжение, геотермальное теплоснабжение, возобновляемая энергетика (ВЭ), планы «ДЛПМ ВИЭ 1.0 и 2.0», сетевая ВЭ, розничный рынок ВЭ, ВЭ удалённых энергорайонов, «зелёные» сертификаты, рынок микрогенерации.

UDC 620.92. The number of scientific specialty: 05.14.08.

## Renewable energy in Russia in 2020. An overview

**V. A. Butuzov**, Doctor of Technical Sciences, [Trubilin Kuban State Agrarian University](http://Trubilin Kuban State Agrarian University) (Kuban SAU, Krasnodar city)

The world data of the 2020 of the International Agency for Renewable Energy REN21 and the Institute for Environmental Technology AEE INTEC (Austria) are presented. In Russia, as of January 1, 2021, the total installed capacity of renewable energy (RE), taking into account all hydropower, amounted to 52.73 GW (21.47 %), electricity generation — 210 TWh/year (20.1 %). The state of the Russian renewable energy market, the role of the government in its formation and regulation are described. The results of activities in 2020 of solar power plants (1700 MW; 1980 GWh/year), wind farms (1030 MW; 1380 GWh/year), small hydropower (1182 MW), solar thermal (70 MW), geothermal energy (electricity generation — 84 MW, 427 GWh/year; heat supply — 110 MW, 280 GWh/year), BioPP — 65.2 GWh/year, biothermal generation — 29 836 GWh/year are presented.

**Key words:** hydropower, solar energy, bioenergy, geothermal energy, biomass heat generation, solar heat supply, geothermal heat supply, renewable energy, Renewable Energy Capacity Supply Agreement 1.0 and 2.0, grid renewable energy, retail renewable energy market, renewable energy in remote energy districts, green certificates, microgeneration market.

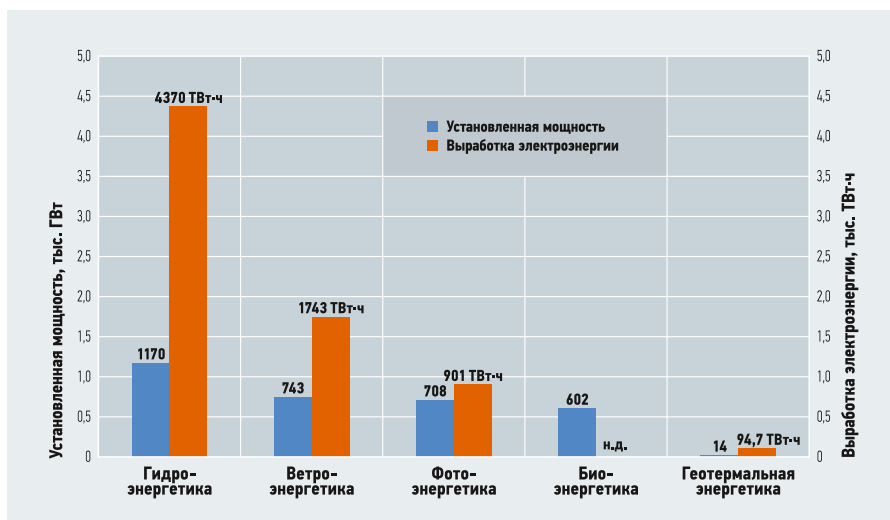


Рис. 1. Установленные мощности и выработка электроэнергии в мире на основе ВИЭ в 2020 году

нечных электростанций (СЭС), малых гидроэлектростанций (МГЭС) и других видов ВЭ. Статистика установленных мощностей и выработанной электрической энергии электростанциями РФ в 2020 году представлена в отчётах функционирования компании «Системный оператор Единой энергетической системы России» (АО «СО ЕЭС», so-ups.ru). На 1 января 2021 года суммарная установленная мощность всех электростанций РФ составляла 245,3 ГВт (100%), в том числе гидроэлектростанций (ГЭС) — 50 ГВт (20,38%), солнечных электростанций — 1,7 ГВт (0,7%); ветроэлектростанций — 1,03 ГВт (0,42%). Возобновляемая энергетика России, включая большую и малую гидроэнергетику, имела общую установленную мощность 52,73 ГВт или 21,45% от суммарной мощности всех электростанций страны. При общей выработке всеми электростанциями РФ за 2020 год 1047 ТВт·ч (100%) электрической энергии, возобновляемой энергетикой было произведено 210 ТВт·ч (20,1%), в том числе ГЭС — 207,4 ТВт·ч (98,7%), СЭС — 1,98 ТВт·ч (0,8%) и ВЭС — 1,38 ТВт·ч (0,5%). На рис. 3 представлены указанные значения установленных мощностей

и выработанной в 2020 году электрической энергии ГЭС, СЭС и ВЭС. Официальная статистика по установленной мощности теплоснабжения с использованием ВИЭ и выработанной ими тепловой энергии в 2020 году в России отсутствует. В 2021 году изменился критерий значения мощности ГЭС — Распоряжением Правительства РФ от 1 июня 2021 года №1446 максимальное значение установленной мощности было увеличено до 50 МВт.

### Рынок возобновляемой энергетики

Современный российский рынок ВЭ создавался с 2007 года посредством внесения изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» №35-ФЗ. Постановлением Правительства РФ от 23 января 2015 года №47 был определён действовавший до 2021 года порядок поддержки ВЭ на оптовом и розничном рынках электроэнергии, а также в территориально изолированных энергорайонах (план «ДПМ ВИЭ 1.0»). Инвесторы на оптовом рынке определялись Администратором торговой системы (АТС) на конкурсной основе по следующим критериям: капитальным затратам на 1 кВт установленной мощности и проценту локализации производства оборудования, а также коэффициенту использования установленной мощности (КИУМ). Правительство обязало региональные сетевые компании закупать электроэнергию ВЭ для компенсации до 5% прогнозируемых потерь в электрических сетях. С победителями конкурса заключались договоры с гарантией рентабельности 12% и с выгодными тарифами на вырабатываемую энергию.

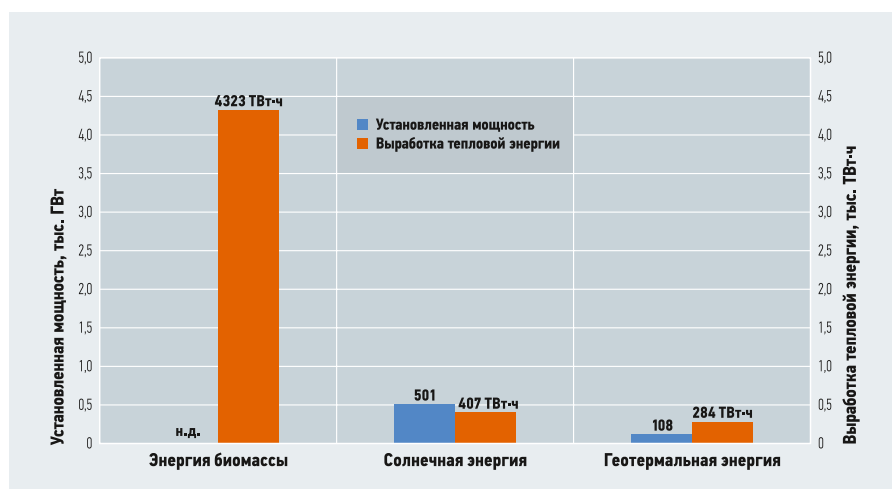


Рис. 2. Установленные мощности и выработка тепловой энергии в мире на основе ВИЭ в 2020 году

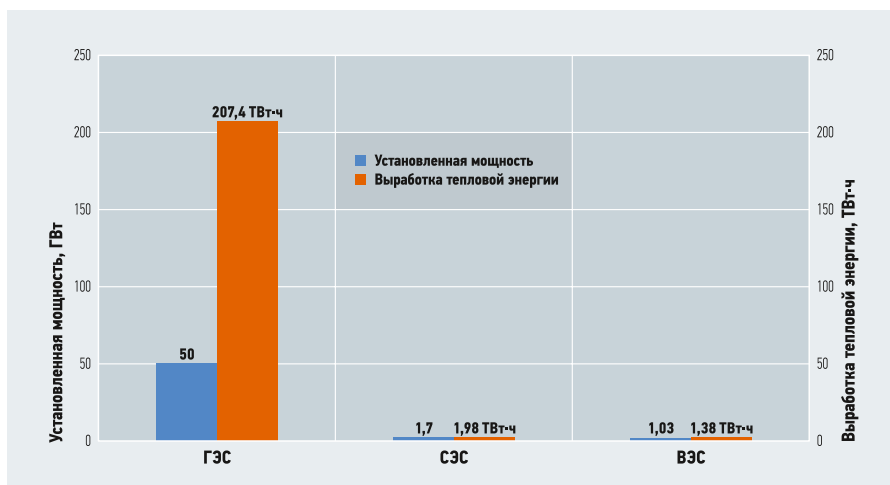


Рис. 3. Установленные мощности и выработка электрической энергии в 2020 году возобновляемой энергетикой Российской Федерации (по данным АО «СО ЕЭС»)

В 2021 году Распоряжением Правительства РФ от 1 июня 2021 года №1446 были внесены изменения в №35-ФЗ с утверждением нового плана «ДПМ ВИЭ 2.0». Его срок продлён до 2035 года, а мощность электрогенерации с использованием ветровой, солнечной и малой гидравлической энергии возросла до 12 ГВт. Новым критерием стал показатель эффективности электростанции (одноставочной цены) вместо ранее действовавших удельных капиталовложений на 1 кВт мощности. Требования плана «ДПМ ВИЭ 2.0» предусматривают также возможность изменения установленной мощности и ужесточение требований по изменению местонахождения [1].



На розничном рынке электроэнергии для регулирования возобновляемой энергетики Постановлением Правительства РФ от 29 августа 2020 года №1298 отбор проектов ВЭ для «Схем и программ развития электроэнергетики регионов» (СИПР) производится по плановой стоимости 1 МВт·ч (по одноставочному тарифу). Сетевые компании обязаны заключать договоры купли-продажи электроэнергии с инвестором ВЭ, включённым в СИПР до ввода электростанции в эксплуатацию.

Для 23 территориально удалённых энергорайонов в 2020 году Минэнерго России разработало план модернизации неэффективных электростанций с общей установленной мощностью 791 МВт, большая часть (70%) которых находится в Якутии, Камчатском и Красноярском краях, Ямало-Ненецком АО. АНО «Агентство Дальнего Востока по привлечению инвестиций и поддержке экспорта» разработало «Концепцию по привлечению частных инвестиций в развитие распределённой энергетики на изолированных и труднодоступных территориях».

ПАО «РусГидро» в 2020 году организовало конкурс по развитию распределённой энергетики в Якутии на основе энергосервисных контрактов. Его победителем стало ООО «Комплексные энергетические решения». Договор с ним предусматривает строительство шести солнечно-дизельных электростанций общей мощностью СЭС 2,3 МВт.

28 сентября 2021 года Наблюдательный совет Ассоциации «НП Совет рынка» одобрил разработку системы добровольного использования в России различных видов «зелёных» инструментов для подтверждения производимой электроэнергии на основе ВИЭ взамен двухсторонних договоров и сертификатов международ-

ной системы I-REC. С 2018 года в России уже заключались подобные свободные двухсторонние договоры — в 2021-м они были подписаны с компаниями Procter & Gamble и ООО «ОХК «Щёкиноазот» (обе располагаются в Тульской области). Потенциальный рынок таких сертификатов оценивается в 224 млн МВт·ч в год.

Перспективы рынка ВЭ в микроэлектротрогенерации в ближайшие пять лет оцениваются в 150–200 МВт·ч в год. Федеральным законом «О внесении изменений в Федеральный закон “Об электроэнергетике” в части развития микрогенерации» от 27 декабря 2019 года №471 предусмотрена установка микрогенерации, в том числе на основе ВЭ, у частных и юридических лиц с возможностью продажи излишек электроэнергии в электросети. Постановлением Правительства РФ от 2 марта 2021 года №299 регламентирован механизм реализации этого закона.



•• Солнечная электростанция (60 кВт) в селе Батамай (Кобяйский улус, Республика Якутия)

## Солнечная энергетика

Солнечная энергетика в России развивается по двум основным направлениям: электроэнергетика с прямым преобразованием солнечного излучения в электрическую энергию (фотоэнергетика) и солнечное теплоснабжение. Фотоэнергетика в основном представлена сетевыми солнечными электростанциями (СЭС), автономными и солнечно-дизельными СЭС. Россия имеет также развитую космическую солнечную энергетика. В настоящее время лидером возобновляемой энергетики России является сетевая фотоэнергетика. В статье [2] представлен обзор её развития. На 1 января 2021 года установленная электрическая мощность сетевых СЭС составляла 1700 МВт, а за 2020 год

## Фотоэнергетика в РФ в основном представлена сетевыми солнечными электростанциями (СЭС), автономными и солнечно-дизельными СЭС. Россия имеет также развитую космическую солнечную энергетика

ими было выработано 1,98 ТВт·ч [1]. Основными инвесторами сооружения сетевых СЭС являются ГК «Хевел» (743 МВт), ООО «Солар Системс» (365 МВт), а также ПАО «Т-Плюс» (190 МВт).

Основное производство фотоэлектрических модулей (ФЭМ) ГК «Хевел» организовала в городе Новочебоксарске в Чувашии. В 2020 году этот инвестор построил СЭС общей мощностью 189 МВт, в том числе в Калмыкии — Малодербетовскую СЭС (45 МВт) и третью очередь Яшкульской СЭС (25 МВт), в Саратовской обла-

Фото: News.Ykt.Ru, АО «Сахаэнерго»

сти — Дергачёвскую СЭС (25 МВт), в Бурятии — Торейскую СЭС (45 МВт), в Омской области — Нововаршавскую СЭС (30 МВт). В 2021 году введена в эксплуатацию вторая очередь СЭС «Лукойл — Волгоград нефтепереработка» (20 МВт).

Вторым по объёмам строительства СЭС инвестором в России является ООО «Солар Системс» — производство фотоэлектрических модулей расположено в городе Подольске Московской области. В 2020 году этой организацией были введены в эксплуатацию СЭС общей мощностью 105 МВт, в том числе в Волгоградской области СЭС «Светлая» (25 МВт), СЭС «Лучистая» (25 МВт), СЭС «Астерион» (15 МВт); в Башкирии — Стерлибашевская СЭС (25 МВт); в Ставропольском крае — шестая очередь Старомарьевской СЭС (15 МВт), СЭС «Медведица» (25 МВт).

На третьем месте среди инвесторов — ПАО «Т-Плюс». В 2020 году предприятие ввело в эксплуатацию в Оренбургской области СЭС «Сатурн» (30 МВт) с двухсторонними фотоэлектрическими модулями.

В России разработкой ФЭМ в основном занимается Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе (ФТИ, г. Санкт-Петербург). В статье [3] выполнен обстоятельный обзор, в том числе отечественных научных школ и производств ФЭМ в России. Космическая фотоэнергетика имеет свою специфику. НПО «Квант» (г. Москва) и ПАО «Сатурн» (г. Краснодар) в сотрудничестве с ФТИ ведут разработки и изготовление ФЭМ для космической энергетике. Исследованием совместной работы СЭС и энергосистем занимается Институт системных энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН, г. Москва) [4].

Солнечное теплоснабжение в современной России в отличие от советского периода практически не развивается [5]. Установленная мощность гелиоустановок в 2020 году оценивалась в 70 МВт [6]. Исследованиями занимаются Объединённый институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН, г. Москва), Лаборатория ВИЭ МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва), Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар). Проектирование гелиоустановок в основном ведут ООО «Новый Полюс» (г. Москва) и ООО «Энерготехнологии-Сервис» (г. Краснодар) [6]. Солнечные коллекторы (СК) по полному технологическому циклу, в том числе абсорберы, производит ООО «Новый Полюс». В номенклатуру этого производства входят жидкостные плоские и трубчатые вакуумные, воздушные и комбинированные СК. Второй



российский производитель — АО «ВПК «НПО Машиностроения» — в 2020–2021 годах производил сборку жидкостных плоских СК «Сокол-Эффект» из импортных комплектующих с медными и алюминевыми абсорберами. Монтажом гелиоустановок в основном занимается ООО «Новый Полюс».

**В современной России солнечное теплоснабжение, в отличие от советского периода, практически не развивается. Установленная мощность гелиоустановок в 2020 году оценивалась в 70 МВт. Исследованиями занимаются Объединённый институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН, г. Москва), Лаборатория ВИЭ МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва), Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)**

### Ветроэнергетика

В России в настоящее время развитие получили преимущественно сетевые ВЭС. В небольшом количестве сооружаются ветродизельные станции (ВДС) и малые ветроэлектрические установки (ВЭУ) единичной мощностью до 50 кВт. На 1 января 2021 года суммарная установленная мощность сетевых ВЭС составляла 1030 МВт (рис. 3), а выработка электрической энергии за 2020 год — 1,38 ТВт·ч. Тремя основными инвесторами на рынке ветроэнергетики являются: Фонд развития ветроэнергетики (ФРВ), АО «НовоВинд», партнёрство ПАО «Энел Рус» и компании Siemens Gamesa. Учреждённый УК «Роснано» и ПАО «Фортум» ФРВ взял за основу редуторную схему ВЭУ датской фирмы

Vestas и с 2019 года развернул производство гондол в городе Нижний Новгород, лопастей в городе Ульяновске и башен в городе Таганроге.

На 1 января 2021 года ФРВ построил ВЭС общей мощностью 599 МВт. В 2020 году в Ростовской области им были построены Каменская ВЭС (100 МВт), Сулинская ВЭС (100 МВт), Гуковская ВЭС (100 МВт), первая очередь Казачей ВЭС (50 МВт), в Калмыкии — Салынская (100 МВт) и Целинская ВЭС (100 МВт). В 2021 году велось строительство ВЭС в Волгоградской и Астраханской областях общей мощностью 445 МВт. До 2024 года ФРВ планирует строительство ВЭС суммарной мощностью 1800 МВт.

Вторая по объёмам сооружения ВЭС — компания АО «НовоВинд», учреждённая госкорпорацией «Росатом», имеет базовую безредукторную конструкцию датской компании Lageway. АО «НовоВинд» с 2020 года организовало производство генераторов, гондол, ступиц, обтекателей на заводе «Атоммаш» и башен на заводе «Ветростройдеталь» в городе Волгодонск. В 2020 году АО «НовоВинд» построило Адыгейскую ВЭС мощностью 150 МВт, а в 2021 году — самую мощную на 1 октября 2021 года российскую ВЭС — Кочубеевскую в Ставропольском крае мощностью 201 МВт. До 2024 года АО «НовоВинд» планирует сооружение ВЭС суммарной мощностью 1000 МВт.

Третье по объёмам строительства ВЭС — партнёрство ПАО «Энел Рус» и компании Siemens Gamesa — за основу приняло редуторную схему ВЭС Siemens Gamesa и в 2019 году организовало сборочное производство в городе Санкт-Петербурге. На 1 января 2021 года партнёрство построило ВЭС общей мощностью 90 МВт, а до 2024 года планирует сооружение ВЭС общей мощностью 300 МВт.



Фото: ПАО «РусГидро», rushydro.ru

Малая Зеленчукская ГЭС-ГАЭС на реке Большой Зеленчук (Республика Карачаево-Черкесия)

В северных и труднодоступных районах в составе изолированных энергосистем работают ветродизельные станции (ВДС) [7]. В Камчатском крае на острове Беринга с 1996 года эксплуатируется Никольская ВДС мощностью 550 кВт, на Камчатке работает Усть-Камчатская ВДС мощностью 1175 кВт и с 2013 года — Октябрьская ВДС мощностью 3,3 МВт. На Курильском острове Кунашир с 2015 года успешно эксплуатируется Новиковская ВДС мощностью 450 кВт. В Якутии в посёлке Тикси в 2018 году построена ВДС мощностью 900 кВт.

Всего в изолированных энергосистемах работают сотни малых ВЭУ единичной мощностью менее 50 кВт отечественного и зарубежного производства. В целом, в нашей стране единичные экземпляры ВЭУ разрабатывают и выпускают около десятка частных фирм.

В России выполнены исследования ветроэнергетического потенциала страны. Для сооружения сетевых ВЭС эту работу ведёт в том числе д.т.н. В.Н. Николаев [8]. Для ВДС в Арктике, в условиях ограниченных климатических данных, разработкой арктических ВЭУ занимается д.т.н. В.В. Елистратов [9]. Разработкой малых ВЭУ занимается к.т.н. С.В. Грибков [7]. Исследования работы ВЭС и ВДС в составе энергосистем выполняет д.т.н. П.В. Илюшин [4].

### Малая гидроэнергетика

В 2021 году максимальная установленная мощность малых гидроэлектростанций (МГЭС) Распоряжением Правительства РФ увеличена до 50 МВт. В соответствии с данными справочника [10] и «Отчёта о функционировании ЭЭС России», с учётом указанного выше критерия суммарная установленная мощность МГЭС РФ



Фото: АО «Геотерм», ПАО «РусГидро», rushydro.ru

Мутновская ГеоЭС (Камчатский край) — крупнейшая геотермальная электростанция России

в 2020 году составляла 1182 МВт. В 2021-м велось строительство четырёх МГЭС общей мощностью 70 МВт: Красногорские №1 и №2 в Карачаево-Черкессии, Псыгансу в Кабардино-Балкарии, Башенная в Чеченской Республике.

Тройку лидеров-инвесторов в 2021 году составили ПАО «РусГидро» (100 МВт), АО «Норд Гидро» (49 МВт), ООО «Юж-энергострой» (24 МВт). Проектирование и строительство МГЭС в основном выполняют ПАО «РусГидро» (г. Москва) и ООО «ИНСЭТ» (МНТО ИНСЭТ было основано в 1988 году в г. Санкт-Петербург). С 1993 по 2020 годы эта организация изготовила оборудование и построила 92 МГЭС общей мощностью 23 МВт.

В 2021 году ООО «ИНСЭТ» были разработаны технико-экономическое обоснование (ТЭО) МГЭС мощностью 2 МВт на острове Парамушир (Курилы), три проекта МГЭС, введены в эксплуатацию восемь МГЭС.

### Геотермальная энергетика

В современной России геотермальная энергетика представлена электрогенерацией, теплоснабжением на основе глубоких (более 400 м) скважин и теплоснабжением с использованием поверхностных геотермальных ресурсов. Петрогеотермальная энергетика с использованием тепла «сухих» горных пород в России не получила распространения.

Для геотермальной энергетике необходимы высокотемпературные пароводяные месторождения, которые в РФ на доступных для эксплуатации глубинах имеются только на Камчатке и на Курильских островах. Там в настоящее время разведаны четыре пароводяных месторождения с подтверждёнными запасами 40,7 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Исследованием геотермальных месторо-

ждений этого региона занимается в основном Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН (ИВиС ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский). В статье [11] этого института дана оценка геотермальных ресурсов, в том числе пароводяных месторождений Камчатки. Исследованием пароводяных геотермальных месторождений и скважин занимается д.т.н. А.Н. Шулюпин из Института горного дела ДВО РАН (г. Хабаровск). Добычу геотермального пароводяного теплоносителя в основном производит на Паужетском месторождении — АО «Тепло Земли» (пос. Елизово, Камчатский край) и на Мутновском — филиал «Возобновляемая энергетика» ПАО «Камчатскэнерго» (г. Петропавловск-Камчатский). В 2020 году в России было добыто 13 млн тонн геотермального пара.

В 2021 году в России эксплуатировалось четыре геотермальных электростанции (ГеоЭС) общей установленной мощ-

ностью 84 МВт, самой мощной (50 МВт) из которых является Мутновская ГеоЭС на Камчатке. На российских ГеоЭС в основном применяется прямой энергоцикл с непосредственной подачей геотермального пара в турбины. По итогам 2020 году суммарная выработка электрической энергии всеми российскими ГеоЭС составила 427 ГВт·ч/год. На Паужетской ГеоЭС построен, но не введён в эксплуатацию бинарный энергоблок мощностью 2,5 МВт. Исследованием геотермальной энергетики в основном занимается ООО «Геотерм-М» (г. Москва) — разработчик технологии и проектов Мутновской и Верхне-Мутновской ГеоЭС, Паужетского бинарного энергоблока [12] — и Институт вулканологии и сейсмологии. Сопровождение эксплуатации оборудования ГеоЭС ведёт его изготовитель — Камчатский турбинный завод (КТЗ).

**Высокотемпературное геотермальное теплоснабжение в системах теплоснабжения**, как правило, подразумевает применение теплоносителя с температурами более 70 °С. В России разведано 62 высокотемпературных геотермальных месторождений с запасами 268 тыс. м<sup>3</sup>/сут. на Камчатке, в Дагестане, Адыгее, в Краснодарском, Ставропольском краях. Эти месторождения были разведаны и разбурены в советское время. В наши дни разведку новых месторождений продолжает АО «Тепло Земли» на Камчатке. Исследования водяных геотермальных месторождений выполняют АО «Тепло Земли» (Камчатка, Курилы), Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики (ИПГ и ВЭ) — филиал ОИВТ РАН (г. Махачкала). Владелицами на разработку и эксплуатацию месторождений на Камчатке — АО «Тепло Земли», в Дагестане — ООО «Геозопротм» (г. Махачкала), в Краснодарском, Ставропольском краях и в Адыгее — АО «Нефтегазгеотерм» (пос. Мостовской, Краснодарский край). В 2020 году из 161 скважины этих месторождений было добыто 35 млн м<sup>3</sup>. Способ добычи — фонтанный.

В 2020 году в России эксплуатировались геотермальные системы теплоснабжения с общей установленной тепловой мощностью 110 МВт, с реализацией тепловой энергии 280 МВт·ч/год. В этих системах работали 20 термораспределительных станции (ТРС), а общая протяжённость тепловых сетей составила 280 км. ТРС выполнены в основном по одноконтурной схеме. Исследованиями, разработкой и сопровождением эксплуатации геотермальных систем теплоснабжения занимается ООО «Геотерм-М» и ООО «Энерготехнологии-Сервис» (г. Краснодар).



**Геотермальное теплоснабжение с тепловыми насосами (ТН).** Поверхностные геотермальные ресурсы нашей страны с глубиной скважин до 400 м и с температурами до 50 °С во второй половине XX века были исследованы д.г.-м.н. Ю.Д. Дядькиным и д.т.н. Э.И. Богуславским. В книге [13] приведены обзорные карты территории страны и распределение температур на глубинах от 40 до 200 м. Там же представлена методика определения количества тепловой энергии, поступающей к скважинам поверхностной геотермии. В работе [14] д.т.н. Г.П. Васильевым изложен метод математического моделирования тепловых режимов неглубоких скважин.

**Высокотемпературное геотермальное теплоснабжение подразумевает применение теплоносителя с температурами более 70 °С. В России разведано 62 высокотемпературных геотермальных месторождений с запасами 268 тыс. м<sup>3</sup>/сут.**

В статье [15] представлен анализ технологий геотермального теплоснабжения в России. Относительно низкие температуры грунтов на глубинах до 400 м обуславливают необходимость применения ТН. Однако в условиях отсутствия государственной поддержки в настоящее время в России нет полноценного рынка геотермальных тепловых насосов. Их установкой и сооружением скважин занимается около 50 частных предприятий, а статистика их эксплуатации отсутствует.

Ассоциация «Зелёный киловатт» в работе [16] представила перечень объектов с успешно работающими геотермальными теплонасосными системами. В 2021

году компания «Термекс» (г. Тосно, Ленинградская область) приступила к производству геотермальных тепловых насосов мощностью до 56 кВт.

### Биоэнергетика

Федеральный закон «Об электроэнергетике» №35-ФЗ (в редакции от 29 декабря 2017 года) предусматривает использование ВИЭ, в том числе: биомассы, включающей в себя специально выращенные для получения энергии растения (в том числе деревья), а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива; биогаз; газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов; газ, образующийся на угольных шахтах.

В Минэнерго РФ с 2001 по 2010 годы д.т.н. П.П. Безруких на основе статотчётности по форме №6-ТП Росстата велась работа по обобщению опыта, в том числе электро- и теплогенерации на основе сжигания биомассы. В 2002 году в России работали 24 электростанции с совместным использованием биомассы и ископаемого топлива суммарной установленной мощностью 1367 МВт, при этом 607 МВт из них работали на биомассе с выработкой 2426 млн кВт·ч/год электрической и 12,4 млн МВт·ч/год тепловой энергии.

В новом «Плане развития возобновляемой энергетики до 2035 года» («ДПМ ВИЭ 2.0»), утверждённом Постановлением Правительства РФ от 1 июня 2021 года №1446, не установлены задания по генерации электроэнергии на основе биомассы. По результатам 2020 года Ассоциация «НП Совет рынка» (np-sp.ru) привела данные выработки электроэнергии на БиоЭС — 65,2 ГВт·ч/год, в том числе на основе биомассы и её отходов — 39,03 ГВт·ч/год; биогаза — 25,06 ГВт·ч/год; свалочно-го газа — 1,15 ГВт·ч/год.

По установленной мощности БиоЭС обобщённые данные в настоящее время отсутствуют. На 1 октября 2021 года в перечне квалифицированных объектов Минэнерго России, работающих на основе биомассы и отходов, была указана только мини-ТЭЦ «Белый Ручей» в Вологодской области установленной электрической мощностью 6 МВт и тепловой — 49 МВт (отходы древесины). С 2009 года в городах Морозовск и Миллерово Ростовской области работают две мини-ТЭЦ мощностью по 6 МВт с сжиганием лужки подсолнечника. В указанном перечне Минэнерго приведены данные только двух БиоЭС с сжиганием биогаза. Работающая с 2012 года биогазовая станция (БГС) «Байцуры» мощностью 1 МВт построена в селе Грузкое Белгородской области. В той же области в Лучковском сельском поселении работают две БГС мощностью 3,6 МВт. В числе квалифицированных объектов также БиоЭС на свалочном газе полигона ТБО в посёлке Новый Свет Ленинградской области.

Для теплоснабжения в России используются в основном следующие виды биомассы: дрова, отходы древесины и сельскохозяйственного производства. Согласно «Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года» (Распоряжение Правительства РФ от 1 февраля 2021 года №312), в 2019 году в стране было заготовлено 14 млн плотных кубометров дров, что эквивалентно количеству тепловой энергии 29 тыс. кВт-ч/год. По данным О. Ракитовой [17], из общего количества отходов лесозаготовки (23 млн тонн) и деревопереработки (20 млн тонн) для использования в теплоснабжении актуальны топливная щепа, топливные брикеты и пеллеты (топливные гранулы). Топливная щепа в России пока не получила широкого применения. Производством топливных брикетов в 2019 году в России занимались 280 предприятий с годовым объёмом производства 450 тыс. тонн (при внутреннем потреблении 230 тыс. тонн), что эквивалентно 748 ГВт-ч/год.

Пеллеты (топливные гранулы) в 2019 году в России производились на 300 заводах в объёме 1,9 млн тонн (в 2020 году — 2,2 млн тонн) при внутреннем потреблении не более 5%. Общее годовое количество тепловой энергии пеллет оценивается в 88 ГВт-ч/год. Таким образом, суммарное количество тепловой энергии при сжигании дров, топливных брикетов и пеллет в 2019 году составило 29836 ГВт-ч/год, при этом доля дров — 97%.

Крупнейшие котельные на древесных отходах работают на заводах швейцарской фирмы Swiss Kroно в посёлке Велжунный

**Согласно «Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года» (Распоряжение Правительства РФ от 1 февраля 2021 года №312), в 2019 году в стране было заготовлено 14 млн плотных кубометров дров, что эквивалентно количеству тепловой энергии 29 тыс. кВт-ч/год**

Шарьинского района Костромской области мощностью 96 МВт и шведской фирмы IKEA в деревне Подберёзье Новгородской области мощностью 85,5 МВт [18].

Наибольшее количество котельных на дровах и отходах работают в Архангельской области. В 2019 году, по данным интернет-ресурса infobio.ru, там эксплуатировались 650 котельных установленной мощностью 3000 МВт (100%), в том числе 420 на дровах общей мощностью 1110 МВт (37%), в которых ежегодно сжигалось 260 тыс. тонн топлива. В этом регионе работает самая мощная в России пеллетная котельная в посёлке Катунино Приморского района мощностью 20 МВт. Древесное топливо активно используется в соседних с Архангельской областью Карелии, в Вологодской, Ярославской и Костромской областях. В посёлке Импилахти в Карелии ООО «Сетлес» с 2007 года эксплуатирует котельную со сжиганием древесной коры мощностью 10 МВт с котлами финской компании «Вяртелла». В Хабаровском крае из 400 муниципальных котельных на древесине работают 60 котельных (15%) общей мощностью 107 МВт.

В России технологии сжигания дров и древесных отходов развивались с 1930-х годов в основном двумя научными центрами: Всероссийский теплотехнический институт (ныне ОАО «ВТИ», г. Москва) и Центральный научно-исследователь-

ский и проектно-конструкторский котлотурбинный институт им. И.И. Ползунова (ныне НПО «ЦКТИ», г. Санкт-Петербург). Там были разработаны конструкции котлов с неподвижными и механически колосниковыми шахтными топками и с факельным сжиганием измельчённого топлива. В этих котлах в основном применяются две технологии: прямого сжигания и пиролиза.

В 2021 году в стране котлы на дровах, пеллетах, брикетах, древесных отходах производились десятком заводов. Например, компания «Автоматик-Лес» (г. Ковров, Владимирская область) выпускает котлы на опилках, щепе, коре и древесных отходах тепловой мощностью от 200 кВт до 10 МВт; пеллетные автоматизированные котлы мощностью от 15 до 250 кВт, самоочищающиеся пеллетные горелки. На рис. 4 и 5 представлены значения мощностей и выработанной годовой энергии электро- и теплогенерацией России в 2020 году.

**Выводы**

1. Российский рынок ВЭ в области электрогенерации создан в основном мерами государственного стимулирования по программе «ДПМ ВИЭ 1.0». В новом плане «ДПМ ВИЭ 2.0», как и в предыдущем, до 2035 года предусмотрено развитие только СЭС, ВЭС и МГЭС. В то же время в России успешно работают несколько ГеоЭС, стоимость электроэнергии которых вдвое ниже топливных ТЭС (Мутновская ГеоЭС на Камчатке). Там же разведаны перспективные геотермальные месторождения, выполнены проекты новых ГеоЭС. В настоящее время в стране отсутствует рынок теплоснабжения с использованием ВИЭ, меры господдержки не разработаны. При больших объёмах сжигания древесины и её отходов для

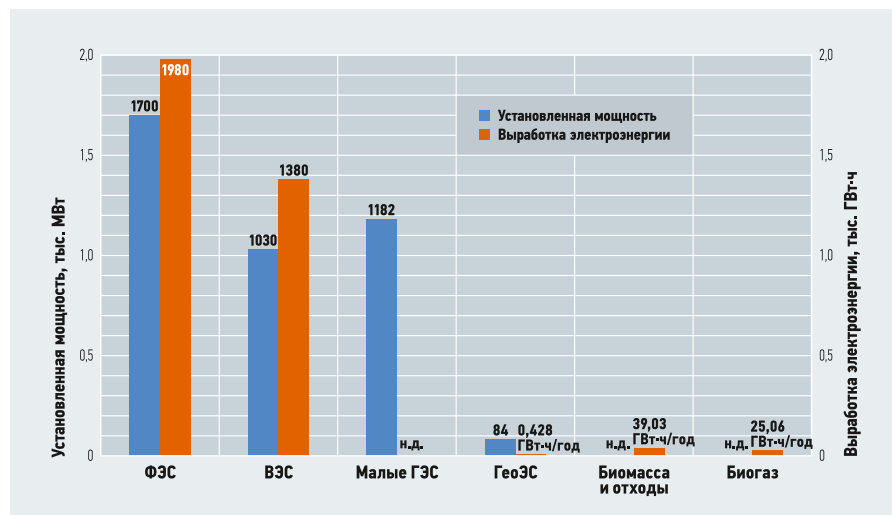


Рис. 4. Установленные мощности и выработка электроэнергии в 2020 году в РФ на основе ВИЭ





Рис. 5. Установленная мощность и выработка тепловой энергии в 2020 году в РФ на основе ВИЭ

теплоснабжения отсутствует программа развития этого направления. Созданное в России пеллетное производство ориентировано на импорт, а цены на его продукцию неконкурентные в большинстве регионов страны. В России исследования по проблемам комплексного использования ВИЭ в народно-хозяйственном комплексе практически не ведутся.

**2. Солнечная энергетика** в России представлена в основном сетевыми СЭС. Их установленная мощность в 2020 году составила 1,7 ГВт, а выработка 1,98 ТВт·ч/год. Россия сохранила свои компетенции в космической солнечной энергетике. Продолжается строительство ФЭС в изолированных северных и в дальневосточных энергорайонах. Основными инвесторами сооружения сетевых СЭС являются ГК «Хевел» (189 МВт в 2020 году) и ООО «Солар Системс» (105 МВт в 2020 году). Каждый из них имеет в России производство ФЭМ на основе кристаллического кремния. Солнечное теплоснабжение представлено небольшим количеством эксплуатируемых гелиоустановок. Отсутствует серийное производство солнечных коллекторов.

**3. Ветроэнергетика** в России уже два года является лидером по темпам развития ВЭ. Установленная мощность всех ВЭС на 1 июля 2021 года составила 1030 МВт, а выработка электрической энергии за 2020 год — 1380 ГВт·ч/год. Рынок ветроэнергетики освоен в основном тремя инвесторами: ФРВ, АО «НовоВинд», партнёрством ПАО «Энел Рус» и фирмы Siemens Gamesa. В основе конструкций ВЭУ — решения западноевропейских лидеров ветроэнергетики. Применяются как редукторные, так и безредукторные схемы ВЭУ. Каждый из указанных инвесторов построил в России заводы, а степень локализации производства в 2021 году

достигла 70%. В стране в изолированных энергосистемах ограниченное применение получили ветродизельные станции. При большой потребности северных районов в ВЭУ в 2021 году они не получили широкого применения. Российские разработчики и производители малых ВЭС разобщены, отсутствует серийное производство. Актуальны исследования результатов эксплуатации сетевых ВЭС.

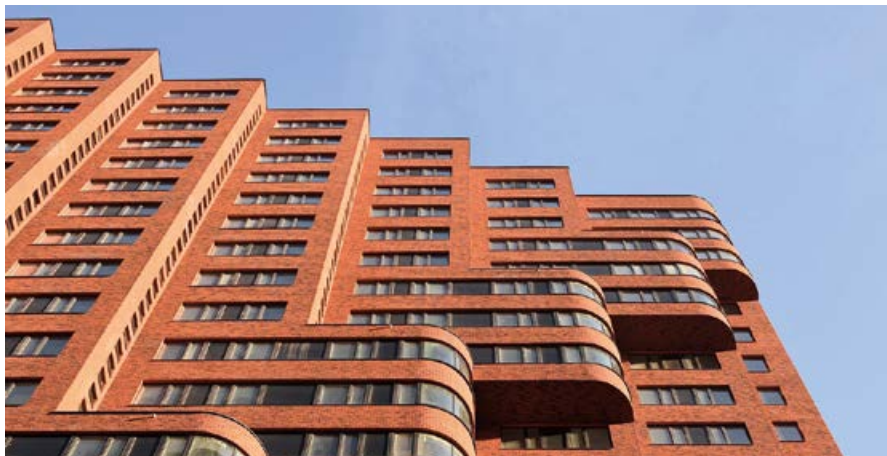
**4.** Россия имеет многолетний опыт разработки, строительства и эксплуатации **малых гидроэлектростанций (МГЭС)** а также производства оборудования для них. Основным фактором, препятствующим их дальнейшему развитию, является преобладание в общей стоимости проектных и строительно-монтажных работ. Дополнительное стимулирование по программе «ДПМ ВИЭ 2.0» уже привело в 2021 году к увеличению инвестиций в сооружении МГЭС общей мощностью 214 МВт.

**5.** В основе развития **геотермальной энергетике** разведанные четыре пароводяных месторождения с запасами 40,7 тыс. м<sup>3</sup>/сут. и 62 геотермальных водных — с запасами 268,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Из 161 скважины в 2020 году были добыты 13 млн тонн геотермального пара и 35 млн м<sup>3</sup> воды. Установленная мощность четырёх ГеоЭС составила 84 МВт, а выработка ими электрической энергии в 2020 году — 427 ГВт·ч/год. Геотермальное теплоснабжение при установленной мощности 110 МВт в 2020 году обеспечило выработку 280 ГВт·ч/год тепловой энергии. В 2020–2021 годах геотермальная энергетика продолжала использовать советские научные и инженерные разработки. Разведка новых геотермальных месторождений не ведётся. В программе «ДПМ ВИЭ 2.0» до 2035 года не предусмотрено строительство новых ГеоЭС, отсутствуют меры по развитию геотермального теплоснабжения.

**6.** При отсутствии господдержки **биоэнергетики** в планах «ДПМ ВИЭ 1.0/2.0» выработка электрической энергии БиоЭС в 2020 году составила 65,2 ГВт·ч/год, в том числе на основе биомассы и её отходов — 39,03 ГВт·ч/год, биогаза — 25,06 ГВт·ч/год, свалочного газа — 1,15 ГВт·ч/год. Выработка тепловой энергии на основе биомассы в объёме 29 836 ГВт·ч/год в 2019 году в основном производилась при сжигании дров (29 тыс. ГВт·ч/год), топливных брикетов 450 ГВт·ч/год, пеллет — 88 ГВт·ч/год. В России имеется многолетний опыт исследования топочных процессов при сжигании дров и древесных отходов. Десятки заводов производят такие котлы и вспомогательное оборудование, в том числе пеллетные котлы и пеллетные горелки.

1. Рынок возобновляемой энергетики в России: текущий статус и перспективы развития. Инф. бюллетень АРВЭ (июль 2021). — М., 2021.
2. Бутузов В.А. Фотоэнергетика в России // Журнал СОК, 2020. №7. С. 46–54.
3. Попель О.С., Тарасенко А.Б. Современные тенденции развития фотоэлектрической энергетики (обзор) // Теплоэнергетика, 2021. №10. С. 5–25.
4. Илюшин П.В. Перспективы применения и проблемные вопросы интеграции распределительных источников энергии в электрические сети: монография. — М.: НТФ «Энергопрогресс», 2020. 116 с.
5. Бутузов В.А. Солнечное теплоснабжение. Опыт столетнего развития // Промышленная энергетика, 2020. №4. С. 52–63.
6. Бутузов В.А., Бутузов В.В. Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии. — М.: Интехэнерго-Издат, 2015. 314 с.
7. Бутузов В.А., Безруких П.П., Грибков С.В. Российская ветроэнергетика: научно-конструкторские школы, этапы развития, перспективы // Журнал СОК, 2021. №5. С. 62–76.
8. Николаев В.Г., Ганага С.В., Кудряшов Ю.И. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России. Результаты проекта TACIS Europe Aid/116951/C/SV/RU. — М.: Атмограф, 2009. 456 с.
9. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. Изд. 3-е. — СПб.: Изд-во СПбПУ, 2016. 424 с.
10. Возобновляемая энергетика. Гидроэлектростанции России: справ. / М.И. Дворецкая, А.П. Жданова, О.Г. Лушников, И.В. Слива; Под общ. ред. В.В. Берлина. — СПб.: Изд-во СПбПУ, 2018. 224 с.
11. Кирюхин А.В., Сутробов В.М. Геотермальные ресурсы Камчатки и ближайшие перспективы их освоения // Вулканология и сейсмология, 2019. №6. С. 50–65.
12. Геотермальная энергетика: справ.-метод. издание / Г.В. Томаров, А.И. Никольский, В.Н. Семёнов, А.А. Шипков. — М.: Интехэнерго-Издат. 2015. 315 с.
13. Богуславский Э.И. Освоение тепловой энергии недр: монография. — М.: Спутник, 2018. 434 с.
14. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоёв Земли: Дисс. докт. техн. наук по спец. 05.23.03. — М.: МГСУ, 2006.
15. Бутузов В.А., Амерханов Р.А., Григораш О.В. Геотермальное теплоснабжение в России // Теплоэнергетика, 2020. №3. С. 3–12.
16. Возобновляемая энергетика: примеры и практики реального использования / Под ред. Е.Г. Гапо и Р.Н. Разорёнова. — М.: ИИА; Ассоциация «Зелёный киловатт», 2019. 80 с.
17. Ракитова О. Каким быть топливу будущего? Конгресс и выставка «Биомасса: топливо и энергия» // Леспроект-Информ, 2020. №3. С. 116–121.
18. Карасевич В.А. Перспективы использования ВИЭ для нужд теплоснабжения в регионах РФ // Журнал СОК, 2021. №5. С. 56–58.

References — see page 78.



# Расчёт времени охлаждения помещений в кирпичных домах

С целью определения времени охлаждения до  $0^{\circ}\text{C}$  помещений, находящихся в кирпичных домах, зимой при выключении отопления в настоящей работе предлагается методика расчёта, реализуемая через программу для ПК, написанную на языке программирования JavaScript. Данный язык программирования был выбран в связи с распространённостью поддерживающей его среды программирования (браузеры), что позволяет работать в онлайн-формате в любой операционной системе. Разработанная модель расчёта остывания помещений [1] использует следующие значения теплофизических и строительных параметров зданий:

1. Толщина стен, м.
2. Плотность материала стены,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .
3. Теплоёмкость материала стены,  $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ .
4. Коэффициент теплопроводности материала стены,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ .
5. Коэффициент теплоотдачи воздух — материал стены,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ .
6. Коэффициент серости материала стен.
7. Площадь поверхности стен, граничащих с уличным воздухом,  $\text{м}^2$ .
8. Начальная температура тёплых стен,  $^{\circ}\text{C}$ .
9. Температура наружного холодного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .
10. Общая площадь поверхности окон в исследуемом помещении,  $\text{м}^2$ .
11. Длина и высота помещения, м.

12. Толщина стёкол в окнах, м.
13. Количество стёкол  $n$  в стеклопакете.
14. Расстояние  $d$  между стёклами в стеклопакете, м.
15. Коэффициент теплопроводности стекла в стеклопакете,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ .
16. Коэффициент теплоотдачи стекла (стекло — воздух), установленного в стеклопакете  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ .
17. Расстояние  $L$  между гипсокартоновым экраном и кирпичной стеной, м.

**В предлагаемой методике расчёта учитывались потери тепловой энергии здания через его окна и внешние стены за счёт процессов теплопроводности при контакте холодных поверхностей наружных стен и окон с тёплым воздухом помещения и за счёт потерь через тепловое излучение**

В предлагаемой методике расчёта учитывались потери тепловой энергии здания через его окна и внешние стены, как за счёт процессов теплопроводности при контакте холодных поверхностей наружных стен и окон с тёплым воздухом помещения, так и за счёт потерь через тепловое излучение.

Рецензия эксперта на статью получена 18.05.2022 [The expert review of the article received on May 18, 2022].

УДК 699.86. Научная специальность: 05.23.03.

## Расчёт времени охлаждения помещений в кирпичных домах

**О. Б. Сельдюгаев**, к.х.н., младший научный сотрудник; **Л. А. Зиновьев**, к.х.н., руководитель лаборатории; **С. Г. Карстина**, д.ф.-м.н., профессор кафедры физики и нанотехнологий, [Карагандинский университет им. академика Е. А. Букетова](#) (КарУ, г. Караганда, Республика Казахстан)

В работе представлены расчёты скорости охлаждения кирпичных помещений зимой при выключении отопления и их анализ. Анализ результатов показал, что в угловых комнатах кирпичных домов целесообразно устанавливать тройные стеклопакеты общей толщиной не менее 0,044 м и/или устанавливать на расстоянии 0,02 м от кирпичных стен гипсокартонные экраны по всей поверхности стен, граничащих с холодным уличным воздухом.

**Ключевые слова:** расчёт потерь тепловой энергии помещений, стеклопакет, теплоизоляция зданий, вымерзание помещений, снижение потерь тепловой энергии в зданиях, утепление помещений.

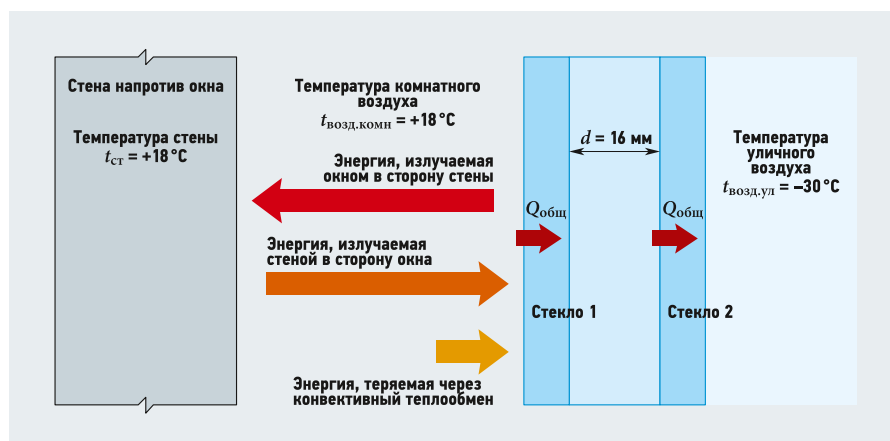
UDC 699.86. The number of scientific specialty: 05.23.03.

## Calculation of the cooling time of rooms in brick houses

**O. B. Seldyugaev**, PhD, junior researcher; **L. A. Zinoyev**, PhD, Head of the Laboratory; **S. G. Karstina**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Physics and Nanotechnology Department, [Karaganda Buketov University](#) (The Republic of Kazakhstan, Karaganda city)

The paper presents calculations of the cooling rate of brick rooms in winter when the heating is turned off and their analysis. The analysis of the results showed that in the corner rooms of brick houses it is advisable to install triple double-glazed windows with a total thickness of at least 0.044 m and/or install plasterboard screens at a distance of 0.02 m from the brick walls over the entire surface of the walls bordering cold street air.

**Key words:** calculation of heat energy losses of premises, double-glazed windows, thermal insulation of buildings, freezing of premises, reduction of heat energy losses in buildings, insulation of premises.



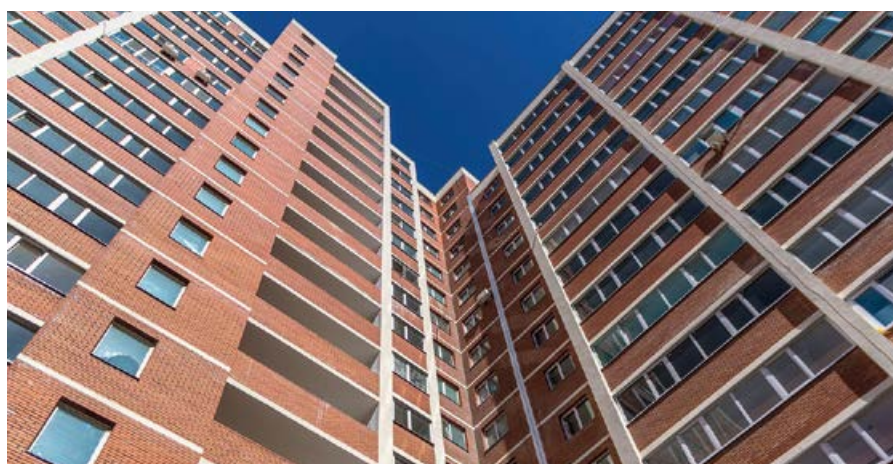
❖ **Рис. 1.** Схема лучевого теплообмена между тёплыми стенами помещения и поверхностью двойного стеклопакета

Практическая реализация предлагаемой методики включает:

1. Расчёт потерь энергии  $Q_{\text{конв}}$  за счёт конвективного теплообмена при контакте тёплого воздуха помещений с холодной поверхностью стен и стеклопакетов, граничащих с холодным уличным воздухом.
2. Расчёт количества энергии, излучаемой тёплыми стенами в сторону более холодных стен и окон (используется закон Стефана — Больцмана).
3. Расчёт количества энергии, излучаемой с поверхности холодных стен и стёкол окон в сторону тёплых стен. Разность между потоками энергии, излучаемыми на холодные поверхности, и потоками энергии, излучаемыми холодными поверхностями на тёплые стены, представляет собой тепловые потери помещения за счёт процессов лучевого теплообмена  $Q_{\text{изл}}$ . Общие потери энергии помещением вычислялись путём сложения потерь энергии через конвективный теплообмен с потерями энергии через лучевой теплообмен:  $Q_{\text{общ}} = Q_{\text{конв}} + Q_{\text{изл}}$ .

Схема описанной методики расчёта потерь тепловой энергии помещением через стандартный двойной стеклопакет представлена на рис. 1.

Используя предложенную методику, было рассчитано время понижения температуры от 18 до 0°C в помещениях, имеющих однородную структуру стен. В качестве материала стен рассматривался монолитный красный кирпич (плотность 1900 кг/м<sup>3</sup> [2], теплоёмкость 880 Дж/(кг·°C) [3]). В качестве исходных данных при проведении расчётов были выбраны: начальная температура помещений (внутренняя температура) в момент выключения отопления (+18°C), температура уличного воздуха (-30°C). Помещения, расположенные на первом или на последнем этажах зданий, в пред-



ложенной методике расчёта не рассматриваются. Хотя предлагаемая методика позволяет учитывать скорость ветра при проведении расчётов, представленные в работе результаты проводились при скорости ветра, равной 0 м/с.

Рассмотрим результаты расчёта по предлагаемой нами методике для четырёх типов зданий (тип I, II, III и IV). Все рассматриваемые типы зданий имеют кирпичные стены и бетонные перекрытия толщиной 0,22 м: здания I и II типов построены по нормам проектирования 1952 года, здания III и IV типов — по нормам проектирования 1958 года. Здания I и III типов имеют две несущие кирпичные стены — наружную толщиной 0,64 м (2,5 кирпича + прослойка раствора) и внутреннюю толщиной 0,38 м (полтора кирпича + прослойка раствора). Толщина межквартирных стен 0,25 м. Толщина наружной (холодной) боковой стены в угловой комнате в зданиях I и III типов — 0,64 м. В зданиях I и II типов высота потолка в квартирах 3,2 м [4], в зданиях III и IV типов — 2,5 м [5]. Ширина рассчитываемой жилой комнаты в зданиях I и II типов составляет 3,2 м; в зданиях III и IV типов ширина комнаты — 3 м. В комнатах, где отсутствует балкон, пло-

щадь окна в зданиях I и II типов одинаковая и составляет в помещениях в центре дома 2,85 м<sup>2</sup>, в зданиях III и IV типов площадь окна в центральных помещениях равна 2,18 м<sup>2</sup> [6]. В угловых помещениях зданий любого типа находятся два окна: в зданиях I и II типов — общей площадью 5,7 м<sup>2</sup>, в зданиях III и IV типов — 4,36 м<sup>2</sup> (одно в наружной несущей стене и одно в боковой стене, граничащей с холодным уличным воздухом).

Здания II и IV типов имеют толщину наружной кирпичной несущей стены 0,51 м (два кирпича + прослойка раствора) и внутреннюю несущую стену толщиной 0,38 м (полтора кирпича + прослойка

раствора). Толщина межквартирных стен составляет 0,25 м. Толщина наружной боковой (холодной) стены в угловой комнате в зданиях II и IV типов — 0,51 м.

При проведении расчётов предполагалось, что тепловая энергия в центральных помещениях любых типов кирпичных зданий запасается в боковых стенах помещений, в половой и потолочной бетонной плите, а также в задней несущей стене, находящейся напротив несущей стены, в которой расположены окна. В отличие от центральных помещений, в угловых помещениях зданий тепловая энергия запасается, помимо бетонных плит потолка и пола, в задней несущей стене и в одной боковой стене (эта тёплая стена граничит с соседним тёплым помещением, другая боковая стена граничит с холодным уличным воздухом и в нашей модели не является резервуаром тепловой энергии). Также в модели не учитывался запас тепловой энергии в передней несущей стене, граничащей с холодным уличным воздухом.

Расчёты проводились для помещений с окнами с двойными и тройными стеклопакетами, а также для помещений с дополнительным утеплением для центральных и угловых помещений.

### Центральные помещения

Расчёт показал, что при замене стандартного двойного стеклопакета (однокамерный стеклопакет) с толщиной воздушного промежутка 0,016 м между стёклами на двойной стеклопакет с толщиной воздушного промежутка 0,02 м (общая толщина стеклопакетов равна 0,024 и 0,028 м) время вымерзания помещений в центре здания увеличивается: для зданий I типа — на 2,8 ч, II типа — на 2,2 ч, III типа — на 3,2 ч, для зданий IV типа — на 2,5 ч (табл. 1).

Также расчёты показали, что в помещениях, находящихся в центре вышеуказанных зданий, при замене стандартного двойного стеклопакета с воздушным промежутком между стёклами 0,016 мм на стандартный тройной стеклопакет (двухкамерный стеклопакет) с толщиной воздушного промежутка между стёклами 0,006 м (общая толщина стеклопакетов при этом равна 0,024 м) время вымерзания помещений увеличилось: для зданий I типа — на 3,4 ч, II типа — на 2,7 ч, III типа — на 4,0 ч, для зданий IV типа — на 3,1 ч (табл. 1).

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности замены в центральных помещениях кирпичных зданий двойных стандартных стеклопакетов общей толщиной 0,024 м и толщиной воздушного промежутка между стёклами 0,016 м на широко распространённые стандартные тройные стеклопакеты той же толщины. Тройные стеклопакеты общей толщиной 0,024 м более эффективно удерживают тепловую энергию в помещении по сравнению с двойными стеклопакетами, имеющими воздушный промежуток 0,02 м между стёклами (общая толщина стеклопакета — 0,028 м). Данный факт объясняется тем, что третье стекло возвращает часть тепловой энергии из второго стекла во внутреннее первое стекло тройного стеклопакета через процессы лучевого теплообмена. При этом влияние эффекта возврата тепловой энергии путём переизлучения от второго стекла к первому (внутреннему) стеклу в тройном стеклопакете общей толщиной 0,024 м превышает эффект от возрастания термического сопротивления при увеличении воздушного промежутка от 0,016 м до 0,02 м в двойном стеклопакете общей толщиной 0,028 м. Наибольший эффект от замены стандартных двойных стеклопакетов на стандартные тройные стеклопакеты наблюдается в зданиях III типа и составляет 4%. Это связано с большой толщиной наружных кирпичных стен и малой площадью поверхности наружной стены, граничащей с холодным уличным воздухом.

•• Время вымерзания центральных помещений для разных стеклопакетов, ч табл. 1

Тип дома	$n = 2, d = 0,016 \text{ м}$	$n = 2, d = 0,02 \text{ м}$	$n = 3, d = 0,006 \text{ м}$	$n = 3, d = 0,016 \text{ м}$
Тип I	106,7	109,5	110,1	119
Тип II	94,2	96,4	96,9	103,7
Тип III	115,6	118,8	119,6	129,7
Тип IV	103,3	105,8	106,4	114,4

•• Время вымерзания угловых помещений для разных стеклопакетов, ч табл. 2

Тип дома	Два окна, $n = 2, d = 0,016 \text{ м}$	Два окна, $n = 2, d = 0,02 \text{ м}$	Два окна, $n = 3, d = 0,006 \text{ м}$	Боковое окно заложено кирпичом, $n = 3, d = 0,006 \text{ м}$	Два окна, $n = 3, d = 0,016 \text{ м}$
Тип I	29,01	29,62	29,76	30,44	31,63
Тип II	25,7	26,16	26,27	26,54	27,71
Тип III	30,72	31,38	31,53	32,26	33,6
Тип IV	27,2	27,7	27,8	28,13	29,41

Кроме того, расчёты показали, что целесообразно установить в центральных помещениях кирпичных зданий мало применяемые тройные стеклопакеты общей толщиной 0,044 м (толщина воздушных промежутков 0,016 м между стёклами). При их использовании время вымерзания центральных помещений значительно возрастает даже по сравнению со стандартными тройными стеклопакетами общей толщиной 0,024 м [в зданиях I типа — на 9,0 ч, в зданиях III типа — на 10 ч (табл. 1)].

**Можно сделать вывод о целесообразности замены в центральных помещениях кирпичных зданий двойных стандартных стеклопакетов общей толщиной 0,024 м и толщиной воздушного промежутка между стёклами 0,016 м на широко распространённые стандартные тройные стеклопакеты той же толщины. Тройные стеклопакеты общей толщиной 0,024 м более эффективно удерживают тепловую энергию в помещениях**

### Угловые помещения

Для угловых помещений было выявлено очень незначительное (0,4–0,9 ч) увеличение времени вымерзания в зданиях рассматриваемых типов при замене стандартных двойных стеклопакетов с воздушным промежутком между стёклами 0,016 м на стандартные тройные стеклопакеты с толщиной воздушных промежутков 0,006 м (общая толщина обоих типов стеклопакетов — 0,024 м). Преимущество стандартных тройных стеклопакетов перед двойными стеклопакетами с толщиной воздушного промежутка 0,02 м составляет всего 0,2 ч (табл. 2).

Таким образом, можно сделать вывод о малой эффективности замены в угловых комнатах любых кирпичных зданий двойных стандартных стеклопакетов общей толщиной 0,024 м на широко распространённые стандартные тройные стеклопакеты той же толщины. Это связано с тем, что площадь окон в таких комнатах значительно меньше общей площади наружных холодных стен, через которые происходит основная потеря тепловой энергии (23,8 м<sup>2</sup> — площадь холодных стен в угловых комнатах зданий I и II типов; 18,4 м<sup>2</sup> — площадь холодных стен в угловых комнатах зданий III и IV типов; 5,7 и 4,36 м<sup>2</sup> — площадь окон в угловых комнатах зданий всех рассматриваемых типов).

Также было рассчитано время охлаждения угловых помещений с боковым окном, полностью по толщине заложено кирпичом. В этом случае в наружной несущей стене боковой комнаты остаётся одно окно ( $n = 3, d = 0,006 \text{ м}$ ). Расчёты показали, что для всех типов зданий при полностью заложённом по толщине (0,5–0,64 м) боковом окне время вымерзания угловых помещений крайне незначительно возрастает по сравнению с угловыми помещениями с двумя окнами, в которых установлены стандартные тройные стеклопакеты ( $n = 3, d = 0,006 \text{ м}$ ).

При замене во всех типах зданий стандартных двойных стеклопакетов ( $n = 2, d = 0,016 \text{ м}$ ) в двух окнах на тройные стеклопакеты ( $n = 3, d = 0,016 \text{ м}$ ) время вымерзания боковых комнат увеличится от 2,0 до 2,5 ч в зависимости от типа здания (табл. 2). Данная замена даёт больший эффект в сравнении с помещениями с полностью заложённым окном в боковой стене. Таким образом, можно сделать вывод о том, что более рациональным решением является установка тройного стеклопакета ( $n = 3, d = 0,016 \text{ м}$ ), чем заделка оконного проёма кирпичом по всей толщине в боковой стене помещения.

•• **Время вымерзания угловых утеплённых помещений\***, ч

табл. 3

Тип дома	Неутеплённое помещение	Утеплена только боковая стена в один слой	Двойное утепление боковой стены	Утеплена две стены в один слой	Двойное утепление двух стен
Тип I	31,63	39,6	43,2	56	75,6
Тип II	27,71	35,5	38,8	52,9	73,1
Тип III	33,6	42,5	46,6	59,3	79,9
Тип IV	29,41	38,2	41,96	56	77,3

\* Два окна,  $n = 3$ ,  $d = 0,016$  м,  $L = 0,02$  м.

### Утепление угловых помещений

Проведённые в работе расчёты показали, что тепловые характеристики угловых помещений кирпичных домов значительно уступают характеристикам центральных помещений. Угловые помещения, например, в домах I типа вымерзают более чем в три раза быстрее, чем центральные помещения (табл. 1 и 2). Это происходит из-за меньшего запаса тепла в угловом помещении (отсутствует запас тепловой энергии в боковой стене, граничащей с холодным уличным воздухом). Кроме того, в угловом помещении значительно больше площадь стен, граничащих с холодным уличным воздухом, что приводит к большому теплопотерям.

С целью выяснить, как влияет утепление стен на скорость вымораживания угловых помещений, были проведены расчёты скорости охлаждения утеплённых угловых помещений, имеющих два окна с установленными в них тройными стеклопакетами с толщиной воздушных промежутков по 0,016 м. Рассчитывались варианты охлаждения помещений, в которых были утеплены только боковые стены и помещений, в которых было проведено утепление как боковой стены, так и передней несущей стены. Утепление стен проводилось путём установки дополнительных экранов из гипсокартона на расстоянии  $L = 0,02$  м от основной кирпичной стены. Расстояние 0,02 м было использовано исходя из результатов проведённых авторами экспериментов, которые показали, что при толщине воздушного промежутка 0,02 м между экраном и основной стеной потери тепловой энергии наименьшие из-за большого термического сопротивления воздушного промежутка. Если же увеличить толщину воздушного промежутка более 0,02 м, то начинается процесс конвекции, что ухудшает теплоизолирующие свойства воздушного промежутка. При этом влияние толщины гипсокартона на скорость вымерзания помещения не учитывалось, так как теплопроводность гипсокартона на порядок больше, чем теплопроводность воздушного промежутка между основной стеной и гипсокартоновым экраном. Результаты расчётов (табл. 3) пока-

зали, что утепление только боковых стен путём установки одного дополнительно экрана из гипсокартона увеличивает время вымерзания угловых помещений в зданиях I и III типов на 8,0 и 9,0 ч (на 25 и 27 %, соответственно). Таким образом, утепление даже одним слоем гипсокартона боковой холодной стены значительно улучшает тепловые характеристики углового помещения. При этом, однако, его характеристики остаются значительно хуже, чем у помещений, расположенных в центре дома.

Если произвести утепление боковой стены двумя слоями утеплителя, разделённых одинаковыми воздушными промежутками величиной 0,02 м, то время вымерзания угловых помещений увеличится, но менее значительно (на 9,0 и 9,7 %, соответственно).

В случае утепления как боковой, так и передней несущей стены углового помещения расчёты показали очень значительное увеличение времени вымерзания угловых помещений в случае одинарного утепления (на 76–77 % — в зданиях I и III типов и на 90–91 % — в зданиях II и IV типов по сравнению с неутеплёнными помещениями). То есть расчёты однозначно показывают, что значительно экономичнее производить утепление в один слой обеих холодных стен боковых помещений, чем утеплять только одну боковую стену даже несколькими слоями утеплителя.



### Выводы

1. При проведении утеплительных работ в кирпичных зданиях в помещениях, находящихся в центре зданий, рекомендуется вместо двойных стандартных стеклопакетов общей толщиной 0,024 м устанавливать тройные стеклопакеты той же общей толщины с шириной воздушных промежутков между стёклами 0,006 м или тройные стеклопакеты общей толщиной 0,044 м с шириной воздушных промежутков между стёклами 0,016 м. Для центральных помещений кирпичных домов при увеличении толщины стены, граничащей с холодным уличным воздухом, на полкирпича (0,125 м) время вымерзания помещения увеличивается на 12–13 ч.
2. В угловых помещениях кирпичных домов замена стандартных двойных стеклопакетов общей толщиной 0,024 м на тройные стеклопакеты той же толщины незначительно повышает теплофизические характеристики помещения, что свидетельствует о нецелесообразности подобных замен. Это объясняется тем, что в данных угловых помещениях потери тепловой энергии через окна в несколько раз меньше потерь тепловой энергии через стены, граничащие с холодным уличным воздухом. Также расчёт показал, что установка тройных стеклопакетов общей толщиной 0,044 м в угловых помещениях более предпочтительна, чем закладка бокового окна кирпичом.
3. Утепление боковых помещений кирпичных домов целесообразно проводить путём установки дополнительных экранов (например, из гипсокартона) по всей площади стен, граничащих с холодным уличным воздухом. При этом толщина воздушного промежутка между экраном и кирпичной стеной равна 0,02 м.
4. Предложенная в работе методика может быть использована для расчёта времени охлаждения любых жилых зданий со стенами из однородного монолитного материала (кирпича или бетона).

1. Кудусов А.С., Сельдогаев О.Б., Бурков М.А. Методика расчёта потерь тепловой энергии в двойном и тройном стеклопакетах // Вестник КарУ. Серия: «Физика», 2018. №3. С. 79–82.
2. ГОСТ 530–2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия / Дата введ. 01.07.2013.
3. СНиП 23-02. Расчётные теплотехнические показатели кирпичных кладок из сплошного кирпича. Теплоёмкость, теплопроводность и теплоусвоение в зависимости от плотности и влажности, паропроницаемость.
4. Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы строительного проектирования. — М.: Гос. изд-во лит. по строительству и архитектуре, 1954.
5. Строительные нормы и правила. Часть II. Раздел В. Глава 10. Жилые здания. — М.: Гос. изд-во лит. по строительству и архитектуре, 1958.
6. ГОСТ 11214–2003. Блоки оконные деревянные с листовым остеклением. Технические условия / Дата введ. 01.03.2004.

References — see page 79.

## К вопросу о целесообразности использования энергии Солнца и ветра

В статье приведены данные, характерные для выявления целесообразности строительства и эксплуатации систем использования энергии Солнца и ветра. В последнее время в мире, в связи с санкциями по энергоносителям, рассматривается вопрос использования преимущественно энергии Солнца и ветра, а не газа и нефти.

Россия относится к странам с относительно холодным климатом. Например, продолжительность отопительного периода  $Z_{от}$  в большинстве российских населённых пунктов — больше половины года [1] (табл. 1). Соответственно, для данных населённых пунктов значительно и число градусо-суток отопительного периода (ГСОП) [2]. Для сравнения, в Лондоне ГСОП составляет 2095, в Берлине — 2604, в Стокгольме — 3345 градусо-суток в год. В России же ГСОП в среднем превышает 5000 градусо-суток в год.

Как известно, в системах теплоснабжения используются различные тепловые источники, работающие на разных видах топлива. В качестве твёрдого топлива используется, например, бурый или каменный уголь, антрацит. В качестве жидкого топлива используется мазут — продукт переработки нефти, в качестве газообразного топлива — природный газ. При печном отоплении используется древесина, торф. При местном отоплении и горячем водоснабжении используется и электроэнергия, вырабатываемая на тепловых (ТЭС) и атомных электростанциях (АЭС).

В России расходуется много тепловой энергии на отопление, вентиляцию и ГВС зданий различного назначения и производственные нужды предприятий. Площадь только жилого фонда в РФ составляет около 3,9 млрд м<sup>2</sup>, в том числе городского около 2,9 млрд м<sup>2</sup>. Суммарная выработка тепловой энергии в РФ составляет около 900 млн Гкал/год, из них жилой сектор и бюджетная сфера потребляют около 500 млн Гкал/год или 200 кВт/(м<sup>2</sup>·год) [3]. Увеличение расходуемой тепловой энергии связано с увеличением жилой площади и развитием промышленности.

Естественно, остро стоит вопрос о снижении потребления тепловой энергии и повышении эффективности действующих энергоустановок. К тому же Киотский протокол, принятый на Треть-

### В России расходуется много тепловой энергии на отопление, вентиляцию и ГВС зданий различного назначения и производственные нужды предприятий

ей конференции стран — участник Рамочной конвенции ООН об изменении климата в 1997 году [4], установил обязательства развитых стран по ограничению выбросов парниковых газов, от которых зависит интенсивность изменения климата. Кстати, парниковым газом является и радионуклид криптон-85, который изменяет электропроводность атмосферы, что приводит к возрастанию природных катастроф: ураганы, грозы, смерчи, торнадо, ливни [5]. Отметим, что объём потребляемого газа, нефти и угля в ближайшее время заместить невозможно.

В соответствии с новыми требованиями СП «Строительная климатология» [2], с 1995 года в РФ приступили к строительству энергоэффективных зданий с повышенным уровнем теплозащиты.

В последнее время остро стоит вопрос об использовании возобновляемой солнечной и ветровой энергии. В 2020 году на возобновляемую энергетику в мире пришлось 90% прироста всех генерирующих мощностей. По данным системного оператора, в России доля солнечной и ветровой энергии в общем балансе составляет 0,15% [6]. В 2021 году в РФ введено 1,4 ГВт солнечных и ветровых электростанций, что составляет от общей установленной мощности 0,56%. В 2020 году, по оценке Yugon Consulting [7], в РФ цена электроэнергии новых солнечных электростанций в среднем составляла 9,5 руб/кВт·ч, ветровых — 6,3 руб/кВт·ч, а АЭС — 5,1 руб/кВт·ч и новых парогазовых установок — 3,6 руб/кВт·ч. В ближайшие десять лет предполагается уменьшение стоимости солнечных и ветровых установок.

♦♦ Климатические параметры холодного периода года\*

табл. 1

Пункт	$t_{н}^5, °C$	$t_{от}, °C$	$Z_{от,сут}$	ГСОП, °C·сут/год	Географическая широта, град. с.ш.
Москва	-25	-2,2	205	4551	56
Владивосток	-23	-4,3	198	4811	45
Хабаровск	-29	-9,5	204	6018	48
Тюмень	-35	-6,9	223	5999	57
Екатеринбург	-32	-5,4	221	5613	57
Саратов	-25	-3,5	188	4418	52
Мурманск	-30	-3,4	275	6435	69
Калининград	-19	1,2	188	3534	55
Сочи	-2	6,6	94	1260	44
Воркута	-41	-9,1	306	8905	67
Якутск	-52	-20,9	252	10 307	62

\* Обозначения: ГСОП =  $(t_{в} - t_{от})Z_{от}$ , °C·сут/год;  $t_{в} = 20 °C$ ;  $t_{от}$  — температура внутреннего воздуха в помещении и средняя температура наружного воздуха отопительного периода, °C;  $t_{н5}$  — температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, °C.

☞ Суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, кВт·ч/м<sup>2</sup> табл. 2

Месяц	Географическая широта, град. с.ш.				
	40	48	56	64	68
Январь	89	58	31	10	–
Апрель	203	195	181	163	158
Июль	248	244	243	238	247
Октябрь	142	113	74	48	34
Декабрь	83	51	23	–	–

☞ Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность при безоблачном небе, кВт·ч/м<sup>2</sup> табл. 3

Месяц	Ориентация	Географическая широта, град. с.ш.				
		40	48	56	64	68
Январь	В/З	65	48	29	11	–
	ЮВ/ЮЗ	142	118	87	53	–
	Ю	191	156	118	67	–
Апрель	С	33	31	30	31	33
	СВ/СЗ	71	71	66	67	71
	В/З	120	123	133	135	136
	ЮВ/ЮЗ	136	149	164	187	207
	Ю	125	151	177	186	187
Июль	С	54	55	60	66	77
	СВ/СЗ	96	93	97	106	122
	В/З	128	137	150	160	179
	ЮВ/ЮЗ	112	131	151	175	193
	Ю	72	111	139	164	179
Октябрь	СВ/СЗ	48	35	26	17	–
	В/З	93	79	66	49	–
	ЮВ/ЮЗ	146	141	132	127	–
	Ю	170	174	166	145	–

Примечание: 1 кВт·ч = 3,6 × 10<sup>3</sup> кДж; 1 ккал/ч = 1,163 Вт; 1 кал/с = 4,1868 Вт.

☞ Продолжительность светового дня в городах РФ, ч

табл. 4

Города	Январь	Апрель	Июль	Октябрь	Декабрь
Москва	7,6	12	16,5	10,5	7,0
Владивосток	9,3	13,2	15,1	12,6	9,2
Саратов	8,5	14,1	15,7	10,8	8,0
Сочи	9,3	13,3	15,3	10,8	9,1
Якутск	6,4	15,0	18,4	10,1	5,1
Мурманск	2,4	15,8	23,0	8,9	0

☞ Скорости ветра в городах РФ

табл. 5

Город	Макс. из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	Средняя скорость ветра за период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °С (отопит. период), м/с
Москва	2 (ЮЗ)	2,0
Владивосток	7,3 (С)	5,2
Хабаровск	3,9 (ЮЗ)	3,0
Тюмень	3 (ЮЗ)	2,7
Екатеринбург	4,1 (З)	3,2
Саратов	4,4 (СЗ)	3,3
Рязань	7,3 (Ю)	4,8
Мурманск	5,6 (Ю)	4,9
Калининград	3,6 (З)	2,8
Сочи	2,5 (В)	3,5
Ставрополь	7,4 (В)	4,0
Воркута	10,1 (Ю)	5,8
Якутск	1,8 (С)	1,6

Величина суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность при безоблачном небе в отопительный период значительно уменьшается с увеличением географической широты (табл. 2), а величина суммарной солнечной радиации на вертикальную поверхность зависит от ориентации, географической широты и времени года (табл. 3). Из приведённых данных следует, что:

- в отопительный период года поступление солнечной радиации на горизонтальную поверхность наименьшее;
- поступление солнечной радиации наибольшее в холодный период на вертикальную поверхность ориентации Ю, ЮВ/ЮЗ и В/З;
- исходя из второго, вертикальные солнечные установки целесообразно предусматривать вращающимися;
- необходимы устройства для поддержания поверхностей солнечных установок в чистом виде;
- можно считать нецелесообразным строительство горизонтальных солнечных установок в районах страны, расположенных в географических широтах севернее 56° с.ш.

Следует также иметь в виду, что реальная величина солнечной радиации меньше, поскольку она зависит от действительных условий облачности и прозрачности атмосферы в населённом пункте [8, 9], а продолжительность светового дня в отопительный период меньше почти в два раза (табл. 4), что вызывает увеличение потребления электрической энергии на освещение помещений и улиц. Что касается ветровых установок, используемых для электроснабжения, то их целесообразность определяется в основном значением скорости ветра в конкретном населённом пункте (табл. 5). ●

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализ. ред. СНиП 23-02-2003 (с Изм. №1 и №2) / Дата введ. 01.07.2013.
2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализ. ред. СНиП 23-01-99\* (с Изм. №1 и №2) / Дата введ. 01.01.2013.
3. О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в РФ: Гос. доклад Минэкономразвития России и Правительства РФ. — М., 2019.
4. Кокорин А.О., Грицевич И.Г., Сафонов Г.В. Изменение климата и Киотский протокол — реалии и практические возможности. — М., 2004. 64 с.
5. Гришковец С. Атомный крестовый поход // Секреты и архивы, 2021. №11.
6. Топливо-энергетическому комплексу — новую реальность // Газета «Правда», 2022. №31 (31234).
7. Севостьянов П.И., Шунков В.Е. Мнимые и реальные проблемы ветровой энергетики // Независимая газета — Энергия, 07.02.2022.
8. Руководство по строительной климатологии (пособие по проектированию). — М.: НИИСФ Госстроя СССР; Стройиздат, 1977. 328 с.
9. Крупнов Б.А. О комплексных мерах снижения энергопотребления зданиями // Журнал СОК, 2019. №4. С. 86–94.

# Моделирование и исследование в COMSOL Multiphysics динамических характеристик малых ветроэнергетических установок

Рецензия эксперта на статью получена 01.06.2022 [The expert review of the article received on June 1, 2022].



## Введение

В настоящее время значительное усложнение конструкций многих изделий машиностроения потребовало от разработчиков использования новых методов их проектирования. Это связано прежде всего с требованиями сокращения сроков создания изделий. В то же время уровень сложности изделий стал существенно влиять на эффективность труда проектировщика. Оказалось, что технические требования к изделиям уже не могут быть обеспечены без интенсивного использования компьютерных технологий в процессе их проектирования, конструирования и изготовления. Следствием этого стало появление нового инженерного инструмента — систем автоматизированного проектирования (САПР), широко опирающихся на всех этапах производства новой техники на программные комплексы компьютерного инженерного анализа (CAE), основанные на методе конечных элементов (МКЭ). Примерами комплексов CAE являются пакеты программ высокого уровня, например, ANSYS, SolidWorks, COMSOL Multiphysics. Они позволяют численно, с достаточно высокой точностью приближения в зависимости от уровня детализации расчётной сетки,

решать самые разнообразные задачи из самых различных областей физики, например, механики твёрдого тела, аэродинамики, термодинамики, теплопередачи и многих других.

Виртуальная (цифровая) модель реального объекта выражает его ключевые характеристики и способна воспроизводить его функции при разных условиях.

**Современное производство уже немислимо без использования компьютерных технологий в процессе их проектирования, конструирования и изготовления. Следствием этого стало появление систем автоматизированного проектирования (САПР)**

По сути, это совокупность математических формул, описывающих сам объект и протекающие в нём процессы. При этом построенная таким образом цифровая модель отличается более высокой точностью кинематических и функциональных связей, чем в реальном объекте, построенном при использовании, например, производственной поузловой сборки.

УДК 620.93. Научная специальность: 05.14.08.

## Моделирование и исследование в COMSOL Multiphysics динамических характеристик 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 \(РГУТиС, дп. Черкизово, Московская область\)](#)

Малые ветроэнергетические установки (ВЭУ) — это сложные структурные и конструктивные объекты с недостаточно ещё отработанными параметрами и функциональными характеристиками, требующие непрерывного совершенствования и постоянного инженерного внимания. На основании изучения методов их проектирования и отказов при работе установлена необходимость дополнительных исследований задач динамики ветроколеса (ВК). Проведено моделирование и исследование динамических характеристик малых ВЭУ в ПО COMSOL Multiphysics. Разработана цифровая модель ВК ВЭУ с горизонтальной осью вращения, приведены исследования динамических характеристик ВК и сделаны практические предложения.

**Ключевые слова:** ВЭУ малой мощности, структура ВЭУ с горизонтальной осью вращения, дисбаланс в конструкции ВК, моделирование динамики ВК в COMSOL Multiphysics, уравновешивание центра масс ВК, цифровая модель ВК.

UDC 620.93. Scientific specialty number: 05.14.08.

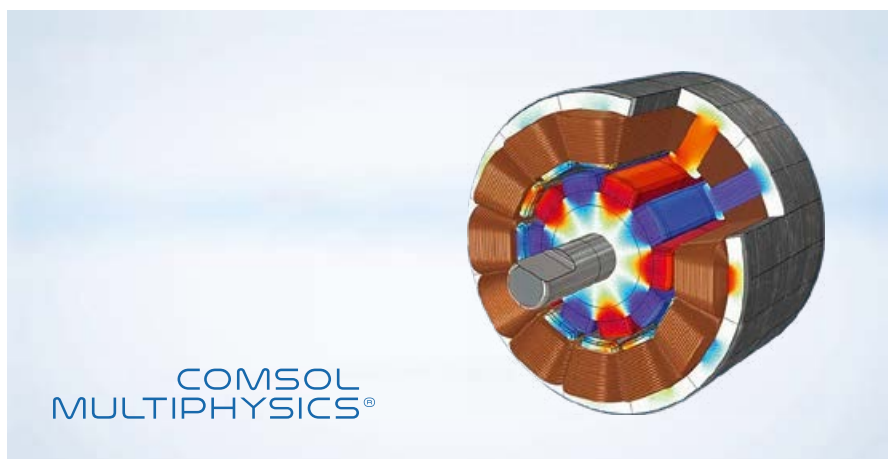
## Modeling and research in COMSOL Multiphysics of the dynamic characteristics of small wind power plants

**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 \(RGUTIS, dp. Cherkizovo, Moscow region\)](#)

Small wind power plants (WPP) are complex structural and constructive objects with insufficiently developed parameters and functional characteristics, requiring continuous improvement and constant engineering attention. Based on the study of their design and refusals during operation, the need for additional studies of the tasks of the dynamics of the windwheel (WW) was established. Modeling and research of the dynamic characteristics of small WPP in COMSOL Multiphysics has been carried out. A digital model of WW WPPs with a horizontal rotation axis has been developed, studies of the dynamic characteristics of WW are presented and practical proposals are made.

**Key words:** small wind power plants, structure of wind power plants with a horizontal rotation axis, an imbalance in design of windwheel, modeling the dynamics of windwheel in COMSOL Multiphysics, balancing the center of the windwheel's mass, digital model of windwheel.

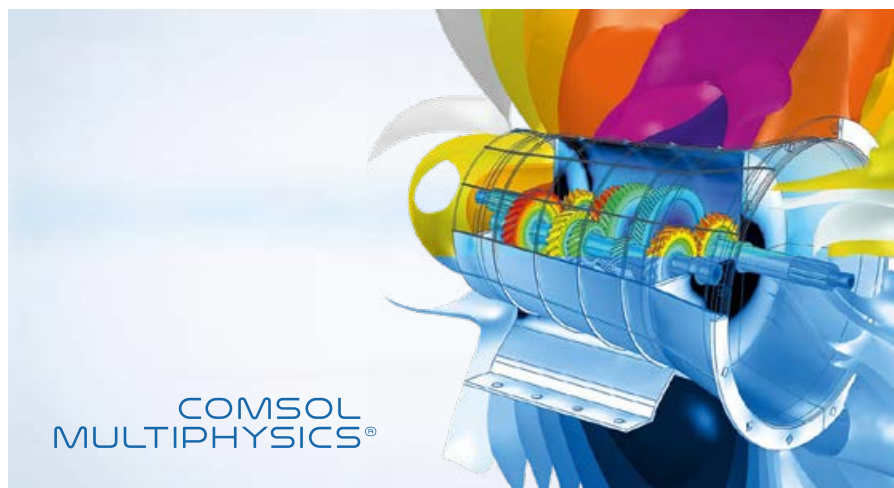




Дальнейшее совершенствование методов создания новой техники привело к появлению при проектировании обновляемых взаимосвязей между реальным и виртуальными объектами концепции «цифрового двойника» (digital twin) [1, 2].

Эта концепция предполагает, что виртуальный объект содержит подробное (обычно численное) описание физического устройства или процесса и получает всю информацию, собранную от реального объекта в виде показаний датчиков, отчётов пользователей и других данных. Таким образом, цифровой двойник должен быть динамическим и постоянно обновляемым представлением реального физического устройства или процесса, перенесённым в виртуальную среду. В свою очередь, различные прогнозы, оценки и управляющие параметры, которые могут использоваться для разработки и эксплуатации реального устройства, должны непрерывно передаваться обратно из виртуального пространства в реальное. Статическая модель не является цифровым двойником.

Метод применения цифрового двойника в промышленности был известен и раньше. Но лишь появление достаточных вычислительных мощностей для проведения комплекса расчётов в реальное время позволило расширить применение метода, например, уже на этапе эскизного проектирования. Использование ПО для имитационного моделирования позволяет обновлять системную модель и создавать её вариации. Далее на этапе технического проектирования полученная на предыдущем этапе модель может дорабатываться и уточняться при помощи более точных системных моделей элементов на основе данных, непрерывно получаемых при дополнительных исследованиях цифровых моделей. При этом используются также показания датчиков от реального объекта и информация о его текущем техническом состоянии. На этапе изготовления разработанный цифровой двойник изделия помогает в определении допусков и контроле



точности характеристик для безотказной работы изделия, причём в течение всего срока службы.

Таким образом, цифровой двойник практически сопровождает реальный объект в течение всего его жизненного цикла. За это время непрерывно создаётся научно-техническая база для выпуска в перспективе подобных объектов с новыми, более эффективными технико-экономическими характеристиками.

### **ВЭУ в целом представляют собой достаточно сложные объекты с неустоявшимися ещё конструктивными параметрами и функциональными характеристиками, требующие непрерывного совершенствования**

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) в целом представляют собой достаточно сложные объекты с неустоявшимися ещё конструктивными параметрами и функциональными характеристиками, требующие непрерывного совершенствования и постоянного инженерного внимания. Так, на ВЭУ башенного (мачтового) типа с горизонтальной осью вращения ветрового колеса (ВК) действуют разнообразные нагрузки: от собственного веса

элементов ВЭУ; ветровые нагрузки на ВК и мачту; динамические нагрузки от гироскопического момента при вращении ВК на гондолу ВЭУ; центробежные силы, вызванные дисбалансом массы ВК по отношению к оси вращения; и другие. Центробежные силы дисбаланса могут достигать значительной величины и практически присутствуют во всех ВК, созданных в том числе в заводских условиях [3].

По данным проведённых ранее исследований [4], эксцентриситет центра масс

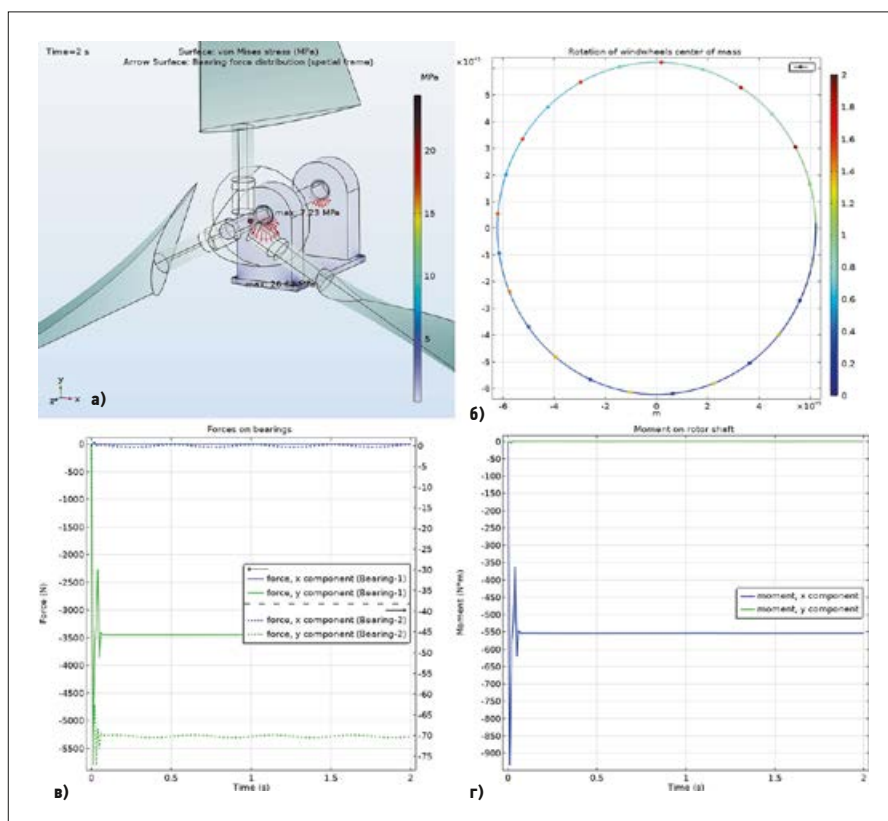
ВК по отношению к его геометрическому центру на оси вращения может составлять до 0,25 % диаметра ВК. Это создаёт дисбаланс массы ВК и вызывает при его вращении динамические нагрузки, передаваемые через ступицу вала ВК на его подшипниковые опоры и, следовательно, на мачту и фундамент ВЭУ, оказывая наиболее существенное влияние на снижение надёжности функционирования ВЭУ.

В связи с этим, в данной работе рассматриваются вопросы моделирования и исследования динамических характеристик малых ВЭУ, с учётом наличия дисбаланса ВК. На основе представленной выше концепции с использованием ПО SolidWorks и COMSOL Multiphysics моделировалась геометрия ВК. Далее определялся центр масс виртуальной модели и исследовались её динамические характеристики, в том числе действие дисбаланса (если он присутствовал в данной модели). Далее виртуальная модель ветроколеса рассматривалась в качестве цифрового двойника и исследовались её динамические характеристики с учётом конструктивных параметров реальной модели, то есть наличия возможного дисбаланса ВК, в соответствии с существующими методиками [4, 5]. Затем отрабатывалась методика балансировки реального ВК до совпадения показателей динамических характеристик с цифровой моделью.

### Исследуемая модель и результаты

Геометрия исследуемой модели включает три лопасти аэродинамического профиля NASA 44-12, часто используемого в малых ВЭУ. Трёхмерная модель лопасти длиной 3,5 м построена в ПО SolidWorks по десяти перпендикулярным сечениям в соответствии с формулами, задающими наиболее эффективные параметры лопасти с точки зрения аэродинамики [6]. Длины хорд сечений и углы закрутки уменьшаются от основания к вершине от 0,6322 до 0,1688 м и от 34,11° до 1,06°, соответственно. Угол атаки, оптимальный для данного профиля, равен 5,25°. Цилиндрические основания лопастей длиной 0,35 м закреплены в соответствующих отверстиях ротора гондолы. Ротор жёстко посажен на вал, помещённый в два подшипника, которые установлены в опорах в виде стоек на плите гондолы. Дальнейшее моделирование динамики ветроколеса проводилось в ПО COMSOL Multiphysics по методике, принятой в работах [7, 8]. Однако лопасти предполагаются цельнометаллическими, как и прочие элементы ВК. Поэтому использовался интерфейс Multibody Dynamics, причём для лопастей и ротора — с узлом Rigid Domain, а для вала, подшипников и их опор — с материальной моделью Linear Elastic Material. Моделировалось вращение ВК от начального состояния покоя до выхода на устойчивый режим работы с постоянной скоростью вращения 60 об/мин. вокруг оси Oz в продолжение двух оборотов (2 с).

Результатом первого этапа исследования геометрии ВК, построенной по аналитическим зависимостям (рис. 1), является определение центра масс ВК, напряжений и нагрузок на опорах вала ВК под действием сил, передаваемых валом при вращении ВК на подшипниковые опоры. Как было отмечено выше, моделирование МКЭ даёт приближенный результат, что обусловлено возможными незначительными погрешностями в геометрии модели и уровне детализации расчётной сетки, но в то же время с точностью, достаточной для инженерных расчётов. На рис. 1а показана геометрия ВК, центр масс — точка на оси вращения ВК, напряжения и распределение сил на опорах подшипников. Установлено, что центр масс ВК лежит практически на геометрической оси вращения ВК и смещение его пренебрежимо мало. Максимальное напряжение на первой подшипниковой опоре за пол-оборота вала (время 0,5 с) под действием веса ВК равно 26,64 МПа, а на второй опоре значительно меньше — 7,24 МПа. Можно заметить, что напряжения на опорах при вращении ВК оста-



•• Рис. 1. Геометрия ВК без дисбаланса и функциональные характеристики цифровой модели [а — геометрия ВК (фрагмент в увеличенном масштабе), центр масс — точка на оси вращения ВК, напряжения и распределение сил на первой и второй опорах вала (2 с); б — траектория движения центра масс ВК (в увеличенном масштабе); в — составляющие нагрузки на опорах вала по осям  $Ox$  и  $Oy$ ; г — составляющие момента сил на валу ротора по осям  $Ox$  и  $Oy$ ]

ются постоянными в моменты времени, кратные полупериоду: 1,0; 1,5 и 2,0 с. Это показывает практическое отсутствие дисбаланса в геометрии ВК. Характер распределения сил на опорах вала — типичный для подшипников (эпюра сил косинусоидального вида).

На рис. 1б дана в увеличенном масштабе траектория движения центра масс при вращении ВК. Отклонение центра масс ВК от оси вращения всего лишь 0,06 мм, что не может существенно отражаться на динамических характеристиках ВЭУ.

Изменение нагрузки на валу ВК в области подшипниковых опор можно оценить более детально. На рис. 1в показаны составляющие по осям  $Ox$  и  $Oy$  сил, действующих на опорах. По оси  $Oz$  нагрузка не передаётся, её составляющая равна 0 и не показана. В начале вращении ВК наблюдается всплеск колебаний нагрузки на

первую опору вала с высокой амплитудой по оси  $Oy$ . Далее на первой опоре по оси  $Ox$  нагрузка практически отсутствует, есть лишь незначительные колебания относительно нулевой линии, а по оси  $Oy$  под действием силы веса ВК наступает стабилизация нагрузки со значением около  $-3440$  Н (сплошные линии). На второй опоре по оси  $Ox$  нагрузка в среднем также близка к нулю с небольшими колебаниями (синяя пунктирная линия). По оси  $Oy$  изменение нагрузки также представлено гармоническими колебаниями с малой амплитудой и средним значением около  $-70$  Н (зелёная пунктирная линия). Частота колебаний по обоим осям вдвое выше частоты вращения ВК 6,28 Гц, причём колебания второй опоры по оси  $Ox$  находятся в противофазе с колебаниями по той же оси первой опоры. Это объясняется тем, что опоры расположены на некотором расстоянии друг от друга, и вал получает, хотя и незначительные, периодические изгибные колебания той же формы, передавая нагрузку между опорами со смещением фазы. В то же время надо отметить, что незначительные гармонические колебания нагрузки по осям  $Ox$  и  $Oy$  являются следствием смещения центра масс от оси  $Oz$  на 0,06 мм.

**Результатом первого этапа исследования геометрии ВК является определение центра масс ВК, напряжений и нагрузок на опорах вала ВК под действием сил, передаваемых валом при вращении ВК на опоры**

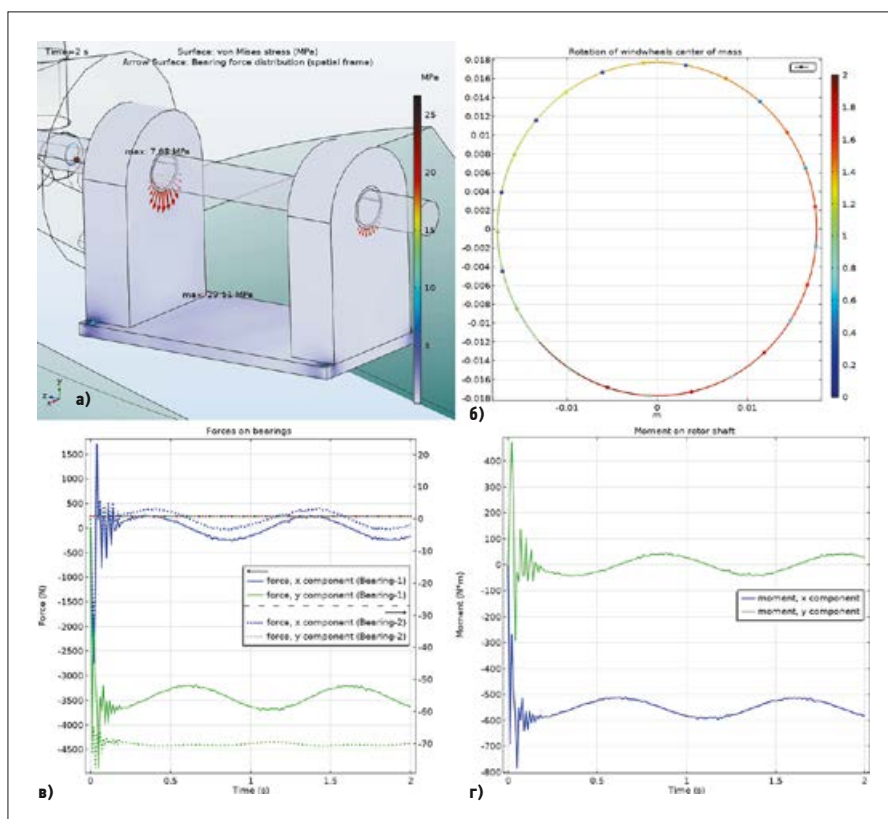


Рис. 2. Геометрия ВК с дисбалансом и функциональные характеристики цифровой модели (а — геометрия ВК (фрагмент в увеличенном масштабе), траектория вращения центра масс ВК вокруг оси  $Oz$ , напряжения и распределение сил на первой и второй опорах вала (2 с); б — траектория движения центра масс ВК (в увеличенном масштабе); в — составляющие нагрузки на опорах вала по осям  $Ox$  и  $Oy$ ; г — составляющие момента сил на валу ротора по осям  $Ox$  и  $Oy$ )

На рис. 1г даны составляющие момента сил на валу ротора. По оси  $Ox$  момент остаётся постоянным со значением около  $-550$  Н·м. По оси  $Oy$  момент равен нулю. Таким образом показано, что при вращении ВК, построенного по аналитическим зависимостям, возможны незначительные отклонения (практически пренебрежимо малые) при исследовании динамических характеристик средствами ПО COMSOL Multiphysics. Они не могут оказать существенного влияния на результаты задачи первого этапа — исследование динамических характеристик ВК виртуальной модели. В связи с этим, данная геометрия может выступать цифровой моделью для изучения и других видов нагрузок и процессов на ВК при вращательном движении.

Вторым этапом исследования динамических характеристик малых ВЭУ стало исследование цифровой модели ВК с дисбалансом (рис. 2). Как было указано выше, при поузловой сборке ВК в производственных условиях эксцентриситет центра масс ВК по отношению к геометрическому центру может составлять до 0,25 % диаметра ВК. При этом заранее предсказать неуравновешенность тех или иных элементов ВК при сборке практи-

чески невозможно (это случайное событие), и суммарная величина дисбаланса проявляется только в процессе установки ВК на ступицу вала гондолы при пробной прокрутке. Поэтому неуравновешенность ВК в цифровой модели задавалась искусственно путём изменения положения центров масс каждой из лопастей. Для этого их координаты получали поправки в виде псевдослучайных чисел, заданных функцией Random с равномерным распределением. Далее определялся эксцентриситет центра масс ВК относительно его оси вращения, который составил 17,7 мм, что соответствует его возможной величине при диаметре ВК, равном 7 м. Затем вновь находились характеристики напряжений и нагрузок на опорах вала ВК.

На рис. 2а показаны геометрия ВК, траектория вращения центра масс ВК

**При наличии дисбаланса напряжения на опорах вала ветроколеса непостоянны и изменяются периодически. Следовательно, периодическое изменение напряжений будет передаваться на плиту гондолы, мачту и фундамент ВЭУ**

кругу оси  $Oz$ , напряжения и распределение сил на первой и второй опорах вала при вращении ВК. Установлено, что при вращении ВК центр масс описывает окружность радиусом 17,7 мм. Максимальное напряжение на первой опоре за пол-оборота вала (0,5 с) равно 24,09 МПа, на второй значительно меньше — 6,8 МПа. Вал ВК передаёт нагрузки через подшипники на опоры и далее на плиту гондолы. Максимальные напряжения на опорах вала в моменты времени 1,0; 1,5 и 2 с на первой опоре: 29; 24,19 и 29,11 МПа; на второй опоре — 7,66; 6,81 и 7,65 МПа, соответственно. И так, при наличии дисбаланса напряжения на опорах вала ВК непостоянны и изменяются периодически. Следовательно, периодическое изменение напряжений будет передаваться на плиту гондолы, мачту и фундамент ВЭУ.

Траектория движения центра масс в увеличенном масштабе показана на рис. 2б. Отклонение центра масс ВК от оси вращения равно 17,7 мм, что может заметно повлиять на динамические характеристики ВЭУ.

Периодичность нагружения вала в области подшипниковых опор наглядно можно наблюдать на рис. 2в. Здесь показаны составляющие по осям  $Ox$  и  $Oy$  сил, действующих на опоры. В момент пуска ВК происходит высокочастотный всплеск колебаний нагрузки на обе опоры вала с быстро затухающей амплитудой по обеим осям. На первой опоре по оси  $Ox$  за счёт действия дисбаланса ВК устанавливаются гармонические колебания нагрузки вокруг нулевого значения с частотой, равной частоте вращения ВК 6,28 Гц, и амплитудой 238 Н (сплошная синяя линия). Максимум нагрузки показан горизонтальной линией. Аналогично по оси  $Oy$  под действием силы веса ВК наступает стабилизация при значении примерно  $-3440$  Н. Далее происходят гармонические колебания нагрузки с теми же частотой 6,28 Гц и амплитудой 238 Н, но со сдвигом по фазе примерно на 0,25 с за счёт смещения центра масс ВК относительно осей (сплошная зелёная линия). Общая нагрузка возрастает по абсолютной величине за каждый цикл вращения ВК до 3680 Н. По оси  $Oz$  (вдоль вала) колебания нагрузки не передаются. Составляющие сил, действующих на второй опоре, показаны пунктиром. По оси  $Ox$  устанавливаются гармонические колебания нагрузки относительно нулевой линии с частотой 6,28 Гц и амплитудой примерно 4 Н. По оси  $Oy$  нагрузка со средним значением около  $-70$  Н также испытывает колебания с малой амплитудой и частотой вдвое выше частоты вращения ВК.

Кроме того, колебания нагрузки на второй опоре по оси  $Ox$  совпадают по фазе с колебаниями по той же оси на первой опоре, а по оси  $Oy$  находятся практически в противофазе с колебаниями по той же оси на первой опоре. Это также объясняется изгибными колебаниями вала, который передаёт нагрузку между опорами. Со временем это может привести к усталостным явлениям в металле вала.

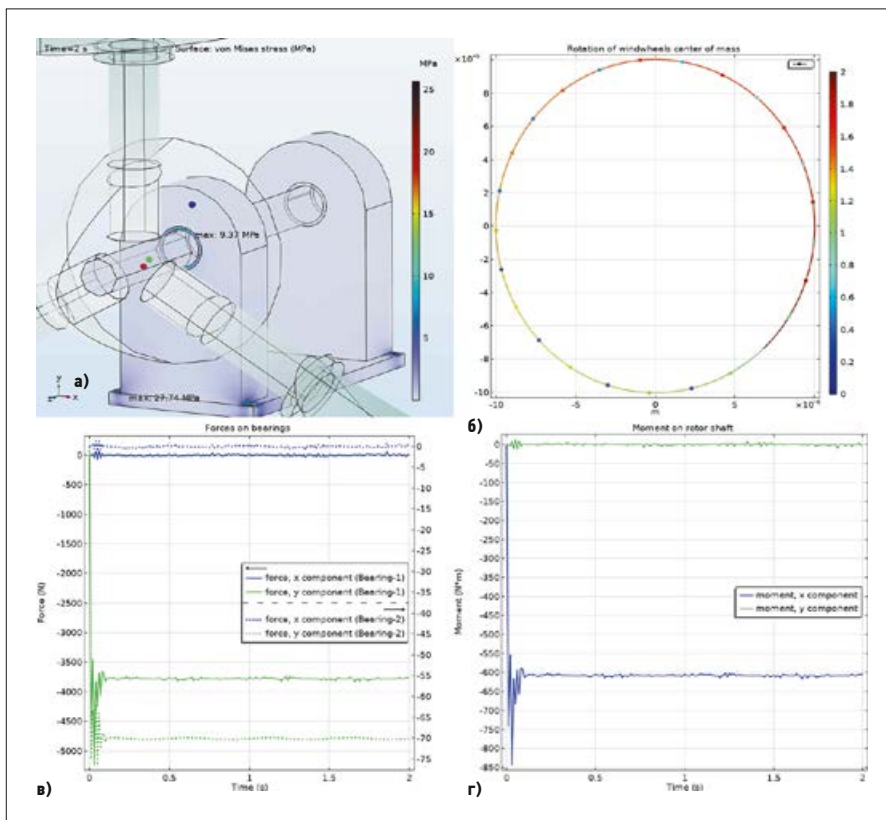
На рис. 2г даны составляющие момента сил на валу ротора. По оси  $Ox$  гармонические колебания момента с частотой 6,28 Гц устанавливаются относительно значения примерно  $-550$  Н·м с амплитудой примерно 90 Н·м. По оси  $Oy$  — относительно нулевого значения с той же частотой 6,28 Гц и амплитудой примерно 40 Н·м. Причём колебания момента на валу по каждой из осей находятся в противофазе с колебаниями нагрузки на первой опоре.

Данная цифровая модель позволяет также проводить исследование деталей ВК на прочность и циклическую усталость в зависимости от времени эксплуатации объекта.

На третьем этапе проводилось исследование цифровой модели ветрового колеса при выполнении статической балансировки (рис. 3). Известно, что если центр тяжести ВК имеет эксцентриситет  $e$  относительно оси вращения, то при вращении ВК возникает центробежная сила инерции с амплитудой

$$F_{и} = m\omega^2 e,$$

где  $m$  — масса ВК;  $\omega$  — угловая скорость вращения [4]. В данной цифровой модели при  $e = 17,7$  мм,  $m = 340,03$  кг,  $\omega = 6,28$  с $^{-1}$ ,  $F_{и} = 238,07$  Н. Это соответствует величине амплитуды гармонических колебаний нагрузки на рис. 2в. Как показано на рис. 2в и 2г, действие этой силы на подшипники, в которых вращается вал ВК, а следовательно, и на плиту гондолы, и на мачту ВЭУ, и её фундамент является периодическим. Координаты смещённого центра масс ВК (красная точка на рис. 3а) по осям  $Ox$  и  $Oy$  равны  $-0,012$  и  $-0,013$  м, соответственно. Для устранения статической неуравновешенности необходимо на противоположную относительно оси вращения ВК сторону добавить противовес (синяя точка) массой  $m_{п}$ , на некотором расстоянии  $r_{п}$  от оси вращения  $Oz$ , чтобы алгебраическая сумма статических моментов масс была равна нулю, то есть  $m_{п}r_{п} = me$ . При этом, чем больше  $r_{п}$ , тем меньше значение массы  $m_{п}$  балансировочного груза. Поэтому в данном случае, как и делается обычно на практике, дополнительные грузы устанавливались не



•• Рис. 3. Геометрия ВК после статической балансировки и функциональные характеристики цифровой модели (а — геометрия ВК (фрагмент в увеличенном масштабе), центр масс — точка на оси вращения ВК, напряжения на первой и второй опорах вала (2 с); б — траектория движения центра масс ВК (в увеличенном масштабе); в — составляющие нагрузки на опорах вала по осям  $Ox$  и  $Oy$ ; г — составляющие момента сил на валу ротора по осям  $Ox$  и  $Oy$ )

на поверхности ротора, а на цилиндрических основаниях двух лопастей — в виде колец,  $r_{п} = 0,34$  м. Величины добавленных масс легко определить по правилу параллелограмма для суммы векторов.

Результатом третьего этапа исследования цифровой модели стало практически полное совпадение функциональных характеристики ВК с первым (рис. 1) этапом исследования. На рис. 3а показана геометрия ВК, центр масс — точка на оси вращения ВК (зелёная точка), напряжения и распределение сил на опорах под-



шипников. Установлено, что центр масс после балансировки лежит практически на оси  $Oz$  и смещение его не превышает точности расчёта. Это видно в увеличенном масштабе и на рис. 3б. Напряжения на опорах вала остаются постоянными в моменты времени, кратные полупериоду. В моменты времени 0,5; 1,0; 1,5 и 2 с на первой опоре ВК напряжение равно 27,74 МПа при значительно меньшем напряжении на второй опоре — 9,37 МПа. На рис. 3в показаны составляющие по осям  $Ox$  и  $Oy$  сил, действующих на опорах. Видно, что нагрузки по оси  $Ox$  на обеих опорах равны нулю (синие линии), стабилизация нагрузки по оси  $Oy$  на первой опоре достигается при значении около  $-3700$  Н (действие силы веса ВК), а на второй опоре — около  $-70$  Н (зелёные линии). Периодические колебания нагрузок практически не отмечены, лишь по оси  $Oy$  на второй опоре, как и на рис. 1в, присутствуют колебания с малой амплитудой и частотой вдвое выше частоты вращения ВК.

На рис. 3г даны составляющие момента сил на валу ротора. По оси  $Ox$  момент остаётся постоянным со значением примерно  $-610$  Н·м. По оси  $Oy$  момент сил на валу ротора равен нулю.

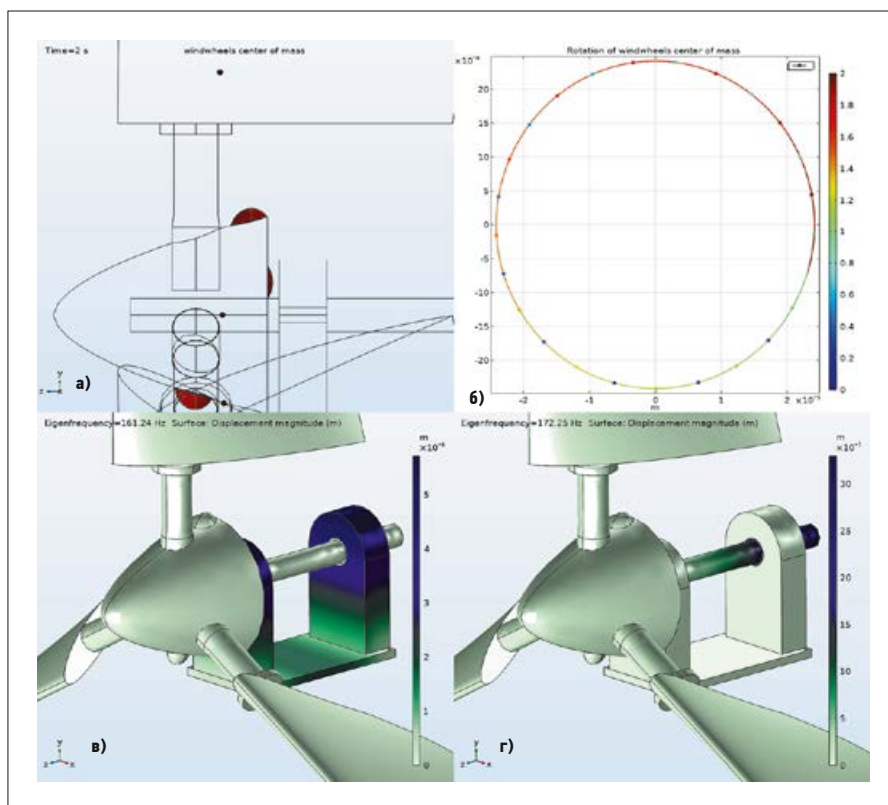


Рис. 4. Геометрия ВК после динамической балансировки и функциональные характеристики цифровой модели [а — геометрия ВК (фрагмент в увеличенном масштабе), центр масс ВК, его верхней и нижней половины — точки в различных плоскостях вращения и добавленные грузы; б — траектория движения центра масс ВК (в увеличенном масштабе); в — смещение элементов ВК при колебаниях на первой собственной частоте; г — то же для второй собственной частоты]

Статическая балансировка ВК малых ВЭУ часто считается заключительной операцией по исследованию нагрузок, действующих на элементы его конструкции. Это обусловлено невысокой скоростью вращения ВК, в данном случае лишь 60 об/мин. Поэтому можно ожидать, что одномоментное динамическое воздействие на элементы конструкции будет не столь значительным. Однако в течение длительной эксплуатации ВЭУ эти воздействия могут существенно отразиться на снижении характеристик функционирования и надёжности эксплуатации установок. Одним из признаков необходимости исследования динамической неуравновешенности ВК является обнаружение, например, нестабильности нагрузки (напряжений) на опорах ВК в течение полного оборота его вала. Причиной может быть действие момента силы относительно оси его вращения. Для этого необходимо определить центры масс верхней и нижней половины ВК. Если они лежат в одной плоскости, перпендикулярной оси вращения, то ВК можно считать динамически уравновешенным. Если в разных плоскостях, на расстояниях  $r_1$  и  $r_2$  от оси вращения, то необходимо проводить динамическое уравновешивание [9]. В нашем случае верхняя и нижняя половины ВК с массами  $m_v$  и  $m_n$  имеют центры масс в разных плоскостях вращения, причём  $m_v \neq m_n$  и  $r_1 \neq r_2$ .

При вращении динамически неуравновешенного ВК с угловой скоростью  $\omega$  возникают центробежные силы инерции  $F_{i1}$  и  $F_{i2}$ . Они образуют пару сил с моментами  $M_1 = F_{i1}L_1$  и  $M_2 = F_{i2}L_2$ , где  $L_i$  — расстояния от центров масс половин ВК до плоскости вращения общего центра тя-

**Одним из признаков необходимости исследования динамической неуравновешенности ВК является обнаружение, например, нестабильности нагрузки (напряжений) на опорах ВК в течение полного оборота его вала**

жести ( $i = \{1, 2\}$ ). Под их действием ВК стремится повернуться вокруг оси  $Ox$ , вследствие чего на подшипники вала будут действовать дополнительные силы, вызывающие вибрацию. Для динамического уравновешивания моментов  $M_1$  и  $M_2$  используют противовесы, располагая их чаще всего на боковых поверхностях ротора ВК или на цилиндрических основаниях лопастей, или же распределяют противовесы по тем и другим местам так, чтобы они образовывали пару сил с моментами противоположного направления. При этом как алгебраическая сумма статических моментов масс, так и геометрическая сумма моментов центробежных сил инерции должны быть равны нулю.

Противовес моменту  $M_1$  был создан двумя грузами, закреплёнными на верхней поверхности ротора и на его торце вблизи вала, общей массой  $m = 11,25$  кг с эффективным плечом  $l_1 = 0,051$  м, а противовес моменту  $M_2$  — грузом той же массы  $m$  на нижней поверхности ротора с плечом  $l_2 = 0,0507$  м.

Функциональные характеристики цифровой модели после динамического уравновешивания ВК оказались близки к полученным на первом этапе исследования, поэтому на рис. 4 приводятся некоторые новые результаты. На рис. 4а показаны центр масс ВК, его верхней и нижней половины до динамической балансировки и добавленные для этой балансировки грузы. Центр масс всего ВК остался также практически на оси вращения со смещением около 0,02 мм — величиной, определяемой точностью расчёта (рис. 4б).

На рис. 4в и 4г показано смещение (деформация) элементов ВК при колебаниях на первой (161,24 Гц) и второй (172,25 Гц) собственных частотах. Видно, что в первом случае напряжённо-деформированное состояние могут испытывать элементы стоек и плиты гондолы ВЭУ. Во втором



случае это происходит только на валу ВК с возрастанием величины деформации в зоне второй опоры. Но в численном выражении указанные явления незначительны, как можно судить по графику деформации. Кроме того, отмеченные стальные элементы ВК имеют значительный запас прочности, что видно по результатам второго этапа исследований (рис. 2а). В то же время при проектировании ВЭУ важным является обеспечение устойчивости системы «ВЭУ — фундамент». Задача устойчивости мачт малых ВЭУ исследовалась в [10]. Для обеспечения устойчивости системы «ВЭУ-фундамент» требуется, чтобы частота её собственных колебаний не попадала в резонанс с частотой вращения ВК. Для этого достаточно, чтобы для наименьшей собственной частоты  $\omega_1$  и наибольшей частоты вращения ВК  $\omega_{\max}$  выполнялось условие  $\omega_{\max}/\omega_1 \leq 0,577$ . Система, для которой выполняется это условие, считается жёсткой [5]. Наибольшая рабочая частота вращения ВК определяется геометрией лопасти и конструкцией ВК [8]. В нашем случае  $\omega_1 = 161,24$  Гц,  $\omega_{\max} = 34,3$  Гц, так что условие заведомо выполняется.

Таким образом, цифровая модель, построенная в ПО COMSOL Multiphysics, позволяет оперативно и с высокой точностью проводить значительный ряд исследований механических и физических процессов, протекающих в узлах и механизмах ВЭУ, заменяя затратные натурные испытания на действующих объектах.

### Заключение

1. Малые ВЭУ — это сложные структурные и конструктивные объекты с недостаточно ещё отработанными параметрами и функциональными характеристиками, требующие непрерывного совершенствования и постоянного инженерного внимания. Для дальнейшего развития их необходима цифровая модель конструкции, сопровождающая реальный объект в течение всего жизненного цикла. В этот период возможны плановые регламентные работы и процедурные доработки на реальном объекте на основании результатов проведённых ранее исследований на цифровой модели. Кроме того, за это время будет создаваться научно-техническая база для выпуска подобных объектов с новыми, более эффективными технико-экономическими параметрами.

2. На малые ВЭУ мачтового типа с горизонтальной осью вращения ВК действуют разнообразные нагрузки: это нагрузки от собственного веса элементов ВЭУ, ветровые нагрузки на ВК и мачту, динамические нагрузки от дисбаланса массы ВК по отно-



шению к оси вращения, приводящие к циклическим изменениям нагрузки на подшипниковых опорах ВК, передаваемые далее на мачту и фундамент ВЭУ и оказывающие наиболее существенное влияние на снижение надёжности установок.

3. Разработка цифровой модели ВК малых ВЭУ в ПО COMSOL Multiphysics, использующем средства комплексного компьютерного инженерного анализа (САЕ), позволило провести исследование влияния дисбаланса ВК, часто встречающегося в реальных их конструкциях, и получить

**Для развития малых ВЭУ необходима цифровая модель конструкции, сопровождающая реальный объект в течение всего жизненного цикла. В этот период возможны плановые регламентные работы и процедурные доработки на реальном объекте на основании результатов проведённых ранее исследований на цифровой модели**

достоверные значения действующих сил и напряжений на опорах вала ветроколеса, что обусловило необходимость поиска теоретических и практических основ уравнивания массы ВК. Данная цифровая модель позволяет проводить исследования на прочность, усталость, надёжность элементов ВК, а также эффективность аэродинамики лопастей и функциональных характеристик малых ВЭУ.

4. Разработан статический метод уравнивания (балансировки) ВК в ПО COMSOL Multiphysics. Предложен алгоритм определения места положения цен-

тра масс ВК с дисбалансом, определена центробежная сила инерции  $F_{in}$ , вызванная его действием, которая уравнивается расчётной массой противовеса  $m_{п}$ , размещённого на противоположной стороне от оси вращения ВК. В этом случае дополнительные грузы устанавливались не на поверхности ротора, а на цилиндрических основаниях двух лопастей. Алгебраическая сумма статических моментов масс стала равна нулю, что обеспечило статическое уравнивание масс ВК.

5. Разработан динамический метод уравнивания (балансировки) ВК в ПО COMSOL Multiphysics. Предложен алгоритм определения места положения центра масс верхней и нижней половинок ВК. Установлено, что они расположены в разных плоскостях вращения, вследствие чего возникают моменты сил инерции  $M_1$  и  $M_2$ . Под их действием ВК стремится повернуться вокруг оси  $Ox$ , что приводит к возникновению на подшипниках вала дополнительной нагрузки. Для динамического уравнивания ВК рассматривалась система противовесов, один из которых массой  $m$  распределён между верхней поверхностью ротора и его торцом вблизи вала, а второй той же массы на нижней поверхности ротора. Таким образом создавалась пара сил с моментами, направленными противоположно  $M_1$  и  $M_2$ , что обеспечило динамическую уравнивание ветроколеса. ●

1. Цифровой двойник [Электр. текст]. АО «Кадфем Си-Ай-Эс». Режим доступа: cadfem-cis.ru. Дата обращения: 15.05.2022.
2. Fontes Ed. Digital twins: not just hype. Web-source: comsol.com. Access data: May 15, 2022.
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. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Нагрузки на элементы ветроэнергетической установки, на её фундамент и основание: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. 38 с.
5. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Динамические расчёты системы «ветроэнергетическая установка — фундамент — основание»: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. 49 с.
6. Mostafa N.H., Talaat M., Ibrahim M.M. Performance analysis and design a small horizontal axis wind turbine. The Association of Egyptian-American Scholars 41st annual conference “Comprehensive development of the Sinai Peninsula”. 2014. Web-source: researchgate.net. Access data: May 15, 2022.
7. Stress and modal analysis of a wind turbine composite blade. COMSOL Multiphysics User’s Guide. Web-source: comsol.com. Access data: May 15, 2022.
8. Сучилин В.А., Кочетков А.С., Губанов Н.Н. Моделирование и исследование в COMSOL Multiphysics функциональных характеристик малых ВЭУ // Журнал СОК. 2021. №4. С. 72–77.
9. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учебн. для вузов. — М.: Наука, 1988. 640 с.
10. Сучилин В.А., Кочетков А.С., Губанов Н.Н. Моделирование и оптимизация в COMSOL Multiphysics мачт малых ветроэнергетических установок // Журнал СОК. 2022. №2. С. 64–69.

References — see page 79.

Организаторы



ПРАВИТЕЛЬСТВО  
РЕСПУБЛИКИ  
БАШКОРТОСТАН



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ,  
ЭНЕРГЕТИКИ И ИННОВАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



БАШКИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ

Официальная поддержка



МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО  
ЭНЕРГЕТИКИ РФ

Содействие



АО «БЗСК»



БАШКИРСКАЯ  
ГЕНЕРИРУЮЩАЯ  
КОМПАНИЯ



БАШЭЛЕКТРОСБЫТ

Партнеры деловой  
программы



УГАТУ



ФГБОУ  
ВО УГНТУ



БашГАУ

12-14 октября ВДНХ **ЭКСПО** Уфа 2022



Российский  
энергетический форум

Энергетика Урала

XXVIII международная выставка

12+

М02 Медиа02  
Технический поддержка

На правах рекламы.



■ По вопросам выставки  
[www.energobvk.ru](http://www.energobvk.ru)  
+7 (347) 246 41 93  
[energo@bvkexpo.ru](mailto:energo@bvkexpo.ru)

■ По вопросам форума  
(регистрация обязательна)  
[www.refbvk.ru](http://www.refbvk.ru) +7 (347) 246 42 81  
[kongres@bvkexpo.ru](mailto:kongres@bvkexpo.ru)

## PLUMBING AND SANITARY ENGINEERING, WATER SUPPLY, DRAINAGE

[Dependence of energy consumption of pumping units of pressure water manifolds on the thickness of the sediment layer on the inner surface of pipes. Pp. 28–30.](#)

Oleg A. Prodous, Doctor of Technical Sciences, Professor, "INCO-expert", LLC (St. Petersburg city); Peter P. Yakubchik, PhD, Professor, [Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University](#); Dmitry I. Shlychkov, [Moscow State University of Civil Engineering \(National Research University\)](#)

1. Vodosnabzhenie i vodoотведение na zheleznodorozhnom transporte: uchebnik [Water supply and sanitation in railway transport: A textbook]. 2nd edition. Edited by V.S. Dikarevsky. Moscow. DPO "UMTs ZhDT" ["Training and Methodological Center for Education in Railway Transport" Federal State Budgetary Institution of Additional Professional Education]. 2009. 445 p. [In Russian]
2. O.A. Prodous, D.I. Shlychkov. Ob izmenenii znachenij gidravlicheskih harakteristik napornyh kanalizacionnyh kollektorov iz stal'nyh i chugunnyh trub s vnutrennimi otlozhenijami [On the change in the values of the hydraulic characteristics of pressure sewer collectors made of steel and cast iron pipes with internal deposits]. *Izvestija vuzov. Seria: Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2020. No. 12. Pp. 70–77. [In Russian]
3. O.A. Prodous, L.D. Terehov. Izmenenie jenergozatrata nasosov v zavisimosti ot znachenij fakhticheskogo vnutrennego diametra truboprovodov iz napornyh polijetilennyh trub [Change in energy consumption of pumps depending on the values of the actual internal diameter of pipelines from pressure polyethylene pipes]. *Inzhenernye sistemy. AVOK Severo-Zapad* [Building systems. ABOK North-West]. 2020. No. 1. Pp. 36–42. [In Russian]
4. O.A. Prodous. Tehnicheskij audit sostojanija gorodskogo vodoprovoda i kanalizacionnoj dlja ocenki ih vozmozhnostej na perspektivu [Technical audit of the state of the city water supply and sewerage to assess their capabilities in the future]. *Truboprovody i jekologija* ["Pipelines and ecology" Magazine]. 2011. No. 2. Pp. 14. [In Russian]
5. B.V. Pustovojt. Mehanika dvizhenija zhidkostej v trubah [Mechanics of the movement of liquids in pipes]. Leningrad. Nedra ["Bowels of the Earth" Publishers]. 1971. 144 p. [In Russian]
6. B.O. Botuk, N.F. Fedorov. Kanalizacionnye seti [Sewer networks]. 2nd edition. Moscow. Strojizdat [Publishing House of Literature on the Construction and Architecture ("Strojizdat" Publishers)]. 1976. 272 p. [In Russian]
7. O.A. Prodous, L.D. Terehov, P.P. Jakubchik, A.S. Chernyh. Tehnicheskoe regulirovanie znachenij gidravlicheskih parametrov nenovyh metallicheskih trub dlja prolidnjenja perioda ih ispol'zovanija [Technical regulation of the values of hydraulic parameters of non-new metal pipes to extend the period of their use]. *Izvestija PGUPS* [Bulletin of the St. Petersburg State University of Communications (SPbSUC)]. St. Petersburg. Izd-vo PGUPS [Publishing House of SPbSUC]. 2021. Vol. 18. Issue 3. Pp. 421–427. [In Russian]
8. V.S. Dikarevskij, O.A. Prodous, P.P. Jakubchik, Ju.A. Smirnov. Rezervy jekonomii jektrojenergii pri transportirovanii vody po vodovodam iz zhelezobetonnyh trub [Reserves for saving electricity when transporting water through conduits from reinforced concrete pipes]. *Racional'noe ispol'zovanie vody i toplivno-jenergeticheskih resursov v kommunal'nom vodnom hozjajstve: Tezisy dokladov Vsesojuz. nauch.-tehn. seminarov* [Rational use of water and fuel and energy resources in municipal water management: Abstracts of the reports of the All-Union Scientific and Technical Seminar]. Alma-Ata. August 6–8, 1985. Moscow. KSM VSNTO [All-Union Council of Scientific and Technical Societies of the USSR]. 1985. Pp. 90–92. [In Russian]
9. F.A. Shevelev, A.F. Shevelev. Tablicy dlja gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnyh trub: sprav. posobie [Tables for the hydraulic calculation of water pipes: A reference guide]. 11th edition. Moscow. Bastet ["Bastet" Publishers]. 2020. 428 p. [In Russian]
10. O.A. Prodous et al. Rekomendacii po rekonstrukcii nenovyh metallicheskih truboprovodov iz stali i serogo chuguna [Recommendations for the reconstruction of non-new metal pipelines from steel and gray cast iron]. St. Petersburg, Moscow. Svoe izdatel'stvo ["An Own Publishing House" Publishers]. 2021. 36 p. [In Russian]
11. O.A. Prodous, A.A. Shipilov, P.P. Jakubchik. Tablicy dlja gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnyh trub iz stali i serogo chuguna s vnutrennimi otlozhenijami: sprav. posobie [Tables for the hydraulic calculation of water pipes made of steel and gray cast iron with internal deposits: A reference guide]. St. Petersburg, Moscow. Pero ["A Nib" Publishers]. 2021. 238 p. [In Russian]

## HEATING, HOT WATER AND GAS SUPPLY

[Comparative analysis of the efficiency of the use of cast iron boilers in low-power boilers. Pp. 42–43.](#)

Marina A. Nefedova, PhD, Associate Professor, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering \(SPbGASU\)](#)

1. O teplosnabzhenii [On heat supply]. *Fed. zakon RF ot 27.07.2010 №190 (s Izm. ot 01.05.2022)* [Federal Law of the Russian Federation of July 27, 2010 No. 190 (as Amended on May 1, 2022)]. [In Russian]
2. M.A. Nefedova. Jenergosberegajushhie tehnologii pri jekspluatcii kotlov maloj moshhnosti [Energy-saving technologies in the operation of low-power boilers]. *PhD dissertation in specialty No. 05.23.03*. St. Petersburg. SPbGASU [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. 2017. 168 p. [In Russian]
3. E.L. Palej. Kotel'nye. Normativnye trebovanija i prakticheskie rekomendacii pri proektirovanii: sprav.-prakt. posobie [Boiler rooms. Regulatory requirements and practical recommendations for design: A reference and practical guide]. St. Petersburg. Gazovyy klub ["Gas Club" Publishers]. 2010. 119 p. [In Russian]
4. A.V. Sergeev. Teplomehaničeskoe oborudovanie kotel'nyh: sprav. posobie [Thermal mechanical equipment of boiler rooms: A reference guide]. St. Petersburg. Izd-vo DEAN ["DEAN" Publishers]. 2012. 256 p. [In Russian]
5. SP 89.1330.2016 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 89.1330.2016]. *Kotel'nye ustanovki. Aktualiz. red. SNiP II-35-76* [Boiler installations. Updated edition of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. II-35-76]. Data of init.: June 17, 2017. [In Russian]
6. E.A. Birjuzova. Sovershenstvovanie shhiganija prirodno gaza dlja otoplenija chugunnyh sekcionnyh kotlov s gorizonta'no-shhelevymi (nizhnimi) gorelkami [Improving the combustion of natural gas for heating cast-iron sectional boilers with horizontal slot (lower) burners]. *PhD dissertation in specialty No. 05.23.03*. St. Petersburg. SPbGASU [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. 2004. 265 p. [In Russian]
7. L.N. Sidel'kovskij, V.N. Jurenev. Kotel'nye ustanovki promyshlennyh predpriyatij [Boiler installations of industrial enterprises]. Moscow. Bastet ["Bastet" Publishers]. 2009. 528 p. [In Russian]
8. N.L. Staskevich, G.N. Severinec, D.Ja. Vigdorčik. Spravočnik po gazosnabzheniju i ispol'zovaniju gaza [Handbook on gas supply and use of gas]. Leningrad. Nedra ["Bowels of the Earth" Publishers]. 1990. 762 p. [In Russian]
9. A.N. Volikov. Teplovoj raschet parovyh i vodogrejnnyh kotlov: ucheb. posobie [Thermal calculation of steam and hot water boilers: A textbook]. St. Petersburg. SPbGASU [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. 2006. 130 p. [In Russian]
10. M.A. Nefedova. Razrabotka metodov raboty i povysenie jenergojektivnosti gazovyh kotel'nyh maloj moshhnosti [Development of working methods and improvement of energy efficiency of gas boilers of low power]. Under a grant of SPbGASU. Scientific adviser: E.A. Birjuzova. St. Petersburg. SPbGASU [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. 2015. 100 p. [In Russian]

## ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

[Renewable energy in Russia in 2020. An overview. Pp. 56–63.](#)

Vitaly A. Butuzov, Doctor of Technical Sciences, [Trubilin Kuban State Agrarian University \(Kuban SAU, Krasnodar city\)](#)

1. Rynok vozobnovljaemoj jenergetiki v Rossii: tekushhij status i perspektivy razvitiya. Inf. bjulleten' ARVFE (jul' 2021) [Renewable energy market in Russia: current status and development prospects. Newsletter of the Renewable Energy Development Association (July 2021)]. Moscow. 2021. [In Russian]
2. V.A. Butuzov. Fotojenergetika v Rossii [Photovoltaics in Russia]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2020. No. 7. Pp. 46–54. [In Russian]
3. O.S. Popel', A.B. Tarasenko. Sovremennye tendencii razvitiya fotoelektricheskoj jenergetiki (obzor) [Current trends in the development of photovoltaic energy (review)]. *Teplojenergetika* ["Thermal power engineering" Magazine]. 2021. No. 10. Pp. 5–25. [In Russian]
4. P.V. Iljushin. Perspektivy primeneniya i problemnye voprosy integracii raspredelitel'nyh istočnikov jenergii v jektricheskie seti: monografija [Prospects for application and problematic issues of integration of distribution energy sources in electric networks: A monograph]. Moscow. NTF "Jenergoprogress" ["Energyprogress" Scientific and technical company]. 2020. 116 p. [In Russian]
5. V.A. Butuzov. Solnečnoe teplosnabzhenie. Opyt stoletnego razvitiya [Solar heating. Experience of a century of development]. *Promyshlennaja jenergetika* ["Industrial energy" Magazine]. 2020. No. 4. Pp. 52–63. [In Russian]
6. V.A. Butuzov, V.V. Butuzov. Ispol'zovanie solnečnoj jenergii dlja proizvodstva teplovoj jenergii [Use of solar energy for the production of thermal energy]. Moscow. Intekhergo-Izdat ["Intechenergy-Izdat" Publishers]. 2015. 314 p. [In Russian]
7. V.A. Butuzov, P.P. Bezrukhih, S.V. Gribkov. Rossijskaja vetrojenergetika: nauchno-konstruktorskije shkoly, jetyapy razvitiya, perspektivy [Russian wind energy: scientific and design schools, stages of development, prospects]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2021. No. 5. Pp. 62–76. [In Russian]





## ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

[Renewable energy in Russia in 2020. An overview. Pp. 56–63.](#)

[Vitaly A. Butuzov](#), Doctor of Technical Sciences, [Trubilin Kuban State Agrarian University \(Kuban SAU, Krasnodar city\)](#)

- V.G. Nikolaev, S.V. Ganaga, Ju.I. Kudrjashov. *Perspektivy razvitiya vozobnovlyemykh istochnikov jenerгии v Rossii. Rezul'taty proekta TACIS Europe Aid/116951/C/SV/RU* [Prospects for the development of renewable energy sources in Russia. Results of the TACIS Europe Aid/116951/C/SV/RU Project]. Moscow. *Atmograf* ["Atmograph" Publishers]. 2009. 456 p. [In Russian]
- V.V. Elistratov. *Vozobnovlyajemaja jenergetika* [Renewable energy]. 3rd edition, rev. and exp. St. Petersburg. *Izd-vo SPbPU* [Publishing House of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University]. 2016. 424 p. [In Russian]
- M.I. Dvorceckaja, A.P. Zhdanova, O.G. Lushnikov, I.V. Sliva. *Vozobnovlyajemaja jenergetika. Hidroelektrostancii Rossii: sprav.* [Renewable energy. Hydroelectric power stations of Russia: A reference book]. Edited by V.V. Berlin. St. Petersburg. *Izd-vo SPbPU* [Publishing House of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University]. 2018. 224 p. [In Russian]
- A.V. Kirjuhina, V.M. Sugrobov. *Geotermalnye resursy Kamchatki i blizhajshie perspektivy ih osvoenija* [Geothermal resources of Kamchatka and immediate prospects for their development]. *Vulkanologija i seismologija* ["Volcanology and seismology" Magazine]. 2019. No. 6. Pp. 50–65. [In Russian]
- G.V. Tomarov, A.I. Nikol'skij, V.N. Semenov, A.A. Shipkov. *Geotermal'naja jenergetika: sprav.-metod. izdanie* [Geothermal energy. Reference and methodical edition]. Moscow. *Intekhenenergo-Izdat* ["Intechenergy-Izdat" Publishers]. 2015. 315 p. [In Russian]
- Je.I. Boguslavskij. *Osvoenie teplovoj jenerгии nedr: monografija* [Development of the thermal energy of the bowels: A monograph]. Moscow. *Sputnik* ["A satellite" ("Sputnik") Publishers]. 2018. 434 p. [In Russian]
- G.P. Vasil'ev. *Teplohladosnabzhenie zdaniy i sooruzhenij s ispol'zovaniem nizkopotencial'noj teplovoj jenerгии poverhnostnykh sloev Zemli* [Heat and cold supply of buildings and structures using low-grade thermal energy of the surface layers of the Earth]. *The dissertation of the Doctor of Technical Sciences in the specialty No. 05.23.03*. Moscow. *MGSU* [Moscow State University of Civil Engineering]. 2006. [In Russian]
- V.A. Butuzov, R.A. Amerhanov, O.V. Grigorash. *Geotermal'noe teplosnabzhenie v Rossii* [Geothermal heat supply in Russia]. *Teplojenergetika* ["Thermal power engineering" Magazine]. 2020. No. 3. Pp. 3–12. [In Russian]
- Vozobnovlyajemaja jenergetika: primery i praktiki real'nogo ispol'zovanija* [Renewable energy: examples and practices of real use]. Edited by E.G. Gasho and R.N. Razorenov. Moscow. *RIA* [Russian Engineering Academy]; *Associacija "Zelenyj kilovatt"* ["Green kilowatt" Association]. 2019. 80 p. [In Russian]
- O. Rakitova. *Kakim byt' toplivu budushhego? Kongress i vystavka "Biomassa: toplivo i jenergerija"* [What will be the fuel of the future? "Biomass: fuel and energy" congress and exhibition]. *Lesprom-Inform* ["Lesprom-Inform" Magazine]. 2020. No. 3. Pp. 116–121. [In Russian]
- V.A. Karasevich. *Perspektivy ispol'zovanija VIJe dlja nuzhd teplosnabzhenija v regional'nykh RF* [Prospects for the use of renewable energy for the needs of heat supply in the regions of the Russian Federation]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2021. No. 5. Pp. 56–58. [In Russian]

[Calculation of the cooling time of rooms in brick houses. Pp. 64–67.](#)

[Oleg B. Seldyugaev](#), PhD, junior researcher; [Leonid A. Zinovjev](#), PhD, Head of the Laboratory; [Svetlana G. Karstina](#), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Physics and Nanotechnology Department, [Karaganda Buketov University \(The Republic of Kazakhstan, Karaganda city\)](#)

- A.S. Kudosov, O.B. Sel'dyugaev, M.A. Burkov. *Metodika rascheta poter' teplovoj jenerгии v dvojnomo i trojnomo steklopaketah* [Method of calculation of thermal loss energy in double and triple glass packaging]. *Vestnik KarU: serija "Fizika"* [Bulletin of Karaganda University. Series: Physics]. 2018. No. 3. Pp. 79–82. [In Russian]
- GOST 530–2012 [State Industry Standard of Russia No. 530–2012]. *Kirpich i kamen' keramicheskie. Obshhie tehniczeskie uslovija* [Brick and ceramic stone. General specifications]. Data of init.: July 1, 2013. [In Russian]
- SNiP 23-02 [Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 23-02]. *Raschetnye teploehniczeskie pokazateli kirpichnykh kladok iz sploshnogo kirpicha. Teploemkost', teploprovodnost' i tepluosvoenie v zavisimosti ot plotnosti i vlazhnosti, paropronicaemost'* [Estimated thermal performance of solid brick masonry. Heat capacity, thermal conductivity and heat absorption depending on density and humidity, vapor permeability]. [In Russian]
- Stroitel'nye normy i pravila* [Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of the USSR)]. *Chast' II. Normy stroitel'nogo proektirovanija* [Part II. Building design standards]. Moscow. *Gos. izd-vo lit. po stroitel'stvu i arhitekture* [State Publishing House of Literature on Construction and Architecture]. 1954. [In Russian]
- Stroitel'nye normy i pravila* [Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of USSR)]. *Chast' II. Razdel V. Glava 10. Zhilye zdaniya* [Part II. Section B. Chapter 10. Residential buildings]. Moscow. *Gos. izd-vo lit. po stroitel'stvu i arhitekture* [State Publishing House of Literature on Construction and Architecture]. 1958. [In Russian]
- GOST 11214–2003 [State Industry Standard of Russia No. 11214–2003]. *Bloki okonnnye derevjannye s listovym ostekleniem. Tehniczeskie uslovija* [Wooden window blocks with sheet glazing. Specifications]. Data of init.: Mart 1, 2004. [In Russian]

## ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

[Modeling and research in COMSOL Multiphysics of the dynamic characteristics of small wind power plants. Pp. 70–76.](#)

[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 \(RGUTIS, dp. Cherkizovo, Moscow region\)](#)

- Cifrovoy dvojnok* [Digital twin]. "Kad'em Si-Aj-JeS", JSC. Web-source: cadfem-cis.ru. Access data: May 15, 2022. [In Russian]
- Ed Fontes. Digital twins: not just hype. Web-source: comsol.com. Access data: May 15, 2022.
- GOST R 54418.1–2012 (MJeK 61400-1:2005) [State industry standard of Russia No. 54418.1–2012 (IEC 61400-1:2005)]. *Vozobnovlyajemaja jenergetika. Vetrojenergetika. Ustanovki vetrojenergeticheskie. Ch. 1. Tehniczeskie trebovanija* [Renewable energy. Wind power. 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]
- V.V. Elistratov, I.A. Konstantinov, A.A. Panfilov. *Nagruzki na jelementy vetrojenergeticheskoj ustanovki, na ee fundament i osnovanie: ucheb. posobie* [Loads on the elements of the wind power plant, on its foundation and base: A tutorial]. St. Petersburg. *Izd-vo SPbPU* [Publishing House of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University]. 1999. 38 p. [In Russian]
- V.V. Elistratov, I.A. Konstantinov, A.A. Panfilov. *Dinamicheskie raschety sistemy "vetrojenergeticheskaja ustanovka — fundament — osnovanie": ucheb. posobie* [Dynamic calculations of the system "wind power plant — foundation — base": A tutorial]. St. Petersburg. *Izd-vo SPbPU* [Publishing House of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University]. 1999. 49 p. [In Russian]
- N.H. Mostafa, M. Talaat, M.M. Ibrahim. Performance analysis and design a small horizontal axis wind turbine. The Association of Egyptian-American scholars 41st annual conference "Comprehensive development of the Sinai Peninsula". 2014. Web-source: researchgate.net. Access data: May 15, 2022.
- Stress and modal analysis of a wind turbine composite blade. COMSOL Multiphysics User's Guide. Web-source: comsol.com. Access data: May 15, 2022.
- V.A. Suchilin, A.S. Kochetkov, N.N. Gubanov. *Modelirovanie i issledovanie v COMSOL Multiphysics funkcional'nykh harakteristik malyh VJeU* [Modeling and research in COMSOL Multiphysics of the functional characteristics of small wind power plants] *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2021. No. 4. Pp. 72–77. [In Russian]
- I.I. Artobolevskij. *Teorija mehanizmov i mashin: uchebn. dlja vuzov* [Theory of mechanisms and machines: A textbook for technical universities]. Moscow. *Nauka* ["The science" Publishers]. 1988. 640 p. [In Russian]
- V.A. Suchilin, A.S. Kochetkov, N.N. Gubanov. *Modelirovanie i optimizacija v COMSOL Multiphysics macht malyh vetrojenergeticheskikh ustanovok* [Modeling and optimization in COMSOL Multiphysics of the masts of small wind power plants]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2022. No. 2. Pp. 64–69. [In Russian]





МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И ФОРУМ

# RENWEX

«Возобновляемая энергетика  
и электротранспорт»

**21–23 ИЮНЯ 2022**

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»,  
павильон №3

## КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ



Ветроэнергетика



Солнечная энергетика



Водородная энергетика



Гидроэнергетика



Биоэнергетика, биогаз и твердое биотопливо



Энерго- и ресурсосберегающие технологии



Электротранспорт и зарядная инфраструктура



Реклама 12+

[www.renwex.ru](http://www.renwex.ru)

При поддержке



Под патронатом

Организатор



**25–27 ОКТЯБРЯ 2022**  
МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»

**HEAT&POWER**



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



На правах рекламы.

Организатор  
**МВК** Международная  
Выставочная  
Компания

**ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД**  
**heatpower-expo.ru**

Открываем новые филиалы в июле и августе в Твери и Калуге • Не изменяем стоимость оплаченного оборудования • Регулярно расширяем ассортимент и увеличиваем складской запас •  
• Более 1000 новых товарных позиций поступило на склад в 2022 году • Более 20 000 уникальных артикулов товара в наличии на складе • Пять новых поставщиков инженерного оборудования в 2022 году • Бесплатная доставка по всей России 7 дней в неделю • В марте и апреле провели пятидневные курсы повышения квалификации



# LUNDA

## для профессионалов

### 49 филиалов в 36 городах

Развитие филиальной сети с 2007 года • Только сертифицированный товар • Программа лояльности со специальными скидками, бонусами и акциями •  
• Аренда профессионального инструмента для монтажа • Проектирование инженерных систем •  
• Подбор оборудования • Персональный менеджер для каждого клиента • Бонусы с каждой покупки • Обучение и технические семинары

[www.lunda.ru](http://www.lunda.ru)