№05 (233) МАЙ 2021

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ОТРАСЛЕВОЙ ЖУРНАЛ

СОК

САНТЕХНИКА • ОТОПЛЕНИЕ • КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ • ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ • ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

32 Гидравлическое сопротивление газовых котлов

50 О подходах к проектам на основе ВИЭ

54 Новые возможности микроВИЭ в России

62 Ветроэнергетика: школы, этапы, перспективы

Компактный
мощный

navien

DELUXE
ONE 40K
Котел,
которому нет равных*

Альтернативное решение для котельных

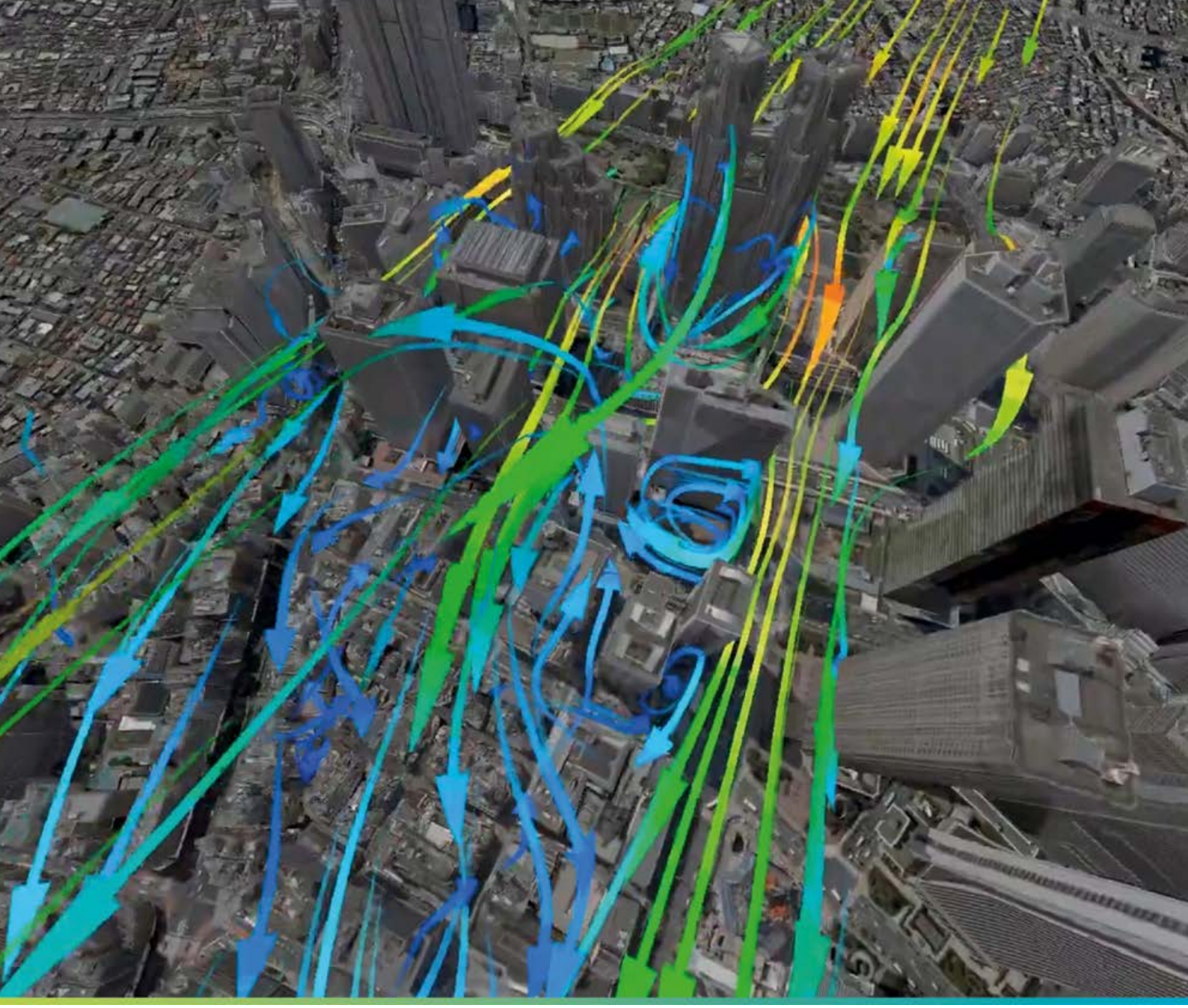
40 кВт

*Уникальный по техническим характеристикам в сегменте настенных газовых котлов

НОВИНКА

На правах рекламы

navien.ru



Программный комплекс MSC Cradle CFD для анализа гидрогазовой динамики и тепломассообмена в архитектуре и инженерных сетях зданий

Позволяет решать задачи моделирования систем кондиционирования и отопления, оценки качества воздуха, температурного комфорта, эффективности вентиляции, расчета влажности, задымленности, анализа инженерных сетей зданий, аэродинамики зданий и сооружений, а также естественной и искусственной освещённости и другие задачи.

Подробнее **mscsoftware.com/ru** | **hexagon.com**

HEXAGON | MSC Software

На правах рекламы.

www.fondital.com

fondital

fondital_rus_2
fondital_lipetsk_3

ОТКРОЙ ДЛЯ СЕБЯ ГАММУ FONDITAL

РАДИАТОРЫ

КОТЛЫ

На правах рекламы.

**ПРОГРАММА FONDITAL LEAGUE:
НАГРАЖДАЕМ ЛУЧШИХ МОНТАЖНИКОВ
ПРОДУКЦИИ FONDITAL**

fondital League

СОДЕРЖАНИЕ

05/2021

Создание и реконструкция трубопроводов в условиях вечной мерзлоты

Строительство и реконструкция трубопроводов инженерных коммуникаций на территориях вечномёрзлых грунтов связано со всевозможными сложностями. Приведена краткая характеристика мёрзлых грунтов и влияние на них строительных работ. Рассмотрены различные способы строительства трубопроводов.

18

Системы «умного дома», энергосбережение и энергоэффективность

Выпускаемые ныне современные приборы учёта энергоресурсов имеют расширенные функциональные возможности, умеют фиксировать различные события на объекте. Они обладают встроенными протоколами TCP/IP и могут быть интегрированы в информационные системы, например, такие как «умный город».

29

Система отопления на базе водяных ИК-излучателей

Приведённое исследование посвящено обоснованию энергетической эффективности применения систем лучистого отопления на базе водяных инфракрасных излучателей с помощью расчёта нормативного потребления тепловой энергии на нужды отопления в отопительный период, а также изучению теплового режима наружных ограждающих конструкций.

38

Перспективы использования ВИЭ для теплоснабжения в регионах России

Рассмотрены варианты теплоснабжения объектов с применением ВИЭ в регионах России. Дана оценка потенциала по разным источникам «зелёного» теплоснабжения, приведены примеры реализации существующих подходов и технологий, как в рамках региональных программ, так и отдельных проектов.

56

Решения системы «Умный дом». Примеры из Швеции

В статье — о том, как Швеция из зависимой от сырья страны за 40 лет стала мировым лидером по внедрению концепции устойчивого развития и разработала собственную программу SimbioCity, какие инженерные решения оказались наиболее востребованы в строительстве новых районов и многом другом.

60

Российская ветроэнергетика: школы, этапы развития, перспективы

В 2019 году ветроэнергетика занимала первое место (650,7 ГВт) в мировой возобновляемой энергетике. В России мощность ВЭС в том же году составила 630,5 МВт. Указаны финансовые механизмы для стимулирования создания ВЭС, инвесторы и изготовители техники и дана другая важная информация.

62

Ежемесячный отраслевой журнал
№ 2005 в Перечне ВАК Министерства образования и науки РФ (от 01.03.2021)
Учредитель и издатель:
ООО Издательский дом «МЕДИА ТЕХНОЛОДЖИ»
Директор:
Константин Михасев
Главный редактор:
Александр Гудко
Технические редакторы:
Сергей Брух, Александр Говорин
Руководитель отдела рекламы:
Татьяна Пучкова
Ответственный секретарь:
Ольга Юферева
Дизайн и верстка:
Роман Головко
Редакционная коллегия:
Председатель:
С. Д. Варфоломеев, член-корр. РАН, д.х.н., проф., ИБХФ им. Н. М. Эмануэля 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 им. Н. М. Эмануэля 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»
В. И. Шарапов*, д.т.н., проф., ФГБОУ ВПО «УлГТУ»
А. Б. Невзорова, д.т.н., проф., БелГУТ
М. В. Бодров, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО ННГАСУ
П. И. Дячек, д.т.н., проф., БНТУ
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»
Э. Е. Сон*, акад. РАН, д.ф.-м.н., проф., МФТИ
В. Ф. Матюхин, д.т.н., проф., Центр МИРЭА
О. А. Сотникова, д.т.н., проф., ВГТУ
С. К. Шерьязов, 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
Д. С. Стребков, акад. РАН, ВИЭСХ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
П. П. Безруких, д.т.н., акад.-секр. секции «Энергетика» РИА
В. А. Бутузов, 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, учёный секретарь Комитета ВИЭ РосСНИО, акад. РИА
Секция «Биоэнергетика»
Р. Г. Василов*, д.б.н., проф., президент ОБР
Ю. Ф. Лачуга, акад. РАН, член презид. РАН, д.т.н., проф.
В. В. Мясоедова, д.х.н., проф., эксперт РАН, ФБГУН ИХФ РАН
А. Н. Васильев, д.т.н., проф., ВИЭСХ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Секция «Тепловые двигатели»
А. А. Малозёмов*, д.т.н., проф., ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»
Т. Ю. Салова, д.т.н., проф., Военный институт ВУНЦ ВМФ
А. Е. Свистула, д.т.н., проф., АлтГТУ им. И. И. Ползунова
* Руководитель секции.
Адрес редакции:
143085, Московская обл., Одинцовский р-н, раб. пос. Заречье, ул. Тихая, д. 13, корп. 2
Тел/факс: +7 (495) 665-00-00
E-mail: *media@mediatechnology.ru*
Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС77-56668.
Перепечатка фотоматериалов и статей допускается лишь с письменного разрешения редакции и обязательной ссылкой на журнал (в том числе в электронных СМИ). Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов. Редакция не несет ответственности за информацию, содержащуюся в рекламных объявлениях.
Адрес в Интернете:
www.c-o-k.ru, www.forum.c-o-k.ru
Отпечатано в типографии:
«Тверской Печатный Двор», Россия.
Тираж 15 000 экз., цена свободная.
С.О.К.® — зарегистрированный торговый знак.
ISSN 1682-3524

233-й номер
05/2021

Новости 4

BIM-проектирование

Проектирование и расчётный анализ архитектурных объектов с использованием системы scSTREAM 7

Сантехника и водоснабжение

Решения Grundfos для водоснабжения малоэтажного жилья 10

Установки блочно-модульного типа для очистки подземной воды (технологические решения и опыт внедрения) 12

Ребрендинг компании «Эго Инжиниринг». Pro Aqua: объединяем лучшее! 16

Строительство и реконструкция трубопроводов в условиях вечной мерзлоты 18

Отопление и ГВС

Fondital: «Made In Italy» становится «Made In Russia» 24

Инфракрасная аэрофотосъёмка и другие способы обеспечения надёжности и эффективности систем централизованного теплоснабжения 26

Системы «умного дома» неразрывно связаны с энергосбережением и энергоэффективностью 29

Модернизированные жаротрубные котлы «ДОРОГОБУЖ» 30

Гидравлическое сопротивление настенных газовых котлов и эффективность нагрева помещений 32

Исследование экономической эффективности применения системы отопления на базе водяных ИК-излучателей 38

Кондиционирование и вентиляция

Повышение эффективности использования энергии системами вентиляции на основе управления производительностью по датчикам CO_2 42

Энергосбережение и ВИЭ

Эффективные алгоритмы работы гибридно-сетевой солнечной электростанции 46

О подходах к проектам на основе ВИЭ. Краткий обзорный анализ объектов 50

Новые возможности микроВИЭ в России 54

Перспективы использования ВИЭ для нужд теплоснабжения в регионах РФ 56

Устойчивые инженерные решения системы «умный дом», примеры из Швеции 60

Российская ветроэнергетика: научно-конструкторские школы, этапы развития, перспективы 62

Tesla получила предупреждение от Компартии КНР 77

References 78

Одной строкой

:: Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского (Иркутский ГАУ) и ООО «Вольф Энергосберегающие системы» объявили о запуске нового учебного класса WOLF. Созданный на энергетическом факультете вуза, учебный класс позволит проводить учебные занятия, научные исследования в области альтернативной энергетики и энергосбережения в реальных условиях.

:: Группа компаний «Терморос» стала официальным дилером ведущего европейского производителя оборудования для кондиционирования и обработки воздуха — компании CIAT на территории Российской Федерации.

:: Электрокары могут стать дешевле машин с ДВС уже к 2027 году. Если это произойдёт, продажи таких автомобилей должны резко вырасти. Пока же высокая цена и не до конца готовая инфраструктура являются главными сдерживающими факторами. Специалисты аналитического агентства BloombergNEF сделали свой прогноз относительно цен на электрические машины в будущем. Согласно прогнозам, уже к 2027 году покупка электрокара должна стать более выгодной, чем в случае машин с классическими ДВС.

Mitsubishi Electric

Начало продаж блоков плазменной очистки MAC-100FT-E

Российские дистрибуторы Mitsubishi Electric начали продажи блоков плазменной очистки и обеззараживания воздуха Plasma Quad Connect (MAC-100FT-E), презентация которых состоялась в начале года.

Это устройство совместимо со всеми моделями внутренних блоков настенного типа, оснащёнными разъёмом CN105 (RAC, PAC, CITY MULTI), а также с канальными блоками серий SEZ, PEAD, PEFY.

MAC-100FT-E эффективно действует в шести направлениях: разрушает бактерии, денатурирует аллергены, задерживает мелкодисперсные частицы PM2.5, удаляет пыль, борется с плесенью, а также инактивирует вирусы, в том числе коронавирус SARS-CoV-2, известный как COVID-19*.

* В соответствии с Заключением №20KB070569 Лаборатории микробиологии в городе Кобэ (Япония).

BAXI

Новинка бренда BAXI – сплит-система BAXI Alta с функциями комфорта и заботы о здоровье

BAXI представил новинку: сплит-систему BAXI Alta. При разработке кондиционера были использованы самые передовые технологии.

Функция комфорта: широкий диапазон рабочих температур наружного блока; высокая скорость охлаждения и обогрева; возможность управления воздушным потоком в вертикальной и горизонтальной ориентациях с помощью пульта ДУ.

Забота о здоровье: самоочистка внутреннего и внешнего блока; автоматическая продувка внутреннего блока.

Стиль: лаконичный и строгий дизайн внутреннего блока; качественные материалы исполнения; стильный скрытый дисплей.

Монтаж и обслуживание: монтажная рамка для внутреннего блока в комплекте; удобный «замок» на корпусе внутреннего блока для быстрого доступа к коммуникациям.

Модельный ряд состоит из устройств мощностью 2,6; 3,55; 5,0 и 7,0 кВт. Благодаря мощным компрессорам и профилю крыльчатки в форме листа, BAXI Alta охлаждает и нагревает помещение с высокой скоростью, а расстояние обдува увеличено. Направление воздушного потока меняется в вертикальной и горизонтальной ориентациях с пульта. Также предусмотрена функция сохранения пользовательских настроек.

Grundfos

Насосы Grundfos установлены в инженерных системах крупнейшего автодрома России

В конце 2020 года Международная автомобильная федерация (FIA) присвоила новому российскому автодрому «Игора Драйв» высшую категорию Grade 1 — это значит, что трасса допущена к проведению соревнований любых уровней, включая международную автогонку «Формула-1».

Залогом успеха стали изначально высокие качество подготовки и класс безопасности объекта, построенного с применением передовых технических решений. В частности, специально для него были спроектированы современные системы пожаротушения, полива трасс и водоснабжения на базе насосного оборудования Grundfos.

Для каждого автодрома, принимающего престижные международные соревнования, непременным условием является высокий уровень надёжности и безопасности как самих треков, так и инфраструктуры, а также мест размещения участников и зрителей. «Игора Драйв» в полной мере отвечает данным требованиям. Особого внимания заслуживает система пожарной безопасности автодрома. Одной из особенностей системы водяного пожаротушения стало применение тепловых экранов в местах установки спринклерных оросителей на расстоянии более 0,4 м от уровня перекрытия. Спринклер с экраном срабатывает практически на целую минуту быстрее, чем без него, что существенно повышает эффективность тушения. Воду в систему подают автоматические насосные станции, разработанные и поставленные специалистами компании «Промэнерго». Все они произведены на базе насосов Grundfos.

BDR Thermea

Новый коммерческий директор Группы BDR Thermea

К руководству Группы BDR Thermea, ведущего мирового производителя «умных» решений для теплового комфорта, в качестве коммерческого директора присоединилась Лусия Вейга Моретти. BDR Thermea Group управляет портфелем из лидирующих на рынке брендов в более чем 100 странах мира, в том числе брендов BAXI и De Dietrich на территории РФ и стран СНГ. В штате работает свыше 6200 человек. Компания занимает ведущие позиции в Европе, Северной Америке, Турции, России и Китае. Оборот в 2020 году — € 1,8 млрд.

Лусия пришла в Группу из компании Allegion, родоначальника индустрии безопасности, где в течение семи лет занимала пост старшего вице-президента и президента по странам Европы, Ближнего Востока, Индии и Африки.

«Я рад приветствовать Лусию в Группе BDR Thermea, — говорит генеральный директор Группы Бертран Шмитт. — *Она идеально подходит для этой должности, обладая опытом и компетенциями, необходимыми для достижения нашей миссии по сокращению мировых выбросов углерода за счёт разработки и поставки интеллектуальных технологий отопления нашим клиентам по всему миру».*

«Дорогобужкотломаш»

Новый газоплотный водогрейный котёл «Дорогобужкотломаш»

Завод «Дорогобужкотломаш» запустил «в серию» водогрейный котёл КВ-Г-14-150Н.

КВ-Г-14-150Н — новое газоплотное исполнение традиционного котла мощностью 14 МВт с сохранённой компоновкой и габаритами, возможностью установки на замену ТВГ-8М, ТВГ-12, ДКВР-10 (водогрейный режим) и на объектах нового строительства.

Газоплотность достигается проваркой газоплотных мембран между экранными трубами. Кирпичная стенка, разделяющая топочное пространство и конвективную шахту, и задняя стенка внешней обмуровки котла заменены на газоплотные экраны.

Изоляция трубной части выполняется с применением базальтовых плит, что значительно снижает вес котла и тепловые потери. Обшивка декоративная, выполнена из металлического листа.

Котёл может работать как под наддувом, так и под разрежением (с дымососом). Имеет весь необходимый комплект разрешительной документации.

Первый КВ-Г-14-150Н отгружен в адрес филиала ПАО «Квадра» — «Липецкая генерация» — в рамках проекта технического перевооружения котельной «Угловая» с заменой ТВГ-8М.

Поставка котла осуществлена под импортные горелочные устройства с доставкой на монтажную площадку заказчика.

WILO

WILO в водородной отрасли

Группа WILO и производитель электролизёров Enapter пришли к соглашению о совместном сотрудничестве. Целью соглашения является определение возможных направлений для сотрудничества в водородной отрасли и объединение усилий для взаимовыгодной работы. Партнёры прежде всего видят общий потенциал в проектах по созданию инфраструктуры для производства и транспортировки водорода.

Во всех странах мира правительства принимают меры по восстановлению экономики, включающие среднесрочные и долгосрочные национальные программы, направленные на продвижение водородных технологий для активной защиты климата. WILO уже давно считает водород источником энергии будущего. В рамках приверженности концепции защиты климата Группа WILO намерена активно задействовать перспективные водородные технологии. Продукция и решения WILO могут внести значительный вклад в производство, распределение и применение «синего» и «зелёного» водорода.

Опыт работы Enapter в водородной отрасли, особенно в сфере электролиза, составляет более 15 лет. Более того, электролизёр с анионообменной мембраной (AEM) данной компании является первым модульным электролизёром, использующим «зелёный» водород вместо ископаемых видов топлива.

Энергетика

Госдума приняла закон о газификации домов

Государственная Дума ФС РФ на заседании первого июня провела второе и третье чтения законопроекта об изменениях в закон о газоснабжении в России, согласно которому газ до границ участков будут подводить не привлекая средств граждан. О принятии закона сообщается на сайте нижней палаты парламента. *«Теперь от газовой трубы, которая проложена в населённый пункт, до границы домовладения конкретного человека газ будут обязаны подвести за счёт средств государства»,* — пояснил председатель Госдумы Вячеслав Володин. Уже на территории земельного участка подключение газа к дому жители будут оплачивать самостоятельно.

Согласно закону, в России будет создан институт единого оператора газификации. Им станет ПАО «Газпром», которое со своими дочерними компаниями выступает собственником Единой системы газоснабжения, или же наиболее крупная организация, *«не являющаяся единым оператором газификации»*.

Данные изменения приняты во исполнение поручения Президента РФ Владимира Путина. Подразумевается, что догазификация регионов продлится до 2023 года.

Экология

Ответ Минприроды на запрос АПИК о ввозе хладагентов

Минприроды России рассмотрело обращения о ввозе хладагентов на территорию РФ. По мнению Министерства, разрешительный порядок ввоза гидрофторуглеродов (ГФУ) будет применяться к: моно-веществам, включённым в список F раздела 2.1 Единого перечня; охлаждающим смесям, включённым в список D раздела 1.1 Единого перечня и содержащим в своём составе ГФУ, включённые в список F раздела 2.1 Единого перечня; продукции (оборудованию), включённой в список D раздела 1.1 Единого перечня и содержащей только одно моно-вещество, включённое в список F раздела 2.1 Единого перечня.

Лицензии импортёру будет выдавать Минпромторг на основании разрешительного документа (заключения) от Росприроднадзора. При этом лицензии предоставляются таможенному органу при прибытии партии товаров на таможенную территорию ЕАЭС.

Регламент выдачи разрешений утверждён приказом Минпромторга России от 18 октября 2017 года №3624.

Источник: Мир Климата/Холода.

ВИЭ

МЭА: Развитие ВИЭ-энергетики делает рывок

Внедрение возобновляемых источников энергии ускорилось в 2020 году. Как говорится в докладе Международного энергетического агентства (МЭА), на их долю будет приходиться 90% от общего увеличения мировых энергомощностей в 2021–2022 годах.

В своём докладе агентство признает проблемы в цепочке поставок и задержки строительства, вызванные пандемией коронавируса. Однако вводы новых мощностей на базе ВИЭ в 2020 году увеличились более чем на 45% по сравнению с 2019-м и составили почти 280 ГВт, что стало рекордом с 1999 года.

Ожидается, что такой уровень прироста мощностей возобновляемых источников энергии будет сохранен. 270 ГВт будут введены в эксплуатацию в 2021 году и 280 ГВт — в 2022-м. Агентство прогнозирует, что ежегодное увеличение мощностей ветряных электростанций в мире в 2021–2022 годах составит 80 ГВт, что на 35% больше, чем в 2019-м, несмотря на то, что в Китае темп ежегодного прироста ветровых мощностей в 2021–2022 годах снизится после скачка в 2020-м.

Источник: Технoблог.

Энергосбережение

Переход на LED-освещение в России

Переход на LED-освещение на улицах и дорогах в России снизит количество выбросов углекислого газа в атмосферу более чем на 882 тыс. тонн, что соответствует генерации 185 тыс. автомобилей за год эксплуатации, пришла к такому выводу международная компания Signify.

По расчётам Signify, переход на современные светодиодные решения позволит сэкономить около 7,6 млрд руб. и сократить расход электроэнергии на 1,2 млрд кВт·ч или на 56% в год.

Эти данные получены с помощью анализа состояния парка светотехнического оборудования для уличного и дорожного освещения в крупных субъектах России. В ряде крупных городов РФ уже внедрены впечатляющие LED-решения.

Так, в Москве переход на LED-решения позволит сэкономить 658 092 399 руб. бюджетных средств в год, что составляет примерно 21% от общего бюджета города.

Источник: «Энергетика и промышленность».

«Росатом»

«Росатом» включился в российскую водородную гонку

«Росатом» и группа EDF подписали соглашение о совместном продвижении проектов в области «зелёного» водорода в России и в Европе. Об этом говорится в сообщении госкорпорации. Стороны намерены реализовать инициативы в области транспорта и декарбонизации промышленного комплекса.

EDF и «Росатом» также договорились о развитии научно-исследовательской деятельности. Её целью будет являться разработка новых CO_2-нейтральных технологий в области водорода. Это один из основных методов борьбы с изменениями климата.

По сообщению госкорпорации, «Росатом» ориентирован на развитие технологий низкоуглеродного производства водорода и его хранения. А также на участие в пилотных водородных проектах, как в России, так и за рубежом. Развитие подобных технологий призвано сыграть важную роль в реализации Парижского соглашения по климату.

По словам директора Блока по развитию и международному бизнесу Кирилла Комарова, «Росатом» готов стать одним из ключевых игроков в формирующихся цепочках мирового производства, хранения, транспортировки и потребления водорода.

Проектирование и расчётный анализ архитектурных объектов с использованием системы scSTREAM

Расчёт и инженерный анализ на компьютерной технике в процессе проектирования изделий уже очень давно стал обычным этапом при создании любой машины: летающей, плавающей, ездящей, добывающей, изготавливающей другие машины. Исторически «локомотивом» систем инженерного анализа выступали космическая отрасль и авиация, именно для этих двух технологически ёмких направлений машиностроения создавались первые расчётные системы — CAE и первые системы автоматизированного проектирования — CAD*...

По материалам компании MSC Software (подразделение Hexagon MI)

* CAE — Computer-aided Engineering.
CAD — Computer-aided Design.

Сегодняшними плодами широкого внедрения CAE и CAD в машиностроение является возможность при разработке чего угодно использовать автоматизированное проектирование и анализ. И это не только традиционные машиностроительные области, это и медицина с фармацевтикой, и товары народного потребления, упаковка, энергетика, электроника и архитектура.

Для некоторых областей разрабатываются специализированные решения — не общего назначения, но ориентированные на решение определённого класса задач или даже отраслевые узкоспециализированые решения. Если раньше любая расчётная система для внедрения и эффективного использования требовала от инженера определённый багаж знаний (часто глубоких), то сейчас расчётные системы могут использоваться и конструкторскими подразделениями разработчиков, и инженерами без многолетней подготовки по направлениям математического моделирования. В ряде случаев расчётные инструменты вообще встраиваются в специализированные конструкторские среды, во многом процесс расчётного анализа автоматизируется.

Одно из отраслевых решений в области проектирования строительных конструкций — концепция BIM или информационное моделирование зданий.

В январе 2012 года компания Nikken Sekkei, одно из ведущих архитектурных бюро в Японии, запустила Digital Design Project — новый проект по поддержке и эволюции информационного моделирования зданий. Nikken Sekkei в своих производственных процессах давно реализовала концепцию BIM, но запуск нового проекта должен был продолжить, развить это направление. Одним из ключевых моментов нового проекта стало моделирование окружающей среды как части информационной модели здания. Для реализации этих идей была сформирована группа компьютерного моделирования и анализа (Computer Aided Simulation, CAS), которую возглавил Осаму Нагасе (Osamu Nagase), специалист департамента технического проектирования Nikken Sekkei. Задача созданной группы — наполнение и развитие концепции BIM-предприятия различными средствами моделирования.

Одно из отраслевых решений в области проектирования строительных конструкций — концепция BIM или информационное моделирование зданий

В интервью для компании Cradle (часть MSC Software, подразделения Hexagon MI) Осаму Нагасе вспоминает: *«Когда я пришёл в компанию Nikken Sekkei, в рабочий процесс был уже внедрён программный комплекс scSTREAM для теплового и гидрогазодинамического анализа, система применялась для анализа течений внутри и снаружи зданий. На тот момент это был весьма прогрессивный подход в работе японского архитектурного бюро. Однако компьютер в то время работал так медленно, что расчёт одной модели мог занимать три месяца. Можно сказать, что для проектировщиков, работавших в то время в компании, расчётное моделирование было каким-то особенным, экспериментальным подходом.*

О компаниях Hexagon и MSC Software

Hexagon — мировой лидер в области сенсорных, программных и автономных решений, предоставляющих данные и инструментарий для повышения экономической эффективности, производительности и качества в различных отраслях промышленности, включая производство, а также в сфере инфраструктуры, обеспечения безопасности и мобильности. Технологии компании Hexagon изменяют экосистемы городов и промышленные экосистемы, делая их всё более масштабируемыми, взаимосвязанными и способными работать автономно, а значит будущее становится экологически устойчивым. Более подробно о компании Hexagon можно прочитать на сайте hexagon.com.

Hexagon Manufacturing Intelligence (Hexagon MI) — подразделение компании Hexagon. Решения Hexagon MI, использующие данные проектирования и инжиниринга, производства и метрологии, выводят предприятия на новый уровень эффективности.

MSC Software, часть Hexagon Manufacturing Intelligence, одна из десяти первых компаний-разработчиков программного обеспечения и мировой лидер в области виртуального моделирования, инженерных расчётов и услуг, значительно расширяющих возможности стандартных промышленных методов и подходов. Узнать больше о продуктах и услугах MSC Software можно на сайте mscsoftware.com/ru.

Фото: Yutaka Suzuki

Фото 1. «Умное» здание Sony City Osaki (Токио, район Осаки)

Благодаря моделированию достигается полная аналогия, наглядность и всестороннее отображение многих характеристик и преимуществ проектов, что даёт заказчикам возможность точно оценить свои планы и своими глазами увидеть предварительный результат.

На фоне растущей в последние годы глобальной тенденции энергосбережения и бережного отношения к окружающей среде современная архитектура ставит целью строительство объектов, способных более эффективно использовать энергию, на основе изучения различных результатов моделирования, включая сравнение начальных и эксплуатационных затрат. По мере роста значимости усилий в области энергоэффективности неизбежно растут потребности в моделировании, позволяющем наглядно отображать результаты», — рассказал Осаму Нагасе, компания Nikken Sekkei.

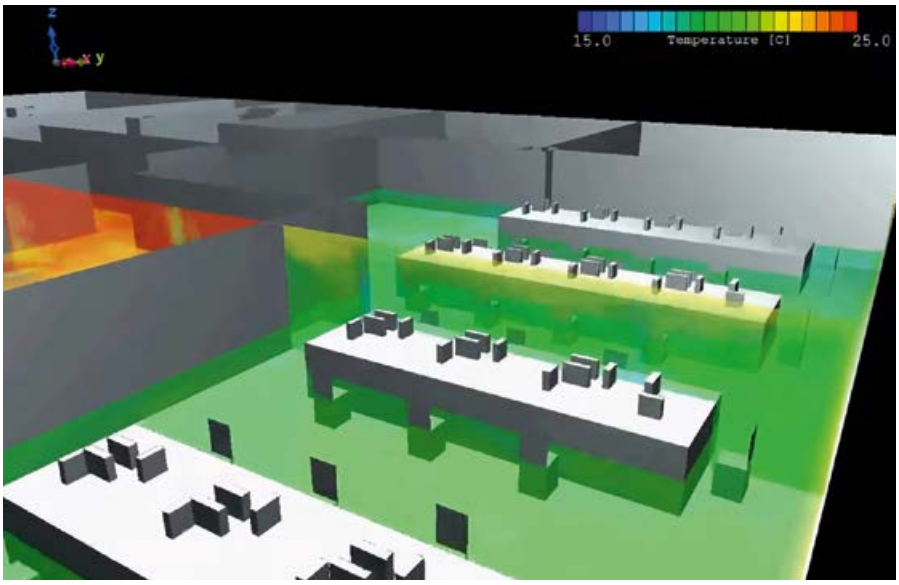
Нередко расчётное моделирование является насущной необходимостью, особенно при создании чего-то уникального

Но с тех пор вычислительная техника и программное обеспечение стремительно эволюционировали, и среди проектировщиков, работающих в компании, моделирование получило широкое распространение: теперь наш коллектив моделирует свыше сотни объектов в год или около десяти в месяц».

Нередко расчётное моделирование является насущной необходимостью, особенно при создании чего-то уникального даже в небольшом проекте. Работая над проектом, проектировщики придерживаются некоторых идей, но они испытывают и естественное желание узнать, *«как бы всё работало»*, если бы разные их замыслы были воплощены, получить ответ на вопрос *«а что, если…»*. И если ещё 25 лет назад моделирование течений для архитектурных объектов, особенно масштабных, было чем-то уникальным, и применять его для проекта было очень затратно по времени, то сегодня оно используется почти в любом проекте, а проблемы недостатка расчётных мощностей давно решены. Более того, моделирование стало обычным решением не только для особых случаев, но и, например, для температурных и ветровых факторов окружающей среды, в которой планируется расположить объект, а также условий освещённости, теплосветового баланса и акустического воздействия.

«Каждый проектировщик имеет собственное представление о моделировании, и его представление может быть неполным, но благодаря развитию BIM мы получили основу для различных видов деятельности по вопросам моделирования. Наши клиенты поменяли и свой образ мышления — в рамках предварительных обсуждений всё чаще приходится встречаться с требованиями провести моделирование для проекта, когда заказчики видят результаты других проектов.

Эта актуальная тенденция применения моделирования символизируется проектом Nikken Sekkei офисного центра Sony City Osaki (фото 1) для Sony Corporation, который был завершён в марте 2011 года. Это 25-этажное здание, созданное с использованием самых новых технологий, обеспечивающих безопасность окружающей среды, справедливо можно называть «умным». Наибольший интерес среди его технологий вызывает внешняя конструкция — специальный фасад Bio Skin.



Анализ системы вентиляции целого этажа офисного здания

Bio Skin — первая в мире экологически безопасная система «глухого» экстерьера здания, способная уменьшить развитие эффекта «теплового острова». Система использует технологии, в которых дождевая вода проходит через пористые керамические трубы и испаряется через поры на их поверхности. Поглощение тепла при испарении способствует охлаждению окружающего воздуха. Основываясь на полномасштабных экспериментах и результатах моделирования, специалисты Nikken Sekkei разместили Bio Skin по всей площади восточной стены здания.

В проекте Bio Skin использовался комплекс scSTREAM для анализа работы систем здания и оценки эффективности разрабатываемого объекта. Основываясь на измерениях, была построена модель, которая показала, что при определённых условиях температура вокруг входа в здание может снизиться на 2 °C. В частности, данные измерения были получены в результате экспериментов, выполненных в Токийском университете. На их основе было проведено тепловое моделирование для условий летнего дня с преобладающим ветром, при этом анализировалась установка Bio Skin на половине стены и на всей её поверхности (фото 2). Кроме этого, в модели учитывалась температура поверхности соседних зданий и дорог в этом районе, поскольку под воздействием солнечного излучения эта температура повышается. В рамках разработки были решены и многие другие расчётные задачи моделирования (фото 3, 4).

Проект стал абсолютно новым для компании, поскольку заключал в себе использование нового материала для энергосберегающих технологий, которые, как считалось, уже исчерпали себя. Интересно, что заказчик всего проекта установил на входе в здание для всеобщего обозрения макет и результаты расчётного моделирования — настолько они впечатляют. Тем не менее, Осаму Нагасе считает, что моделирование и расчётный анализ можно и нужно использовать для других проектов, а не только для такого масштабного, как Bio Skin.

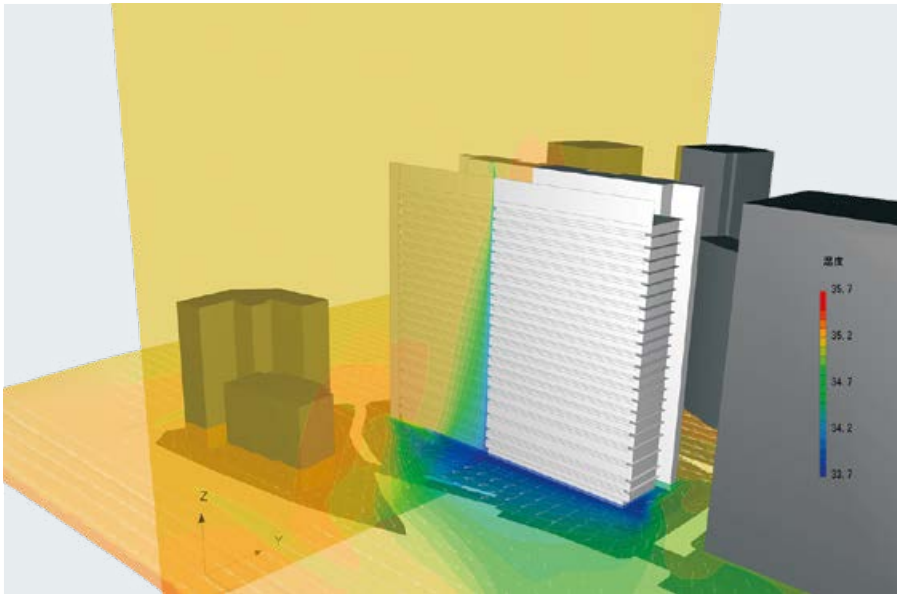


Фото 2. Распределение температур на Bio Skin (лето, южный ветер, 14:00)

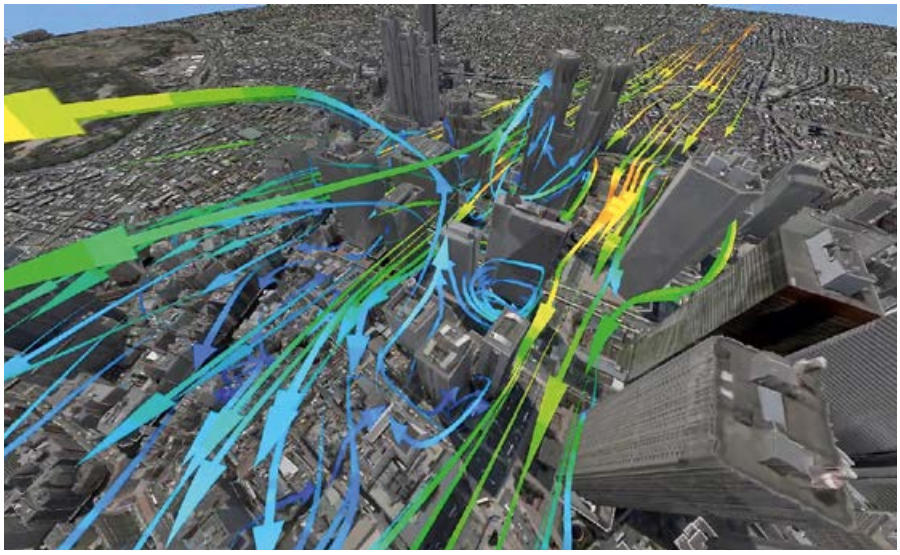


Фото 3. Моделирование ветра в условиях городской застройки (Токио, район Сибуйя)

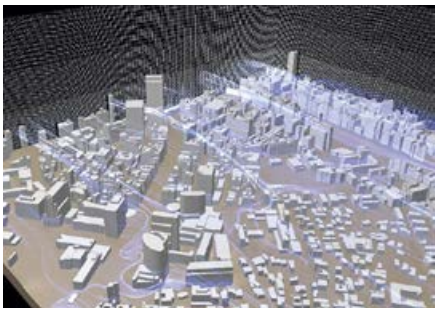


Фото 4. Анализ ветровой нагрузки для квартала с учётом высотной застройки

Например, проектировщики могут использовать компьютерное моделирование для анализа конструкций, если есть сомнения в осуществимости проекта. Результаты моделирования могут способствовать пониманию, а также дать идеи, которые окажутся полезными в будущих проектах. Приобретя такой опыт, можно будет понять, осуществима ли задача или нет, а детальное моделирование и анализ будут выполняться только в случае необходимости. По этой причине важно, чтобы проектировщики использовали инструменты моделирования сами, а не привлекали для этих целей узких специалистов, и сегодня это стало возможным с помощью такого эффективного и точного инструмента, как scSTREAM.

Сферы применения комплекса моделирования scSTREAM охватывают системы вентиляции зданий и сооружений, анализ качества воздуха в помещениях и на улице, загазованность, аэродинамику и ветровую нагрузку зданий и многие другие

Сферы применения комплекса моделирования scSTREAM охватывают системы вентиляции зданий и сооружений, анализ качества воздуха в помещениях и на улице, загазованность, аэродинамику и ветровую нагрузку зданий и целых кварталов, эффект «теплового острова» и локальные задачи кондиционирования воздуха в помещениях, отопление, задачи освещённости искусственным или естественным светом и многие другие.

Решения Grundfos для водоснабжения малоэтажного жилья

По данным социологических опросов, всё больше россиян предпочитают жить в индивидуальных домах, а не в городских квартирах. Это создаёт огромный потенциал для развития индивидуального жилищного строительства. При этом важным требованием к качеству малоэтажной застройки является использование надёжных и проверенных инженерных решений, способных сделать жизнь в коттедже максимально комфортной, а ликвидность загородной недвижимости — стабильной и измеряемой.

Девелоперы возвращаются в пригороды

Согласно данным социологических исследований, 70 % россиян предпочитают жить в индивидуальных домах, а не в городских квартирах. Однако на сегодняшний день в частном секторе проживает лишь 30 % населения. Разрыв между данными показателями создаёт огромный потенциал для развития рынка индивидуального жилищного строительства (ИЖС), реализации которого препятствует отсутствие устойчивого платёжеспособного спроса: 72 % опрошенных говорят об отсутствии средств на строительство дома. Изменить ситуацию призвана инициатива Минстроя, предложившего масштабную программу поддержки ИЖС, которая начнёт уже в 2021 году.

В рамках программы будет реализован ряд мер по стандартизации рынка ИЖС, повышению качества и ликвидности частного жилья. Это позволит снизить банковские риски, разработать прозрачные механизмы оценки строящейся недвижимости и запустить массовое ипотечное кредитование, которое вернёт в малоэтажный сегмент крупных девелоперов.

Универсальное решение

На сегодняшний день в сегменте ИЖС применяются различные схемы водоснабжения: от централизованных до локальных, с подачей воды из колодца или скважины непосредственно на участке. Поэтому наибольшей популярностью у застройщиков малоэтажного и индивидуального жилья (включая как частные дома, так и коттеджи на несколько семей или таунхаусы) пользуются универсальные технические решения, разработанные для применения в системах водоснабжения различного типа.

Наибольшей популярностью у застройщиков малоэтажного и индивидуального жилья пользуются универсальные технические решения, разработанные для применения в системах водоснабжения различного типа

Один из примеров — компактная автоматическая самовсасывающая насосная установка Grundfos SCALA1. Это полностью укомплектованное и готовое к эксплуатации «прямо из коробки» решение для водоснабжения частного дома, с подачей воды из колодца или неглубокой скважины (с расположением водяного зеркала до 8 м ниже уровня монтажа установки), накопительного резервуара или бака.

Кроме того, насос SCALA1 применяется для повышения давления в индивидуальных домах, таунхаусах и малоэтажных зданиях, подключённых к системе центрального водоснабжения.

Конструкция установки предполагает различные варианты её размещения:

- непосредственно в доме, в том числе рядом с жилыми помещениями, поскольку насос практически не шумит;
- в подвале, что позволяет дополнительно увеличить глубину всасывания относительно уровня земли;
- рядом с колодцем, скважиной или накопительным резервуаром.

В зависимости от места установки возможны разные варианты подачи воды потребителям. Например, если водозабор с максимальной глубины (8 м) требует размещения насоса непосредственно у колодца или скважины, то при диаметре трубы DN40 уже при глубине зеркала 7 м расстояние между источником и установкой может быть увеличено до 26 м.

Автоматическая самовсасывающая насосная установка SCALA1 (напор до 55 м вод. ст.)

Материал подготовлен пресс-службой компании ООО «Грундфос»

В частности, сделать это позволяет размещение оборудования в подвале. При наземном водозаборе расстояние между насосом и источником воды при диаметре трубы DN40 может достигать 207 м.

Масштаб имеет значение

Модельный ряд SCALA1 включает три решения, которые обеспечивают одинаковую производительность (до 7 м³/ч) и отличаются по показателям подачи:

- SCALA1 3-35 — напор до 35 м вод. ст., давление пуска 1,5 бар;
- SCALA1 3-45 — напор до 45 м вод. ст., давление пуска 2,2 бар;
- SCALA1 5-55 — напор до 55 м вод. ст., давление пуска 2,8 бар.

Благодаря таким рабочим характеристикам установка с лихвой покрывает нужды нескольких семей и позволяет использовать оборудование даже в постройках значительной этажности. При этом для каждого проекта можно подобрать оптимальное решение.

Стоит добавить, что при столь внушительной производительности в режиме максимальной нагрузки оборудование потребляет, соответственно, 720, 910 и 1200 Вт электрической мощности и подключается к сети через обычную бытовую розетку. Своей высокой энергоэффективностью насосы SCALA1 обязаны конструктивным инновациям, оптимизированной гидравлике и интеллектуальной системе управления.

Работает установка в автоматическом режиме. При начале потребления воды (открытый кран), которое фиксирует встроенное реле давления, насос включается, а когда потребление прекращается — отключается с задержкой в десять секунд, поднимая давление в системе до проектного уровня.

При необходимости увеличения подачи воды вместо одиночной можно использовать сдвоенную установку SCALA1 Twin производительностью до 14 м³/ч. Два насоса, смонтированные на общем основании и соединённые всасывающим и напорным коллекторами, работают как единое устройство и способны одновременно подавать воду на 50 точек водоразбора в четырёхэтажном доме. Их синхронную работу обеспечивает соединение насосных установок посредством комплектного интерфейсного кабеля.

Ещё один возможный режим эксплуатации сдвоенных установок — системы с резервированием. В такой конфигурации максимальная производительность SCALA1 Twin не превышает 7 м³/ч, а второй насос выполняет функцию дублирующего на случай аварийной ситуации.

Расширенный функционал управления

Для настройки рабочих параметров SCALA1 имеет встроенную панель управления с интуитивным интерфейсом. Визуальный контроль состояния обеспечивает универсальный индикатор Grundfos Eye, который отображает режим работы насосной установки.

Расширенный функционал доступен при дистанционном управлении со смартфона (по каналу Bluetooth) через бесплатное приложение Grundfos GO Remote. Оно даёт доступ к ряду дополнительных интеллектуальных опций:

1. Защита от цикличности, то есть от повторных пусков при утечках в системе водоснабжения. По показателям расхода насосная установка автоматически отличает небольшую течь от стандартного режима водоразбора, отключает двигатель и подаёт аварийный сигнал. Параметры работы этой функции можно настраивать.

2. Календарь для настройки принудительных запусков по расписанию: можно ограничивать периоды работы установки определённым временем суток и днями недели. Данная функция удобна, когда требуется полив участка.

3. Опция ограничения максимального времени непрерывной работы установки.

Помимо базовой модификации SCALA1, линейка автоматических самовсасывающих установок Grundfos включает также насос SCALA2 со встроенным частотным преобразователем

Помимо перечисленных сервисных опций, SCALA1 имеет встроенную неотключаемую защиту от «сухого хода», а также встроенную защиту от перегрева.

Встроенный цифровой вход позволяет управлять работой установки с помощью сигналов от внешних устройств, расположенных на расстоянии до 30 м. Возможны следующие варианты: поплавковый выключатель в крышном баке для контроля уровня его заполнения; реле давления на входе для останова установки при повышенном давлении (например, в магистральном трубопроводе); реле обнаружения влаги в ирригационных системах для контроля запуска.

Опции для застройщиков и сервисная поддержка

Компания Grundfos осуществляет всестороннюю поддержку своих партнёров, предлагая гибкие условия работы и сервисное обслуживание. При необходимости специалисты компании готовы дать консультацию по любым вопросам, в том числе оказать помощь в подборе оборудования и в проектировании систем водоснабжения, а также выполнить шеф-монтаж и пусконаладочные работы.

Всем пользователям насосов для систем водоснабжения в течение гарантийного срока эксплуатации доступна опция «Сервис 24 часа». В случае обнаружения неисправности необходимо позвонить на телефон «горячей линии» и сообщить о неполадке. Специалист службы поддержки выезжает на объект в день звонка и бесплатно производит диагностику и ремонт на месте. Если это невозможно, то на время ремонта оборудования предоставляется замена.

Решения Grundfos для вашего дома

Помимо базовой модификации SCALA1, линейка автоматических самовсасывающих установок Grundfos включает также насос SCALA2 со встроенным частотным преобразователем. Он оборудован интеллектуальным контроллером, который поддерживает постоянное давление в системе, плавно регулируя частоту вращения электродвигателя при изменении расхода. Это позволяет поддерживать постоянный напор во всех точках водоразбора, независимо друг от друга.

Подача воды из колодцев глубокого залегания осуществляется с помощью погружной автоматической насосной установки Grundfos SBA, которая опускается в воду на глубину до 10 м (может подавать её со дна колодца). Это решение применяется в тех случаях, когда водяное зеркало расположено ниже 8 м от возможного уровня монтажа насосной установки.

Для систем водоснабжения на базе артезианских скважин разработана широкая линейка цилиндрических многоступенчатых погружных скважинных насосов Grundfos SQ и SQE в корпусе из нержавеющей стали. Они способны работать в узких (вплоть до 76 мм) скважинах на глубине до сотен метров, обладают высокой производительностью и не нуждаются в техническом обслуживании в течение всего срока эксплуатации.

Установки блочно-модульного типа для очистки подземной воды (технологические решения и опыт внедрения)

Рецензия эксперта на статью получена 12.03.2021 [The expert review on the article received on Mart 12, 2021].

Эффективность системы водоподготовки зависит от величины эксплуатационных расходов и качества очищенной воды, которое, в свою очередь, определяется правильно выбранной технологией очистки воды и режимом работы водоочистного оборудования [1]. Ужесточение требований к очищенной воде хозяйственно-питьевого назначения определяется не только контролем за нормативами качества потребляемой воды, но и появлением новых медицинских исследований о влиянии содержащихся в воде химических и биологических компонентов на здоровье людей.

На основе результатов гигиенического мониторинга, регулярно проводимого управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по железнодорожному транспорту, было установлено, что основными причинами неудовлетворительного качества воды, подаваемой потребителям ОАО «РЖД», является отсутствие на ряде водозаборных объектов зон санитарной охраны, нехватка сооружений для очистки природной воды и систем обеззараживания [2].

С целью обеспечения потребителей (структурных подразделений и объектов инфраструктуры) водой питьевого качества, соответствующего требованиям СанПиН 1.2.3685–2021 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [3], в компании ОАО «Российские железные дороги» был разработан и поэтапно реализуется инвестиционный проект «Чистая вода ОАО «РЖД», охватывающий наиболее проблемные объекты на всех 16 полигонах железных дорог России.

Для корпоративных потребителей воды питьевого качества, а к ним относится и ОАО «РЖД», выбор и обоснование технологии очистки воды, её аппаратное оформление и степень унификации оборудования является сложной разноплановой задачей [1, 4].

Для обеспечения потребителей (структурных подразделений и объектов инфраструктуры) водой питьевого качества в ОАО «РЖД» был разработан и поэтапно реализуется инвестиционный проект «Чистая вода ОАО «РЖД»

Анализ источников питьевого водоснабжения железнодорожных объектов показывает на преимущественное использование подземных вод. Главным достоинством последних является существенно более высокая степень защищённости от загрязнения по сравнению с поверхностными водами. Однако, несмотря на это, они не всегда отвечают нормативным требованиям по содержанию отдельных загрязняющих веществ, в частности, железа, марганца, а также по цветности, жёсткости и др. Применение таких вод для питьевых целей требует предварительной очистки.

В пределах шести железных дорог (Октябрьской, Горьковской, Свердловской, Красноярской, Забайкальской и Дальневосточной) сосредоточено более половины всех подземных источников водоснабжения, не соответствующих по качеству санитарно-эпидемиологическим требованиям. Для удалённых на значительные расстояния от сетей централизованного водоснабжения и водоотведения отдельно стоящих железнодорожных объектов (пунктов технического осмотра вагонов и локомотивов, блокпостов энергообеспечения и автоматической сигнализации и связи, домов отдыха локомотивных бригад и др.), где проблема качественного

УДК 628.16. Научная специальность: 05.23.04.

Установки блочно-модульного типа для очистки подземной воды (технологические решения и опыт внедрения)

Е. Н. Пирогов, к.т.н., доцент, кафедра «Транспортное строительство», Российский университет транспорта (МИИТ, г. Москва); **В. А. Семеновых**, аспирант, кафедра «Водоснабжение и водоотведение» (ВиВ), Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); **Ж. М. Говорова**, д.т.н., профессор, кафедра ВиВ, НИУ МГСУ; **В. М. Медведева**, к.т.н., доцент, кафедра «Техносферная безопасность», МИИТ

Представлены технологические решения и опыт эксплуатации установок блочно-модульного типа на различных железнодорожных объектах, источником водоснабжения которых являются подземные воды с повышенным содержанием железа. Приведены технические решения по снижению эксплуатационных расходов системы водоподготовки.

Ключевые слова: *подземные воды, водоподготовка, установка блочно-модульного типа, озонирование, обезжелезивание, фильтрование, промывка фильтрующей загрузки, регенерация.*

UDC 628.16. Scientific specialty number: 05.23.04.

Units of block-modular type for groundwater treatment (technological solutions and implementation experience)

E. N. Pirogov, PhD, Associate Professor, the Department of Transport Construction, Russian University of Transport (MIIT, Moscow city); **V. A. Semenovykh**, postgraduate student, the Department of Water Supply and Wastewater Disposal, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU); **Zh. M. Govorova**, Doctor of Engineering, Professor, the Department of Water Supply and Wastewater Disposal, NRU MGSU; **V. M. Medvedeva**, PhD, Associate Professor, the Department of Technosphere Security, MIIT

Technological solutions and experience of operation of block-modular installations at various railway facilities, the source of water supply of which was groundwater with a high iron content, are presented. Technical solutions for reducing the operating costs of the water treatment system are presented.

Key words: *groundwater, water treatment, units of block-modular type, ozonation, deferrization, filtration, washing of filter media, regeneration.*

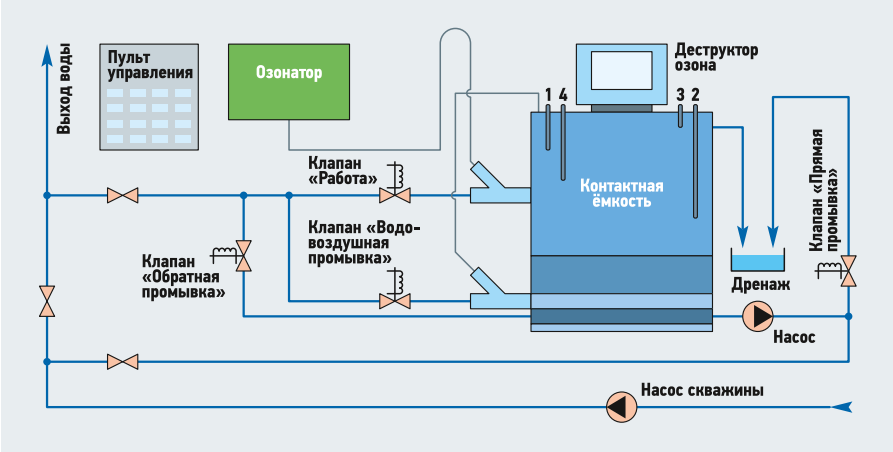


Рис. 1. Принципиальная схема и состав модуля установки для очистки подземной воды

водоснабжения стоит особенно остро, актуально использовать блочно-модульные компактные установки подготовки питьевой воды. Наибольшее распространение имеют малые и средние системы водоснабжения (500–1500 м³/сут.).

При реализации мероприятий инвестиционного проекта «Чистая вода ОАО «РЖД» на объектах были применены установки очистки воды, основанные на напорной и безнапорной аэрации с последующим фильтрованием на инертных [5] или сорбционных загрузках, установках обратного осмоса и устройствах с использованием озонирования. Выбор данных водоочистных технологий в каждом конкретном случае был обоснован результатами анализа подземной воды, особенностями размещения, технико-экономическими и эксплуатационными показателями оборудования.

В этой статье представлен опыт реализации установок комплексной очистки воды для объектов инвестиционного проекта «Чистая вода ОАО «РЖД», направленных на повышение эффективности систем водоподготовки за счёт новых или индивидуальных технологических решений, с целью снижения эксплуатационных расходов.

Перечень и характеристика объектов инвестиционного проекта «Чистая вода ОАО «РЖД», реализуемых с применением блочно-модульных установок водоподготовки, предназначенных в первую очередь для очистки воды от железа, приведены в табл. 1.

Формы существования железа весьма разнообразны и в значительной мере зависят от геохимических свойств подземных вод [6–8]. Наиболее эффективным окислителем для обезжелезивания воды является озон. При его использовании параллельно с процессами окисления происходит обеззараживание воды и улучшение её органолептических свойств. Преимущества процесса озонирования заключаются также в компактности озонаторных установок и возможности полной автоматизации процесса.

Блочно-модульные установки очистки воды с использованием озона размещены в помещениях непосредственно у источников водоснабжения (скважин). Принципиальная схема установки представлена на рис. 1. Аппаратное оформление реализуемой в установке технологии (рис. 2 и 3) отличается как производительностью генератора озона, так и размером контактно-фильтровального аппарата, пропускной способностью эжектора и насосной станцией. В установке происходит окисление озоном растворённого в воде железа, а затем каталитическое окисление непосредственно на поверхности фильтрующей загрузки. Кроме того, на поверхности активированного угля происходит разрушение остаточного в воде озона и превращение его в кислород.

Перечень установок блочно-модульного типа табл. 1

Объект	Расход воды, м³/ч	Анализ исходной воды
ст. Пыталово Октябрьской ж/д	4,0	М = 4,7 мг/л, pH = 7,5, ПО = 1,7 мг О/л, $Fe_{общ}$ = 0,38 мг/л
ст. Рязань Московской ж/д	7,0	М = 37 мг/л, pH = 7,5, ПО = 1,0 мг О/л, $Fe_{общ}$ = 3,6 мг/л
ст. Александров Московской ж/д	5,0	М = 8,4 мг/л, pH = 7,6, ПО = 1,4 мг О/л, $Fe_{общ}$ = 1,72 мг/л
ст. Смоленск Московской ж/д	12,0	М = 2,16 мг/л, pH = 7,5, ПО = 1,6 мг О/л, $Fe_{общ}$ = 2,8 мг/л
ст. Решоты Красноярской ж/д	25,0	М = 7,2 мг/л, pH = 7,6, ПО = 1,2 мг О/л, $Fe_{общ}$ = 0,72 мг/л
ст. Муром Горьковской ж/д	65,0	М = 59,4 мг/л, pH = 7,69, ПО = 1,25 мг О/л, $Fe_{общ}$ = 5,18 мг/л
ст. Вологда Северной ж/д	45,0	М = 3 мг/л, pH = 7,6, ПО = 2,6 мг О/л, $Fe_{общ}$ = 0,37 мг/л

Примечание: М — мутность, ПО — перманганатная окисляемость, $Fe_{общ}$ — железо общее, pH — водородный показатель.

Рис. 2. Аппаратное оформление технологии производительностью 2 м³/ч (а) и 15 м³/ч (б)

Вода в установку подаётся скважинным насосом через электромагнитный клапан «Работа», далее при срабатывании датчика уровня 2 включается «Насос», входящий в состав установки, подающий очищенную воду на потребление. «Насос» включается при подаче воды потребителю (по сигналу реле протока, входящего в состав насосной станции), а отключается при отсутствии потребления воды (по реле протока или при недостаточном уровне воды в контактной ёмкости). При заполнении контактной ёмкости (по датчику уровня 1) открывается клапан «Работа» и включается «Озонатор», а при достижении заданного уровня воды в контактной ёмкости (по датчику уровня 1) клапан «Работа» закрывается, и «Озонатор» отключается. Включение «Озонатора» и клапана «Работа» происходит при падении уровня воды ниже заданного уровня (по датчику уровня 4).

Экономическая эффективность решений заключается в снижении эксплуатационных затрат за счёт уменьшения объёма воды при регенерации фильтрующей загрузки, более полном использовании озона, а также сокращении объёма монтажных и пусконаладочных работ

В режиме «Обратная промывка» подача воды в контактную ёмкость происходит через клапан «Обратная промывка». В режиме «Обратная промывка» поочерёдно открываются клапаны «Обратная промывка» и «Водо-воздушной промывка», причём время открытия и закрытия программируется в пульте управления. Датчик 3 является аварийным в режиме «Обратная промывка» и срабатывает в случае, если не справляется линия дренажа, и закрывает клапан «Обратная промывка».

В режиме «Прямая промывка» вода в контактную ёмкость подаётся через клапан «Работа» и открывается клапан «Прямая промывка». Таким образом, насос начинает сливать воду в дренаж, тем самым уплотняя загрузку в контактной ёмкости и озонируя в ней воду после режима «Обратная промывка». Периодичность и продолжительность промывок также программируется в пульте управления. На пульте управления находится мнемосхема с индикацией процесса и состояния установки очистки воды на данный момент времени. Светодиоды показывают состояние установки, в котором находится тот или иной исполнительный элемент установки. Свечение светодиода означает активное состояние элемента установки. Все элементы, входящие в установку очистки воды, подключаются к пульту управления. Скважинный насос имеет автономное питание, и его работа не зависит от режима работы установки.

Рис. 3. Аппаратное оформление технологии производительностью 45 м³/ч

Технические решения, использованные при аппаратурном оформлении технологии, защищены патентом [9]. К ним относятся ударная водо-воздушная регенерация фильтрующей загрузки, рекуперация остаточного озона и модульное исполнение установки.

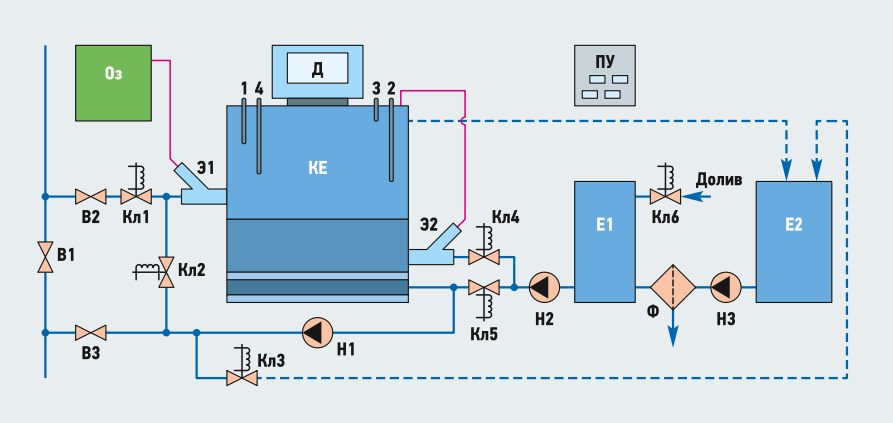


Рис. 4. Принципиальная схема установки с блоком фильтрования промывных вод

Экономическая эффективность решений заключается в снижении эксплуатационных затрат за счёт уменьшения объёма воды при регенерации фильтрующей загрузки, более полном использовании озона, а также сокращении времени выполнения монтажных и пусконаладочных работ за счёт модульности исполнения.

Зачастую в процессе эксплуатации таких установок на объектах приходится решать задачу утилизации промывной воды в условиях отсутствия системы канализации. Эта проблема, на примере станций Пыталово Октябрьской ж/д и Рязань Московской ж/д, решена за счёт оснащения установки дополнительным блоком фильтрования промывных вод, обеспечивающим сбор, очистку и повторное использование промывной воды.

Принципиальная схема установки очистки воды с блоком фильтрования промывных вод приведена на рис. 4, а общий вид показан на рис. 5.

Исходная вода через клапан Кл1 и эжектор Э1 поступает в контактную ёмкость (КЕ). Одновременно с открытием клапана Кл1 включается озонатор Оз, и озон подаётся через Э1 в КЕ, где происходит окисление железа. При достижении определённого уровня воды в КЕ закрывается клапан Кл1 и выключается Оз. Окислённое железо задерживается на тяжёлой загрузке (кварцевом песке, антраците, активированном угле и др.), расположенном в КЕ. Очищенная вода насосом Н1 через загрузку подаётся потребителю. Остаточный озон поступает в деструктор озона Д.

По мере накопления окислённого железа в толще загрузки производится его регенерация, состоящая из обратной промывки и прямой промывки. В качестве обратной промывки используется водо-воздушная промывка, характеризующаяся существенно меньшим объёмом сбросных вод. При обратной промывке вода из ёмкости Е1 насосом Н2 через открытый клапан Кл5 подаётся в нижнюю дренажную

систему КЕ, равномерно распределяясь по площади, и происходит «ударная промывка» восходящим потоком очищенной обеззараженной воды (водо-воздушной смеси), позволяющая взрыхлить фильтрующую загрузку. Для этого циклически в течении пяти минут (уточняется в процессе испытаний для каждого конкретного случая) происходит открытие-закрытие клапана Кл5. Далее клапан Кл5 закрывается, открывается клапан Кл4 и происходит обратная водо-воздушная промывка. При обратной водо-воздушной промывке из ёмкости фильтрованной воды Е1 насосом Н2 через клапан Кл4 вода подаётся под загрузку активированного угля и производится сброс воды с окислённым железом самотёком в ёмкость Е2. Затем клапан Кл4 закрывается, насос Н2 останавливается. Включается насос Н1, который сбрасывает первую порцию воды из КЕ через клапан Кл3 в ёмкость сбросной воды. Затем клапан Кл3 закрывается, открывается клапан Кл2 и включается озонатор Оз.

Работа установок очистки воды осуществляется на объектах внедрения, как с использованием резервуаров чистой воды, так и без них, с подачей очищенной воды потребителям непосредственно от установок

ставляет из себя пружинную конструкцию с размером пор 13 мкм). В процессе очистки промывной воды на поверхности ФЭК образуется осадок отфильтрованного железа, который сбрасывается из корпуса фильтра в ёмкость для сбора осадка. Полная регенерация ФЭК достигается за счёт обратной продувки сжатым воздухом, при этом зазор пружинного фильтроэлемента существенно увеличивается. Количество суспензии (концентрированная смесь воды и хлопьев трёхвалентного железа) для последующей утилизации равно объёму корпуса фильтра и составляет приблизительно 10 л.

Рис. 5. Установка на станции Пыталово производительностью 4 м³/ч с блоком фильтрования (а) и блоком фильтрования промывных вод (б)

Происходит циркуляция и озонирование воды в ёмкости КЕ. После работы в режиме «сам на себя», когда вода в контактной ёмкости КЕ полностью озонирована, происходит закрытие клапана Кл2 и остановка насоса Н1. В это время сброса воды нет. Установка готова к последующей работе.

Во время работы установки на потребителя происходит фильтрование сбросной промывной воды, находящейся в ёмкости Е2. При этом сбросная промывная вода из Е2 насосом Н3 подаётся через фильтр Ф, и происходит её очистка от механических примесей в виде хлопьев трёхвалентного железа. Отфильтрованная вода поступает в ёмкость Е1. Фильтр Ф представляет из себя корпус с размещёнными внутри фильтрующими элементами Крапухина (ФЭК) [10]. Особенность этого фильтра — полное восстановление расходных характеристик (ФЭК пред-

На фильтрах, оснащённых ФЭК, можно проводить несколько циклов «фильтрация-регенерация», не опасаясь их остановки из-за необратимого закупоривания пор и необходимости замены фильтрующих материалов.

При необходимости возможно получение более высокого качества фильтрата промывной воды после регенерации фильтра установки. Для этого производят фильтрование с намывным слоем перлита [11], который наносится на наружную поверхность ФЭК толщиной 3 мм. При этом производительность одного фильтроэлемента снижается. Так как период между регенерациями фильтрующей загрузки КЕ составляет порядка 48 часов, то снижение производительности фильтра не является критичным. При необходимости можно увеличить производительность промывного фильтра Ф за счёт размещения в корпусе большего числа фильтроэлементов ФЭК. Первоначальное заполнение ёмкости Е1 и последующая компенсация потерь воды происходит через клапан Кл6 за счёт очищенной воды.

Работа установки полностью автоматизирована. Управление обеспечивается пультом управления ПУ. В качестве управляющих элементов используются датчики уровня, таймеры и датчики перепада давления. Работа установок очистки воды осуществляется на различных объектах внедрения, как с использованием резервуаров чистой воды, так и без них, с подачей очищенной воды потребителям непосредственно от установок. Второй вариант использования предусматривает размещение резервной установки для обеспечения надёжности системы водоснабжения в целом.

Эксплуатация установок блочно-модульного типа, внедрённых на железнодорожных объектах, подтвердила заявленные при проектировании технологические параметры, а очищенная вода соответствует требуемым нормативам питьевого качества [3].

1. Журба М.Г., Говорова Ж.М. Обоснование водоочистных технологий и их инвестирования. — М., 2012. 176 с.
2. Семеновых В.А., Говорова Ж.М. Состояние вопроса и проблемы водоснабжения на объектах железнодорожного транспорта: В сб. докл. XII Межд. науч.-техн. конф., посвящённой памяти академика РАН С.В. Яковлева. — М.: Изд-во МГСУ, 2017. С. 114–119.
3. СанПиН 1.2.3685–2021. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Утв. постановлением Главного гос. санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2.
4. Говорова Ж.М., Семеновых В.А., Говоров О.Б. Предпосылки к разработке компактной установки для очистки подземной воды // Системные технологии, 2020. № 1. С. 28–31.
5. Семеновых В.А., Говорова Ж.М. Установка для очистки подземной воды: В сб. докл. Межд. науч.-техн. конф., посвящённой 90-летию со дня образования факультета ВиВ МИСИ-МГСУ. — М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2019. С. 114–120.
6. Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. — М.: Недра, 1987. 237 с.
7. Крайнов С.Р., Соломин Г.А., Василькова В.И., Крайнова Л.П., Анкудинов Б.В., Гудзь З.Г., Шпак Т.П., Закутин В.П. Геохимические типы железосодержащих подземных вод с околонейтральной реакцией // Геохимия, 1982. № 3. С. 400–420.
8. Штеренберг Л.Е., Калашникова Н.Л., Нактинас Е.М. К методу определения форм железа в природных водах // Литология и полезные ископаемые, 1976. № 5. С. 135–139.
9. Патент RU 2 663 746 C1. МПК C02F 9/02, C02F 1/78, B01D 24/48, C01B 32/30. Установка для очистки воды. Правообл.: Е.Н. Пирогов; заявл. 11.10.2017; опубл. 09.08.2018. Бюл. № 22.
10. Крапухин В.Б., Кулюхин С.А., Крапухин В.В., Вакурина И.В., Пирогов Е.Н. Установка для заключительной очистки сетевой водопроводной воды // Вода: химия и экология, 2015. № 6. С. 23–28.
11. Патент RU 2 509 594 C2. МПК B01D 29/48. Фильтрующий элемент Крапухина. Правообл.: В.Б. Крапухин, В.В. Крапухин, А.В. Крапухин; заявл.: 26.06.2012; опубл. 20.03.2014. Бюл. № 8.

References — see page 78.

Ребрендинг компании «Эго Инжиниринг». Pro Aqua: объединяем лучшее!

Уважаемые партнёры!
Мы рады вам сообщить, что с целью консолидированного продвижения бренда Pro Aqua компания «Эго Инжиниринг» с 1 июня приняла решение изменить название на «Про Аква» (ООО «ТД «Эго Инжиниринг» на ООО «ТД «Про Аква»). Ребрендинг также касается трёх видов внутренней канализации, выпускавшихся ранее под брендом Polytron: Comfort, Stilte, Stilte Plus, и гладкой наружной канализации Terra. Все перечисленные товарные линейки теперь будут маркироваться брендом Pro Aqua.

Пресс-служба ООО «ТД «Про Аква»

Ребрендинг даёт нашим клиентам и потребителям следующие преимущества.

Проверенное качество. Высокое качество напорных систем Pro Aqua — гарантия надёжности всей продукции, произведённой под торговой маркой Pro Aqua.

Узнаваемость. Потребителю будет проще ориентироваться в выборе продукции среди большого ассортимента производителей.

Комплексный подход. Из продукции, произведённой под брендом Pro Aqua, можно будет собрать полный спектр инженерных систем: водоснабжение, отопление, тёплый пол, внутреннюю и наружную системы канализации.

Удобство проектирования. Проектировщики смогут закладывать в проектные документы продукцию под одним брендом Pro Aqua для разных инженерных систем — водоснабжения, отопления, канализации.

По принципу зонтичного брендирования в названиях торговых линеек внутренней и наружной канализации останутся обозначения, определяющие их назначение:

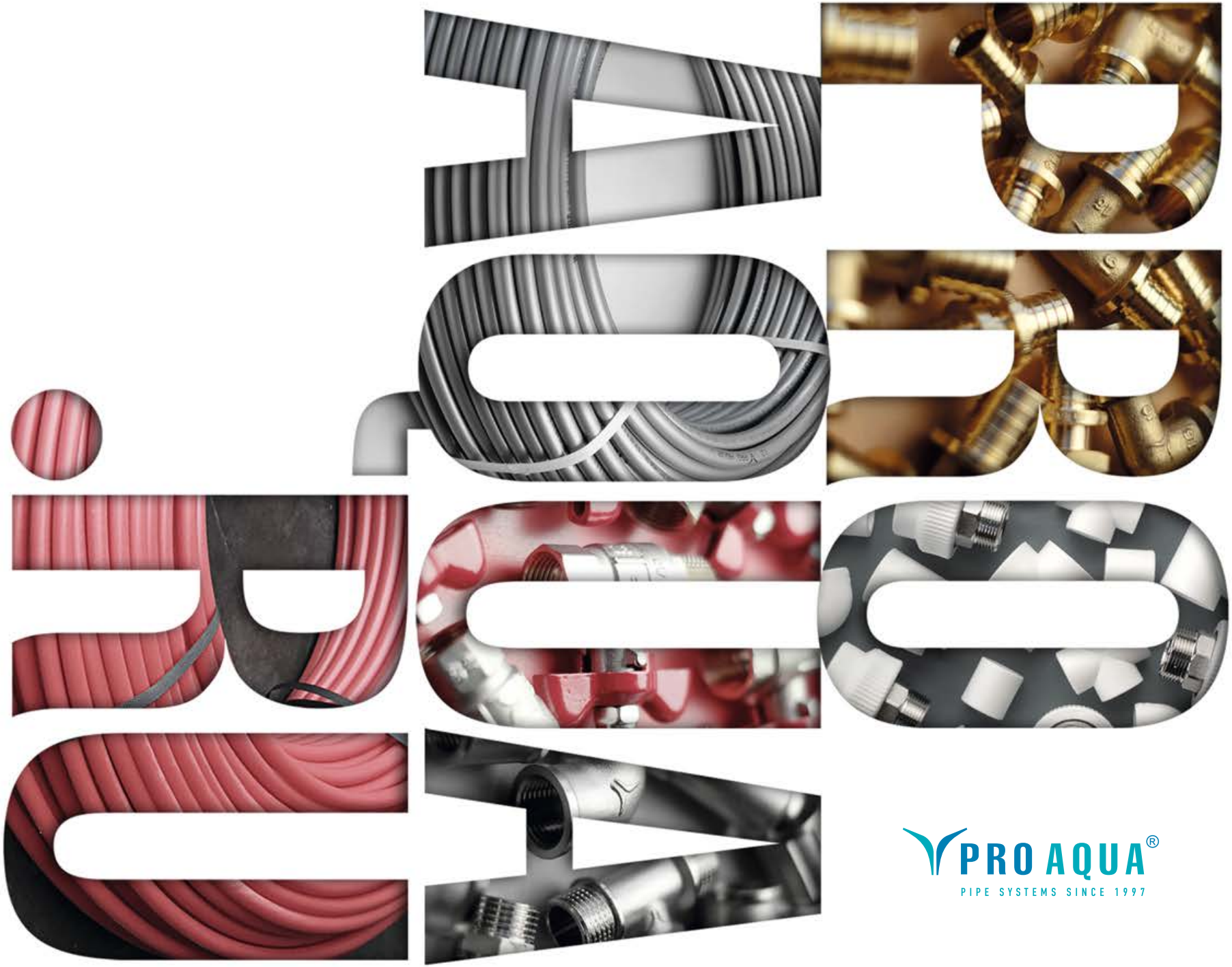
- трубы и фитинги для систем внутренней канализации Pro Aqua Comfort;
- трубы и фитинги для систем внутренней малошумной канализации Pro Aqua Stilte;
- трубы и фитинги для систем внутренней бесшумной канализации Pro Aqua Stilte Plus;
- трубы и фитинги для систем наружной канализации Pro Aqua Terra.

Марки применяемого сырья и комплектующих, оборудование, а также технические характеристики продукции остаются без изменений.

Вся сопроводительная документация, ранее подготовленная для товаров под брендом Polytron, включая паспорта, сертификаты, свидетельства и декларации, буклеты, каталоги и листовки, информационные письма и отгрузочные документы, также распространяется и на продукцию Pro Aqua. Новая документация будет выпускаться с указанием нового торгового наименования. Все гарантийные обязательства завода, распространяющиеся на канализацию Polytron, сохраняются в полной мере.

Мы гордимся высоким качеством и надёжностью нашей продукции и хотим, чтобы конечные потребители всё чаще выбирали Pro Aqua.

Мы следуем самым новым тенденциям не только в производстве продукции, но и в её продвижении на рынке. По этой причине мы хотим сделать наш бренд Pro Aqua ещё более весомым и узнаваемым в сознании наших потребителей.


PRO AQUA®
PIPE SYSTEMS SINCE 1997

PRO AQUA®

PIPE SYSTEMS SINCE 1997

PE-Xa

НА ПРОДУКЦИЮ ЗАВОДА «ПРО АКВА»

10 ЛЕТ ГАРАНТИИ

НАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА

СИСТЕМЫ PE-Xa

- Контроль степени сшивки
- Контроль геометрии
- ГОСТ 32415-2013
- Срок службы не менее 50 лет
- Европейское сырье

+7 (495) 602-95-73

egoing.ru

Реклама.

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА

XII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

X МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС

Энергосбережение и энергоэффективность.

IT ТЕХНОЛОГИИ. ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ. ЭКОЛОГИЯ

Санкт-Петербург

Дата проведения уточняется

Организатор

FarEXPO

Тел.: +7 (812) 777-04-07; +7 (812) 718-35-37; st@farexpo.ru www.farexpo.ru

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: КВЦ "Экспофорум", Петербургское шоссе, 64/1

Генеральный информационный партнер

ЭНЕРГЕТИКА И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ

Строительство и реконструкция трубопроводов в условиях вечной мерзлоты

Рецензия эксперта на статью получена 11.05.2021 [The expert review on the article received on May 11, 2021].

Вечномёрзлые грунты занимают 65 % территории России, что составляет около 11 млн км². К ним относятся грунты, занимающие Арктику, часть Архангельской области, Республику Коми и бóльшую часть Сибири. Средняя температура за год на этих территориях имеет значения ниже нуля, а грунт содержит в своём составе лёд. В таких условиях выбор способа прокладки трубопровода представляет собой сложную задачу и требует комплексного подхода, учитывающего структуру грунта, особенности методов строительства, температурные характеристики грунта и транспортируемой воды.

В российской практике с проблемой строительства трубопроводных систем в суровых климатических условиях столкнулись уже при строительстве Транссибирской железнодорожной магистрали. Это привело к разработке специальных конструкций трубопроводов, даже не считаясь с дороговизной сооружений и последующей их эксплуатации, так как опыта строительства таких систем не было ни в России, ни за рубежом.

В статье рассмотрены способы строительства и реконструкции трубопроводов в условиях вечной мерзлоты, используемые на сегодняшний день. Одним из путей решения задач эффективной эксплуатации действующих трубопроводных систем является своевременное проведение на них ремонтно-восстановительных работ, в том числе с помощью бестраншейных технологий [1, 2]. Ремонт и модернизация трубопроводов должны сопровождаться улучшением гидравлических характеристик внутренних поверхностей безнапорных трубопроводов и открытых лотков, транспортирующих ливневые и сточные воды [3, 4].

Современный строительный рынок предлагает широкий ассортимент полимерных и композиционных материалов защитных покрытий (облицовок, изоляции и т.д.) с малыми гидравлическими сопротивлениями [5]. Оперативное нанесение на внутреннюю поверхность ветхих трубопроводов подобных покрытий с помощью бестраншейных методов ремонта позволяет содействовать решению задач эффективного транспортировании вод, содержащих инородные включения, без их осаждения в лотковых частях труб [6].

Одним из путей решения задач эффективной эксплуатации действующих трубопроводных систем является своевременное проведение на них ремонтно-восстановительных работ, в том числе с помощью бестраншейных технологий

Материалы и методы исследований

Главным фактором, определяющим особенности мёрзлых грунтов, как природных образований, при использовании их в качестве оснований зданий и сооружений, является наличие в них льда [1].

Термодинамические процессы, происходящие в период эксплуатации трубопроводов, оказывают влияние на грунты. Присутствующая в порах грунта вода при понижении температур превращает грунт в твёрдую субстанцию, в которой образующийся лёд выполняет функцию связующего. В результате вспучивания грунта (морозного пучения) может наблюдаться неравномерный подъём грунтового массива вдоль трассы трубопровода [2].

Температура верхней границы зоны нулевых годовых амплитуд и толщина поверхностного грунта, ежегодно оттаивающего летом и замерзающего зимой и именуемого как «деятельный слой», являются основными характеристиками температурного режима вечномёрзлых грунтов. На глубине около 12–15 м грунты имеют отрицательную температуру. В южных районах данная температура составляет от 0 до –3 °С, а в северных до –12 °С.

УДК 628.462 + 625.768. Научная специальность: 05.23.04.

Строительство и реконструкция трубопроводов в условиях вечной мерзлоты

В. А. Орлов, д.т.н., профессор; **В. А. Нечитаева**, доцент; **Д. А. Петербургский**, аспирант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Строительство и реконструкция трубопроводов инженерных коммуникаций на территориях вечномёрзлых грунтов связано со многими сложностями природно-климатического, производственного и эксплуатационного характера. Приведена краткая характеристика мёрзлых грунтов и влияние на них строительных работ при прокладке трубопроводов. Рассмотрены различные способы строительства трубопроводов и их реконструкции в условиях вечной мерзлоты.

Ключевые слова: *вечная мерзлота, характеристика грунтов, прокладка трубопровода, реконструкция.*

UDC 628.462 + 625.768. Scientific specialty number: 05.23.04.

Construction and reconstruction of pipelines in permafrost conditions

V. A. Orlov, Doctor of Technical Sciences, Professor; **V. A. Nechitaeva**, Associate Professor; **D. A. Peterburgskiy**, postgraduate student, Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

Construction and reconstruction of pipelines of engineering communications in the territories of permafrost soils with numerous difficulties of natural-climatic, production and operational nature. A brief description of frozen soils and the effect of construction work on them during the laying of pipelines is given. Various methods of pipeline construction and their reconstruction in permafrost conditions are considered.

Key words: *permafrost, soil characteristics, pipeline laying, reconstruction.*

Несущая способность грунтов снижается при переходе грунтов из мёрзлого состояния в талое. Сезонное и многолетнее промерзание и оттаивание горных пород в сочетании с их составом вызывают широкое развитие криогенных явлений [3]. Ниже будут рассмотрены способы строительства и реконструкции трубопроводов в данных условиях. Одной из главных проблем при устройстве трубопроводных сетей в районах вечномёрзлых грунтов является прокладка трубопроводов. На практике применяются следующие виды прокладки сетей: подземная, надземная и наземная.

Наиболее существенные геологические изменения происходят при подземной прокладке, где практически полностью уничтожается растительный покров в пределах всей полосы трассы. Уничтожению также подвергаются кустарник, травостой и мохорастительный покров с дерниной, а на отдельных участках — и слой почв [3]. После проведения раскопочных работ растительность возобновляется очень медленно. На склонах крутизной более 10–15° растительность не восстанавливается, так как при прохождении по ним строительных машин и механизмов повреждается почвенный слой под влиянием процессов термоэрозии и солифлюкции (медленного вязкопластического течения на склонах переувлажненных почв и тонкодисперсных грунтов в условиях их попеременного промерзания, протаивания и действия силы тяжести).

Уничтожение растительности приводит к увеличению летней инсоляции (облучению земной поверхности солнечной радиацией) поверхностных отложений, улучшению условий инфильтрации. В зависимости от рельефа, состава и особенно льдистости грунтов степень нарушения растительности и почвы существенно различается. На сильнольдистых грунтах уничтожение растительности при строительстве трубопроводов, как правило, сопровождается уничтожением почв и активным развитием термокарста, термоэрозии и солифлюкции. Рекультивация покровов в этом случае требует проведения сложных дополнительных мероприятий. На малольдистых грунтах почва нарушается незначительно, почвенный покров частично сохраняется, что облегчает его рекультивацию. Всё это в целом приводит к существенному изменению теплообмена на поверхности и в грунтах. Суммарное влияние всех изменений на поверхности почвы при строительстве трубопроводов в целом приводит к нарушению теплообмена и понижению среднегодовой температуры грунтов на трассе трубопровода на 1–2 °С по сравнению с естественными условиями [4].

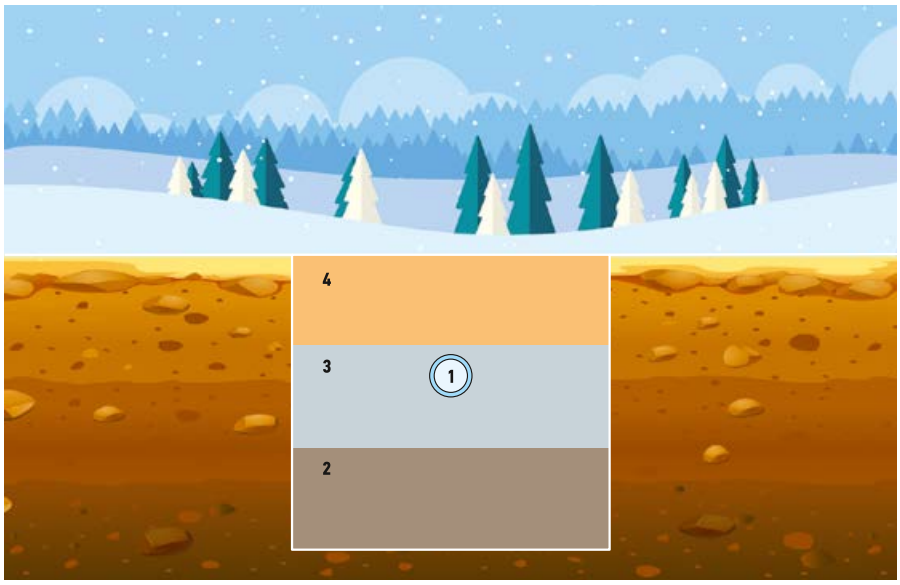


Рис. 1. Схема прокладки канализационного трубопровода в земле на грунтовом основании (**1** — трубопровод; **2** — заменённый грунт; **3** — глинобетон или глина; **4** — местный грунт)

Показателен опыт прокладки инженерных коммуникаций на сибирских железнодорожных магистралях, где за основу была принята стандартная для европейской части России технология укладки труб в траншеи с теплоизоляцией на глубину 2–2,5 м. В диссертационной работе А. В. Гинзбурга [5] указывается, что 84 % обследованных участков подземной прокладки трубопроводов находятся в аварийном состоянии. Основными причинами выхода из строя трубопроводов является замерзание воды в трубах, приводящее к образованию ледовых пробок, разрушению стыковых соединений, а также сварных швов.

В современной практике строительства водоотводящих сетей используется несколько типов искусственных оснований под трубопроводы, которые возможны в условиях вечной мерзлоты. К ним можно отнести свайные фундаменты, продольные лежневые опоры, сплошные настилы из пластин, уложенных поперёк траншеи, и подземные эстакады. При этом сложность, трудоёмкость и дороговизна данных методов не позволяют считать их рациональными решениями. Более простым, но не менее надёжным методом считается устройство грунтового основания. Его можно устроить путём замены местного грунта в основании или выполнением мероприятий по предварительному оттаиванию и уплотнению местного грунта.

Замена грунтов проводится на глубине расчётного протаивания их под трубопроводом. Ширина искусственного основания принимается равной ширине траншеи. На искусственное основание под трубу укладывается гидроизолирующий слой, например, глинобетон, где должен размещаться и трубопровод, как это показано на рис. 1 [5].

При проведении работ по замене грунтов основания следует использовать местный уплотнённый малопросадочный грунт с малым коэффициентом фильтрации. Высота заменяемого слоя грунта в основании трубопровода зависит от вида заменяемых просадочных грунтов, глубины заложения трубы и её диаметра.

Необходимо отметить, что классические технические решения подземной прокладки трубопроводов в вечномёрзлых почвах крайне расточительны с экономической точки зрения. Это обстоятельство ведёт к необходимости разработки новых технических решений с учётом контроля температурного режима грунтовых оснований, который способен компенсировать или предотвратить негативное воздействие тепла на трубопровод.

Фото 1. Надземная прокладка трубопровода

Однако недостатком данного метода является необходимость разработки грунтов. Это может повлиять на долговечность и надёжность зданий, сооружений и трубопроводных трасс — чем меньше разработано мерзлотно-грунтовое основание, тем выше надёжность и долговечность сооружаемых конструкций.

Способ надземной прокладки находит всё большее применение (фото 1), однако его рекомендуют применять вне населённых мест. Основным фактором, влияющим на успех реализации надземной прокладки трубопроводов, являются климатические условия в конкретных районах строительства. Абсолютный перепад температур составляет от –56 °С зимой до +34 °С летом, плюс сильные ветры со скоростью свыше 40 м/с, тундра с карликовой растительностью, болота, значительные территории с многолетнемёрзлым грунтом. Вследствие этого трубопроводы надземной прокладки на сезонно оттаивающих грунтах испытывают неравномерную осадку опор, что отражается на надёжности и безопасности их эксплуатации.

Для непросадочных грунтов основания самым простым и дешёвым типом является прокладка трубопроводов по поперечным опорам, проложенным на естественной или планируемой поверхности или на земляных призмах. Однако опоры данного типа проектируют незначительной высотой, что при небольшой просадке приводит к контакту трубопровода с поверхностью земли. При этом наружная изоляция труб увлажняется и может потерять присущие ей теплоизоляционные свойства. При устройстве таких опор на них целесообразно укладывать трубопроводы в основном небольших диаметров из относительно лёгких материалов, таких как асбестоцемент, полипропилен и т.д.

Для непросадочных грунтов основания самым простым и дешёвым типом является прокладка трубопроводов по поперечным опорам, проложенным на естественной или планируемой поверхности или на земляных призмах. Однако опоры данного типа проектируют незначительной высотой

Более совершенным типом опор могут служить городковые опоры, которые по причине особенностей их проектирования и строительства обеспечивают достаточный просвет между нижней частью трубопровода и поверхностью земли вдоль трассы. В случае проектирования трубопроводов над сильнопросадочными и льдонасыщенными грунтами устраивают свайные основания из железобетонных опор или деревянных брусов.

Заслуживает особого внимания разработанный С. А. Тимашевым метод *«расчёта надёжности в пространстве нагрузок»*, который предлагает при расчётах нагрузок считать постоянными величинами собственный вес конструкции, перекачиваемый продукт и рабочее давление транспортируемой среды. При этом за переменные величины принимаются: кинематическое воздействие от просадки (пучения) опор, воздействие от ветровой нагрузки, степень повреждения (дефектности) трубопроводов. В этом случае строится допустимая зона по условно-предельному состоянию, то есть достижению эквивалентными напряжениями предела текучести материала трубы, а трубопровод рассматривается как многопролётная неразрезная тонкостенная трубчатая балка [6].

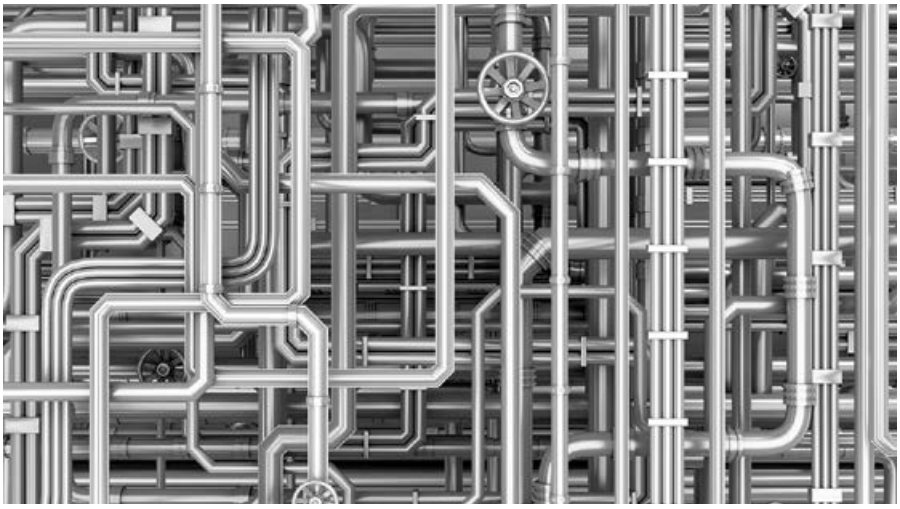
К современным техническим решениям конструкции опор можно отнести специальные опоры, снабжённые трубчатыми системами, противодействующими промораживанию почвы, её пучению и сейсмической активности, что не может гарантировать безаварийную эксплуатацию трубопроводов.

В частности, при пучении грунтов образуются искусственные бугры, что ведёт к неравномерному выпучиванию свай, достигающему нескольких десятков сантиметров. При этом теряется устойчивость самого трубопровода по причине смещения положения оси, что может явиться причиной аварийной ситуации.

Тем не менее, по заключениям специалистов, одним из лучших решений строительства трубопроводов на Крайнем Севере является именно надземный способ. При этом обязательным условием должно быть максимальное соответствие проектных и строительных работ требованиям экологической безопасности.

Также надземный способ максимально соответствует идее наименьшей разработки грунта по трассе прокладки трубопроводной сети. При значительной удалённости места прокладки трубопроводов, сопровождаемой сложностями в организации доставки материалов и оборудования на трассу и отсутствием теплоизоляционных материалов трубопроводов, в качестве альтернативы свайным основаниям возможна прокладка одиночных ниток трубопровода в земляных валиках, что можно охарактеризовать как наземный способ прокладки.

Достоинство данной технологии строительства трубопроводов заключается в том, что не требуется вмешательство в грунтовый массив с соответствующими материальными и экологическими последствиями в виде повышения затрат на строительство, нарушения растительного покрова, препятствия ветровым нагрузкам, которые присутствуют при надземном способе. Кроме того, в сейсмически активных зонах трубопровод в насыпи не испытывает дополнительных усилий от возможных подвижек грунта и не имеет с грунтовым массивом жёсткой связи.



Для сравнения отметим статистику отказов работы и эксплуатации трассы Соленинское — Месояха — Норильск, которая показала, что частота отказа на 1 км трассы при подземном способе прокладки трубопровода составляет 3,0, при надземном — 0,42, а при наземном — 0,13 [7]. Но в качестве недостатка наземной прокладки следует отнести загромождение территории и увеличенную снегозаносимость трассы трубопровода.

Результаты исследований

Общая тенденция последних десятилетий по широкому распространению бестраншейных технологий для строительства и ремонта трубопроводных систем не могла не коснуться районов Крайнего Севера. Как известно, бестраншейные технологии позволяют осуществлять прокладку трубопроводов в свободном подземном пространстве без проведения земляных работ или с минимальным их объёмом.

Наиболее распространены следующие методы бестраншейного строительства: продавливание, горизонтально-направленное бурение (ГНБ), наклонно-направленное бурение (ННБ), тоннельная проходка (микротоннелирование).

Метод продавливания является универсальным способом прокладки кожухов труб, отличается экологичностью, позволяя сохранить уникальный растительный покров, а также оставить нетронутыми дорожные насыпи и покрытия. Суть данного метода заключается в продавливании специального кожуха гидравлическим домкратом. Кожух, который вдавливается в землю открытым концом, имеет кольцевой нож с наружными и внутренними скосами. Прокладку данным методом производят звеньями (модулями) труб по 6–12 м, которые наращиваются с помощью сварки.

Горизонтально-направленное бурение представляет собой способ прокладки трубопроводов без разработки грунта и рытья траншей. Процесс производится бурением криволинейной скважины буровыми штангами из стартового котлована в финишный или без сооружения котлованов. Движение штанг по будущей трассе трубопровода осуществляется с использованием специальных домкратных установок. Последующая прокладка труб производится за счёт обратного поступательного движения штанг из финишного котлована в стартовый с использование набора специальных расширителей, соответствующих диаметру протаскиваемого трубопровода.

Для бестраншейной прокладки трубопровода методом ГНБ рекомендуется использовать стальные, чугунные и полиэтиленовые трубы [9].

В местах пересечениях прокладываемого трубопровода с железными дорогами и автотрассами, а также на болотистой местности и в грунтах с высоким уровнем подземных вод используют метод наклонно-направленного бурения.

Мыс Нюкля близь Магадана относится к Крайнему Северу с его суровым климатом

Данный метод допускает прокладку трубопроводов вне пределов плоскости скольжения оползающих грунтов и зон затопления, а также при ширине перехода более 100 м. Ограничивающими факторами могут являться необходимость соблюдения определённого радиуса изгиба трубы и геологические условия района прокладки.

Технология микротоннелирования заключается в отрывке двух котлованов — стартового и приёмного. Расстояние между ними составляет от 50 до 500 м. В стартовом котловане устанавливается домкратная станция. Если длина участка превышает 200 м, то устраивается промежуточная домкратная станция. Домкраты передают толкающее усилие к микротоннелепроходческому щиту с режущим инструментом (фото 2) через колонну труб, которую наращивают по мере движения вперёд. Данный метод можно применять в твердомёрзлых грунтах с применением бурового тиксотропного (например, глинистого) раствора, который обеспечивает устойчивость стенок скважины за счёт их смазки, приводящей к снижению сопротивления при движении щита в горизонтальной скважине [10].

На практике используется множество способов бестраншейной реконструкции трубопроводов, среди которых можно выделить нанесение цементно-песчаных и полимерных внутренних защитных покрытий, протаскивание полимерных рукавов (рубашек) и полимерных труб различного поперечного профиля. Выбор метода зависит от длины ремонтируемого участка, материала труб, степени износа, характера дефектов, а также от диаметра трубопровода, наличия грунтовых вод, вида транспортируемой среды.

Фото 2. Общий вид проходческого щита в шахте

Самым простым и дешёвым из перечисленных выше способов реновации трубопроводов является нанесение цементно-песчаных покрытий (ЦПП). Минимальная толщина слоя зависит от диаметра и материала труб, а требуемая — от толщины стенок, физического состояния (степень износа) и возраста труб. Технология нанесения ЦПП не зависит от глубины залегания труб и типа грунта. Метод используется при коррозионных обрастаниях, абразивном износе, но он неэффективен при смещении труб в стыках, деформации труб, при раскрытии стыков и сильном абразивном износе. Отличительной особенностью метода нанесения ЦПП является то, что он не обеспечивает увеличения несущей способности трубы.

Другим способом бестраншейной реконструкции является использование сплошных металлических покрытий. На фото 3 представлен рукав из нержавеющей стали, который классифицируется как защитное металлическое покрытие. Конструкция рукава состоит из двухслойной фольги (0,2–0,4 мм). По краям фольга сваривается с наружным покрытием из специального термоплавкого клеевого состава и ворсистого синтетического материала (полиэфирного иглопробивного волокна). Ворсистый материал создаёт дополнительную несущую способность ремонтируемой трубопроводной системы после процесса протягивания рукава внутрь подлежащего реновации трубопровода, тепловой диффузии клеящего вещества через него к внутренней поверхности старой трубы и последующего затвердевания. Применять данный метод возможно на трубопроводах диаметром от 100 до 600 мм.

Данная технология благодаря небольшим габаритам по ширине рукава не требует разработки траншеи и может быть проведена через люк смотрового колодца. За одну проходку возможно реконструировать участки длиной до 200 м. Отличие данной технологии состоит в том, что протяжку рукава можно осуществлять при любых температурах (даже отрицательных) и при практически полном износе трубопровода. Нержавеющая сталь обеспечивает сохранение высокого качества транспортируемой питьевой воды, не допуская появления коррозии на внутренних стенках трубы.

Недостатком метода является недостаточная гибкость и эластичность протягиваемого рукава, провоцирующего образование складок в изгибах трубы. Радиус изгиба подобных труб не должен превышать величины 30° [11].

На практике нашёл применение метод протаскивания в трубопровод гибких полимерных рукавов («чулков»). Его используют для труб круглого и овального сечения диаметром от 600 до 3000 мм. Пропитанный органической смолой рукав аккуратно вводят в трубу под давлением.

Фото 3. Рукав из нержавеющей стали

Фото 4. Подача полимерного чулка в трубопровод

Подобный «чулок» может проходить изгибы до 90°. «Чулок» абсолютно герметичен и способен восстановить несущую способность трубопровода (фото 4).

Введение и закрепление отверждаемых на месте оболочек в трубопроводе может достигаться двумя путями. Первый способ заключается в протаскивание бесшовного гибкого полимерного рукава на всю протяжённость реконструируемого участка между двумя колодцами. При этом распрямление «чулка» происходит под давлением тёплого воздуха, воды или пара. Второй способ отличается плавным введением скрученной в рулон оболочки в виде «чулка» (лайнера) в санируемый участок с последующим его выворотом. Прижатие к стенке и полимеризация органической смолы осуществляется давлением жидкости или пара. На сегодняшний день освоена инновационная технология полимеризации «чулка» ультрафиолетовым облучением, которое производится в ночное время при отсутствии воздействия дневного света.

Наиболее распространённым методом санации в условиях вечной мерзлоты среди методов бестраншейной реконструкции трубопроводов является метод протаскивания в старый трубопровод нового. Данный метод имеет две разновидности: без разрушения и с разрушением ремонтируемого трубопровода. Однако в условиях вечной мерзлоты метод с разрушением трубопровода не нашёл применения. Причиной этого является возможность периодического оттаивания и последующего замораживания грунта, провоцирующего вероятность пучения грунта, что способно привести к повреждению нового трубопровода остатками старой разрушенной трубы.

В основе реализации данного метода лежит протягивание полиэтиленовой трубы, например, напорной трубы из полиэтилена низкого давления (ПНД), в реконструируемый трубопровод. Метод можно использовать для трубопроводов, имеющих сквозную коррозию или другие значительные дефекты труб.

Преимуществ метода состоит в том, что не требуется вскрытие дорожного полотна, стоимость технологических операций незначительна, практически отсутствуют технические осложнения.

Наибольшее распространение в условиях вечной мерзлоты среди методов бестраншейной реконструкции трубопроводов получил метод протаскивания в старый трубопровод нового. Метод имеет две разновидности: без разрушения и с разрушением трубопровода

Протягивание производится из траншеи, вырытой в начале ремонтируемого участка трубопровода, или из колодца. Перед вводом новые участки труб свариваются друг с другом. Метод подходит для реконструкции прямолинейных участков длиной в несколько сотен метров и труб большого диаметра.

В качестве результатов исследования произведён анализ характера вихреобразования в однофазных потоках и перемещения твёрдых фракций различного гранулометрического состава в двухфазных потоках при различных наполнениях. Характер вихреобразования определялся путём визуальной фиксации преломления отражённой на поверхности воды линии тени (теневой дорожки) от специальных светильников. При этом были проведены эксперименты в двух режимах, то есть с использованием одно- и двухфазного потоков.

Выводы

1. Метод прокладки трубопроводов в условиях Крайнего Севера напрямую зависит от характера грунтов основания, степени их просадочности и несущей способности и может быть подземным, надземным и наземным.

2. Практически все известные методы бестраншейной прокладки трубопроводов пригодны для регионов Крайнего Севера с их вечномёрзлыми грунтами.

3. Практика показывает, что наиболее распространённым методом бестраншейного строительства трубопроводов в условиях вечной мерзлоты является горизонтально-направленное бурение.

4. Наиболее распространённым методом санации трубопроводов, эксплуатируемых в условиях вечномёрзлых грунтов, является метод протаскивания в старый трубопровод новой полимерной трубы, при этом метод применяют только без разрушения старого трубопровода.

5. Не исключается метод реконструкции трубопроводов в условиях вечной мерзлоты с помощью нанесения набрызгиваемых покрытий при условии применения специализированных присадок, которые понижают температуру схватывания (полимеризации) покрытий до –40 °С.

1. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на вечномёрзлых грунтах / НИИОПС им. Н.М. Герсеванова. — М.: Стройиздат, 1980. 303 с.
2. Салаватов С.Ю. Характеристика мёрзлых грунтов при инженерно-геологических изысканиях // Символ науки, 2017. №1–2. С. 32–33.
3. Железняк М.Н., Шац М.М. Геокриологические и геотехнические условия магистрального газопровода «Сила Сибири» на современном этапе завершения строительства // Газовая промышленность, 2018. №8. С. 86–91.
4. Латыпова Р.И. Влияние строительства подземного трубопровода на мерзлотный режим грунтов / Мат. 62-й Науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных УГНТУ. Кн. 1. — Уфа: УГНТУ, 2011.
5. Гинзбург А.В. Повышение эффективности работы систем водоснабжения и водоотведения в сложных природных условиях: Дисс. канд. техн. наук по спец. 05.23.04. — М.: ГАСИС, 2005. 265 с.
6. Харионовский В.В. Повышение прочности газопроводов в сложных условиях. — Л.: Недра (ленингр. отд-ние), 1990. 179 с.
7. Колоколова Н.А., Гаррис Н.А. О выборе способа прокладки трубопроводов в районах вечной мерзлоты // Транспортировка и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, 2013. №1. С. 13–17.
8. Рило И.П., Желудкова К.А., Клещин Д.А. Замораживание и термостабилизация грунтов в криолитозоне // Трубопроводный транспорт: теория и практика, 2015. №4. С. 22–27.
9. Морозова Ю.А. Бестраншейная прокладка трубопроводов технологией горизонтально-направленного бурения // Инновационная наука, 2018. №11. С. 34–36.
10. Зарипов Р.Ф., Коробков Г.Е. Защита арктических трубопроводов // Деловой журнал «Neftegaz.ru», 2018. №12. С. 28–33.
11. Киборт И.Д., Исупова Е.В. Бестраншейный ремонт трубопровода в условиях Крайнего Севера / Мат. XII Межд. молодёжн. научн. конф. «Севергеоэкотех-2011». Ч. 4. — Ухта: УГТУ, 2011. С. 88–91.

References — see page 78.

Fondital: «Made In Italy» становится «Made In Russia»

Fondital — это итальянская компания, основанная в 1970 году. Она считается мировым лидером в производстве алюминиевых радиаторов и систем отопления. Компания всегда выделялась своим сильным влиянием на международный рынок, где её продукция признана и ассоциируется с качеством и эффективностью *Made in Italy*. В дальнейшем это влияние подтвердилось сотрудничеством с российским рынком и строительством первого производственного завода в Липецкой области...

Российский завод Fondital, открытый в 2019 году, занимает общую площадь 100 тыс. м^2 и предназначен для производства всего ассортимента литых под давлением радиаторов, а также настенных котлов с целью распространения традиций итальянского качества в России.

Благодаря открытию нового завода, Fondital способна ещё быстрее реагировать и отвечать на потребности российского рынка, предоставляя клиентам точную и гибкую службу поддержки, особенно за счёт сотрудничества и работы сети продаж, распространённой по всей территории России.

В целях постоянного роста качества, а также достижения максимального спектра предоставляемых услуг в Москве и Санкт-Петербурге, соответственно, размещены два склада компании. Это позволило максимально оптимизировать этапы транспортировки и логистики, значительно сократив сроки доставки.

Также особенно важной для Fondital является защита потребителей: компания предоставляет прямую и правдивую информацию о характеристиках радиаторов и продукции в целом. Fondital предлагает клиентам всю необходимую информацию для того, чтобы они смогли осуществить осознанный и безопасный выбор.

Гамма продукции

Постоянные инвестиции в исследования и разработки позволили Fondital предложить рынку широкий ассортимент радиаторов и котельного оборудования. Мощность, дизайн и долговечность — отличительные черты всей гаммы алюминиевых радиаторов Fondital.

Среди радиаторов можно найти модели Alustal, Exclusivo D3 и Ardente C2.

Благодаря открытию нового завода, Fondital способна ещё быстрее реагировать и отвечать на потребности российского рынка, предоставляя клиентам точную и гибкую службу поддержки

Alustal — это биметаллический радиатор, предназначенный для эксплуатации в сложных условиях. Благодаря внутренней полностью стальной вставке, он способен выдерживать высокие температуры и коррозию даже при уровнях pH выше, чем у алюминиевых радиаторов. Гарантия — 20 лет, считая от даты установки.

А вот **Exclusive D3** — 100% *Made in Russia* — наиболее сбалансированная модель радиатора, сочетающая в себе современные технологии производства и высокие механические и эстетические характеристики. Задняя поверхность вида «шахматная доска» улучшает теплоотдачу радиатора за счёт уменьшения тепловых потерь и перегрева наружной стены.

Наконец, модель **Ardente C2** — это полностью алюминиевый радиатор, способный хорошо работать в низкотемпературных системах отопления. Эта модель выделяется своими превосходными механическими и энергетическими характеристиками и двойной окраской (анафорез плюс напыление порошковой краской), позволяющей сохранить неизменным внешний вид продукта.

Все радиаторы Fondital изготовлены из алюминиевого сплава — материала с превосходными механическими характеристиками, который позволяет, благодаря его низкой тепловой инерции, значительно снизить энергопотребление, обеспечив финансовую выгоду.

Биметаллические радиаторы Alustral предназначены для эксплуатации в сложных условиях

Общая площадь производственного комплекса Fondital в Липецкой области составляет 100 тыс. м², из которых 16 тыс. м² — крытые площадки

Что касается гаммы котельного оборудования, то среди новинок, запланированных на 2021 год, можно выделить модели Minorca CTFS, Maiorca CTFS, Tenerife KC и версии Plus моделей Minorca и Antea.

Minorca CTFS CU — это двухконтурный котёл традиционной конструкции с закрытой камерой сгорания. Его отличие от более ранней модели — наличие медного первичного теплообменника. Модель доступна в версиях от 9 до 24 кВт.

Модель **Maiorca CTFS** представляет собой настенный котёл с закрытой камерой сгорания и принудительной тягой с проточным нагревом горячей воды. Что делает его инновационным, так это теплообменник, изготовленный из меди, который облегчает эксплуатацию агрегата. Модель 100 % *Made in Italy* и уже доступна на складе в Москве.

Модель **Tenerife KC** — это конденсационный котёл, который благодаря технологии изготовления конденсационного теплообменника гарантирует высокую производительность даже в сложных ситуациях, поскольку он меньше подвержен засорению и накоплению грязи. Котёл Tenerife KC доступен в версии на 24 кВт, 100 % *Made in Italy*, и появится на складе в Москве с июня.

С июля будет предложена новая гамма котельного оборудования: модификации Plus для моделей Minorca Plus CTN 24 CU и Antea Plus CTN / CTFS / RBTFS 24.

Модель **Minorca Plus CTN** — настенный котёл с открытой камерой и естественной тягой с проточным производством горячей воды для бытового потребления. Он оснащён монотермическим медным теплообменником и инновационным жидкокристаллическим экраном. Доступна версия котла Minorca Plus CTN мощностью 24 кВт и полностью *Made in Russia*.

Модели **Antea Plus CTN** и **CTFS** представляют собой настенные котлы с открытой и закрытой камерой сгорания, соответственно, и проточным производством горячей воды для бытового потребления. Они отличаются компактным дизайном и подходят для удалённого управления.

Наконец, модель **Antea Plus RBTFS 24** — настенный котёл с герметичной камерой сгорания с принудительной тягой, предназначенный только для отопления и оснащённый встроенным трёхходовым клапаном. Благодаря этому его можно подключить к внешнему бойлеру. Агрегат имеет компактные габариты и, как и вся серия Plus, он на 100 % *Made in Russia*.

Настенный котёл серии Antea Plus CTN

BIM

С момента своего основания Fondital всегда стремилась быть инновационной и передовой компанией, предлагающей рынку высококачественные услуги и продукцию. По этой причине рынку предлагаются инновационные технологии и решения, такие как использование платформы BIM.

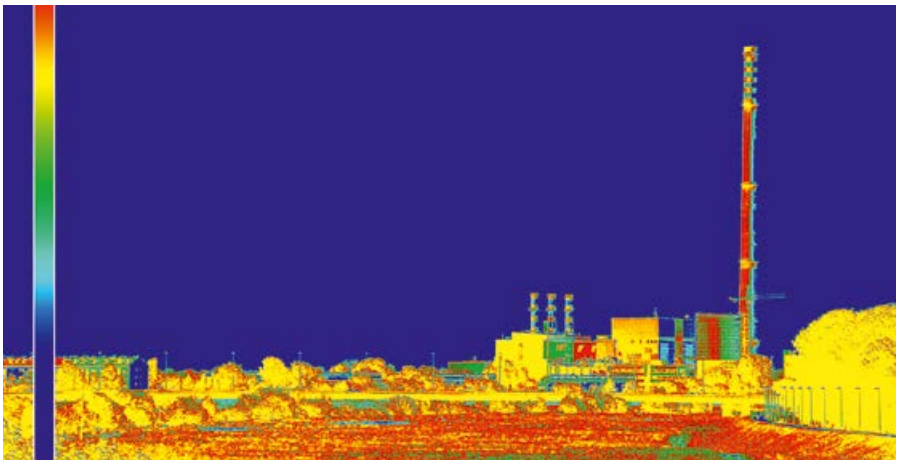
Fondital снова подтверждает, что является лидером в отрасли и способна предоставлять потребителям новые возможности, отвечая на их разнообразные нужды и потребности

BIM — это наиболее инновационная во всём мире платформа, которая позволяет поддерживать проект на всех этапах: от планирования и проектирования до строительства, управления и моделирования.

Fondital присутствует на платформе BIMobject с 2019 года, и в специальном разделе веб-сайта **fondital.com.ru** вы можете найти полный каталог всей продукции Fondital.

Применение данной платформы гарантирует многочисленные преимущества: сокращение рабочего времени благодаря постоянному контролю ошибок и использование «общего языка» для всех лиц, участвующих в проекте.

Компания Fondital снова подтверждает, что является лидером отрасли и способна предоставлять потребителям новые возможности, отвечая на их разнообразные нужды и потребности.



Инфракрасная аэрофотосъёмка и другие способы обеспечения надёжности и эффективности систем централизованного теплоснабжения

Тепловая инфракрасная аэрофотосъёмка является одним из методов диагностики и неразрушающего контроля тепловых сетей. Независимо от принятых методов, для надёжного и бесперебойного теплоснабжения крайне важно обеспечить качество проведения строительно-монтажных работ.

Автор: С.В. ЧИЧЕРИН, аспирант, кафедра теплоэнергетики, Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

На примере города Омска можно наглядно показать приоритетные мероприятия, которые позволят увеличить эффективность работы и улучшить экономические показатели крупной ресурсоснабжающей организации.

Омск представляет собой типовой город за Уралом, где теплофикация получила толчок к развитию в военный и послевоенный периоды. Например, в 1948–1949 годах в Омске для обеспечения тепловой энергии эвакуированных предприятий были построены северо-восточный и южный лучи ТЭЦ-1 диаметрами 300, 250 и 150 мм. Общая протяжённость сетей составила 4,5 км с нагрузкой 27,5 Гкал/ч. Сети работали по графику 135/70 °С, а схема горячего водоснабжения была открытая; она частично сохранилась и до настоящего времени [1].

В течение 1950–1954 годов был построен северо-западный луч большего диаметра (до 500 мм) общей протяжённостью 2,7 км. Тепловая нагрузка на конец указанного периода составляла 63 Гкал/ч. Следует отметить, что развитие сетей в крупных городах до середины 1960-х годов опережало рост тепловых нагрузок из-за неподготовленности объектов к переводу на теплофикацию.

В настоящее время это потребовало проведения ряда мероприятий, связанных с увеличением диаметра или изменением типа прокладки тепловых сетей на ранее незастроенных земельных участках.

Например, техническое перевооружение теплотрассы луча Труда по ул. Леконта от ТК-II-3-6/3 и ТК-II-3-6/6, с увеличением диаметра до 630 мм на тепловых сетях города Омска, и техническое перевооружение первого участка южного луча ТЭЦ-1 от ТК-I-Ю-14/1 до ТК-I-Ю-15 по территории Омского кадетского корпуса.

Тепловая инфракрасная аэрофотосъёмка играет важную роль в формировании планов ремонтных работ и способствует подготовке тепловых сетей к безаварийному прохождению осенне-зимнего периода. Следует учесть, что при исправном техническом состоянии тепловой сети трубопроводы малых диаметров или глубоко проложенные не могут регистрироваться тепловой аэросъёмкой с высокой надёжностью

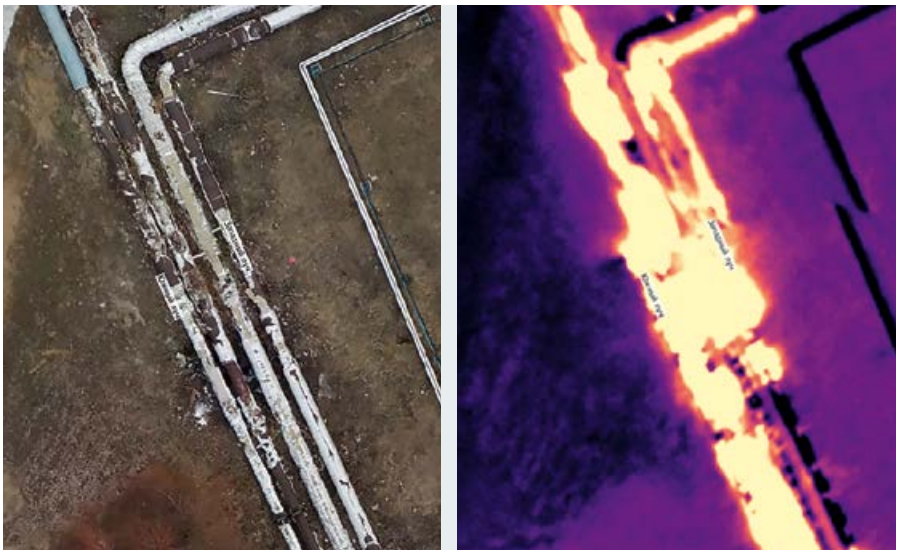


Фото 1. Представление наземного участка тепловых сетей с разрушенным теплоизоляционным слоем на снимке в видимом диапазоне (слева) и в ИК-диапазоне (справа)

В процессе рассмотрения проектной документации было выявлено, что типовыми замечаниями являются:

- отсутствие указания вида контроля сварных стыков, например, ультразвукового контроля (УЗК);
- несоответствие толщины стенки трубопроводов требованию заказчика, например, проектирование участков наружным диаметром 159 мм и толщиной 4,5 вместо 6,0 мм, диаметром 57 мм и 3,5 вместо 4,0 мм и т.д.;
- устройство дорогостоящих сильфонных компенсаторов вместо простых и привычных в эксплуатации П-образных;
- устройство неподвижных опор при подземной бесканальной прокладке.

Одним из методов поддержания надёжности в период эксплуатации трубопроводов тепловых сетей является тепловая инфракрасная аэрофотосъёмка (ТИКАС), проводимая с помощью вертолёта или БПЛА в инфракрасном (ИК) тепловом диапазоне (фото 1).

Эксплуатация этих участков показала, что проведение тепловой инфракрасной аэрофотосъёмки играет важную роль в формировании планов ремонтных работ на следующие периоды, способствует подготовке тепловых сетей к безаварийному прохождению осенне-зимнего периода и своевременному получению паспорта готовности. Однако при исправном техническом состоянии тепловой сети трубы малых диаметров (до 100 мм) или трубопроводы, имеющие глубину прокладки более 2 м, создают слабые температурные аномалии (около +1 °С) и не могут регистрироваться тепловой аэросъёмкой с высокой надёжностью. Кроме того, при интерпретации инфракрасного изображения можно различать возможное появление одинаковых аномалий за счёт изменения глубины теплотрассы и за счёт нарушенной изоляции. В первом случае интенсивность аномалий будет постепенно повышаться вдоль трассы, во втором — наиболее вероятно появление у аномалий резких (не размытых) границ.

Работу по тепловой инфракрасной аэрофотосъёмке целесообразно дополнять анализом фактических эксплуатационных показателей, другими методами диагностики и работой с дебиторской задолженностью. В части последних направлений приоритетными мероприятиями являются следующие:

- постоянный мониторинг информации в разрезе потребителей по выставленным и оплаченным штрафам, периодический анализ оценки вероятности взыскания с указанием сроков при отсутствии добровольной оплаты;
- разработка и актуализация предложений по критериям формирования дебиторской задолженности физических лиц для передачи в коллекторные организации;
- подготовка предложений по передаче на аутсорсинг функционала по снятию контрольных показаний у потребителей — физических лиц;
- обеспечение снятие показаний не менее одного раза в шесть месяцев;
- проведение гидравлических испытаний на прочность и плотность в течение межотопительного сезона трубопроводов всех тепловых сетей в полном объёме;
- разработка и выполнение комплекса организационно-технических мероприятий, обеспечивающих возможность проведения гидравлических испытаний трубопроводов тепловой сети после проведения текущего ремонта, связанного со сваркой с применением специального мобильного опрессовочного насоса, а также стационарного оборудования ТЭЦ, котельных и насосных станций;

К СОДЕРЖАНИЮ

На правах рекламы.

- оформление актов гидравлических испытаний трубопроводов тепловых сетей согласно СО 34.20.522–99 с обязательным указанием времени выдержки испытуемого трубопровода под пробным давлением и величины подпитки;
- проведение испытаний тепловых сетей на максимальную температуру теплоносителя в период года с устойчивыми плюсовыми температурами наружного воздуха не позднее, чем за три недели до начала отопительного сезона.

Следует понимать, что диагностика сама по себе не способна повысить надёжность или эффективность работы системы теплоснабжения, она может лишь выявить участки, требующие к себе более пристального внимания (фото 2).

Фото 2. Капитальный ремонт участка надземной прокладки с заметным разрушением теплоизоляционного слоя, выявленным в процессе ТИКАС

При невыполнении указанных выше мероприятий возникает риск снижения показателей эффективности работы предприятия. Технологический эффект определяется в зависимости от ситуации и может повлечь за собой частные экономические результаты за счёт исключения возмещения материального ущерба, связанного с выходом на поверхность горячей воды и подтоплением территорий при повреждении трубопровода, а также причинения вреда здоровью граждан.

Например, при отключении повреждённого участка общее снижение циркуляционного расхода по трубопроводу диаметром 800 мм составляет около 2500 тонн в час. При сроке проведения ремонтных работ 12 часов «недоотпуск» тепловой энергии составит величину:

$$2500 \times (91 - 51) = 100 \text{ Гкал},$$

где 91 и 51 — температуры [°C] теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах при средней температуре наружного воздуха –9,5 °C и температурном графике 150/70 °C.

Рассмотрение замечаний, возникавших на этапах проектирования и эксплуатации таких участков, позволило разработать программу энергосбережения, основными направлениями которой являются:

- создание и совершенствование существующей технической, экономической и правовой нормативной базы;
- создание фонда энергосбережения предприятия;
- улучшение организации производства и повышение технологической дисциплины, доведение работы оборудования до экономичных паспортных режимов;
- ускоренная замена старых трубопроводов тепловой сети;
- внедрение новых электронных приборов учёта и оснащение ими контрольных точек на границах раздела и тепловых пунктов;
- внедрение механизмов контроля и управления и схем автоматики нового поколения;
- внедрение частотного регулирования электродвигателей насосного оборудования;
- внедрение схем закрытого горячего водоснабжения;
- интенсивное применение новых теплоизоляционных материалов (ППУ, вспененный каучук, тонкоплёночные покрытия) для оборудования и трубопроводов тепловой сети, как это показано на фото 3.

В Омске разработана «дорожная карта» по оснащению приборами учёта границ раздела со смежной сетевой организацией, предполагающая установку первых 39 единиц в 2021 году

Наиболее перспективной разновидностью тепловой изоляции являются тонкоплёночные изоляционные покрытия [2, 3]. Что касается электронных приборов учёта и оснащения ими контрольных точек на границах раздела и тепловых пунктов, то, например, в городе Омске разработана «дорожная карта» по оснащению приборами учёта границ раздела со смежной сетевой организацией, предполагающая установку первых 39 единиц в 2021 году.

В целом же, проблема учёта теплоносителя и других энергоресурсов не раз поднималась на страницах журнала СОК (например, [4]).

Фото 3. Трубопроводы в пенополиуретановой изоляции, подготовленные для укладки в монолитный железобетонный канал

1. Чичерин С.В. Специфика составления задания на проектирование раздела ОВиК объектов детских и спортивных учреждений // Журнал СОК, 2020. №3. С. 34–37.
2. Закирова И.А., Чичирова Н.Д. Исследование тепловых процессов в изоляции трубопроводов тепловых сетей с применением тонкоплёночных покрытий // Теплоэнергетика, 2019. №10. С. 57–65.
3. Половников В.Ю. Кондуктивный теплоперенос в слое тонкоплёночной тепловой изоляции // Известия ТПУ: Инжиниринг георесурсов, 2019. Т. 330. №5. С. 189–197.
4. Кузник И.В. Квартирный учёт тепла // Журнал СОК, 2018. №5. С. 58–62.

Системы «умного дома» неразрывно связаны с энергосбережением и энергоэффективностью*

Выпускаемые ныне современные приборы учёта энергоресурсов имеют расширенные функциональные возможности, умеют фиксировать различные события на объекте, в том числе нештатные ситуации. Они обладают встроенными протоколами TCP/IP и могут быть интегрированы в самые масштабные информационные системы, например, такие как «умный город».

Автор: Р.В. КРИКУНОВ,
директор по развитию консорциума
ЛОГИКА-ТЕПЛОЭНЕРГОМОНТАЖ

Установка узлов учёта тепловой энергии является первым шагом на пути к энергосбережению. Однако стоит отметить, что напрямую это не ведёт к экономии. Узел учёта лишь показывает реальное потребление тепловой энергии на объекте. Вторым шагом к энергосбережению является внедрение автоматизированных тепловых пунктов с функцией погодного регулирования.

Типичная ситуация в период отопительного сезона: на улице тепло, а в квартиру по-прежнему подаётся такой же объём теплоносителя, как и в самую холодную зиму. Это так называемый «перетоп», который приводит к тому, что многие продолжают регулировать температуру форточками. К сожалению, это стандартная ситуация для осенне-весеннего периода. С экономической точки зрения оплата за отопление и горячую воду для потребителя, по понятным причинам, всегда является самой важной строчкой в квитанциях и счетах. Но до сих пор не все понимают, что на потреблении тепловой энергии можно значительно сэкономить. Регулирование должно начинаться на вводе теплоносителя в здание.

АИТП на объекте в городе Приозерске

Одним из самых эффективных решений проблемы «перетопа» является установка автоматизированного индивидуального теплового пункта (АИТП) с погодным регулированием, который оснащён регулирующими клапанами, насосами, контроллерами и т.д. АИТП предназначены для приёма теплоносителя от источника теплоснабжения, преобразования и передачи тепловой энергии потребителю, обеспечения автоматического регулирования теплоносителя (в системах отопления, вентиляции) и поддержания заданных параметров ГВС.

Практика

В качестве примера приведём сделанный нами анализ теплопотребления в жилых домах города Приозерска Ленинградской области. Для наглядности взяты два дома-близнеца, расположенных на ул. Суворова, — д. 40 и д. 42, которые были построены в одно время и по одному проекту. В д. 40 консорциумом в 2015 году был установлен АИТП. Проведённый анализ теплопотребления домов за отопительный сезон 2015–2016 годов показал, что экономия от внедрения теплового пункта в соотношении теплопотребления составила в среднем около 30% за год. Для установки был выбран «ТЭМ АИТП». Выбор пал именно на эти устройства, так как при установке данные тепловые пункты обладают рядом преимуществ перед обычными ИТП: компактность, качество сборки и простота монтажа на объекте. Таким образом, в помещение теплового пункта поставляется уже готовое заводское изделие, которое прошло гидравлические испытания, нормоконтроль сварных соединений и имеет тепловую изоляцию. Остаётся только подключить данный агрегат к существующим тепловым сетям в ИТП, произвести пусконаладку — и он готов к эксплуатации. Такие простота и лёгкость очень удобны.

Установка узлов учёта тепловой энергии — это первый шаг на пути к энергосбережению. Вторым шагом является внедрение АИТП с функцией погодного регулирования

Дом, оснащённый АИТП, в Приозерске

Интегральный контроль

По-настоящему оптимальный подход к инженерному обустройству современного дома однозначно предполагает введение в эксплуатацию «умных» приборов и систем. Сегодня без них невозможно представить себе глобальную интеграцию в системы сбора данных, мониторинга и диспетчеризации, которые могут одновременно контролировать работу десятков тысяч устройств, дистанционно опрашивать их, в том числе в режиме реального времени, анализировать полученные данные, составлять отчёты для ресурсоснабжающих организаций (РСО) и управляющих компаний, вести реестр поверок и работ по узлам учёта, рассылая уведомления ремонтным и обслуживающим подразделениям. Интеграция систем отопления МКД в систему диспетчеризации является третьим, заключительным шагом на пути к энергосбережению в отношении потребляемой тепловой энергии.

Таким образом, сегодня любой многоквартирный дом можно и нужно сделать «умным» и энергоэффективным.

* Данная статья подготовлена на основе выступления автора на конференции «Инновационные инженерные решения в системе "Умный дом": от концепции до реализации», состоявшейся 13 апреля 2021 года в рамках выставки Engineerica при информационной поддержке журнала СОК.

Модернизированные жаротрубные котлы «ДОРОГОБУЖ»

Жаротрубно-дымогарные (жаротрубные, газотрубные) котлы получили своё название как отражение конструктивных особенностей и наличие одноименных деталей: топки в форме цилиндра — жаровой трубы, конвективной поверхности теплообмена из труб, в которых «течёт» горячая газовоздушная смесь. В этом заключается принципиальное отличие жаротрубных котлов от водотрубных, в которых теплоноситель циркулирует по трубам, которые омываются дымовыми газами...

Автор: Александр БОРЦОВ, технический директор ООО «Дорогобужкотломаш»

В современных жаротрубных котлах чаще всего сжигают газовое топливо. С развитием теплоэнергетической отрасли качество сжигания вышло на новый уровень, и требования к выбросам при выборе оборудования ежегодно растут. К особенностям жаротрубных котлов относятся:

- большой объём теплоносителя, что позволяет сглаживать колебания нагрузки за счёт инерционности системы по параметру температуры воды;
- высокая плотность теплового потока в жаровой трубе, которая в три-четыре раза выше, чем у водотрубных котлов;
- невысокая скорость движения теплоносителя и малое гидравлическое сопротивление;
- габариты топки, рассчитанные для работы с горелками, имеющими длинный факел.

Выделяют следующие основные направления жаротрубно-дымогарных котлов: водогрейные (и паровые) с реверсивной топкой и водогрейные (и паровые) с трёхходовой схемой движения газов.

Наибольшую популярность получили двухходовые жаротрубные водогрейные котлы с реверсивной топкой. Их широкое распространение обусловлено появлением и продвижением на российском рынке зарубежных фирм-изготовителей с преобладанием «западной» жаротрубной концепции.

Котлы с реверсивной топкой (в нашем примере это модернизированные котлы серии «ДОРОГОБУЖ») имеют центральное расположение жаровой трубы и реверсивное движение топливных газов, как это показано на рис. 1.

Дымогарные трубы 2 конвективных поверхностей ∅60×3 мм кольцами в шахматном порядке опоясывают жаровую трубу 1, которая с фронта закреплена в передней трубной решётке 3. Днище топки 4 плоское и с помощью анкерных связей 5 закреплено на задней трубной решётке 6. Дымогарные трубы — прямые, вварены в переднюю и заднюю трубную решётки, которые, в свою очередь, совместно с цилиндрической обечайкой 7 ограничивают водяной объём. Газы выполняют реверсивное движение в топке, разворачиваются во фронтовой (неохлаждаемой) камере 8 и по трубам конвективной части попадают в сборный газоход 9.

На заводе «Дорогобужкотломаш» выпуск жаротрубных котлов был освоен в 1996 году. В настоящее время заказчикам предлагаются модернизированные двухходовые котлы «ДОРОГОБУЖ»

Для снижения температуры уходящих газов и повышения КПД в трубы устанавливаются биметаллические интенсификаторы теплообмена (турбуляторы), конструкция которых разработана специалистами завода.

На заводе «Дорогобужкотломаш» выпуск жаротрубных котлов был освоен в 1996 году. В настоящее время заказчикам предлагаются модернизированные двухходовые котлы «ДОРОГОБУЖ».

Модернизированная серия котлов «ДОРОГОБУЖ» предназначена для получения горячей воды температурой до 115 °С и давлением до 0,6 МПа, используемой для горячего водоснабжения и отопления жилых, производственных и административных зданий. Котлы работают на природном газе и лёгком жидком топливе. Диапазон теплопроизводительности модельного ряда котлов включает 32 типоразмера от 0,05 до 7,0 МВт.

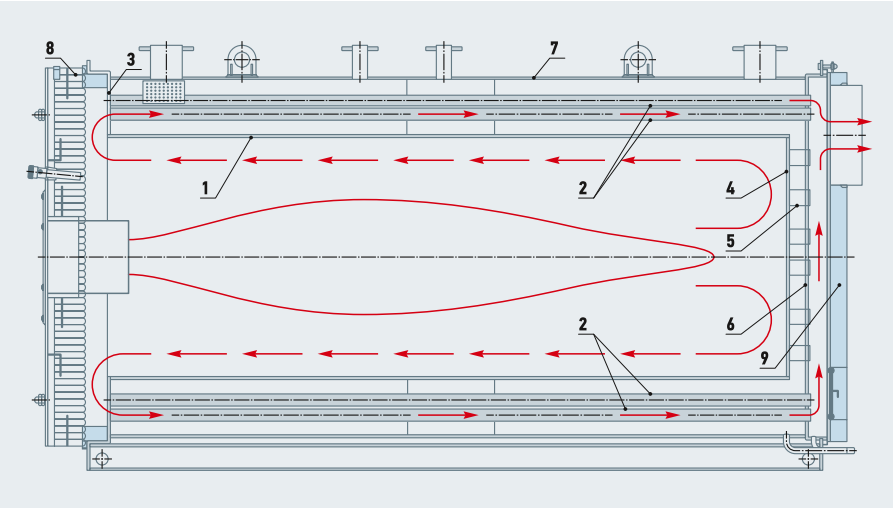


Рис. 1. Схема модернизированного двухходового жаротрубного котла «ДОРОГОБУЖ» (1 — жаровая труба; 2 — дымогарные трубы; 3 и 6 — передняя и задняя трубные решётки; 4 — днище топки; 5 — анкерная связь; 7 — обечайка; 8 — фронтовая камера; 9 — сборный газоход)

Модернизированные двухходовые жаротрубные котлы «ДОРОГОБУЖ»

В производстве котлов применяется бесшовная труба из стали Ст20, в изготовлении решёток трубных и деталей трубы жаровой используется лист из стали 20К. Котлы оснащаются современными автоматизированными горелочными устройствами — газовыми, жидкотопливными или комбинированными с различным диапазоном регулирования мощности (в зависимости от модели горелки), отечественного и импортного производства.

Доступ к внутренним поверхностям топочного пространства для осмотра жаровой трубы, передней решётки и очистки дымогарных труб осуществляется при открытии фронтовой камеры.

Камера открывается на обе стороны, закрыть её помогает опорная конструкция из ролика и направляющей, расположенных в нижней части. Для изоляции крышки применяется современный лёгкий материал на основе каолинового волокна; технология укладки позволяет сократить сроки изготовления котла и выполнять замену изоляции крышки на объекте. Всё это в целом повышает критерий ремонтопригодности котла.

С тыла установлена съёмная крышка газохода с лючком для очистки.

Декоративная обшивка котла выполнена из ламинированного оцинкованного листа, не требующего окраски и длительное время сохраняющего привлекательный внешний вид. Дополнительные ребра жёсткости снижают вероятность проминания листов в процессе монтажа и эксплуатации.

С 2020 года котлы изготавливаются в новой дизайн-концепции: в обновлённой цветовой палитре — сигнальный синий и графитовый серый, с установкой нового логотипа и фирменной таблички. Сохранность при транспортировке и хранении обеспечивается упаковкой из термоусадочной плёнки.

Приварка дымогарных труб к трубным доскам на установке Fronius (Австрия)

Модернизация позволила оптимизировать следующие показатели: на 15% снизить аэродинамическое сопротивление газового тракта; на 8–14% уменьшить массу котла при сохранении показателей КПД и срока службы; на 5–16% (в зависимости от модели) сделать котёл компактнее; предусмотреть возможность расширенного до пяти лет гарантийного срока службы.

Опытный образец модернизированного котла теплопроизводительностью 1,0 МВт был представлен на выставке Heat & Power 2020 в городе Москве. С января 2021 года модернизированные котлы запущены в серию и имеют полный комплект сопроводительной и разрешительной документации.

Благодаря вводу в эксплуатацию нового оборудования при изготовлении модернизированных жаротрубных котлов на заводе обеспечивается: применение передовой технологии приварки дымогарных труб к трубным доскам с использованием австрийской установки Fronius, позволяющей снизить температурные напряжения металла в зоне сварного шва; высокая точность геометрии изготавливаемых деталей после лазерной резки; прочные сварные соединения: проплавление корня сварного шва приварки жаровых и дымогарных труб к трубным доскам; качественное лакокрасочное покрытие в покрасочной камере.

Модернизированные двухходовые жаротрубные котлы обладают следующими преимуществами:

1. Компактность и низкий удельный вес. Не требуется доработка котла на объекте. Это позволяет собирать котлы и модульные котельные на их базе полностью в заводских условиях и поставлять заказчику в виде единого блока, что значительно упрощает, ускоряет и удешевляет монтаж оборудования котельной.

2. Простота конструкции, удобство обслуживания горелок.

3. Быстрый переход с одного температурного режима на другой, малое время на изменение тепловой нагрузки, простота автоматизации управления.

4. Применение насосов меньшей мощности благодаря низкому гидравлическому сопротивлению, что позволяет экономить электроэнергию при эксплуатации.

5. Поставка в полной заводской готовности, проведение всех необходимых испытаний на производстве.

Таким образом, модернизированные котлы производства завода «Дорогобуж-котломаш» по своим техническим и эксплуатационным характеристикам являются современными, эффективными и технологичными изделиями, прошедшими полный цикл заводских испытаний, в том числе с работающим горелочным устройством.

Гидравлическое сопротивление настенных газовых котлов и эффективность нагрева помещений

Рецензия эксперта на статью получена 14.03.2021 [The expert review on the article received on Mart 14, 2021].

Энергетическая эффективность систем отопления и горячего водоснабжения индивидуальных домохозяйств является одним их важнейших технических, социально-экономических и экологических показателей работы технических устройств. С одной стороны, это уровень ежемесячных затрат на эксплуатацию данных систем, что, безусловно, особо волнует потребителя, с другой — это уровень выбросов парниковых газов, влияющих на экологическую обстановку всей планеты. Настенные котлы конвекционного типа в настоящее время — наиболее применяемый вид теплогенераторов для индивидуального использования. Доля их применения в России составляет более 98 %. Конденсационные настенные котлы, составляющие около 2 % российского рынка, обладают большей энергетической эффективностью и лучшей экологичностью, но они пока не нашли широкого распространения по ряду причин, одна из которых — их более высокая стоимость.

Энергетическую эффективность работы настенных газовых котлов в целом нельзя рассматривать отдельно от инженерной системы отопления, в которой они установлены. Тепловая энергия, произведённая котлом, реализуется в отапливаемом помещении с помощью приборов отопления. В общем случае системы отопления и горячего водоснабжения должны обладать двумя типами устойчивости: гидравлической (способностью пропорционального изменения напорно-расходных характеристик циркуляционного контура) и тепловой (способностью пропорционального изменения теплоотдачи системы в зависимости от параметров работы теплогенератора).

Предмет и тема исследования

Предметом исследования данной работы является определение гидравлических сопротивлений настенных газовых конвекционных котлов и диапазона устойчивости работы всей тепловой системы.

Энергетическую эффективность работы настенных газовых котлов нельзя рассматривать отдельно от инженерной системы отопления в целом, в которой они установлены. Тепловая энергия, произведённая котлом, реализуется в отапливаемом помещении с помощью приборов отопления

Рассматриваются настенные котлы с битермическим и комбинированным теплообменниками, с внутренней обвязкой из медных и гофрированных нержавеющих труб.

Для оптимального, энергоэффективного подбора инженерного оборудования, входящего в состав циркуляционного контура системы отопления частного дома, использующей в качестве теплогенерирующей установки настенный газовый котёл, необходимо знать гидравлическое сопротивление последнего. Параметры циркуляционного контура должны обеспечивать способность системы доставлять необходимое количество выработанной тепловой энергии до тепловых приборов (радиаторов, конвекторов, а также системы «тёплый пол»).

Данные по гидравлическим сопротивлениям настенных газовых котлов очень редко предоставляются производителями. В лучшем случае в паспорте на устройство будут указаны максимальное гидравлическое сопротивление котла (например, 200 мбар) и остаточный напор насоса (например, 0,25 бар) [1]. Указанные данные не позволяют рассчитать гидравлическое сопротивление циркуляционного контура, поскольку неизвестно, при каких значениях расхода они получены.

Конструкция внутреннего контура котла состоит из теплообменника, трёхходового клапана, трубопроводов внутренней обвязки, элементов группы безопасности и других местных сопротивлений.

УДК 621.65. Научная специальность: 05.23.03.

Гидравлическое сопротивление настенных газовых котлов и эффективность нагрева помещений

А. Л. Торопов, к.т.н., профессор Российской академии естествознания (РАЕ), изобретатель СССР, рационализатор РФ, генеральный директор ООО «Инженерный Центр «Апрель» (г. Москва)

В статье определены значения гидравлических сопротивлений настенных конвекционных газовых котлов с атмосферной горелкой малой мощности для автономных систем отопления и горячего водоснабжения индивидуальных домохозяйств. Даны технические рекомендации, необходимые для проектирования, подбора оптимального оборудования и создания надёжных технических систем высокой энергетической эффективности.

Ключевые слова: *настенный газовый котёл, гидравлическое сопротивление, эффективность, коэффициент эффективности, оптимизация.*

UDC 621.65. Scientific specialty number: 05.23.03.

Hydraulic resistance of wall-mounted gas boilers and heating efficiency

Alexey L. Toropov, PhD, Professor of Russian Academy of Natural History, Inventor of the USSR, Rationalizer of the Russian Federation, general director of the "April" Engineering Center", LLC (Moscow)

The article defines the values of hydraulic resistances of wall-mounted convection gas boilers with a low-power atmospheric burner for autonomous heating and hot water supply systems of individual households. Technical recommendations are given that are necessary for the design, selection of optimal equipment and creation of reliable technical systems of high energy efficiency.

Key words: *wall-mounted gas boiler, hydraulic resistance, efficiency, efficiency coefficient, optimization.*

LUNDA
для профессионалов

МУЛЬТИСЕРВИСНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

- 2007г. — 1 филиал
- 2010г. — 2 филиала
- 2013г. — 4 филиала
- 2016г. — 17 филиалов
- 2019г. — 35 филиалов
- 2021г. — 43 филиала

43 филиала в 33 городах России

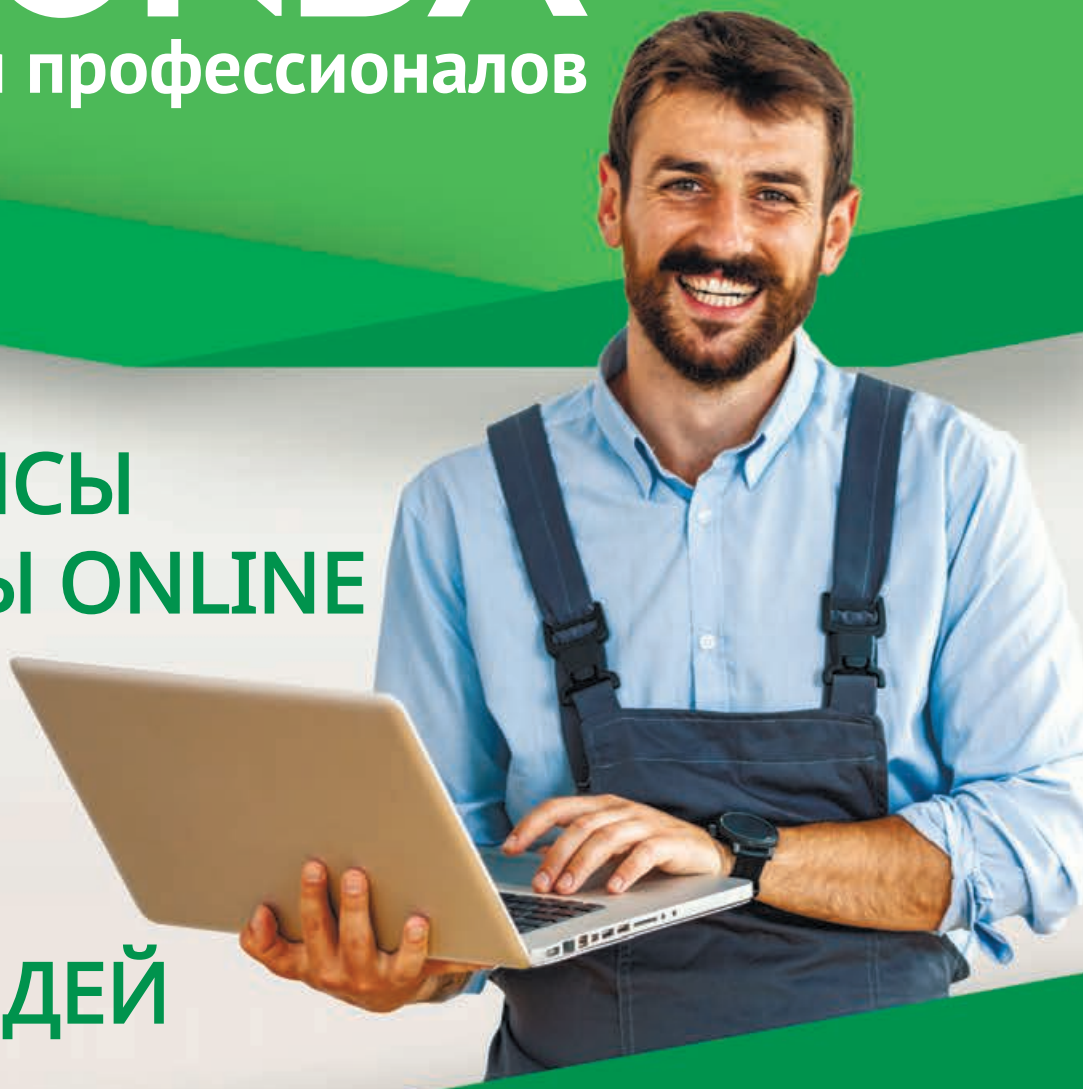
Продукция от более чем 350 производителей из Европы и России

Более 30 000 м² складских помещений

Около 18 000 уникальных артикулов товара на складе

Реклама.

LUNDA
для профессионалов



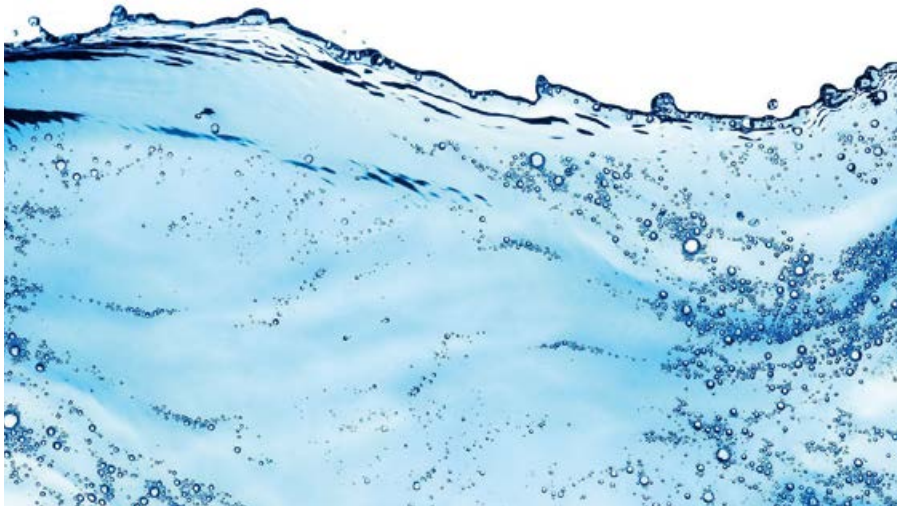
ВСЕ СЕРВИСЫ ДОСТУПНЫ ONLINE

БЕЗ ОЧЕРЕДЕЙ

ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ

- Акции и специальные цены
- Бонусная программа
- Резервирование товара
- Сохранение истории заказов
- Создание и выставление счетов
- Легкий возврат товара

Реклама.



Все эти элементы являются частью общего циркуляционного контура автономной системы отопления, по которому движется теплоноситель. В настенном газовом котле доля местных сопротивлений входящих в него элементов значительно превышает сопротивление теплообменника. Неправильный подбор параметров трубопроводов и оборудования теплового контура может привести к повышенным суммарным значениям гидравлических сопротивлений, что, в свою очередь, приведёт к замедлению скорости циркуляции теплоносителя и его закипанию. С точки зрения гидравлической и тепловой устойчивости, система отопления должна иметь возможность реализовать теплоотдачу отопительных приборов во всём диапазоне изменения мощности котла.

Без знания параметров гидравлического сопротивления котла, во всём диапазоне изменения расхода циркуляционного контура, создание энергоэффективной системы отопления и ГВС невозможно в принципе. Величина гидравлического сопротивления котла непосредственно влияет на долю тепловой энергии, доставленной циркуляционными насосами к отопительным приборам.

С точки зрения конструкции теплообменника и способа подготовки горячей воды, настенные конвекционные котлы делятся на битермические, в которых нагрев теплоносителя системы отопления и горячей воды происходит в одном теплообменнике, и комбинированные, в которых существует два раздельных теплообменника для отопления и для подготовки горячей воды.

Цель данной работы — определить значения графиков изменения гидравлического сопротивления типовых настенных конвекционных котлов в режиме отопления и оценить диапазоны гидравлической устойчивости работы автономных систем отопления, используемых для индивидуальных домовладений.

Материалы и методы исследования

Определение гидравлических сопротивлений настенных котлов проводилось на стенде, состоящем из открытого гидравлического контура, выполненного полипропиленовыми трубами диаметром 1″. В контур был установлен изучаемый настенный газовый котёл, оснащённый теплообменниками с внутренним трубопроводом, выполненным в варианте №1 (гофрированными трубами из нержавеющей стали) и вариант №2 (медными трубами).

Без знания параметров гидравлического сопротивления котла, во всём диапазоне изменения расхода циркуляционного контура, создание энергоэффективной системы отопления и горячего водоснабжения невозможно. Величина гидравлического сопротивления котла самым непосредственным образом влияет на долю тепловой энергии, доставленной циркуляционными насосами к отопительным приборам

Исследовались битермические котлы со сдвоенным теплообменником отопления и ГВС и комбинированные котлы с раздельными теплообменниками отопления и ГВС с трёхходовым клапаном распределения потоков. Определялся перепад давления на участках входа и выхода трубопроводов котла на расстоянии 200 мм от входных и выходных патрубков. Движение теплоносителя обеспечивалось центробежным насосом с производительностью до 1,5 м^3/ч. Изменение расхода осуществлялось механической задвижкой. Измерения давления проводились U-образным трубчатым водяным манометром. Расход теплоносителя замерялся ультразвуковым измерителем расхода с накладными датчиками Ultrasonic FlowMeter и дублировался счётчиком воды ОВСГ-25.

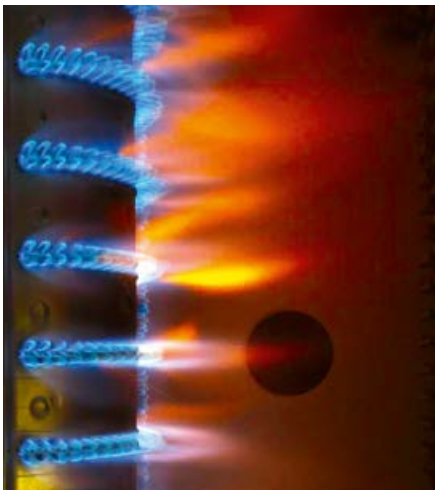
Для стабилизации расхода теплоносителя электропитание насоса осуществлялось через стабилизаторы электрического напряжения с сервоприводом.

Испытания проводились по три раза. Результаты замеров усреднялись. Внутренняя обвязка котла в варианте гофрированных труб из нержавеющей стали выполнена с шагом гофры 4,9 мм, внешний диаметр — 20,3 мм, внутренний проходной диаметр — 16,6 мм, длина трубок — 420 мм. В варианте обвязки трубками из меди проходной диаметр составлял 14,3 мм, длина трубок — 420 мм. Испытания проведены для конвекционных котлов с атмосферной горелкой и закрытой камерой сгорания, расположение вентилятора — верхнее, битермические котлы — мощностью 18 и 24 кВт, котлы с раздельными теплообменниками — мощностью по отоплению 24 и 18 кВт. Конструкции котлов разной мощности, с точки зрения величины гидравлического сопротивления, отличаются между собой только размером первичного теплообменника.

Результаты исследований

На рис. 1 представлены усреднённые по трём испытаниям графики изменения гидравлического сопротивления настенных котлов битермического типа теплообменника в режиме «отопление». Внутренняя обвязка выполнена гофрированными трубами из нержавеющей стали. Котлы имеют мощность по отоплению 18 и 24 кВт. Значения гидравлического сопротивления указаны в метрах водного столба. Красным цветом указаны параметры котла 18 кВт, зелёным — 24 кВт мощности в режиме «отопление».

На рис. 2 представлены сравнения графиков гидравлических сопротивлений для котлов с раздельными теплообменниками с мощностью 18 и 24 кВт в режиме «отопление» для вариантов исполнения внутренней обвязки трубами из меди диаметром ⅝″ и гофрированной нержавеющей трубой с внутренним проходным диаметром 16,6 мм и шагом гофры 4,9 мм.



Обсуждение результатов исследований

Конструкция настенных котлов конвекционного типа различных брендов и моделей аналогичны. Теплообменники имеют одинаковую схему, близкие размеры и диаметры труб, трёхходовые клапаны переключения потоков у них одинаковой конструкции. С достаточно высокой степенью достоверности результаты проведённых исследований можно распространить на разные модели котлов.

Согласно исследованиям [2], средний расход в индивидуальных системах отопления составляет 860 л/ч. При расходе 860 л/ч величина гидравлического сопротивления составит у котла мощностью 18 кВт — 0,7 м вод. ст., у котла мощностью 24 кВт — 1,05 м вод. ст. в варианте внутренней обвязки из гофрированной нержавеющей трубы для котлов с битермическим теплообменником.

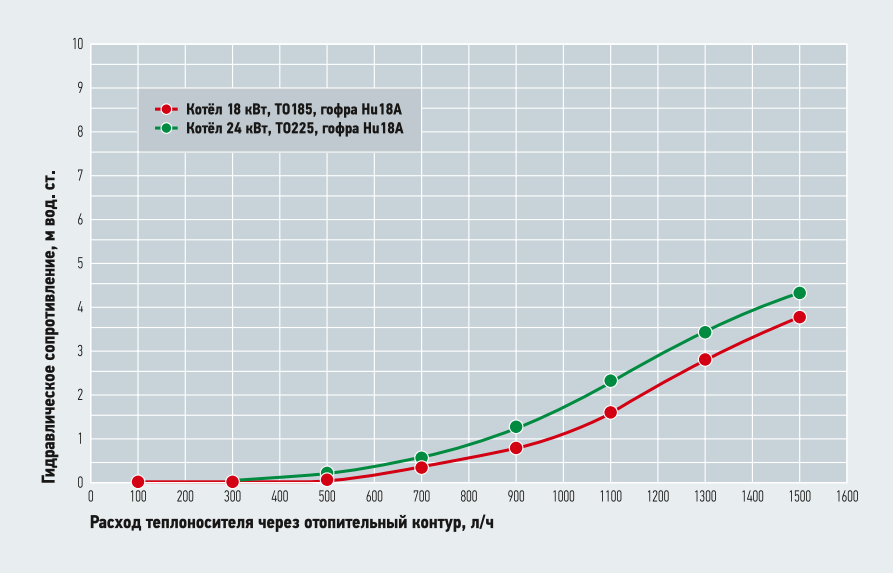


Рис. 1. График гидравлического сопротивления битермических котлов (18 и 24 кВт) в варианте выполнения внутренней обвязки гофрированными трубами

Важное значение имеют проходной диаметр и материал труб внутренней обвязки котла. В частности, при сравнении сопротивления котла с раздельными теплообменниками отопления и подготовки горячей воды определено, что при варианте внутренней обвязки, выполненной медными трубами диаметром ⅝″, гидравлическое сопротивление котла при расходе 800 л/ч составляет 1,75 м вод. ст., а для варианта обвязки гофрированной трубой с проходным диаметром 16,6 мм сопротивление котла равно 2,1 м вод. ст. (рис. 2, кривые для котла 24 кВт).

Характерные графики напорно-расходных характеристик циркуляционных насосов настенных газовых котлов исследованы в работе [3], показатели эффективности их работы — в работе [4]. Согласно испытаниям, при расходе 800 л/ч циркуляционный насос с асинхронным мотором на третьей скорости вращения ротора создаёт напор 4,8 м вод. ст.

На рис. 3 представлена напорно-расходная характеристика циркуляционного насоса настенного котла и характеристика гидравлического сопротивления настенного котла в варианте с медными трубками внутренней обвязки. Зелёная линия — это гидравлическое сопротивление котла, красная — суммарное гидросопротивление циркуляционного контура, имеющего расчётную точку (пересечение напорно-расходной характеристики насоса и суммарного гидросопротивления) при расходе 1000 л/ч. Данный расход соответствует способности отопительных приборов передать выработанную тепловую мощность, равную 24 кВт, приборам отопления при величине падения температуры на них, равной $\Delta t = 20\,°C$. Автономная система отопления обладает гидравлической устойчивостью, если суммарные характеристики гидравлического сопротивления контура циркуляции и котла попадают в голубую зону на рис. 3.

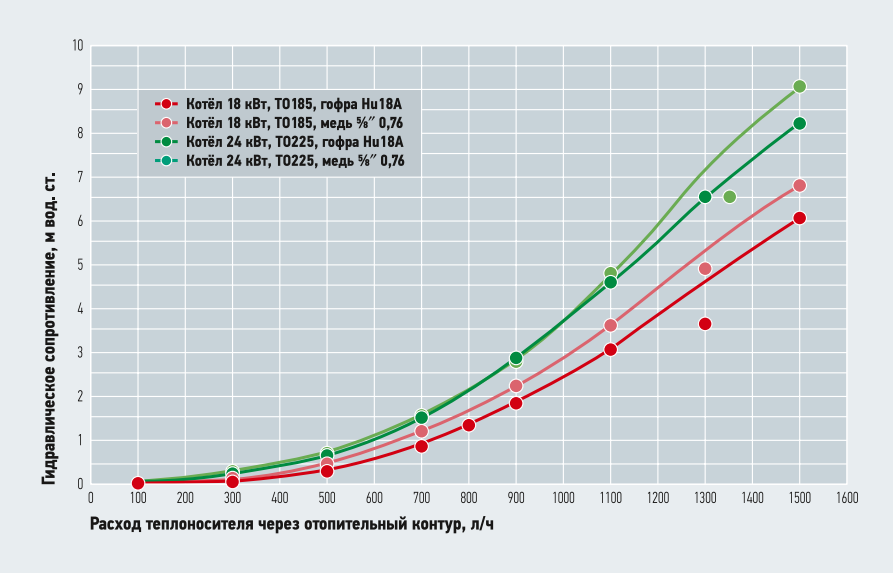


Рис. 2. Графики гидравлических сопротивлений котлов (18 и 24 кВт) с раздельными теплообменниками в режиме «отопление» для обвязки медными и гофрированными трубками

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

XVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА ПО ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

ufi Approved Event

КОТЛЫ И ГОРЕЛКИ

BOILERS AND BURNERS

Санкт-Петербург

Дата проведения уточняется

X Международный конгресс

Энергосбережение и энергоэффективность – динамика развития

ОРГАНИЗАТОР: FarEXPO

Тел.: +7(812) 777-04-07; 718-35-37 st@farexpo.ru www.farexpo.ru
МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: КВЦ "Экспофорум", Петербургское шоссе, 64/1, павильон G

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР: АВОК Вентиляция Отопление Кондиционирование

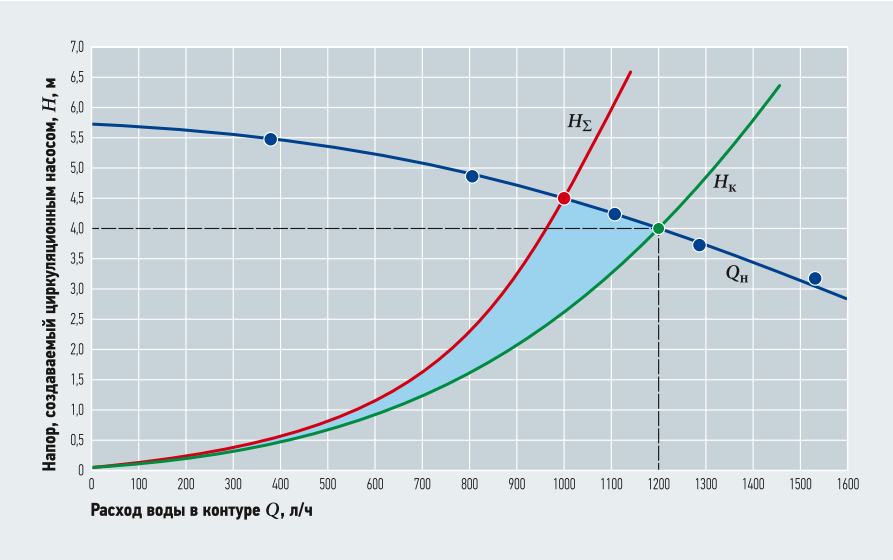


Рис. 3. Напорно-расходные характеристики насоса и гидравлические сопротивления циркуляционного контура автономной системы отопления

При потере напора на котле, равном 2,1 м вод. ст., на гидравлическое сопротивление всего остального контура циркуляции (с отопительными приборами, трубопроводами и запорной арматурой) остаётся 2,5 м вод. ст., что вполне достаточно для реальных систем отопления индивидуальных домов. В большинстве случаев гидравлическое сопротивление отопительного контура дома площадью около 200 м^2 не превышает 2 м вод. ст. при расходе до 1000 л/ч.

Напорно-расходные характеристики циркуляционного насоса с асинхронным электромотором с постоянной скоростью вращения ротора зависят от напряжения питающей электросети. Если напорно-расходные характеристики насоса считать не зависящими от данного напряжения, то учёт влияния нестабильности электропитания можно выполнить с помощью поправочного коэффициента гидравлических сопротивлений котла и циркуляционного контура, равного 1,2.

Необходимо также различать способность настенного котла вырабатывать тепловую мощность и способность отопительного контура реализовать теплосъём выработанной мощности тепловыми приборами контура отопления.

Если отопительные приборы будут недостаточной площади, и падение температуры на них составит менее $\Delta t = 20\,°C$ (в варианте радиаторов отопления), то для реализации выработанной котлом тепловой мощности, равной 24 кВт, необходим расход циркуляции более 1000 л/ч. Увеличение скорости движения теплоносителя приведёт к повышению гидравлического сопротивления и котла, и циркуляционного контура. При значительном увеличении расхода контура встаёт вопрос о гидравлической устойчивости отопительной системы в целом, поскольку может нарушиться основной принцип проектирования данных систем — способности передать отопительным приборам всю выработанную теплоагрегатом тепловую мощность.

Учитывая это, считается целесообразным проверять гидравлическую устойчивость автономной отопительной системы индивидуального домохозяйства в целом с мощностью теплогенератора 24 кВт при расходе не менее 1100 л/ч. На рис. 3 показано, что при расходе, равном 1200 л/ч, кривая гидравлического сопротивления котла пересекает напорную характеристику циркуляционного насоса. В этом случае система циркуляции не способна передать тепловую мощность, выработанную тепловым агрегатом.

Представленное исследование значений гидравлических сопротивлений настенных газовых котлов показывает, что:

- гидравлическое сопротивление настенного котла составляет значительную долю от полного сопротивления всего циркуляционного отопительного контура;
- для оценки эффективности работы отопительной системы в целом необходимо делать расчёт её гидравлической и тепловой устойчивости во всём диапазоне изменения мощности теплогенерирующей установки.

В случае пренебрежения гидравлическим сопротивлением котла в расчёте систем отопления и при подборе оборудования, суммарное гидравлическое сопротивление котла и контура отопительных приборов будет значительно занижено, что приведёт к снижению расхода циркуляции, перегреву котла и возникновению остановок в его работе. Как следствие, система отопления будет неспособна полностью реализовать тепловую мощность теплогенератора и доставить её до приборов отопления.

Область применения результатов исследования

Результаты исследования могут быть применены при расчётах автономных систем отопления и ГВС высокой энергетической эффективности, применяемых для индивидуальных домохозяйств.

Выводы

1. Гидравлическое сопротивление настенного газового котла составляет значительную часть от общего гидравлического сопротивления циркуляционного контура автономных замкнутых систем отопления. Исследования показали, что при расходе теплоносителя 860 л/ч у битермических котлов мощностью 24 кВт оно равно 1,05 м вод. ст., а для котлов с раздельными теплообменниками достигает 2,1 м вод. ст. При расходе 1000 л/ч значение гидравлического сопротивления возрастает до 1,75 м и 3–4 м вод. ст., соответственно.

2. При проектировании систем отопления с использованием настенных газовых котлов необходимо проводить расчёт тепловой устойчивости этих систем.

Неправильный подбор приборов отопления, терморегулирующей арматуры и трубопроводов может привести к неустойчивой работе теплоагрегата, что сопровождается возникновением посторонних звуков при работе котла (свистом, писком, стуком), увеличению расхода (стоимости) газа и повышению уровня выбросов парниковых газов.

При повышенном суммарном гидравлическом сопротивлении циркуляционного контура автономных систем отопления может возникнуть потеря способности системы передать энергию на максимальных нагрузках от теплогенератора к отопительным приборам.

1. Настенный газовый котёл модель CLAS B 24CF: Паспорт [Электр. текст]. Ariston Thermo Group. Режим доступа: ru.ariston-pro.com. Дата обращ. 10.04.2020.
2. Bidstrup N., van Elburg M., Lane K. Promotion of energy efficiency in circulation pumps especially in domestic heating systems: Study under SAVE II programme. June 2001.
3. Торопов А.Л. Комбинированные тепловые гелиосистемы. Ч. 3. Циркуляционные насосы для индивидуальных и децентрализованных систем отопления и горячего водоснабжения: Учебное пособие. — М.: Изд-во РАЕ, 2019. 54 с.
4. Торопов А.Л. К вопросу о энергоэффективности циркуляционных насосов для настенных конвекционных газовых котлов // Журнал СОК, 2020. №11. С. 32–34.

References — see page 78.

Укроти энергию тепла современными технологиями

proteus PLUS BLUE от E.C.A.

компактный

3 года гарантии

Тихий

Безвреден для экологии

КПД 91%

14 систем безопасности

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

www.eca.com.tr

E.C.A®
ВМЕСТЕ НА ГОДА

На правах рекламы.

Исследование экономической эффективности применения системы отопления на базе водяных ИК-излучателей*

Отопление крупнообъёмных помещений (складов, цехов и пр.) в основном осуществляется традиционными системами отопления: конвективными и воздушными [1]. В свою очередь, применение таких систем отопления несёт за собой ряд недостатков, таких как излишняя подвижность воздушных масс, повышенная запылённость, неравномерность нагрева в рабочей зоне помещения, большой градиент температуры воздуха по высоте помещения и т.д.

Применение систем лучистого отопления решает ряд вышеописанных проблем. Системы лучистого отопления:

- не провоцируют излишней подвижности воздуха, в отличие от системы воздушного отопления;
- позволяют обеспечить более равномерный нагрев рабочей зоны, в отличие от системы конвективного отопления, построенной на базе радиаторов или гладкотрубных регистров;
- обеспечивают меньший градиент температуры воздуха по высоте помещения, чем любой из видов конвективного или воздушного отопления.

Немаловажным аспектом применения систем отопления на базе инфракрасных излучателей (ИИ) является их высокая энергоэффективность. Проблема высокой энергоёмкости российской промышленности отражена в ряде нормативных актов [2, 3]. Системы лучистого отопления позволяют снизить затраты тепловой энергии на величину до 40 % [4, 5], что позволяет говорить о перспективности их применения в качестве мероприятия по повышению энергоэффективности производства.

Снижение потребления теплоты достигается за счёт ряда особенностей систем лучистого отопления, таких как: низкая тепловая инерция; снижение трансмиссионных тепловых потерь через покрытие здания из-за небольшого градиента температуры воздуха по высоте помещения; снижение температуры воздуха рабочей зоны на зоны на величину до 4 °С по сравнению с нормативными значениями, предусмотренными при проектировании конвективных систем отопления [6, 7], что становится возможным за счёт большей плотности потока теплового излучения в помещениях с системой отопления на базе ИИ.

Также стоит отметить, что применение таких систем и значительное сокращение затрат теплоты достигается без снижения уровня теплового комфорта.

Системы лучистого отопления не провоцируют излишней подвижности воздуха, позволяют создать более равномерный нагрев рабочей зоны, а также обеспечивают меньший градиент температуры воздуха по высоте помещения

С точки зрения энергоэффективности самым привлекательным является отопление на базе газовых инфракрасных излучателей (ГИИ) [13, 14]. В данных системах отсутствует промежуточный теплоноситель, и теплота в помещение подаётся напрямую от первичного энергоносителя — природного газа. Однако применение лучистых систем отопления на базе газовых инфракрасных излучателей строго ограничено. Также стоит учесть, что подключение газа во многих регионах Российской Федерации связано со значительными финансовыми затратами.

Ввиду вышеописанных особенностей ГИИ стоит рассмотреть другой энергоэффективный вид лучистого отопления — отопление на базе водяных инфракрасных излучателей (ВИИ). В качестве отопительных приборов в данных системах используются излучающие панели (рис. 1) или профили (рис. 2).

* Данная статья является третьей (завершающей) из ранее запланированных трёх научных публикаций, посвящённых изучению теплового режима помещений, оборудованных энергоэффективными инновационными системами лучистого отопления на базе водяных инфракрасных излучателей.

Рецензия эксперта на статью получена 05.04.2021 [The expert review on the article received on April 5, 2021].

УДК 697.7. Научная специальность: 05.23.03.

Исследование экономической эффективности применения системы отопления на базе водяных инфракрасных излучателей

М. В. Бодров, д.т.н., заведующий кафедры; **В. П. Болдин**, к.ф.-м.н., доцент; **А. А. Смыков**, ассистент, кафедра отопления и вентиляции (ОиВ), Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ, г. Нижний Новгород)

Исследование посвящено обоснованию энергетической эффективности применения систем лучистого отопления на базе водяных инфракрасных излучателей с помощью расчёта нормативного потребления тепловой энергии на нужды отопления в отопительный период, а также изучению теплового режима наружных ограждающих конструкций в отапливаемом помещении.

Ключевые слова: *теплофизика, лучистое отопление, водяное отопление, инфракрасное излучение, излучатель, энергоэффективность.*

UDC 697.7. Scientific specialty number: 05.23.03.

Study of the economic efficiency of the use of a heating system based on water infrared emitters

M. V. Bodrov, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department; **V. P. Boldin**, PhD-M.Sc., Associate Professor; **Al. An. Smykov**, assistant, the Department of Heating and Ventilation, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNGASU, Nizhny Novgorod city)

The study is devoted to the justification of the energy efficiency of the use of radiant heating systems based on water infrared emitters by calculating the standard consumption of thermal energy for heating needs during the heating period, as well as the study of the thermal regime of external enclosing structures in a heated room.

Key words: *thermal physics, radiant heating, water heating, infrared radiation, emitter, energy efficiency.*

Рис. 1. Водяной инфракрасный излучатель — излучающая панель

Стоит также отметить, что наиболее перспективным ВИИ является именно излучающий профиль, ввиду его меньшей металлоёмкости и большей удельной теплоотдачи. Теплоносителем в таких системах является горячая вода (40–150 °С).

Принцип работы лучистых систем отопления на базе ВИИ основан на передаче теплоты от теплоносителя к отопительному прибору, который, в свою очередь, отдаёт её в объём обслуживаемого помещения преимущественно посредством электромагнитного излучения в инфракрасном диапазоне. Воздух является прозрачной средой для инфракрасного излучения, поэтому нагрев воздуха осуществляется за счёт теплопередачи от нагретых (облучённых) поверхностей помещения. Применение лучистых систем отопления на базе ВИИ в крупнообъёмных помещениях является эффективным и экономически обоснованным [4, 8, 9].

Обоснование экономической эффективности применения систем лучистого отопления на базе ВИИ в течение отопительного сезона можно провести с помощью общепринятой методики [10]. Данную методику используют представители ресурсоснабжающих организаций для расчёта нормативного потребления тепловой энергии на нужды отопления, а значит данный расчёт может являться обоснованием для заключения энергосервисного контракта. В качестве примера было взято здание цеха металлообработки компании «Флайг+Хоммель», расположенного в городе Заволжье ($t_н$ = –32 °С [11]). Основные характеристики объекта исследований: длина — 126 м, ширина от 24 до 33 м (с пристройками), высота по стене — 9 м, высота в коньке — 10 м, площадь цеха — 3456 м^2, объём по наружному обмеру — 41 472 м^3, пол — бетонный монолит, стены — сэндвич-панели.

Тепловой поток на отопление здания может быть определён по формуле укрупнённых расчётов:

$$Q_{o\,max} = a q_o V_н (t_в - t_o) k_{пт} 10^{-6} \text{ МВт}, \quad (1)$$

где a — поправочный коэффициент, учитывающий район строительства здания [10]; q_o — удельная отопительная характеристика здания, Вт/(м^3·°С) [10]; $V_н$ — объём здания по наружному обмеру выше отметки ±0,000 (надземная часть), м^3; $k_{пт}$ — повышающий коэффициент для учёта потерь теплоты теплопроводами, проложенными в неотапливаемых помещениях [10]; $t_в$ — средняя расчётная температура внутреннего воздуха, °С; t_o — расчётная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С.

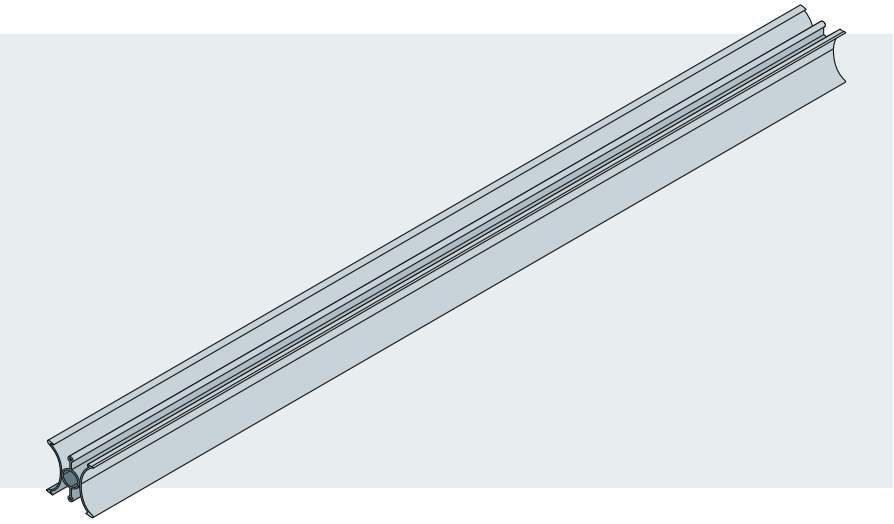


Рис. 2. Водяной инфракрасный излучатель — излучающий профиль марки Helios 750

Температуру воздуха рабочей зоны $t_{в.р}$ принимаем по нормативной документации. Категория работ по уровню энергозатрат — IIб, следовательно, $t_{в.р}$ = 17–19 °С, принимаем $t_{в.р}$ = 18 °С. Как уже было сказано, при применении лучистого отопления в рабочей зоне производственных помещений допускается снижение величины $t_{в.р}$ до 4 °С по сравнению со значениями, предусмотренными нормативными документами. Для расчёта мощности лучистой системы отопления принимаем температуру $t'_{в.р}$ = 14 °С.

Принцип работы лучистых систем отопления на базе ВИИ основан на передаче теплоты от теплоносителя к отопительному прибору, который, в свою очередь, отдаёт её в объём обслуживаемого помещения преимущественно посредством электромагнитного излучения в инфракрасном диапазоне

Для конвективной системы отопления:

$$Q^к_{o\,max} = 0{,}98 \times 0{,}44 \times 41\,472 \times$$
$$\times [18 - (-32)] \times 1{,}05 = 938\,843 \text{ Вт}.$$

Для лучистой системы отопления:

$$Q^л_{o\,max} = 0{,}98 \times 0{,}44 \times 41\,472 \times$$
$$\times [14 - (-32)] \times 1{,}05 = 863\,736 \text{ Вт}.$$

Величина нормативного потребления тепловой энергии на нужды отопления Q_o [Гкал] определяется по формуле:

$$Q_o = Q_{o\,max} \frac{t_в - t_{ср.ф}}{t_в - t_o} z\,24, \quad (2)$$

где $t_{ср.ф}$ — средняя температура наружного воздуха за расчётный период, °С; z — продолжительность работы системы отопления за расчётный период, сут.; 24 — продолжительность работы системы отопления в сутки [ч], которая в случае расчёта нормативного потребления тепловой энергии на нужды отопления для системы с несколькими режимами работы принимается равной продолжительности режима работы в целом.

Для начала делаем расчёт нормативного потребления тепловой энергии на нужды отопления по месяцам со средней суточной температурой наружного воздуха не более +8 °С [11], после чего проводим расчёт отдельно для рабочего, дежурного и переходного режимов. Результаты расчёта приведены в табл. 1 и 2.

Для проведения комплекса исследований теплового режима помещений с системой отопления на базе водяных инфракрасных излучателей была создана Лаборатория лучистого отопления (рис. 3) при ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). В основу Лаборатории лучистого отопления легла экспериментальная установка, позволяющая производить широкий спектр исследований теплотехнических характеристик водяных инфракрасных излучателей [4].

В качестве отопительных приборов в данном исследовании применялись излучающие профили марки Flower 125, разработанные в сотрудничестве с компанией «Флайг+Хоммель» (рис. 4).

Объектом исследования теплового режима стала вертикальная наружная ограждающая конструкция — стена Лаборатории лучистого отопления ННГАСУ. Данная стена является также частью лабораторной установки и оборудована системой, позволяющей варьировать толщину утеплителя. В момент проведения эксперимента были установлены панели из утеплителя марки «Пеноплэкс Основа» [коэффициент теплопроводности $\lambda_Б$ = = 0,032 Вт/(м·°С)] толщиной δ = 0,05 м.

Рис. 3. Лаборатория лучистого отопления

В качестве измерительного оборудования был использован измеритель теплового потока марки «Теплограф», который включает в себя модуль № 02 и датчики, позволяющие измерять температуру поверхностей и окружающей среды. Измерения проводились в соответствии с МДС 23-1.2007 [12]. Схема эксперимента приведена на рис. 5.

Эксперименты проводились в два этапа: на первом этапе для отопления помещения использовалась подвесная установка с шестью водяными инфракрасными излучателями марки Flower 125 длиной по 1 п.м.; на втором этапе помещение отапливалось двумя биметаллическими радиаторами марки Calidor 500 по 12 секций каждый.

В ходе экспериментов были выбраны два дня, сходные по климатическим условиям, кроме того, были уравнены температура подачи теплоносителя, а также мощности лучистой и конвективной систем отопления.

Результаты исследований представлены на рис. 6.

Продолжительность режимов работы системы отопления табл. 1

Режим	Примечание	Продолжительность работы в сутки, ч	$t_в$, °С
Рабочий режим	Лучистая система	10	14
	Конвекционная система	10	18
Дежурный режим	Лучистая система	13	10
	Конвекционная система	11	14
Переходный режим	Лучистая система	1	14
	Конвекционная система	3	18

Рис. 4. Профили Flower 125, разработанные в сотрудничестве с «Флайг+Хоммель»

Расчёт нормативного потребления тепловой энергии на нужды отопления в отопительный период табл. 2

Параметр	Примечание	Янв	Фев	Мар	Апр	Окт	Ноя	Дек	Год
$t_{ср.ф}$	Волжская ГМО	–8,5	–4,1	–0,4	6,5	7,7	–0,3	–1,6	–
$Q_о$, Гкал	Лучистая система	270,27	196,38	172,97	87,18	75,68	166,23	187,39	1156,10
	Конвекционная система	318,32	239,78	221,02	133,68	123,72	212,73	235,44	1484,69
$z_{р.р}$, ч	Лучистая система	170	200	200	220	230	200	220	1440
	Конвекционная система	170	200	200	220	230	200	220	1440
$z_{д.р}$, ч	Лучистая система	523	412	484	434	445	460	458	3216
	Конвекционная система	557	452	524	478	491	500	502	3504
$z_{п.р}$, ч	Лучистая система	51	60	60	66	69	60	66	432
	Конвекционная система	17	20	20	22	23	20	22	144
$Q_{ор.р}$, Гкал	Лучистая система	61,76	58,45	46,50	26,64	23,39	46,18	55,41	318,32
	Конвекционная система	72,73	71,36	59,41	40,85	38,25	59,09	69,62	411,31
$Q_{од.р}$, Гкал	Лучистая система	166,37	102,90	87,98	27,01	18,23	83,15	94,02	579,66
	Конвекционная система	189,99	120,40	112,53	52,55	45,26	106,20	115,35	742,28
$Q_{оп.р}$, Гкал	Лучистая система	6,18	5,84	4,65	2,66	2,34	4,62	5,54	31,83
	Конвекционная система	21,82	21,41	17,82	12,25	11,47	17,73	20,89	123,39
$Q_{о.смеш}$, Гкал	Лучистая система	234,30	167,19	139,13	56,31	43,97	133,94	154,97	929,81
	Конвекционная система	284,54	213,17	189,76	105,65	94,99	183,02	205,86	1276,99

* Примечание: $z_{р.р}$ — продолжительность в рабочего режима, ч; $z_{д.р}$ — продолжительность дежурного режима, ч; $z_{п.р}$ — продолжительность переходного режима, ч; $Q_{ор.р}$ — потребление тепловой энергии в рабочем режиме, Гкал; $Q_{од.р}$ — потребление тепловой энергии в дежурном режиме, Гкал; $Q_{оп.р}$ — потребление тепловой энергии в переходном режиме, Гкал; $Q_{осмеш}$ — потребление тепловой энергии в смешанном режиме, Гкал.

По итогам анализа полученных графиков можно сделать следующие выводы:

- отсутствие облучения наружной стены сказалось на показаниях температурных датчиков, расположенных на ней (полученные значения снизились);
- температурный напор и, как следствие, тепловой поток в ходе первого этапа эксперимента были выше, чем в ходе второго этапа;
- температурный напор между температурой наружной поверхности и температурой внутреннего воздуха в ходе первого этапа эксперимента был выше, чем в ходе второго этапа, что говорит о более высокой относительной температуре наружной поверхности ограждения.

Выводы

1. Анализ годового нормативного потребления тепловой энергии показал, что при использовании лучистого отопления можно добиться величины энергосбережения в 22,13 %, а при использовании дежурного режима в нерабочее время эффект от применения системы лучистого отопления достигнет 27,19 %. Максимальная разница между постоянным режимом работы конвективного отопления и режимом работы лучистого отопления с использованием перехода в дежурный режим составит 37,37 %.

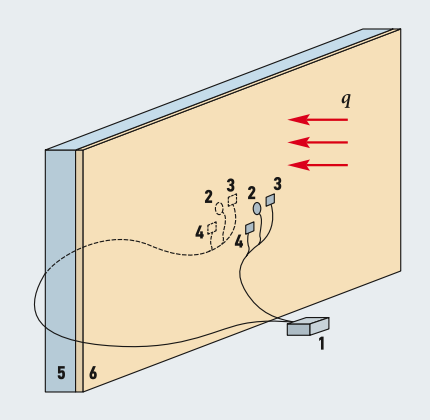


Рис. 5. Испытательная установка (**1** — прибор «Теплограф»; **2** — датчики плотности теплового потока; **3** — датчики температуры поверхности; **4** — датчики температуры воздуха; **5** — стена из силикатного кирпича; **6** — утеплитель «Пеноплэкс Основа»)

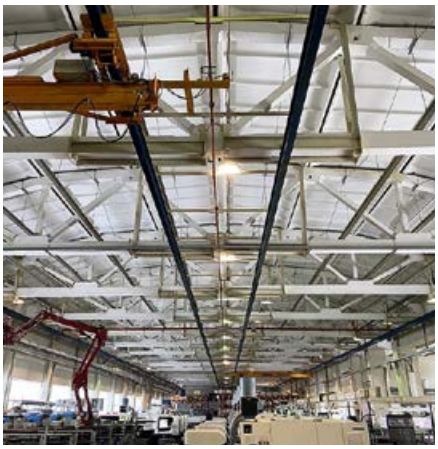


Рис. 6. Показания датчиков в ходе первого и второго этапов эксперимента

2. Системы водяного лучистого отопления за счёт большого коэффициента лучистой теплоотдачи имеют высокую плотность инфракрасного излучения, которое, в свою очередь, нагревает поверхности как внутренних, так и наружных ограждений, что повышает их температуру и позволяет защитить помещения от выпадения конденсата, но, в то же время, провоцирует бóльшие тепловые потери через облучённые ограждающие конструкции здания или сооружения.

3. Энергоэффективность применения лучистых систем отопления на базе водяных инфракрасных излучателей достигается за счёт:

- меньшего температурного градиента по высоте помещения и отсутствия тепловой подушки, что снижает потери теплоты через покрытие помещения;
- снижения температуры воздуха рабочей зоны без снижения уровня комфорта за счёт более высокой радиационной температуры, что также снижает трансмиссионные теплопотери;
- меньшей тепловой инерции, что позволяет увеличить время дежурного режима работы системы отопления и снизить длительность переходного режима.

1. Отопление и вентиляция: Учебн. для вузов. В 2-х ч. Ч. I: Отопление. Изд. 3-е, перераб. и доп. / П.Н. Каменев, А.Н. Сканави, В.Н. Богословский и др. — М.: Стройиздат, 1975. 483 с.
2. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики: Указ Президента РФ от 04.06.2008 № 889.
3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Фед. закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ.
4. Бодров В.И., Бодров М.В., Смыков А.А. Исследование теплотехнических характеристик низкотемпературных инфракрасных излучателей // Журнал СОК, 2019. № 10. С. 32–36.
5. Jia H., Pang X., Haves P. Experimentally-determined characteristics of radiant systems for office buildings. Applied Energy. 2018. Vol. 221. Pp. 41–54.
6. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
7. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализ. ред. СНиП 23-02–2003. Дата введ.: 01.07.2013.
8. Maksimov V.I., Nagornova T.A., Kurilenko N.I. Verification of conjugate heat transfer models in a closed volume with radiative heat source. MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 72.
9. Kuznetsov G.V., Kurilenko N.I., Nee A.E. Mathematical modelling of conjugate heat transfer and fluid flow inside a domain with a radiant heating system. International Journal of Thermal Sciences. 2018. Vol. 131. Pp. 27–39.
10. Методические указания по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выработку теплоты отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий (4-е изд.). — М.: АКХ им. К.Д. Памфилова; Госкомитет РФ по строительству и ЖКК, 2002. 127 с.
11. СП 131.13330.2018. Строительная климатология. Дата введ.: 29.05.2019. — М.: Стандартинформ, 2019.
12. МДС 23-1.2007. Методические рекомендации по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники. — М.: ФГУП «НИЦ «Строительство»; ФГУП «ЦПП», 2007. 20 с.

References — see page 78.

Повышение эффективности использования энергии системами вентиляции на основе управления производительностью по датчикам CO_2

Рецензия эксперта на статью получена 19.05.2021 [The expert review on the article received on May 19, 2021].

Введение

Среди способов снижения потребления энергии и всех видов ресурсов системами вентиляции и кондиционирования воздуха [1] зданий широко известны и повсеместно применяются различные методы утилизации теплоты вытяжного воздуха, рециркуляция вытяжного воздуха, который содержит ценную в холодный период года влагу, управление частотой вращения рабочего колеса вентилятора, применение направляющих устройств после него, снижение скорости движения воздуха в каналах, их тепловая изоляция и повышение плотности для защиты от утечек. Однако все перечисленные пути вынужденно ограничены в своей эффективности [2], в связи с необходимостью сохранения производительности систем по воздуху на уровне, продиктованном санитарно-гигиеническими требованиями и закреплённом в соответствующих нормативных документах. Часть этих требований длительное время не корректировалась и уже не учитывает изменившиеся технологии строительства, часть — устанавливает норму воздухообмена с надёжным запасом, чтобы гарантированно не навредить здоровью человека. И все требования совершенно не допускают вариативности и гибкости, как при определении установочной мощности систем, так и при управлении [3] режимами их работы в процессе эксплуатации.

Необходимость сохранения производительности систем по воздуху на уровне, продиктованном санитарно-гигиеническими требованиями, ограничивает эффективность способов снижения потребления энергии и всех видов ресурсов системами ВиК

Перспективным способом повышения эффективности использования энергии системами вентиляции является перевод их работы в адаптивный режим с управлением по контролю за содержанием вредных веществ в помещении. Для большинства гражданских зданий главной проблемой и основным индикатором необходимости обеспечения воздухообмена является концентрация углекислого газа в воздухе помещений. Её можно контролировать с помощью современных

УДК 697.95-5. Научная специальность: 05.23.03.

Повышение эффективности использования энергии системами вентиляции на основе управления производительностью по сигналам датчиков углекислого газа

К. И. Лушин, к.т.н., старший научный сотрудник, НИИСФ РААСН (г. Москва); **М. Ю. Штерн**, к.т.н., доцент, НИУ МИЭТ (г. Москва); **М. Ю. Жуков**, инженер, ООО «НМ-Тех»; **Н. Ю. Плющенко**, старший преподаватель, НИУ МГСУ (г. Москва); **О. В. Янцен**, главный эксперт дирекции программы развития Высшей школы экономики (НИУ ВШЭ, г. Москва)

Высокая эффективность и совместная работа систем вентиляции и систем управления зданием может стать существенным фактором для обеспечения качества воздуха в помещениях и обеспечить достижение строительным объектом высокого класса с точки зрения экономии энергии и всех видов ресурсов. Одним из инструментов повышения эффективности систем вентиляции является перевод её в адаптивный режим работы с управлением на основании контроля концентрации углекислого газа в воздухе помещений. Однако для этого потребуется соответствующее нормативное обоснование, подкреплённое научно-исследовательским поиском и анализом практики применения.

Ключевые слова: *вентиляция, воздухообмен, концентрация вредных веществ, энергосбережение, качество внутреннего микроклимата, датчики.*

UDC 697.95-5. Scientific specialty number: 05.23.03.

Improving the energy efficiency of ventilation systems using carbon dioxide sensors

K. I. Lushin, PhD, Senior Researcher, Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN, Moscow city); **M. Yu. Shtern**, PhD, Associate Professor, National Research University of Electronic Technology (NRU MIET, Moscow city); **M. Yu. Zhukov**, an engineer, "NM-Tech", LLC (Moscow city); **N. Yu. Plushenko**, senior lecturer, National Research University Moscow State of Civil Engineering (NRU MGSU); **O. V. Yantsen**, Chief Expert of the Directorate of the Development Program of the National Research University Higher School of Economics (HSE, Moscow city)

High efficiency and synergy between ventilation systems and building management systems can be a significant factor in ensuring indoor air quality and provide achieving a high results in terms of saving energy and all types of resources. One of the tools to improve the efficiency of ventilation systems is to convert them to an adaptive mode of operation with control based on monitoring the concentration of carbon dioxide in the indoor air. However, this will require appropriate regulatory justification, supported by research and development and analysis of application practices.

Key words: *ventilation, air exchange, concentration of carbon dioxide, energy saving, indoor air quality, sensors.*

датчиков и определять необходимую интенсивность работы систем вентиляции в режиме реального времени, с учётом обеспечения разбавления измеренной составляющей газовой смеси до заданной концентрации. Это позволит в большинстве периодов эксплуатации использовать вентиляцию в режиме пониженной производительности и одновременно с этим сохранять потенциал для её работы в расчётных условиях максимальной загрузки здания. При этом достигается экономия за счёт уменьшения производительности нагнетателей, продления ресурса фильтров, снижения расхода тепловой энергии и других ресурсов [4, 5]. Для широкого внедрения такого решения необходимо нормативное обоснование, которое возможно только после глубокой проработки вопроса в рамках исследовательских проектов, в том числе и с учётом имеющегося российского и зарубежного опыта использования таких систем.

Основной раздел

Наиболее перспективной технологией для целей контроля качества воздуха в помещении являются датчики инфракрасного (ИК) типа или так называемые *«недиспергирующие инфракрасные анализаторы»* (Non-Dispersive Infrared Sensors, NDIR) [6, 7]. Их можно использовать напрямую для измерения влажности воздуха и концентрации углекислого газа (CO_2), а также косвенно для определения наличия и концентрации летучих органических соединений (ЛОС) и температуры воздуха внутри помещения.

Датчики типа NDIR уже довольно широко применяются для контроля и измерения CO_2 в климатических системах. Они работают по технологии, которую можно лаконично описать уравнением Пьера Бугéра:

$$I = I_0 e^{(-k_\lambda l)}, \qquad (1)$$

где I и I_0 — конечная и начальная интенсивности ИК-луча; l — расстояние от источника до приёмника луча; k_λ — коэффициент, определяющийся составом газовой смеси.

В конструкцию датчика входят в качестве основных составляющих: источник инфракрасного излучения, светофильтр с тонкоплёночным селективным покрытием и детектор излучения. Датчик заключён в негерметичный компактный корпус с возможностью доступа анализируемой газовой смеси в пространство между источником излучения и светофильтром, как это показано на рис. 1.

Вещества в газообразном состоянии способны пропускать свет, однако имеют собственные характеристики по отражению или поглощению части его спектра. Если подобрать покрытие на светофильтре таким образом, чтобы оно отсекало изучение во всех спектрах (кроме того, который поглощается искомым компонентом анализируемой газовой смеси), можно получить постоянный сигнал от детектора, который будет прерываться только тогда, когда в пространство между ним и источником света будет попадать различимая концентрация контролируемого газа. Это будет сигналом срабатывания датчика. Разумеется, таким образом можно анализировать газовую смесь на наличие почти любых составляющих. Правда, для этого необходимо будет индивидуально подбирать светофильтр и настройки датчика или заранее предусматривать целую их батарею. На сегодняшний день датчики NDIR-типа уже перешли в категорию доступных, простых в изготовлении и достаточно надёжных устройств.

Концентрацию углекислого газа можно контролировать с помощью современных датчиков и определять интенсивность работы систем вентиляции в режиме реального времени, с учётом разбавления измеренной составляющей газовой смеси

Однако при их широком применении нужно учитывать целый ряд характеристик, накладывающих ограничения на их возможности и параметры работы.

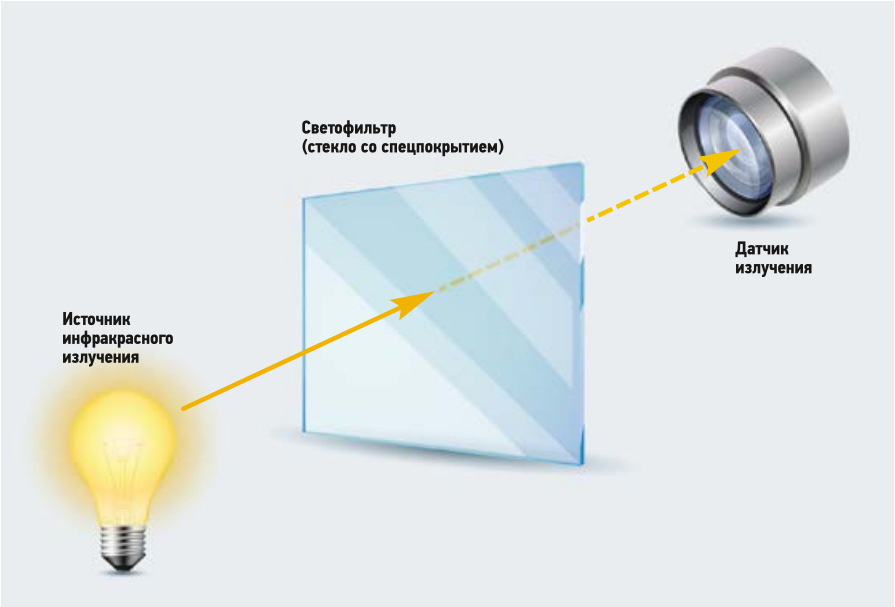


Рис. 1. Принцип функционирования датчика вида Non-Dispersive Infrared Sensors (NDIR)

Первое, как и для любой контрольно-метрической системы или устройства, — вопрос точности производимых измерений. Для некоторых составляющих атмосферного воздуха спектры поглощения могут существенно совпадать или быть очень близки. Это может порождать проблему ложных срабатываний или, наоборот, нечувствительности датчика [8]. На рис. 2 показано характерное совпадение части спектра поглощения испарённой влаги (H_2O) и углекислого газа [9].

Таким образом, два обязательных компонента газовой смеси атмосферного воздуха постоянно «конкурируют» за «внимание» системы контроля. Учитывая, что при совпадении спектра поглощения некоторые газы могут вызывать дискомфорт у человека при существенно разных своих концентрациях, ложное срабатывание системы контроля на присутствие в воздухе небольшого количества ассимилированной влаги может привести к преждевременному запуску системы вентиляции. Это приведёт к необоснованному расходу электрической и тепловой энергии. Очевидно, что влага не является однозначным индикатором присутствия в помещении людей и потребности в обеспечении воздухообмена.

Из рис. 2 также видно, что углекислый газ может поглощать излучение в двух существенно различающихся диапазонах частот [9]. Учитывая это, проблему совпадения части спектров с водяным паром можно преодолеть, подбирая покрытие для фильтра в расчёте на не совпадающий по частотам диапазон [10].

Среди других существенных проблем, связанных с устройством и эксплуатацией датчиков NDIR-типа, есть проблемы надёжности, стойкости к работе в запылённых условиях, сохранения работоспособности во влажной среде. На точность измерений влияет старение и загрязнённость фильтра, ослабление свечения источника инфракрасного излучения. На скорость срабатывания влияет в основном скорость заполнения корпуса датчика воздушной смесью с актуальным для обслуживаемого помещения составом в момент измерения. Все эти особенности намного лучше известны разработчикам и производителям этих устройств, чем проектировщикам систем вентиляции. Часть из приведённых выше недостатков успешно компенсируется совершенствованием конструкции и настроек датчиков.

Например, снижение точности измерений уже довольно давно компенсируется встроенными функциями самокалибровки, которая бывает двух разновидностей. Первая — калибровка по эталонному периоду. Она хорошо подходит для помещений с выраженной периодичностью использования, например, для офисов или учебных классов, где высокая загрузка днём сменяется полным отсутствием людей как источника углекислого газа ночью. В течение нескольких таких циклических периодов система измерения зафиксирует минимальную, но повторяющуюся величину концентрации контролируемого вещества за определённый продолжительный период и присвоит этой величине концентрацию CO_2, характерную для наружного атмосферного воздуха, то есть около 400 ppm. Это становится отправной точкой для всех измерений на протяжении всего последующего периода до следующей самокалибровки, которая произойдёт или после перезагрузки системы управления, или после заданного производителем или пользователем времени наработки.

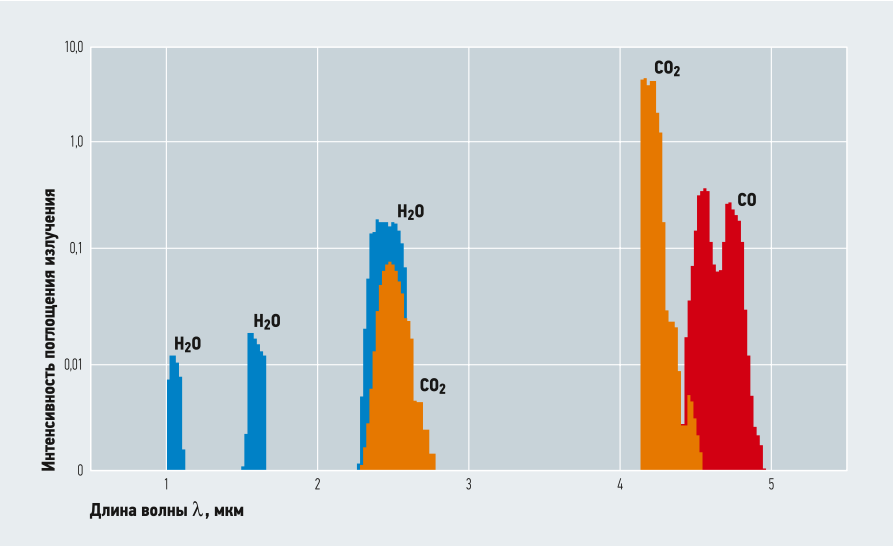


Рис. 2. Распределение по спектрам интенсивности поглощения инфракрасного излучения составляющими смеси атмосферного воздуха

Переход к управлению вентиляцией по единственному конкретному критерию, однако, ставит качество искусственной среды обитания под угрозу образования непредвиденных воздействий от иных составляющих

Второй способ калибровки предусматривает наличие у датчика дублирующего эталонного канала, где в замкнутом пространстве содержится газ с известным составом и с известным же спектром и интенсивностью поглощения свечения источника. Такие датчики сложнее и крупнее, однако они могут использоваться в помещениях с круглосуточным пребыванием человека или другого источника углекислого газа, например, в бродильном цехе пивоваренного завода.

Проектировщикам также следует учитывать скорость срабатывания таких датчиков. В значительной степени она будет определяться местом его установки. При размещении датчика в канале сразу после вытяжной решётки или в сборном вентиляционном коллекторе помещения можно ожидать почти мгновенного срабатывания. Однако для этого требуется хотя бы минимальный расход воздуха в вытяжной системе.

При размещении же датчика непосредственно в помещении (как правило, на какой-нибудь поверхности) скорость срабатывания будет определяться скоростью диффузии газов, интенсивностью перемешивания воздуха во внутреннем объёме комнаты, распределением источников CO_2 и интенсивностью их действия. В ситуациях, когда источник углекислого газа будет находиться вблизи датчика, его срабатывание будет значительно более ранним, что будет приводить к отмеченным выше последствиям для энергопотребления системы вентиляции.

При проектировании промышленных зданий также надо помнить, что датчики NDIR-типа чувствительны к запылённости рабочей среды. Иногда это может потребовать даже фильтрации измеряемой среды на входе в канал [11], где будет размещаться измерительное устройство. При этом датчики характеризуются

как малочувствительные к воздействию агрессивных газов, устойчивые к влажности воздуха и образованию конденсата. Фактически высокая надёжность и устойчивость к деструкции инфракрасных датчиков загазованности ограничивается в основном сроком службы полупроводниковых диодов, входящих в их состав. Многие производители готовы гарантировать срок службы датчиков без снижения точности на протяжении пяти лет и более.

Альтернативой датчикам NDIR-типа могут быть полупроводниковые и электрохимические датчики углекислоты. Они характеризуются хорошей селективностью, мало зависят от температуры, имеют низкое энергопотребление. Однако электрохимические датчики довольно чувствительны к испарениям активных веществ и быстро деградируют под их воздействием.

Заключение

Переход к управлению вентиляцией по единственному конкретному критерию позволяет существенно экономить, точно задавая производительность оборудования в каждый момент времени, однако ставит качество искусственной среды обитания под угрозу образования непредвиденных воздействий от иных составляющих воздуха помещений. Так, включение вытяжной вентиляции только по датчику CO_2 полностью исключает любые реакции на существенное изменение влажности или, что хуже, поступление в объём помещения опасных веществ, например, метана. В то время как традиционная система вентиляции продолжала бы разбавлять концентрацию всех опасных составляющих воздуха помещения независимо от их состава и интенсивности поступления, поскольку она работает в расчётном нормативном режиме с постоянной производительностью. Таким образом, использование датчиков CO_2 для управления системами вентиляции требует глубокого анализа по итогам эксплуатации уже действующих объектов и дальнейшего изучения особенностей их работы в составе систем управления зданий (BMS).

1. Волков А.А., Челышков П.Д., Седов А.В., Лысенко Д.А. Представление системы приточной вентиляции в моделях объектов строительства // Естественные и технические науки, 2014. №9–10. С. 262–264.
2. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Об оценке энергетической эффективности энергосберегающих мероприятий // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад, 2014. №2. С. 26–29.
3. Самарин О.Д., Федорченко Ю.Д. Влияние регулирования систем обеспечения микроклимата на качество поддержания внутренних метеопараметров // Вестник МГСУ, 2011. №7. С. 124–128.
4. Чичерин С.В. Повышение энергоэффективности систем отопления и вентиляции: сравнительный анализ проектной документации // Журнал СОК, 2019. №6. С. 40–49.
5. Неклюдов А.Ю. Развитие современного расчёта потребления энергии на отопление и вентиляцию // Строительство и реконструкция, 2018. №3. С. 75–82.
6. Mendes L.B. et al. NDIR gas sensor for spatial monitoring of carbon dioxide concentrations in naturally ventilated livestock buildings. Sensors (Basel, Switzerland). 2015. Vol. 15. Issue 5.
7. Dinh T.V. et al. A review on non-dispersive infrared gas sensors: Improvement of sensor detection limit and interference correction. Sensors and Actuators B: Chemical. 2016. Vol. 231.
8. Pandey S.K., Kim K.H. The relative performance of NDIR-based sensors in the near real-time analysis of CO_2 in air. Sensors. 2007. Vol. 7. Issue 9.
9. Popa D., Udrea F. Towards integrated mid-infrared gas sensors. Sensors (Basel, Switzerland). 2019. Vol. 19. Issue 9.
10. Vafaei M., Amini A., Siadatan A. Breakthrough in CO_2 measurement with a chamberless NDIR optical gas sensor. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2020. Vol. 69. Issue 5.
11. Фролова А.А., Белый М.Н., Бобровская А.А. Влияние степени запылённости помещений учебного учреждения на выбор целесообразного типа воздушного фильтра // Известия высших учебных заведений: Строительство, 2019. №9. С. 77–84.

References — see page 79.

Сезонное предложение на оборудование Testo

Комплекты для измерения скорости потока, анализа работы систем вентиляции и кондиционирования, оценки качества воздуха в помещении по специальной цене

- **Комплект testo 440** с обогреваемой струной
- **Комплект testo 440** с крыльчаткой 16 мм
- **Комплект смарт-зондов** для систем вентиляции (в составе testo 605i, testo 805i, testo 405i, testo 410i)

Предложение действует с 17 мая по 30 сентября 2021 года

info@testo.ru • +7(495)532-35-00 • www.testo.ru

На правах рекламы.

К СОДЕРЖАНИЮ

Эффективные алгоритмы работы гибридно-сетевой солнечной электростанции

Возобновляемая энергетика стремительно развивается во всём мире и в грядущие десятилетия станет основным источником энергии для человечества. Российский рынок микрогенерации также сильно меняется: организации, а также частные домохозяйства всё больше используют «зелёную» энергию, которая позволяет сократить расходы и увеличить рентабельность бизнеса.

Автор: Дмитрий КОНЯЕВ, эксперт компании ООО «Умная Энергия» (г. Краснодар)

Кроме положительных моментов, приведённых во вступлении к статье, с помощью ВИЭ возможно обеспечить энергоснабжение там, где нет промышленной сети или стать полностью автономным и, конечно же, сделать чище и сохранить для потомков нашу уникальную планету. Для этого сегмента рынка компания «Микроарт Про» совместно с компанией «Умная энергия» разработали решение, позволяющее вывести на новый уровень эффективности выработку, накопление и использование солнечной энергии.

Для сегмента микрогенерации компании «Микроарт Про» и «Умная энергия» разработали совместное решение, позволяющее вывести на новый уровень эффективности выработку, накопление и использование солнечной энергии

Что такое гибридно-сетевая солнечная электростанция?

Гибридные инверторы компании «Микроарт» МАП Hybrid и Dominator, а также новый инвертор МАП Titanator позволяют совместно с почти любым сетевым инвертором реализовать уникальный по функционалу и эффективности формат — гибридно-сетевую солнечную электростанцию (ГССЭ).

ГССЭ состоит из двух подсистем: гибридного батарейного инвертора с АКБ и сетевого инвертора с солнечными панелями. Подсистемы взаимодействуют между собой и каждый компонент выполняет свою задачу:

1. Гибридный батарейный инвертор обеспечивает бесперебойность электроснабжения и реализует систему накопления, подкачки и генерации энергии, а также управление режимами работы системы аккумулирования энергии (Energy Storage Systems, ESS) для её использования в дальнейшем.

2. Сетевой инвертор делает выработку солнечной энергии от солнечных панелей максимально эффективной, а также «докачивает» выработанную энергию во внутреннюю сеть, уменьшая (или сводя к нулю, если хватает энергии) потребление от промышленной сети. В зависимости от настроек, избытки вырабатываемой энергии направляются на аккумуляторную батарею, используются на другие цели или отдаются в промышленную сеть (если это разрешено).

Такой формат оптимально подходит для небольших гибридных солнечных электростанций мощностью от 8–10 кВт. Для средних и крупных систем он является идеальным, выводя их возможности на совершенно новый уровень.

MPPT-контроллер или сетевой инвертор?

От обычной гибридной солнечной электростанции данное решение отличается тем, что вместо MPPT-контроллера здесь используется сетевой инвертор.

MPPT-контроллеры рассчитаны на относительно низкое безопасное напряжение работы с солнечными панелями — как правило, это 100–250 В, то есть это всего по две-четыре панели, соединённые последовательно, далее мощность наращивается параллельным соединением таких сборок. Но чем выше напряжение на последовательной сборке солнечных панелей, тем выше КПД выработки энергии, при условии, что каждая последовательно подключённая панель обладает высокой отказоустойчивостью.

Основные элементы системы

Однофазные сетевые инверторы обычно имеют максимальное напряжение до 600 В, а трёхфазные — до 1000–1500 В. При этом их КПД достигает 98–99 %!

Следующий важный аспект — чем выше напряжение, тем меньшее сечение проводов требуется при той же мощности (то есть уменьшается стоимость расходных материалов и монтажа) и тем меньше будут потери на стороне солнечных панелей (Photovoltaics, PV).

Есть ещё один важный аспект в работе гибридной электростанции, связанный с её архитектурой. Для увеличения эффективности основная часть выработанной от солнца энергии должна сразу потребляться, а накапливаться — значительно меньшая часть. Сетевой инвертор преобразует постоянное напряжение солнечных панелей в переменное сетевое и сразу направляет его на потребление.

MPPT-контроллер тоже имеет свой КПД (98 %), но он направляет выработанную энергию (транзитом — минуя АКБ) на низковольтный вход гибридного инвертора (КПД которого 96 %), затем гибридный инвертор берёт эту энергию и, преобразуя её в переменное напряжение, направляет на нагрузку. То есть получается два преобразования, общие потери на которых составят КПД = 94 % (0,98 × 0,96), что на 4–5 % ниже, чем при прямой передаче энергии в сеть от сетевого инвертора.

«Здесь необходимо отметить, что при последовательном соединении большого числа солнечных панелей их общий ток будет ограничиваться одной, самой “слабой” ячейкой в цепочке. И чем выше напряжение, на которое соединены панели, соответственно, тем больше количество ячеек, соединённых последовательно. Это значит, что для сборок панелей на 600 вольт из-за этого возможны бóльшие потери, чем для сборок на 200 вольт. Их можно оценить примерно в один-два процента. Таким образом, общий выигрыш в КПД систем с сетевым инвертором составляет около трёх процентов», — поясняет Алексей Иванов, инженер-проектировщик компании «Микроарт Про», имеющий 15-летний опыт разработки систем энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии.

Также отметим, что гибридный инвертор менее эффективно, чем сетевой, «докачивает» энергию в сеть: в силу ряда особенностей устройства и работы гибридный инвертор всегда будет допускать большее потребление от сети (в ряде конфигураций потребителей — значительно большее), чем сетевой инвертор.

При большей же установленной мощности солнечных панелей использование сетевого инвертора становится выгоднее и по цене, причём чем выше мощность, тем больше окажется разница в цене.

Начиная с определённой мощности гибридной системы (от 15 кВт) использование MPPT-контроллеров становится просто бессмысленно из-за не соотносимой с сетевыми инверторами эффективности и стоимости.

Как работает гибридно-сетевая солнечная электростанция?

Одна из наиболее часто используемых схем ГССЭ приведена на рис. 1. Гибридный инвертор всегда располагается между промышленной сетью и резервируемыми потребителями. Через него должна проходить вся нагрузка. При пропадании сети он мгновенно перехватывает потребление и обеспечивает бесперебойное энергоснабжение, выполняя функцию резервной системы. При длительном отсутствии сети гибридный инвертор может управлять газо-, бензо- или дизель-генератором, который будет использоваться только тогда, когда не хватает солнечной энергии и заканчивается запас энергии в АКБ.

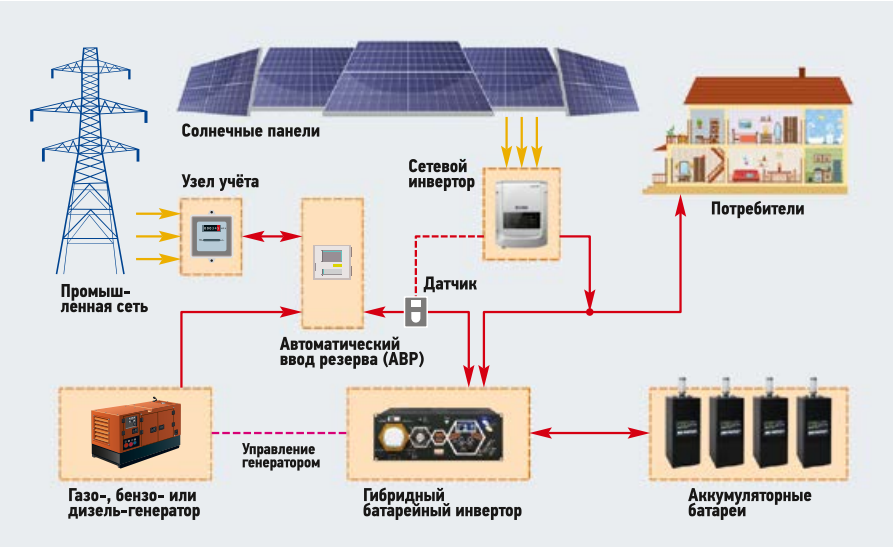


Рис. 1. Часто применяемая схема гибридно-сетевой солнечной электростанции (ГССЭ)

Итак, если сложить все вышеописанные факторы, использование MPPT-контроллеров (или гибридных инверторов со встроенными MPPT-контроллерами) оправдано только на маленьких гибридных солнечных электростанциях мощностью, как правило, до 8–10 кВт, где на первом месте стоит не эффективность, а стоимость солнечной электростанции. А также в небольших автономных солнечных электростанциях, где основная выработка используется не сразу, а накапливается в АКБ.

Сетевой инвертор располагается во внутренней сети за гибридным инвертором. Таким образом, даже при пропадании промышленной сети он продолжает работу на внутреннюю сеть.

Выработанная солнечными панелями энергия посредством сетевого инвертора направляется прежде всего на покрытие потребления. После того, как потребление полностью скомпенсировано выработкой «солнцем», избытки выработки гибридный инвертор направляет на заряд аккумуляторной батареи.

Когда аккумуляторная батарея полностью заряжена, и нагрузка перекрыта генерацией, но всё ещё есть избытки энергии, система, управляемая гибридным инвертором, в зависимости от аппаратной конфигурации и настроек, может поступить несколькими способами:

1. **Включить дополнительные нагрузки, чтобы использовать избыточную энергию, например, на нагрев воды в бойлере, полив, тепловой насос и т.п.**
2. **Отдать излишки в сеть.** Этот вариант возможен, если солнечная электростанция подключена к промышленной сети в соответствии с новым федеральным законом о микрогенерации (Федеральный закон от 27 декабря 2019 года №471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об электроэнергетике” в части развития микрогенерации» и дополнительное Постановление Правительства РФ от 2 марта 2021 года №299-ПП к нему).
3. **Ограничить выработку сетевого инвертора, при которой потребление энергии от промышленной сети будет удерживаться на нулевом уровне**.

В гибридно-сетевых солнечных электростанциях, сбалансированных для максимального использования выработанной энергии, применяется система аккумулирования энергии (ESS). Дело в том, что, если нет «зелёного» тарифа (как во многих странах, в том числе в России), продавать в сеть энергию невыгодно — её покупают в несколько раз дешевле, чем продают. Поэтому мировая тенденция — стараться накапливать и максимально использовать выработанную энергию.

Гибридный инвертор в течение дня направляет в АКБ избытки солнечной генерации. Когда солнечной генерации начинает не хватать, гибридный инвертор подкачивает недостаток энергии из АКБ на обеспечение потребителей (при большом потреблении, пасмурных днях и т.п.). Ночью система полностью переходит на электроснабжение энергией, запасённой в АКБ. Сетевой инвертор на ночь «засыпает». И пока в АКБ достаточно энергии — потребление от сети держится на минимальном уровне (десятки ватт). Утром, когда сетевой инвертор «проснётся» и возобновится выработка от солнечных панелей, энергия снова будет направляться на заряд АКБ — и этот цикл повторяется каждый день.

Если ГССЭ имеет значительные избытки солнечной генерации, и при этом нет необходимости в отдаче излишков в сеть, она может перейти в автономный режим, автоматически отключившись от промышленной сети. При этом, если наступят пасмурные дни и солнечной генерации будет не хватать, а выделенные запасы АКБ будут использованы, гибридный инвертор автоматически подключит систему к промышленной сети.

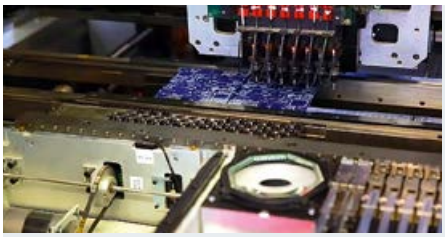
Когда вновь появятся избытки генерации, то после заряда аккумуляторной батареи система опять перейдёт в автономный режим. В правильно спроектированных для данного режима системах подключение к сети происходит только в продолжительное пасмурное время, в основном в зимний период.

ГССЭ отлично подходят и для задач автономного электроснабжения. В таком режиме опорным синусом для сетевого инвертора выступает гибридный инвертор, который также управляет сетевым посредством частотного редуктора (он изменяет частоту сети, что заставляет сетевой инвертор уменьшать выработку, если избытки генерации некуда использовать). В качестве «сети по требованию», когда будет недостаточно солнечной генерации и разрядится АКБ, гибридный инвертор автоматически заведёт газо-, бензо- или дизель-генератор, зарядит аккумуляторную батарею и так же автоматически отключит генератор. При необходимости цикл повторится.

Для небольших систем можно также использовать отдельный блок с небольшим количеством панелей и MPPT-контроллером — он будет нужен для запуска ГССЭ, если генератор по каким-то причинам не завёлся и аккумуляторная батарея разрядились ниже старта генерации (однако в этом нет необходимости, если устанавливается соответствующий блок защиты, автоматически отключающий/запускающий систему).

ГССЭ для организаций

ГССЭ идеально подходят для фермеров, коммерции, производства. Как правило, для таких объектов используются сетевые солнечные электростанции без накопления энергии. Но в любой подобной организации есть группы критичных потребителей, требующих бесперебойного электроснабжения: это могут быть офисы, ИТ-инфраструктура, системы отопления, сложные станки и т.д., и т.п.



«Микроарт Про» реализовала множество уникальных проектов в сфере микрогенерации

Для таких организаций гибридно-сетевая солнечная электростанция даёт возможность реализовать много различных схем экономии, накопления и использования солнечной энергии. Например, часто используется такая схема работы: вся сеть предприятия делится на два сегмента — резервируемый и нерезервируемый. Все критичные потребители находятся в резервируемом сегменте, который расположен за гибридными трёхфазными инверторами. Здесь же установлены и трёхфазные сетевые инверторы.

В дневное время вырабатываемая сетевыми инверторами электроэнергия вначале направляется на покрытие потребления резервируемых потребителей. Как только появляются избытки, они начинают перенаправляться сквозь гибридные батарейные инверторы в нерезервируемый сегмент и покрывают энергопотребление в нём.

При этом гибридные батарейные инверторы отправляют часть протекающей через них «реверсной» энергии на заряд аккумуляторной батареи. Причём нагрузка на сетевом инверторе автоматически симметрируется (выравниваются фазные напряжения и нагрузки, устраняется «перекос фаз»), и он всегда выходит на полную мощность. *(Дело в том, что потребление по трём фазам всегда несимметрично, а выработка трёхфазных сетевых инверторов всегда симметрична. И если по какой-то фазе выработка сетевого инвертора полностью перекрыла нагрузку, он для предотвращения отдачи в сеть начинает уменьшать выработку, снижая эффективность и окупаемость системы.)*

В вечернее время потребители резервируемого сегмента продолжают электроснабжение от аккумуляторной батареи, и только после допустимой разрядки АКБ система автоматически переходит на электроснабжение от промышленной сети.

При пропадании сетевого электричества гибридные инверторы мгновенно перехватывают нагрузку и выполняют электроснабжение данной группы потребителей за счёт солнечной энергии и АКБ. Если этого не хватает — автоматически заводится газо-, бензо- или дизель-генератор, энергопотребление от которого уменьшается за счёт солнечной генерации.

Выводы

Гибридно-сетевые солнечные электростанции позволяют поднять эффективность солнечных электростанций на новый уровень. Инверторы компании «Микроарт Про», имеющей почти 30-летний опыт производства уникального оборудования для возобновляемой энергетики, отлично подходят для таких систем, благодаря низкочастотной архитектуре и специально разработанному программному обеспечению.

В области ГССЭ нет типовых решений — под каждую задачу необходимо проектировать свою, максимально подходящую конфигурацию оборудования и функционала, делая использование энергии, вырабатываемой солнечными электростанциями, «умным», эффективным и быстро окупаемым. Поэтому такие проекты требуют выполнения инженерными компаниями, которые имеют высокие уровни компетенций в области разработки, строительства и внедрения систем возобновляемой энергетики.

Компания «Умная энергия» — один из самых быстрорастущих интеграторов в области ВИЭ, имеющий за плечами большое количество сложных проектов и команду высококлассных специалистов, способных решать задачи любой сложности и масштаба. ●

К СОДЕРЖАНИЮ

На правах рекламы.

MicroArt
Резервные, бесперебойные и автономные системы электроснабжения

ГИБРИДНО-СЕТЕВОЙ ИНВЕРТОР
NEW МАП TITANATOR

- Новый улучшенный алгоритм работы с сетевыми инверторами и внешними солнечными контроллерами в составе гибридно-сетевых электростанций.
- Низкочастотная технология: высокая надёжность, возможность работы с тяжёлыми импульсными нагрузками, КПД = 96 %, практически полное отсутствие высокочастотных помех.
- Любые типы внешних АКБ, возможность работы с минимальной ёмкостью АКБ для системы.
- Высокие мощности (до 20 кВт в одном приборе) с возможностью параллельного соединения до 10 приборов — мощность до 200 кВт на одну фазу.
- Параллельная работа в одно- или трёхфазной сети; умощнение сети.
- Три реле и дополнительные разъёмы, а также датчики дают возможность подключения: генератора с АВР, Wi-Fi-модулей (в том числе для подключения устройств для системы «умный дом»), а также CAN, RS-485, АЦП, IO-портов.
- Устойчивость инвертора при отключении АКБ (даже при подключённой сети 220 В) и возможность заряжать полностью разряженные АКБ от сети 220 В.
- Приборы на 70 % состоят из отечественных компонентов (в расчёте из стоимости компонентов). Полностью российское производство — завод в Москве.
- Сертификат качества Европейского союза (CE mark) и сертификат соответствия Евразийского экономического союза (EAC).

РОССИЙСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО – ЕВРОПЕЙСКОЕ КАЧЕСТВО

sale@microart.ru
микроарт.рф | invertor.ru | microart.pro

О подходах к проектам на основе ВИЭ. Краткий обзорный анализ объектов*

Возобновляемые источники энергии всё больше входят в нашу жизнь. Они применяются при создании всех типов строений (производственных, коммерческих и жилых) во всех регионах нашей огромной страны с её разными климатическими и техническими условиями. Автор рассказывает о небольшой части проектов, реализованных членами Ассоциации специалистов ВИЭ «Зелёный Киловатт», и показывает принципы, благодаря которым реализованные проекты функционируют надёжно и эффективно.

Автор: Андрей ТЕМЕРОВ, председатель Ассоциации специалистов ВИЭ «Зелёный Киловатт», член Комитета ВИЭ РосСНИО

В Ассоциацию специалистов ВИЭ «Зелёный Киловатт» входят люди, имеющие за своими плечами огромный опыт и множество различных реализованных проектов и технических решений, которые напрямую повышают надёжность и энергоэффективность любых объектов. По самым скромным оценкам, на всех членов Ассоциации приходится более 5000 реализованных проектов. В этой статье представлены несколько проектов, которые максимально точно подчеркнут все характеристики оборудования и возможность правильной реализации решений с минимальными финансовыми вложениями.

Подход к реализации проектов

Прежде чем приступать к созданию системы энергоснабжения, основанной на ВИЭ, необходимо точно установить уровень энергопотребления заказчика, определить имеющиеся возможности, а также принять во внимание условия, в которых находится объект. Это могут быть условия, связанные как с местными природными условиями (затенения, соседние деревья, дома, геодезия), так и с имеющимися ценовыми характеристиками — стоимостью электроэнергии или тепла. Нужно определить эффективность возможных решений и выбрать из них наилучшее.

Далее необходимо составить требования по эксплуатации объекта: будет система работать круглый год или сезонами. Затем следует рассчитать экономический эффект: срок окупаемости, себестоимость тепловой и электрической энергии. И уже потом осуществляем подбор оптимального состава оборудования и определяемся с его производителями. Например, если стоит задача обеспечить коттедж тепловой энергией — значит будет, как вариант, солнечный коллектор и тепловой насос. А если объект находится не на юге — значит тепловой насос «вода-вода» или, может быть, ещё какие-то другие варианты: пеллетные котлы, газ и т.д.

То есть, исходя из тех условий, которые имеются, мы определяем самый лучший способ внедрения выбранных решений для того, чтобы минимизировать затраты, получить максимальный эффект, а также определиться со способом монтажа. Выбор может пасть на установки как крышные, так и наземные, либо какие-то ещё более сложные. Именно определяя способ монтажа, мы выходим на стоимость монтажа, материалы и т.д.

Перед созданием системы энергоснабжения, основанной на ВИЭ, необходимо точно установить уровень энергопотребления заказчика, определить имеющиеся возможности, а также принять во внимание условия, в которых находится объект

* Данная статья подготовлена на основе выступления автора, сделанного на веб-конференции журнала СОК «Практика применения ВИЭ для повышения надёжности и эффективности систем энергоснабжения зданий», 17 марта 2021 года.

Проект №1: Энергоэффективный дом (140 м²) в городе Сочи

Реализованные проекты

Проект №1

Заказчиком является один из организаторов Ассоциации «Зелёный Киловатт» Роман Тудвасев. Задача — минимизировать эксплуатационные затраты. Объект — энергоэффективный дом (140 м²) в городе Сочи. Ввод в эксплуатацию — 2013 год.

Состав оборудования: солнечные модули, инвертор с зарядным устройством, аккумуляторные батареи. Система солнечного теплоснабжения — это бойлер косвенного нагрева, вакуумный солнечный коллектор, контроллер, насосная станция (всё, что необходимо для гелиосистемы). Мероприятия по круговому утеплению здания были проведены в целях минимизации затрат на отопление и охлаждение — хотя Сочи и так тёплый город, но всё равно было принято именно такое решение.

Что получилось в итоге? Удалось выйти на нулевое потребление газа и электричества весной и осенью, а в зимний период — уменьшить потребление газа и обеспечить бесперебойное снабжение объекта теплом.

Проект №2

Автор этого проекта — также один из организаторов Ассоциации «Зелёный Киловатт» Дмитрий Велишев, город Казань. У него много проектов, но один из них особенно интересен. Заказчиком выступило частное лицо. Объектом является автономный остров. У его жителей там вообще нет никаких энергоснабжающих коммуникаций.

Задача состояла в обеспечении бесперебойным электропитанием дома для круглогодичного проживания охранника. Цель — снижение потребления ГСМ, отказ от бензогенератора.

По утверждениям Дмитрия и его коллег, был достигнут очень хороший срок окупаемости в девять месяцев. Ввод в эксплуатацию — осень 2018 года. Состав оборудования: солнечные панели, аккумуляторы, гибридный инвертор с контроллером 5 кВт / 48 В.

По завершению проекта произошёл полный отказ от бензогенератора, и экономия на ГСМ в денежном эквиваленте составила 1000 руб. в день, включая затраты на транспортировку топлива, контроль оборудования и т.д.

Проект №2: Энергоснабжение дома, находящегося на автономном острове

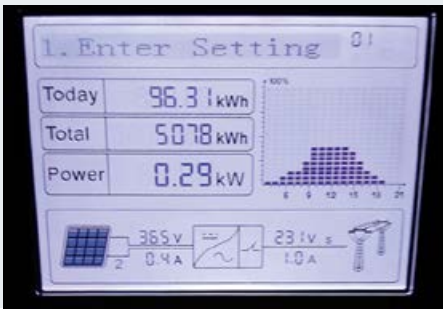
Проект №3: База отдыха семейного типа «Тёплое море»

Проект №3

Следующий проект принадлежит Сергею Новикову из города Владивостока. Заказчик — база отдыха семейного типа «Тёплое море». Там установлены солнечные коллекторы компании Sunrain, которые исполнители завозят под своим брендом «Энергия солнца». Ввод в эксплуатацию — осень 2018 года.

В состав оборудования входят: вакуумные 30-трубочные солнечные коллекторы — 360 шт. (три поля по 120 шт.), две накопительные ёмкости объёмом по 25 м² каждая, насосные станции, контроллер.

Стояла задача обеспечить систему ГВС расходом 50 м³/сут. и поддержать отопление. Задача была решена. Примерный срок окупаемости всей системы составляет около пяти лет.



Проект №4: Комплекс жилых зданий в Самарской области, расположенных на берегу реки

Проект №4

Автор ещё одного интереснейшего проекта — наш коллега Валерий Маганов из города Тольятти. Заказчик — частное лицо. Задача — выделенная мощность на производственном объекте была всего 10 кВт, а необходимая в пике — 30 кВт. На объекте реализовано сразу несколько технических решений для достижения нескольких задач. Установили солнечную сетевую электростанцию на 20 кВт с системой бесперебойного электроснабжения объекта. Объект — комплекс жилых зданий в Самарской области на берегу реки. Ввод в эксплуатацию — март 2019 года. Состав оборудования: солнечная электростанция, солнечные модули (56 шт.), сетевой инвертор на 20 кВт, контроллер ограничения возврата (чтобы не отдавать в сеть излишки), система аварийного электроснабжения, инверторы по 18 кВт и аккумуляторные батареи большой ёмкости. Планируемая выработка солнечной электростанции — 120 кВт·ч в день.

Планируемый срок окупаемости составил около восьми лет. Это как раз связано с тем, что была установлена не только сетевая станция, но ещё и бесперебойная станция на хороших дорогих аккумуляторах. Последнее тоже повлекло за собой несколько увеличенный срок окупаемости. Если бы этого элемента не было, то, скорее всего, срок окупаемости оказался бы в пределах четырёх-пяти лет.

Проект №5

Следующим проект реализован Андреем Самосудовым (город Санкт-Петербург). Он и его коллеги обеспечили заказчика — завод «Агрос-Электрон» (3000 м^2, посёлок Горбунки Ленинградской области) — теплом и холодом. Введение в эксплуатацию — 2018 год. Состав оборудования: тепловой насос мощностью 120 кВт с геотермальным контуром суммарной длиной 2400 п.м. Также установлен резервный электрический котёл, буферная ёмкость, бойлер косвенного нагрева для системы ГВС. Задачи: внедрить эффективные системы отопления, охлаждения и ГВС в помещении завода для того, чтобы вообще не присоединяться к газу.

Проект №5: Завод «Агрос-Электрон» (посёлок Горбунки Ленинградской области)

Нужно составить требования по эксплуатации объекта: будет система работать круглый год или сезонами. Рассчитать экономический эффект: срок окупаемости, себестоимость тепловой и электрической энергии. И потом уже осуществлять подбор оборудования

Проводили исследования, изучали стоимость официального подключения к газовым сетям, какие надо выполнить проектные и строительные работы. Вышло настолько дорого, что проще было внедрить именно такое решение — установить тепловой насос с большим объёмом геотермальных скважин. В результате задача заказчика была выполнена — необходимость в подведении и потребления газа отпала полностью.

Проект №6: Энергоэффективный дом (360 м²) в городе Анапе

Проект №6

Следующий реализованный проект — энергоэффективный дом (360 м²) в городе Анапе. Заказчик — автор этой статьи. Задачи: энергоэффективность, энергонезависимость и возможность отдачи избытков электроэнергии в сеть.

Здесь проходят все мероприятия Ассоциации специалистов ВИЭ «Зелёный Киловатт» — фестивали, обучающие семинары. Также в прошлом году проводилось тестирование солнечных коллекторов. На нашем трекере были собраны девять солнечных коллекторов и проведён сравнительный анализ с последующими выводами. В 2017 году, когда Министерство энергетики Российской Федерации проводило конкурс по возобновляемым источникам энергии, этот дом в номинации «Лучший малоэтажный энергоэффективный жилой дом» занял первое место. Ввод в эксплуатацию — 2015 год. Основные характеристики объекта: гибридный солнечный коллектор, который нагревает воздух и воду. Греет 800 л горячей воды и выполняет поддержку отопления. То есть отопление двойное — и воздушное, и водяное. Наличие сразу двух систем отопления позволяет очень хорошо экономить на содержании здания.

Недавние измерения показали, что при уличной температуре около +5 °С и ярком солнце воздушный коллектор выдавал в помещение воздух, подогретый до температуры +45 °С, что является очень высоким результатом. Кроме того, данный агрегат ещё обеспечивает нагрев воды для системы ГВС и поддержки водяного отопления. Гибридная система электроснабжения, солнечные батареи, вертикально осевой ветрогенератор, сеть общего пользования, газогенератор, сетевой инвертор, гибридный инвертор.

На объекте есть свой обучающий Центр. В свою очередь, работающий при НИУ «МЭИ» Центр подготовки и профессиональной переподготовки «Энергоменеджмент и энергосберегающие технологии» регулярно проводит занятия. Директор Сергей Гужов недавно провёл со студентами по видеосвязи с обучающим Центром семинар. Слушателям в режиме реального времени было показано, как работает система. Подобную демонстрацию можно устроить практически в любое время, и желающие могут обратиться по этому вопросу в Ассоциацию.

Также на объекте имеется запатентованная система пассивного отопления / охлаждения. Низкотемпературные системы отопления (тёплый пол, тёплый плинтус) — всё это собственная разработка. Фанкойлы, воздушная система отопления, о которой уже было сказано, тепловой насос «воздух-вода», который греет и охлаждает, — собственного производства.

За год эксплуатации (с мая 2018 года по май 2019-го), учитывая потребление по ночным дневным тарифам, годовая плата за электроэнергию составила 20 500 руб. Дом может быть не только энергоэффективным, но и «энергопозитивным», что весьма актуально в свете вступления в силу «Закона о микрогенерации». Имеются излишки электроэнергии, которые можно продавать.

Выводы

Многолетний опыт сооружения энергоэффективных объектов с применением ВИЭ подтверждает необходимость проведения следующих работ и реализации принципов:

1. Анализ опыта эксплуатации.

2. Подтверждение показателей эффективности: необходимо убедиться, что поставленные задачи реально выполнены.

3. Оценка качества и надёжности оборудования.

4. Если требуется (например, выяснилось, что можно что-то улучшить), возможны корректировки в настройках режимов работы оборудования.

5. Обязательное обучение обслуживающего персонала.

6. Обязательное сервисное обслуживание.

7. Обязательное обучение будущих заказчиков.

8. Главное — наилучший экономический эффект получается только на стадии проектирования здания и внедрения в него комплекса решения с ВИЭ. В тот момент, когда есть «картинка» самого здания и вы хотите «привязать» его на место, уже необходимо думать о том, как это сделать. Как правильно разместить здание по отношению к югу, как сделать кровлю и свес этой кровли, какие нужны светопрозрачные ограждающие конструкции, откуда сделать входы и т.д. Необходимо продумать очень много общестроительных решений, помимо того, что ещё и необходимо использовать ВИЭ.

Новые возможности микроВИЭ в России

В статье делается краткий обзор истории создания так называемого «Закона о микрогенерации». Автор анализирует понятие «микрогенерация» и его влияние на экономику РФ и общество.

Автор: Н.Ф. ДРИГА, предприниматель и технический директор ГК «СолнцаДом», официальный партнёр и представитель компаний «Хевел», «ТЭМЗИТ», «Микроарт», Fronius и «Деалан», инициатор и участник создания «Закона о микрогенерации»

История

Всё началось с дискуссии в обществе и правительстве, вероятно, ещё более десяти лет тому назад. Но тогда звучали только предложения о внедрении в России аналогов так называемых «зелёных тарифов», которые работают на Западе. При этом в нашей стране ситуация в энергетике очень сильно отличается от большинства стран Европы, поэтому обосновать жизненную необходимость и, самое главное, найти источники дополнительного финансирования для искусственного стимулирования развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ), путём оплаты собственникам объектов микроВИЭ повышенных тарифов за продажу энергии в сеть, было невозможно.

В конце 2013 — начале 2014 годов многие ведущие СМИ страны облетела серия репортажей об автономном доме в городе Краснодаре, где буквально в чистом поле, без каких-либо внешних коммуникаций, с высокой степенью комфорта проживала семья инженера. Это был собственный дом автора, который неожиданно произвёл настоящий фурор в СМИ. Три месяца продолжалось настоящее паломничество журналистов, которое закончилось только с началом печально известных событий на Украине.

Но затем, в 2015 году, появился цикл репортажей о солнечной системе в доме Сергея Рыжикова в городе Калининграде, где ему удалось с помощью личных контактов в энергосбытовой компании договориться о бесплатной генерации излишков в промышленную сеть.

После безуспешной попытки войти в плодотворный контакт с Законодательным собранием Краснодарского края, с целью формирования инициативы по созданию законопроекта, позволяющего продавать избыток энергии в сеть, автором 20 июля 2016 года была опубликована (на собственные средства) в издании «Коммерсантъ» целевая статья «Малой энергетике — “зелёный свет”» [1], которая вновь обострила старую дискуссию.

Именно после данной статьи автору удалось войти в контакт с представителями Правительства РФ, которые курируют вопросы энергосбережения и развития новых направлений в энергетике, и передать подготовленные материалы с обоснованием нового подхода к вопросу.

Цель микрогенерации — удовлетворение собственных бытовых или производственных нужд. Теперь в понятие «микрогенерация» входит «объект» (в собственности или на ином законном основании у физических или юридических лиц). Лимит напряжения — 1000 В. Мощность генерации до 15 кВт. Мощность энергопринимающих устройств до 150 кВт

Суть предложений автора заключалась в доработке законодательства таким образом, чтобы собственники микроВИЭ имели возможность продавать излишки по рыночной цене либо с помощью взаимозачёта (сальдирования) — на выбор собственника, без необходимости привлечения бюджетных средств, без увеличения нагрузки на потребителя и без необходимости затрат на внеплановую модернизацию уже существующей инфраструктуры.

Почти через год, 28 марта 2017 года, в Аналитическом центре при Правительстве РФ состоялся круглый стол по микрогенерации, на котором автор выступал с докладом (фото 1). И уже 19 июля 2017 года появилось распоряжение заместителя председателя Правительства РФ А. В. Дворковича о подготовке к разработке «Закона о микрогенерации». Внесение правительством проекта Закона в Госдуму состоялось 7 ноября 2018 года.

Затем автор дважды принимал участие в заседании Экспертного Совета при Комитете по энергетике Государственной Думы ФС РФ — уже в ходе обсуждения проекта Закона с целью его доработки перед первым и последним чтениями. И вот — 28 декабря 2019 года — Закон вступил в силу. Постановление Правительства РФ от 2 марта 2021 года №299-ПП поставило точку в этом процессе и открыло дорогу для реального начала действия новейшего законодательства.

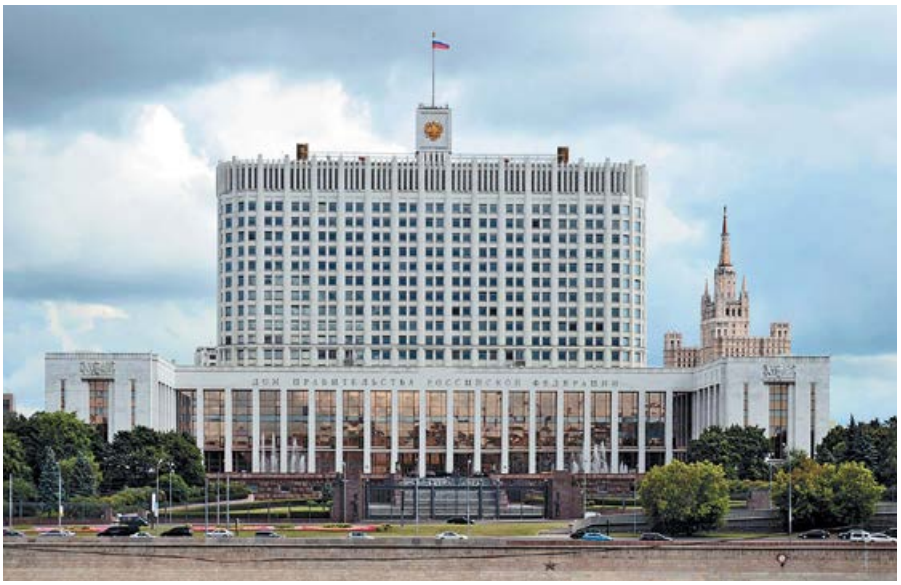


Фото 1. Николай Дрига на круглом столе «Проблемы и перспективы развития в Российской Федерации микророзничных генерирующих объектов на основе ВИЭ». Аналитический Центр при Правительстве Российской Федерации, март 2017 года

Что включено в понятие микрогенерации?

Во-первых, теперь в понятие «микрогенерация» входит «объект» — в собственности или на ином законном основании у физических или юридических лиц, у предпринимателей. Во-вторых, напряжение до 1000 В. Цель микрогенерации — удовлетворение собственных бытовых или производственных нужд. Мощность энергопринимающих устройств — до 150 кВт (хотя в самом Законе таких ограничений нет). Мощность генерации в сеть составляет до 15 кВт. Многоквартирные дома — исключены.

Краткая суть утверждённых Регламентов техприсоединения объектов микрогенерации

В утверждённые регламенты технологического присоединения объектов микрогенерации входит ряд позиций. Срок технического присоединения — один месяц. Стоимость — 550 руб. Применяется помесячное сальдирование (взаимозачёт). Установка двунаправленных «умных» счётчиков — за счёт энергосбытовой компании. Выкуп излишков производится по формуле *«опт + доплата за мощность»* (2,3–3 руб. за 1 кВт·ч).

Результаты применения «Закона о микрогенерации» на практике для всего российского общества:

- улучшение экологии за счёт сокращения использования бензо- и дизельных генераторов;
- компенсация потерь в сетях;
- уменьшение региональных проблем дефицита энергии;
- рост спроса населения и бизнеса на оборудование для ВИЭ;
- рост отечественного производства;
- развитие науки и техники;
- повышение энергоэффективности частных домов и предприятий;
- ускоренное освоение и развитие удалённых территорий.

Возможные проблемы

К возможным осложнениям, связанным с процессом практической реализации новоиспечённого законопроекта, относятся следующие проблемы:

- временный дефицит двунаправленных «умных» счётчиков;
- попытки со стороны энергосбытовых компаний навязать потребителю дополнительные платные услуги;
- втягивание потребителя в бесконечную переписку с целью максимально затянуть процесс техприсоединения.

Автор уверен, что после небольшого периода «турбулентности» во взаимоотношениях энергосбытовых компаний и микрогенераторов (примерно два-три месяца) неизбежно наступит стабилизация, в результате чего система регистрации таких объектов войдёт в рабочую колею, и в нашей стране начнётся устойчивый рост данного направления невиданными ранее темпами.

Только представьте себе, какие возможности открывает новое законодательство! Например, любой собственник может построить частный дом или объект малого бизнеса без привязки к сетевому газу, затрачивая на земельный участок в разы меньше денежных средств. Здание с низкими теплопотерями, наряду с подключением к электрической сети, сможет быть дополнительно оснащено собственными источниками энергии — тепловым насосом и солнечной электростанцией с правом продажи излишков в сеть.

Если вопрос решать комплексно, начиная с самого проектирования с помощью профессионалов-практиков, тогда в южных регионах страны собственник вообще сможет выйти на **нулевой уровень** (!) всех годовых платежей за всё энергоснабжение, включая и отопление.

В общем, нас всех ждут интересные новости и события.

1. Малой энергетике — «зелёный свет» [Электр. текст]. «Коммерсантъ» от 20.07.2016. Режим доступа: kommersant.ru. Дата обращ.: 15.05.2021.

Перспективы использования ВИЭ для нужд теплоснабжения в регионах РФ

В статье рассмотрены разные варианты теплоснабжения объектов с применением возобновляемых источников энергии в регионах России. Дана оценка потенциала по разным источникам «зелёного» теплоснабжения, приведены примеры реализации существующим подходам и технологий, как в рамках региональных программ, так и в рамках отдельных проектов.

Авторы: В.А. КАРАСЕВИЧ, к.т.н., доцент, Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина [РГУ нефти и газа (НИУ), г. Москва]

Введение

Обладая самой большой территорией в мире, Россия не может похвастаться высоким уровнем доступа к централизованному энергоснабжению. Более 50% страны не электрифицировано, значительная часть территории не имеет доступ к сетевому природному газу. В этих условиях важное значение приобретает рациональное использование местных ресурсов, в том числе различных видов биотоплива, таких как отходы лесозаготовки и лесопереработки, биогаз из сельскохозяйственных и агропромышленных отходов, мусор и иловые осадки.

По оценкам российского отделения Greenpeace, доля возобновляемых источников энергии в теплоэнергетике России составляет примерно 2%. Для сравнения — доля ВИЭ в электроэнергетике России (без крупных ГЭС) не превышает 1%. В основном отопление на базе ВИЭ в России осуществляется за счёт древесного топлива: дрова, щепа, пеллеты, прочие отходы. Технический потенциал использования древесного топлива, по оценкам коллег под руководством д.т.н. П.П. Безруких, составляет примерно 48,4 млн т.у.т. и сосредоточен в Северо-Западном, Приволжском и Сибирском федеральных округах. Технический потенциал использования солнечной энергии для выработки тепла в России составляет 8,75 млрд т.у.т., использования энергии грунтов и водоёмов — 13,2 млн т.у.т. (рис. 1).

По оценкам российского отделения Greenpeace, доля возобновляемых источников энергии в теплоэнергетике России составляет примерно 2%. Для сравнения — доля ВИЭ в электроэнергетике России (без крупных ГЭС) не превышает 1%

Следует отметить, что в сегодняшних условиях достаточно высоких цен на тепло и электроэнергию и постоянно повышающихся требований со стороны государства по переработке и утилизации отходов использование биотоплива для систем отопления, особенно для коммерческих предприятий, способно дать значительный синергетический эффект — дешёвое отопление и снижение затрат на утилизацию отходов.

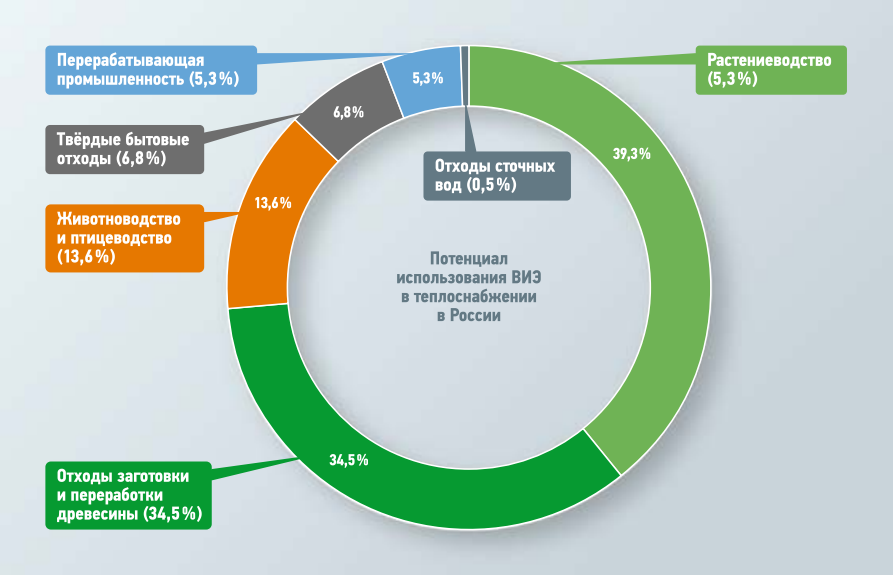


Рис. 1. Потенциал использования ВИЭ в теплоснабжении в РФ

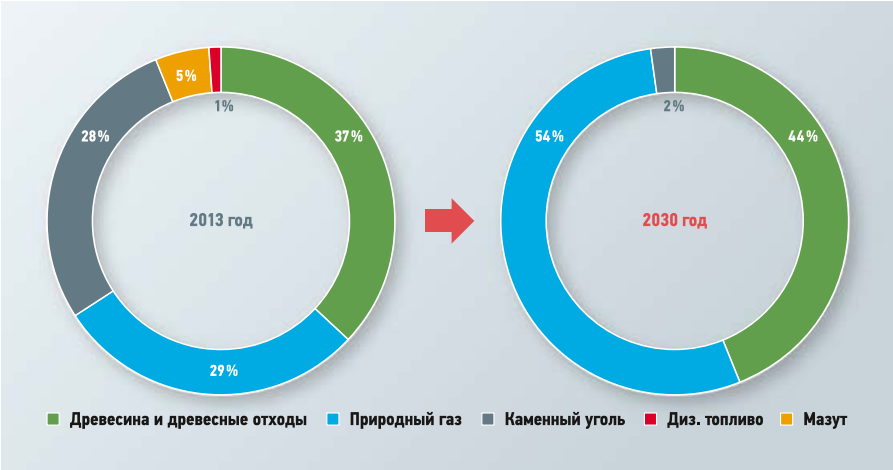


Рис. 2. Развитие локального теплоснабжения Архангельской области

Региональные программы теплоснабжения с использованием ВИЭ

Лидером в использовании древесных отходов является Архангельская область, в которой 420 котельных из 650 (37,5% или 1,1 ГВт установленной мощности) работают на биотопливе (дрова, древесную щепу, отходы ЛПК, топливные гранулы и брикеты), на этих котельных вырабатывается 42,8% тепла в регионе (рис. 2). В соответствии с принятой в 2014 году региональной концепцией развития локального теплоснабжения к 2030 году доля тепла на биотопливе должна составить 44%, следовательно, можно говорить о том, что строительство биотопливных котельных в регионе реализуется более быстрыми темпами, чем было запланировано. Использование биотоплива также распространено в республиках Карелии и Коми, Ленинградской, Вологодской областях.

Примеры биотопливных котельных в регионах России

В качестве одного из примеров в рамках реализации концепции развития возобновляемого тепла в Архангельской области рассмотрим котельную на биотопливе в посёлке Катунино (Приморский район). Установленная мощность котельной составляет 20 МВт (пять котлов по 4 МВт), в качестве топлива используются локально производимые на соседнем лесозаводе №25 пеллеты, причём расход данного топлива в зимний период при температуре –30°С составляет 50 тонн в сутки. Стоимость тепла составляет 2160 руб. за 1 Гкал, что дешевле, чем во многих городах Московской области.

В рамках реализации политики по утилизации древесных отходов, которой придерживается правительство Красноярского края, можно отметить построенную в городе Кодинске котельную на щепе мощностью 10 МВт, которая позволяет переработать 74 тыс. тонн отходов в год. Ещё одним интересным проектом является работающая в Вологодской области ТЭЦ «Белый ручей», которая наряду с электроэнергией выдаёт 29 тыс. Гкал тепла для близлежащих потребителей. Тарифы на отопление — 2056 руб/Гкал для промышленности и 2534,4 руб/Гкал для населения — также не выглядят очень высокими в сравнении с централизованным теплоснабжением на природном газе в Москве и Московской области.

В соответствии с принятой ещё в 2014 году региональной концепцией развития локального теплоснабжения в Архангельской области к 2030 году доля тепла на биотопливе должна составить 44%

В Костромской области расположена крупнейшая на сегодняшний момент котельная мощностью 96 МВт, работающая на биотопливе и принадлежащая швейцарской компании Swiss Krono (рис. 3). Котельная полностью обеспечивает потребности мебельного завода в тепле, паре и горячей воде.

Одним из лидеров по использованию отходов производства для собственных нужд теплоснабжения среди работающих в России компаний является IKEA. Теплоснабжение принадлежащего компании дистрибьюторского центра Swedwood Esipovo (Московская область) обеспечивается котлом мощностью 3,6 МВт, работающем на щепе и древесной пыли. Ещё одним объектом, использующем биотопливо, является фабрика «ИКЕА Индастри Новгород» (Новгородская область), теплоснабжение которой, включая блок по производству ДСП и сушильную установку 60 тонн в час, обеспечивает котельная на биотопливе установленной мощностью 85,5 МВт. В рамках модернизации новая сушилка, работающая на биотопливе (щепа, кора, древесная пыль), заменила собой две старые сушилки, работающие на природном газе, что, кроме экономии топлива, дало серьёзный экологический эффект. Кроме того, в торговом центре IKEA в городе Омске установлено 220 солнечных коллекторов общей тепловой мощностью 252 кВт.

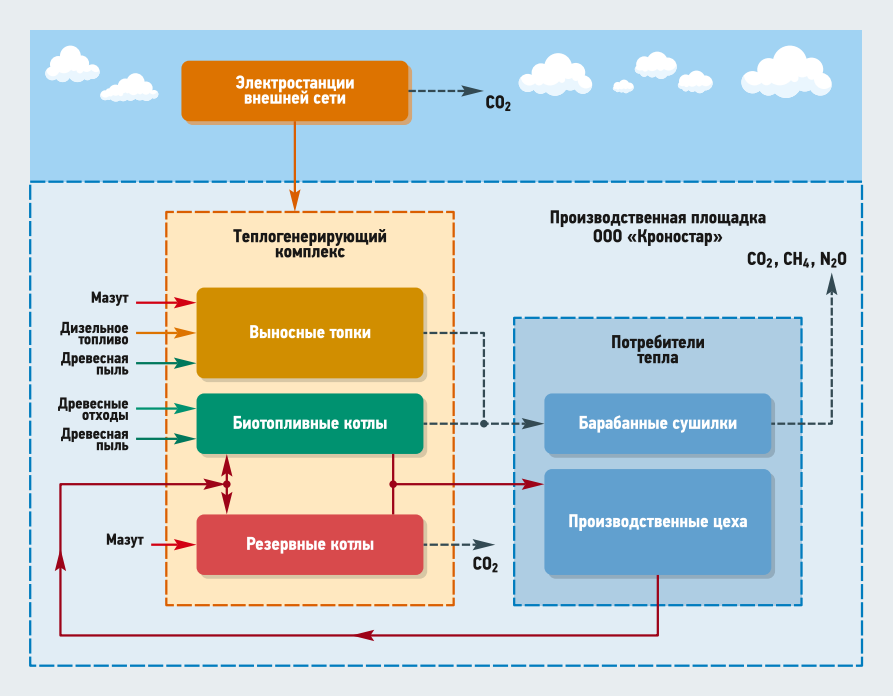
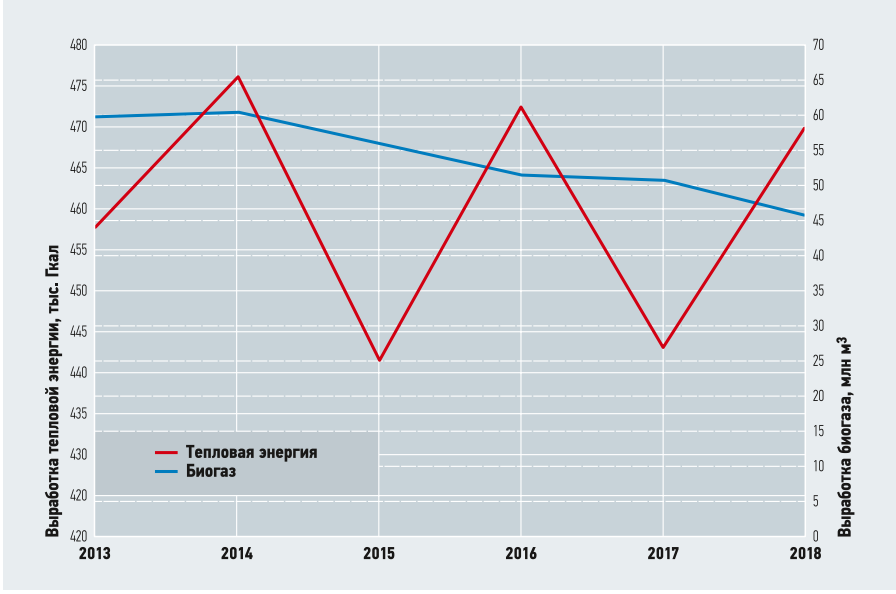


Рис. 3. Схема биотопливной котельной Swiss Krono



Данные: МУП «Мосводоканал» и watermagazine.ru

Рис. 4. Выработка «зелёного» тепла на водоканалах

Выработка биогаза для производства тепла на водоканалах

Первым водоканалом, который начал перерабатывать иловый осадок на очистных сооружениях с применением анаэробного сбраживания, был МУП «Мосводоканал». На Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях, на станциях аэрации установлены четыре газопоршневых агрегата общей мощностью 20 МВт, на которых утилизируется свыше 40% получаемого биогаза. На рис. 4 показана годовая выработка тепла на «Мосводоканале».

В 2018 году производство биогаза на Северной станции аэрации запустил МУП «Водоканал» города Екатеринбурга (рис. 5). Два метантанка по 5000 м³ каждый предназначены для работы в мезофильном режиме (35–37 °C).

В результате проведённой модернизации один из котлов Viessmann переведён на биогаз, достигнут серьёзный экологический эффект. Стоимость проекта составила 988 млн руб.

Наряду с биотопливными техническими решениями всё бóльшую популярность приобретают тепловые насосы. Они могут служить источниками отопления и горячего водоснабжения, а также и кондиционирования, в не подключённых к сетевому природному газу местах

Наряду с биотопливными техническими решениями всё бóльшую популярность приобретают тепловые насосы. Они могут служить источниками отопления и горячего водоснабжения (а также и кондиционирования) в не подключённых к сетевому природному газу местах. На сегодняшний день в России реализованы десятки проектов с использованием тепловых насосов в промышленных и офисных зданиях и жилых домах, мощностью до 2 МВт в Северо-Западном, Центральном, Южном и Сибирском федеральных округах.

В качестве примера их использования может служить система отопления и горячего водоснабжения здания «Гиперкуб» в Сколково, смонтированная компанией Stiebel Eltron. Мощность системы составляет 69 кВт, площадь отопления и горячего водоснабжения — 6000 м².

Рис. 5. Производство биогаза на Северной станции аэрации МУП «Водоканал» в Екатеринбурге

Выводы

Россия обладает огромным потенциалом по использованию возобновляемых источников энергии в теплоснабжении. Одним из самых актуальных направлений реализации этого потенциала является использование в качестве топлива отходов от промышленных и аграрных производств, органики свалок и других.

Возобновляемые источники энергии в теплоснабжении регионов Российской Федерации уже сегодня составляют до 2% от общего объёма установленных мощностей в теплоснабжении, и эта величина продолжает расти. Росту способствует ужесточение экологической политики в России в целом и в области переработки и утилизации отходов лесозаготовки и лесопереработки, в частности.

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

RENWEX

«Возобновляемая энергетика и электротранспорт»

22–24 ИЮНЯ 2021

Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»,
павильон №3

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

- Развитие розничного рынка ВИЭ и необходимых технических решений
- Нормативное регулирование ВИЭ
- Использование ВИЭ для энергоснабжения удаленных и изолированных потребителей
- Развитие водородной энергетики
- Использование биотоплива и утилизация отходов
- Международный опыт развития возобновляемой энергетики
- Цифровизация современной энергетики
- Развитие систем накопления энергии для промышленных потребителей и домохозяйств
- Развитие электротранспорта и сопутствующей инфраструктуры

Реклама 12+

www.renwex.ru

При поддержке

МИНПРОМТОРГ РОССИИ

euro solar russia

АРВЭ Ассоциация развития возобновляемой энергетики

АСЭ

Под патронатом

ТПП РФ

Организатор

ЭКСПОЦЕНТР

Научный центр GoCo в муниципалитете Мёльндаль (город Гётеборг, Швеция)

Устойчивые инженерные решения системы «умный дом», примеры из Швеции*

Как Швеция из зависимой от сырья страны за 40 лет превратилась в мирового лидера по внедрению концепции устойчивого развития и разработала собственную программу SimbioCity, какие инженерные решения оказались наиболее востребованы в строительстве новых районов, как в этом участвует искусственный интеллект, и, конечно, примеры самых крупных энергоэффективных зданий — в этом материале.

Автор: Анна КРЫЖАНОВСКАЯ, директор по проектированию Semrén & Månsson (Россия)

Во время первого мирового энергетического кризиса в 1970-е годы Швеция была страной, на 85% зависимой от ископаемых ресурсов. Сложилась ситуация, в которой сырьевая зависимость из основы шведского благосостояния превратилась в фактор, значительно усложняющий экономический рост. Поэтому правительство Швеции стало искать решения, которые бы позволили развиваться экономике страны дальше без нефтяной и атомной энергии. В этот же период, в 1972 году, в Стокгольме прошла Конференция ООН по проблемам окружающей среды. На данном международном форуме впервые обсуждалась концепция «устойчивого развития», которая в настоящее время является наиболее популярной концепцией развития человечества. На конференции была создана Стокгольмская декларация, установившая 26 принципов сохранения окружающей среды.

Эти два события во многом повлияли на то, что Швеция встала на путь устойчивого развития и смогла превратить кризис в источник развития и дохода. Оказалось, что возможно сочетать экономический рост, повышение уровня жизни, снижение воздействия на окружающую среду и уменьшение энергетической зависимости. За последние 40 лет рост ВВП Швеции составил почти 90%, за это же время на 50% сократились выбросы CO_2, а энергоёмкость экономики, как ни странно, снизилась на 20%. Теперь Швеция по праву считается лидером в вопросах решений, соответствующих концепции устойчивого развития. В результате разработанного подхода в Швеции сформировалась концепция, получившая название SimbioCity.

Швеция на собственном опыте доказала, что возможно сочетать экономический рост, повышение уровня жизни, снижение воздействия на окружающую среду и уменьшение энергетической зависимости

Данная концепция нацелена на реализацию принципа «большее из меньшего». Он основан на том, чтобы соединить в единую структуру все области городского хозяйства таким образом, чтобы добиться максимального синергетического эффекта. Как это происходит? Это абсолютно рациональный подход — тратить меньше, получать больше. Вот один из примеров синергии, который реализован в Швеции. Система очистки бытовых стоков устроена таким образом, что, с одной стороны, она возвращает людям чистую питьевую воду, а с другой — поток бытовых стоков превращается в биологическое сырьё, используемое для производства биогаза.

Общежитие Королевского технологического института в Стокгольме (Швеция)

* Данная статья подготовлена на основе выступления автора на конференции «Инновационные инженерные решения в системе "Умный дом": от концепции до реализации», состоявшейся 13 апреля 2021 года в рамках выставки Engineerica при информационной поддержке журнала СОК.

В Швеции сегодня основным источником выбросов CO_2 является транспорт. Поэтому биогаз в основном используется как топливо для коммунального и личного автотранспорта. Весь коммунальный транспорт (автобусы, достаточно большое количество мусоровозов, уборочной техники) и значительная часть такси работает на биогазе. Таким образом, мы получаем достаточно любопытную синергию: очистка воды, переработка бытовых разлагаемых отходов, производство биогаза, питание транспортной инфраструктуры. И эта система может быть ещё более разветвлённой.

SymbioCity — концепция «с человеческим лицом». Она, по сути, являет собой некий конструктор, который можно собирать из разных модулей. Необязательно все отрасли городского хозяйства или городской инфраструктуры нужно объединить, чтобы получить максимальный эффект. Можно выбрать то, что наиболее актуально для данного случая, — локальные решения. Например, в одном из шведских городов для снижения потребления энергии был проведён такой эксперимент: в выбранном районе были установлены специальные датчики учёта тепла и электроэнергии, которые в реальном времени показывали жителям, сколько денег у их в данный момент «улетает» из кармана. Оказалось, что даже этого достаточно, чтобы в данном районе энергопотребление снизилось на 35 %.

Конечно, начинать реализовывать эту концепцию можно в рамках единичного строения. Правильно построенная инженерная концепция здания, где системы скоординированы между собой, и каждая из них по-своему приносит определённый эффект, обеспечивает суммарный эффект энергосбережения до 80 % за счёт комплексного подхода и объединения инженерных решений.

Можно выделить следующие наиболее передовые технологические решения в строительстве, которые применяются в рамках концепции SimbioCity: центральные системы мусороудаления, система Smart-Grid, которая снижает пиковые нагрузки («умные» электросети), система центрального холодоснабжения, технологии производства биогаза.

Ещё одним примером системы «умного дома» является технология EcoPilot. По сути, это искусственный интеллект, который управляет режимами работы существующих в здании систем отопления и вентиляции, а также отслеживает происхождение тепловой энергии (часто избыточной — от компьютеров, освещения, бытовых приборов) и оптимизирует

Солнечные панели, установленные на крыше общежития Королевского технологического института, способствуют снижению платежей за коммунальные услуги для студентов

энергопотребление здания. Кроме того, система анализирует температуру в помещении, качество воздуха и внешние факторы, такие как воздействие солнца, силу и направление ветра, и даже учитывает прогноз погоды. А затем использует эти данные, чтобы скорректировать отопление в частности и микроклимат помещения в целом на пять дней вперёд.

Использование принципов концепции SimbioSity в строительстве новых районов позволяет объединить в одну систему водоочистку, энергетику, транспорт, управление отходами. Естественно, что суммарный эффект, который получается от реализации этой концепции, оказывается существенно бóльшим, чем просто решение какой-то одной локальной проблемы, поскольку возникает ещё масса дополнительных «бонусов» в виде новых отраслей производства, появления новых направлений фундаментальной прикладной науки, развития образования и т.д.

Коммерческая недвижимость, строительство которой базируется на этих принципах, в среднем на 20–25 % дороже, чем обычные объекты недвижимости. В итоге рынок недвижимости и всё, что с ним связано, тоже развивается.

В Стокгольме в соответствии с концепцией SimbioCity реализован целый ряд очень крупных девелоперских проектов. Как в Стокгольме, так и в большинстве крупных городов они начинаются в зонах, практически непригодных для жизни. Это старые промышленные зоны, в прошлом сильно загрязнённые. Логика развития состоит в том, чтобы не просто освоить эти территории, но превратить их в передовые районы, радикально «продвинутые» в плане технологичности, привлекательности для жизни, экологических стандартов и т.д. Один из таких примеров — район магистральных улиц города, который ныне превратился в территорию, где средние экологические нормы (стандарты) на 30–40 % выше, чем в остальном Стокгольме. Несмотря на достаточно высокую стоимость жилья, этот район полностью заселён семейными парами с детьми.

Рассматриваемая концепция применяется и при создании социальных объектов. Так, одно из крупнейших в Швеции энергоэффективных зданий — общежитие Королевского технологического института в Стокгольме, спроектированное компанией Semrén & Månsson. Благодаря интеллектуальной рекуперации тепла, геотермальному теплу и солнечным панелям, в здании заложена основа для долгосрочного финансового и устойчивого управления. Этот подход помогает студентам существенно экономить на оплате коммунальных услуг.

Другой пример, тоже из практики Semrén & Månsson, — инновационный научный центр GoCo в муниципалитете Мёльндаль, пригороде Гётеборга. Здание, в котором расположатся мировые компании из сферы здравоохранения для совместной работы над исследованиями, представляет собой модульную устойчивую структуру, оснащённую передовыми цифровыми технологиями. Высокий уровень энергоэффективности, электрические зарядные станции, аренда велосипедов и другие решения помогают уменьшить углеродный след здания.

Разумеется, реализация этой концепции была бы невозможна без государственно-частного партнёрства. Государство определяет политику, утверждает нормы, формулирует требования, публикует законы. Однако всё это происходит в достаточно тесном контакте с бизнесом и обществом.

Адыгейская ВЭС (мощность 150 МВт) — самая большая российская ветроэлектростанция

Российская ветроэнергетика: научно-конструкторские школы, этапы развития, перспективы

Рецензия эксперта на статью получена 31.05.2021 [The expert review on the article received on May 31, 2021].

Вступление

По данным Всемирной ассоциации ветроэнергетики (WWEA), в 2019 году установленная мощность всех ветровых электрических установок (ВЭУ) в мире составляла 650,7 ГВт. В России по состоянию на 1 сентября 2020 года установленная мощность наиболее крупных 22-х сетевых ВЭС достигла 336 МВт. Самая большая российская ветростанция мощностью 150 МВт была построена в 2020 году в Республике Адыгея. Определённое развитие в изолированных энергорайонах Крайнего Севера и Камчатки получили ветродизельные станции. Ускорение темпов развития российской ветроэнергетики с 2019 года определялось государственной поддержкой и созданием необходимой законодательной базы, участием мощных финансовых структур — ГК «Росатом», ГК «Роснано» и ПАО «ЭНЕЛ Россия» — с организацией в России на шести заводах производства оборудования ВЭУ.

Россия имеет столетнюю историю развития научных и конструкторских ветроэнергетических школ, большой опыт серийного производства и эксплуатации ветровых электрических установок, в том числе для арктических и антарктических условий. В ближайшие годы в нашей стране предстоит воссоздать утерянные после распада СССР научные и инженерные ветроэнергетические организации.

Научно-техническая школа Н. Е. Жуковского

Теоретические основы ветроэнергетики в России в начале XX века были заложены членом-корреспондентом Российской Императорской академии наук, профессором Императорского технического училища (ИМТУ) Николаем Егоровичем Жуковским (1847–1921) и его учениками: докторами технических наук В. П. Ветчинкиным, Н. В. Красовским, Г. Х. Сабининым и Г. Ф. Проскурой.

УДК 621.311.24. Научная специальность: 05.14.08.

Российская ветроэнергетика: научно-конструкторские школы, этапы развития, перспективы

В. А. Бутузов, д.т.н., Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина (КубГАУ, г. Краснодар); **П. П. Безруких**, д.т.н., Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»); **С. В. Грибков**, к.т.н., НИЦ «Виндэк» (г. Москва)

В 2019 году ветроэнергетика занимала первое место (650,7 ГВт) в мировой возобновляемой энергетике. В России мощность ветроэлектрических станций (ВЭС) в том же году составила 630,5 МВт. Указаны финансовые механизмы для стимулирования строительства ВЭС, основные инвесторы и изготовители оборудования. Представлен анализ 100-летнего развития отечественных научных школ, реализации их концепций, основные конструкции ветроэлектрических установок (ВЭУ). Отмечена роль основателя российской ветроэнергетики Н. Е. Жуковского и его учеников, деятельность институтов ЦАГИ, ЦВЭИ, ВИМЭ-ВИЭСХ, НПО «Ветроэн». Указаны основные достижения советской ветроэнергетики: ВЭС в Балаклаве (100 кВт, 1931 год), ветродвигатели ВД-8 (1300 шт., 1936 год), арктические ВЭУ ЦВЭИ Д-12 (15 кВт, 1936 год), ветродизельная станция (ВДЭС) в Казахстане (400 кВт, 1957 год). Описаны первые ВЭУ в странах СНГ, а также в Крыму общей мощностью 110 МВт на основе ВЭУ КБ «Южное» (г. Днепропетровск) и в посёлке Куликово Калининградской области (5,1 МВт). Приведён перечень основных ВЭУ и ВДЭС РФ. Дана оценка перспектив развития российской ветроэнергетики.

Ключевые слова: *ветроэнергетика, ветровая электрическая установка (ВЭУ), ветровая электростанция (ВЭС), ветродвигатель, ветроколесо, ветродизельная станция (ВДЭС), ветряные мельницы, лопасти, мачта, электрогенератор, инерционный аккумулятор, Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ), Северный морской путь (СМП).*

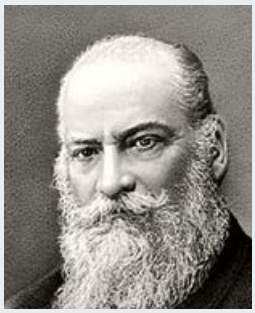
UDC 621.311.24. Scientific specialty number: 05.14.08.

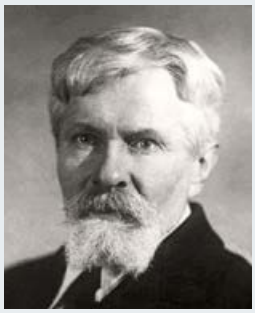
Russian wind power: scientific and design schools, stages of development, prospects

V. A. Butuzov, Doctor of Technical Sciences, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Krasnodar city); **P. P. Bezrukikh**, Doctor of Technical Sciences, National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (MPEI); **S. V. Gribkov**, PhD, "Windeq" Scientific and Engineering Center, LLC (Moscow city)

In 2019, the global wind energy sector ranked first (total 650.7 GW) in the renewable energy sector. In Russia, the capacity of wind power plants (WPP) in the same year was 630.5 MW. The financial mechanisms for stimulating the construction of wind farms, the main investors and equipment manufacturers are indicated. The article presents an analysis of the 100-year development of domestic scientific schools, the implementation of their concepts, the main designs of wind turbine (WT). The role of the founder of the Russian wind power industry — N. E. Zhukovsky and his students, the activities of the Central Aerohydrodynamic Institute (TsAGI), the Central Wind Energy Institute (TsVEI), the All-Union Institute of Electrification and Mechanization of Agriculture (VIMJe-VIJeSKh), the "Vetroen" Research and Production Association, are described. The main achievements of the Soviet wind power industry are indicated: wind turbines in Balaklava city (100 kW, 1931), VD-8 WT (1300 units, 1936), TsVEI D-12 Arctic WT (15 kW, 1936), wind diesel power plant (WDPP) in Kazakhstan (400 kW, 1957). The first wind turbines in the Commonwealth of Independent States, in the Crimea with a total capacity of 110 MW based on the wind turbine of the "Yuzhnoye Design Bureau" (Dnepropetrovsk city) and in the village of Kulikovo, Kaliningrad region (5.1 MW), are described. The list of the main WT and WDPP of the Russian Federation is given. The assessment of the prospects for the development of the Russian wind power industry is given.

Key words: *wind power, wind turbine (WT), wind power plants (WPP), wind engine, wind wheel, wind diesel station (WDS), windmills, blades, mast, electric generator, inertial accumulator, Central Aerohydrodynamic Institute (TsAGI), Northern Sea Route (NSR).*


Н. Е. Жуковский


В. П. Ветчинкин

Н. В. Красовский

Г. Х. Сабинин

Г. Ф. Проскура

Владимир Петрович Ветчинкин (1888–1950) являлся самым близким учеником Н. Е. Жуковского. Его отличала широта научного кругозора: аэрогидродинамика, ветроэнергетика, теория ракетного движения и космических полётов. В. П. Ветчинкин в 1914 году на основе теории «идеального» гребного винта Н. Е. Жуковского ввёл понятие коэффициента преобразования энергии ветра и предложил теорию «идеального ветряка», а в 1920 году Н. Е. Жуковский в статье «Ветряные мельницы НЕЖ» («НЕЖ» — инициалы автора) и двух других статьях дополнил её до «классической» теории ветряка [1]. В созданном Н. Е. Жуковским 1 декабря 1918 года Центральном аэрогидродинамическом институте (ЦАГИ, город Москва) В. П. Ветчинкин возглавил отдел №1 по общетеоретическим исследованиям. Д.т.н. В. П. Ветчинкин был главным экспертом СССР по ветроэнергетике и блестящим её популяризатором.

Д.т.н., профессор Николай Валентинович Красовский (1891–1957), выпускник ИМТУ, в 1919 году как инженер-механик возглавил отдел ветряных двигателей (ОВД) ЦАГИ. В 1923-м он завершил сооружение ветряной испытательной станции в ЦАГИ [2]. Н. В. Красовский, Г. Х. Сабинин и В. Р. Секторов в 1930 году разработали проект первой советской сетевой Балаклавской ВЭС мощностью 100 кВт. В отделе ветряных двигателей ЦАГИ под руководством Н. В. Красовского А. И. Макаревским были разработаны методы расчёта на прочность лопастей и башен ветродвигателей [3].

Д.т.н., профессор Григорий Харлампиевич Сабинин (1884–1968) участвовал в разработках всех конструкций ветряных двигателей ЦАГИ. Основное направление его деятельности — разработка систем регулирования частоты вращения ветродвигателей, создание поворотных лопастей и управление ими с помощью вспомогательного руля-стабилизатора (1922 год), одновременно исполняющего функцию регулирующего органа [4]. В 1926 году он опубликовал статью о расчёте поворотных лопастей, а в 1927–1928 годах испытал их в натурных условиях. Результаты исследования «идеального ветряка» были изложены Г. Х. Сабининым в 1929-м, а в 1931 году теория аэродинамического расчёта ветряных двигателей была описана им в работе, согласно которой максимальный коэффициент использования энергии ветра ветроколесом равен 0,687.

Верхняя часть башни ветряной испытательной станции ЦАГИ. 1923 год

Оригинальная ветряная мельница, предназначенная для орошения полей, на Всероссийской сельскохозяйственной и кустарно-промышленной выставке в Москве. 1923 год

Ветроустановки ЦАГИ: концепции и конструкции

В основу создаваемых ветроустановок ЦАГИ легли результаты теоретических и экспериментальных работ. В 1923 году был построен ветросиловой испытательный стенд ЦАГИ, а в 1924-м под руководством Н. В. Красовского была спроектирована, изготовлена и установлена на бакинских нефтяных промыслах первая работающая ветроустановка ЦАГИ с самоустанавливающимися лопастями и регулятором, предложенным Г. Х. Сабининым, с диаметром рабочего колёса 14 м и мощностью 36,8 кВт [4]. Установка предназначалась для привода глубинных насосов нефтяных скважин.

В последующие годы работа ЦАГИ по ветроэнергетике велась по двум основным направлениям. Для сельскохозяйственного назначения (привод насосов, мельниц) были созданы тихоходные многолопастные ветродвигатели ТВ-5, ТВ-8, УВД-8 с диаметрами рабочих колёс 5 и 8 м, соответственно. Ветродвигатель ТВ-5 при мощности 1,8 кВт имел 18–24 лопастей и обеспечивал подъём воды на высоту 70 м с расходом 3,5 м^3/ч. Наибольшим спросом пользовались ветродвигатели ТВ-8, производство которых в 1936 году достигло 1300 шт.

Второе направление деятельности Центрального аэрогидродинамического института — создание быстроходных трёхлопастных ветродвигателей и ветроустановок с регулированием числа оборотов за счёт изменения углов поворота лопастей с помощью вспомогательного руля-стабилизатора разработки Г. Х. Сабинина.

По заказу дирекции Северного морского пути (СПМ) ЦАГИ [а с 1930 года — его преемник, Центральный ветроэнергетический институт (ЦВЭИ)], разработали несколько конструкций ВЭУ, которые эксплуатировались на десятках полярных станций от Баренцева моря до Чукотки при аномальных атмосферных условиях: скорость ветра до 40 м/с, температура воздуха до –40 °С.

Были разработаны, изготовлены и испытаны трёхлопастные быстроходные ветроустановки: ЦВЭИ Д-8, ЦВЭИ Д-10 с диаметром рабочих колёс 8 м. В 1935 году была создана ветроустановка 3ЦВИЭ Д-12 с диаметром ветроколеса 12 м и мощностью генератора до 15 кВт. Конструкция этих агрегатов предусматривала вертикальную червячную трансмиссию от ветроколёс к электрогенераторам у основания башни [5]. Практическое применение этих ВЭУ с 1932 по 1945 годы позволило определить, что они обладают наилучшими эксплуатационными показателями. В СССР больше всего было произведено ветродвигателей Д-12 разных типов — 1500 шт. Были созданы полярные ветродизельные станции (ВДЭС) в составе ветроустановки с генератором мощностью 15 кВт, дизельной станции такой же мощности, электрических аккумуляторов из расчёта времени запуска резервной дизельной станции. Срок эксплуатации таких ВДЭС в арктических условиях превышал 12 лет [5].

В 1931 году по чертежам ЦАГИ была построена первая в СССР сетевая Балаклавская ВЭС под городом Севастополем, работающая параллельно с тепловой электростанцией, мощностью 100 кВт, которая до 1940 года была самой мощной ВЭС мира. Главным теоретиком аэродинамической схемы ВЭС был В. П. Ветчинкин, а испытателем являлся В. Р. Секторов. Технические решения оказались удачными и обеспечили работу установки до 1942 года (11 лет) — до её разрушения во время войны. Конструкция данной ВЭС предвосхитила современную концепцию создания ветроэлектростанций: трёхлопастное рабочее колесо с возможностью регулирования углов поворота лопастей, соосное расположение рабочего колеса, редуктора и генератора в гондоле. В статье [6] представлены результаты опытной эксплуатации Балаклавской ВЭС с 1931 по 1933 годы, в том числе при скоростях ветра 30 м/с. В статье [7] В. Р. Секторов приводит результаты опытной эксплуатации ВЭС, на многие годы определившей развитие мировой ветроэнергетики.

В 1931 году под руководством В. П. Ветчинкина и при финансовой поддержке ЦАГИ было завершено сооружение Курской ВЭУ мощностью 3,5 кВт с первым в мире инерционным аккумулятором. Русский изобретатель Анатолий Георгиевич Уфимцев (1880–1936) получил охранное свидетельство СССР на эту установку ещё в 1918 году. Её строительство с участием государственных и частных средств, в том числе советского писателя Максима Горького, длилось с 1923 по 1931 годы.

Ветродвигатель ЦВЭИ Д-30 в Балаклаве в Крыму. 1931 год

У своего дома в центре города Курска А. Г. Уфимцев построил башню высотой 42 м с трёхлопастным колесом диаметром 10 м. Лопасти имели регулируемые углы поворота. Перед генератором постоянного тока мощностью 3,5 кВт впервые в мире был установлен инерционный аккумулятор в виде стального диска диаметром 950 мм и весом 328 кг, размещённого в вакуумированном корпусе.

Фото пользователя slavo4ka_011 в сообществе technonuments.ij.com

Ветроэлектрическая установка изобретателя А. Г. Уфимцева (Курская ВЭС) в наши дни

Это устройство позволяло сглаживать пульсации ветра и обеспечивать работу генератора при его отсутствии. Данная ВЭУ обеспечивала электроснабжение и отопление дома, мастерской А. Г. Уфимцева и уличного освещения до 1936 года и при скорости ветра 4 м/с выдавала мощность 1,5 кВт, причём при отсутствии ветра могла работать до 16 часов.

На Первой Всесоюзной ветроэнергетической конференции 1932 года (в городе Харькове) отмечалось, что в СССР разработкой ветроустановок занимаются в основном ЦВЭИ (Москва) и харьковский Украинский институт промышленной энергетики (руководитель лаборатории — д.т.н., а впоследствии академик УАН Г. Ф. Проскура). В 1931 году в СССР работало 100 тыс. ветряных мельниц единичной мощностью от 2 до 8 кВт, с общей установленной мощностью 515 МВт [8].

По ряду причин деятельность ЦВЭИ в 1935 году была прекращена, а отдел ветроэнергетики в ЦАГИ был воссоздан только в 1946-м по инициативе В. П. Ветчинкина. В последующие годы ЦАГИ, несмотря на наличие ведущих специалистов в области ветроэнергетики, не удалось восстановить свой былой научный потенциал и возглавить возрождение ветроэнергетики в Советском Союзе.

Проекты мегаваттных ВЭС

По результатам успешной работы Балаклавской ВЭС и по инициативе руководителя тяжёлой промышленности (Наркомтяжпром СССР) Г. К. Орджоникидзе (1886–1937) в 1932 году был объявлен конкурс на разработку эскизного проекта ВЭС мощностью 5 МВт.

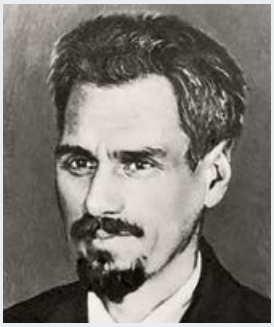
В конкурсе участвовали три организации. Институтом ЦВЭИ (ведущий конструктор В. В. Уткин-Егоров) был представлен проект ВЭС типа ЦВЭИ Д-100 мощностью 5 МВт с высотой мачты 65 м и диаметром трёхлопастного ветроколеса 100 м. Такая станция имела свой аналог — как указывает В. Р. Секторов в статье [7], Балаклавская ВЭС была уменьшенной копией ЦВЭИ Д-100. Ранее этот же институт разработал проект ВЭС ЦВЭИ Д-50 мощностью 1 МВт для электрификации местности в районе горного массива Хибины Кольского полуострова и ирригации территории Заволжья.

Второй участник конкурса — Украинский институт промышленной энергетики (город Харьков) — представил проект ВЭС мощностью 4,5 МВт с высотой мачты 150 м и четырёхлопастным ветроколесом.

Победителем конкурса в 1933 году стал эскизный проект «Икар» далёкого от ветроэнергетики Проектного бюро №14 угольной промышленности, авторами которого являлись Ю. В. Кондратюк (1897–1941) и П. К. Горчаков.

Проект ВЭС-2-Д-60 предусматривал строительство железобетонной башни высотой 165 м, сооружаемой методом скользящей опалубки, с тросами растяжки (конструктором этой и будущей Останкинской телевизионной башни стал Н. В. Никитин). На башне одно под другим располагались два трёхлопастных ветроколеса диаметром 60 м и мощностью 5 МВт каждый. Разворот ВЭУ «на ветер» производился всем стволом с опорой на гидравлический подпятник фундамента основания. Между рабочими колёсами и генераторами были предусмотрены гидравлические мультипликаторы для повышения числа оборотов с 20 до 600 мин$^{-1}$. Расчётные параметры, описание конструкции ВЭС приведено в статье [9].

А. Г. Уфимцев



Ю. В. Кондратюк

Е. М. Фатеев

Проект ВЭС-2-Д-60 («Икар») предусматривал строительство методом скользящей опалубки железобетонной башни (высотой 165 м) с тросами растяжки

При решении вопроса о победителе конкурса большое значение имела поддержка конструкции Ю. В. Кондратюка ведущим экспертом СССР по ветроэнергетики В. П. Ветчинкиным.

В 1936 году в Крыму в 4 км от горы Ай-Петри был построен железобетонный фундамент ВЭУ глубиной 5 м. Работа над проектом ВЭС-2-Д-60 продолжалась до апреля 1938 года, когда было принято решение о разработке и изготовлении уменьшенной модели ВЭС-2-Д-20 мощностью 100 кВт с двумя ветроколесами диаметром по 20 м. ВЭС-2-Д-20 была изготовлена в 1941 году на Перовском механическом заводе (Москва), однако начало войны и гибель на ней Ю. В. Кондратюка прекратили дальнейшее развитие этого проекта. Фундамент и мачта ВЭС-2-Д-20 высотой 60 м была смонтирована у платформы Перловка на экспериментальной базе Проектно-экспериментальной конторы треста «Теплоэлектропроект», разработавший рабочий проект ВЭС в Крыму.

Эскизный проект «Икар». 1933 год

Ветроустановки ВНИИ механизации сельского хозяйства (ВИМЭ)

После ликвидации ЦВЭИ развитие его идей и конструкций в СССР осуществлялось в основном в ВНИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМЭ), куда в 1936 году был назначен руководителем лаборатории ветроэнергетики Ефим Михайлович Фатеев (1890–1965), работавший в 1925–1930 годах инженером в ЦАГИ, а в 1930–1932-х — в ЦВЭИ. Под его руководством, с учётом опыта эксплуатации в арктических условиях, в 1930-е годы была создана ветроустановка ЦВЭИ-ВИМЭ Д-12, мощностью 10 кВт, а после войны совместно с В. И. Сидоровым — ветроустановка ВИМЭ Д-18 с вертикальной трансмиссией, мощностью 28 л.с. (20,6 кВт) при скорости ветра 8 м/с, показавшая хорошие эксплуатационные показатели, как в арктических условиях, так и при использовании в сельском хозяйстве [10].

После завершения войны в 1945 году в ВИМЭ были разработаны новые конструкции ветроустановок типа Д-8, Д-10, Д-12. ВИМЭ (а с 1957 года — ВИЭСХ) имел опытный завод в Москве, испытательный полигон в Армавире был основным разработчиком зарядных ВЭУ малой мощности. Данным НИИ в 1938 году были созданы зарядные ветроустановки ВИМЭ Д-3 мощностью 300 Вт и ВИМЭ Д-5 мощностью 2 кВт с регулируемыми лопастями. Аналогичные ВЭУ Д-3 мощностью 1 кВт разрабатывал и производил Всесоюзный институт сельскохозяйственного машиностроения в Москве (ВИСХОМ).

В табл. 1 представлены данные об основных разработчиках ветроэлектрических установок в СССР.

В 1946 году был разработан ветродвигатель ВИМЭ Д-18 ГУСМП с трёхлопастным рабочим колесом со стабилизатором регулирования с вертикальной трансмиссией, и на его основе была создана ВЭУ с синхронным генератором мощностью 25 кВт и генератором постоянного тока мощностью 40 кВт.

Основные институты — разработчики ветроэнергетики СССР с 1920 по 1991 годы табл. 1

Годы	Институты-разработчики	Марки серийных ветродвигателей, ветроустановок, ветроэлектростанций
1920–1930	Центральный аэрогидродинамический институт им. профессора Н.Е. Жуковского (ЦАГИ, г. Москва)	ВЭУ: Д-14 (Баку), Д-30 (Балаклава), Курская ВЭУ. Ветродвигатели: ТВ-5; ТВ-8
1930–1935	Центральный ветроэнергетический институт (ЦВЭИ, г. Москва)	ВЭУ: ЦВЭИ Д-8, ЗЦВЭИ Д-12, ЦВЭИ Д-30, ЦВЭИ Д-50, ЦВЭИ Д-100
1932–1941	Украинский институт промышленной энергетики (г. Харьков)	Крымская ВЭС: ВЭС-2-Д-60
1935–1945	Всесоюзный институт сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ, г. Москва)	ВЭУ: ВИСХОМ Д-3
1935–1967	Всесоюзный институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМЭ, г. Москва, с 1957 г. ВИЭСХ)	ВЭУ: ЗЦВЭИ-ВИМЭ Д-12, ВИМЭ Д-18
1954–1975	Истринский филиал ВНИИ электромеханики (ВНИИЭМ, Московская область)	ВЭУ: Д-18-СУ-3
1975–1991	НПО «Ветроэн» (г. Истра Московской области)	ВЭУ: АВЭУ-6-4, АВЭС-16, АВЭС-100, АВЭС-250

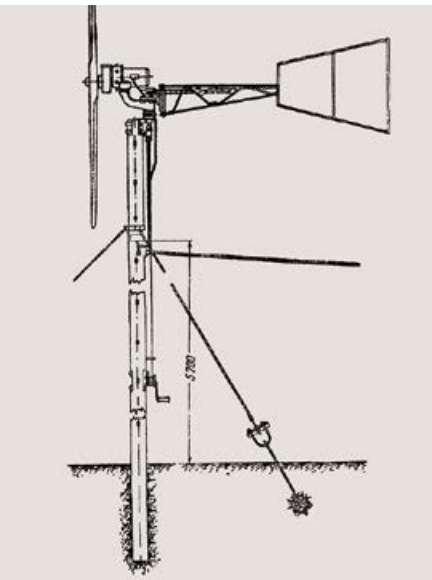
Всесоюзный институт сельскохозяйственного машиностроения

Научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горячкина (ВИСХОМ) был создан в 1928 году. В нём был разработан ряд ветроэлектрических установок малой мощности, в том числе ВИСХОМ Д-3,5 и Д-3, причём последняя изготавливалась из менее дефицитных материалов и обеспечивала возможность массового выпуска [11]. ВЭУ комплектовалась генератором постоянного тока (1 кВт).

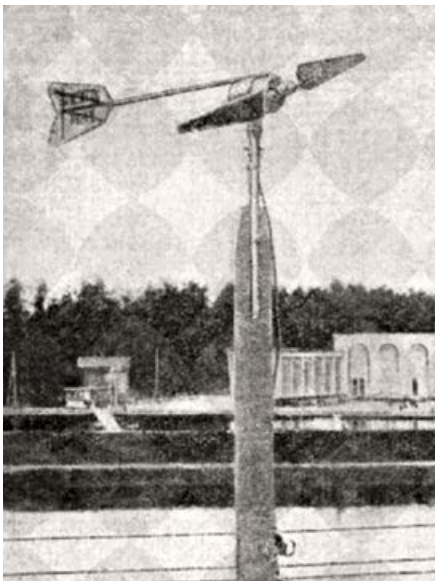
В.В. Уткин-Егоров

И.Д. Папанин

В.И. Сидоров



Ветроустановка ВИСХОМ Д-3,5



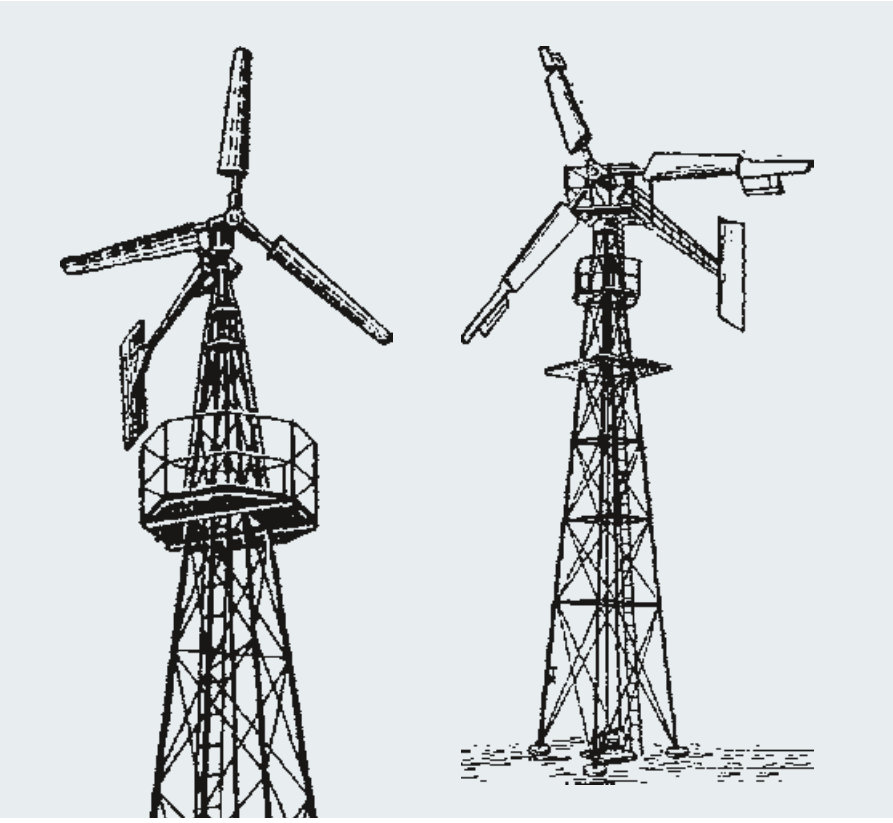
Ветроустановка ВИСХОМ РД-1,5

В 1940 году была разработана ветроэлектрическая установка ВИСХОМ РД-1,5, отличавшаяся простотой конструкции. ВЭУ имела центробежный регулятор частоты вращения ветроколеса. В 1941-м по заданию Главного управления Северного морского пути (ГУ СМП) для электроснабжения арктической автоматической радиометеостанции была разработана ветроустановка с прямым приводом магнитоэлектрического многополюсного генератора от ветроколеса ВИСХОМ УД-1,9 с центробежным регулятором, который мог работать в широком диапазоне ветров вплоть до 50 м/с. Автором разработки был В.В. Уткин-Егоров [10].

Арктический опыт эксплуатации ВЭУ

После сельскохозяйственных объектов вторым по объёмам применения рынком ветроэлектроустановок в СССР были полярные станции СМП в Арктике. Инициатором их массового применения был советский исследователь Арктики, начальник Главсевморпути И.Д. Папанин. Внедрением и обслуживанием ВЭУ руководил Владимир Иосифович Сидоров, который с 1934 года занимался эксплуатацией арктических ВЭУ, а на полярной станции на острове Новая Земля в 1936-м проводил эксперименты по получению водорода методом электролиза на ВЭУ и работе на нём поршневой электростанции взамен бензина (в течение часа).

В его книге [5] представлен анализ результатов эксплуатации ветроэлектроустановок на станциях СМП с 1932 по 1945 годы. После войны там работали 49 ветроэлектроустановок, в том числе 17 ВЭУ Д-12 мощностью по 15 кВт, 22 ВЭУ Д-5 мощностью по 2,6 кВт и десять ВЭУ ВИСХОМ Д-3 мощностью по 1 кВт каждая. При этом ВЭУ Д-12 работали по 12 лет, а ВЭУ типа ВИСХОМ УД-1,9 мощностью 100 Вт для электропитания радиостанций функционировали без обслуживания по 20 месяцев.



Ветроэлектрические установки Д-5 и Д-12, работавшие в арктических условиях СМП [10]

Иллюстрация: [10]

Срок окупаемости ВЭУ составлял от четырёх до пяти лет. С 1932 по 1940 годы за счёт эксплуатации ВЭУ количество завозимого топлива уменьшилось в три раза. Интерес представляют рекомендации по устройству фундаментов, борьбе с инееобразованием и прочее. Приведена десятилетняя статистика отказов и экономических показателей эксплуатации ВЭУ.

Практика арктической эксплуатации показала следующую конфигурацию энергоустановки: ВЭУ мощностью 15 кВт, резервная дизельная электростанция, ёмкость электрических аккумуляторов выбиралась из расчёта времени запуска резервной дизельной электростанции.

В 1946 году на полярных станциях СМП были установлены ВЭУ ВИМЭ Д-18 с синхронным генератором (40 кВт) и вертикальной трансмиссией. Был сделан вывод, что для бесперебойной надёжной работы ветроустановок любой мощности требуется грамотное техническое обслуживание, что весьма актуально и в наши дни. В. И. Сидоров в 1947 году на научно-технической конференции доложил результаты создания и многолетней эксплуатации ветроводородной системы в арктических условиях.

Истринский филиал ВНИИ электромеханики

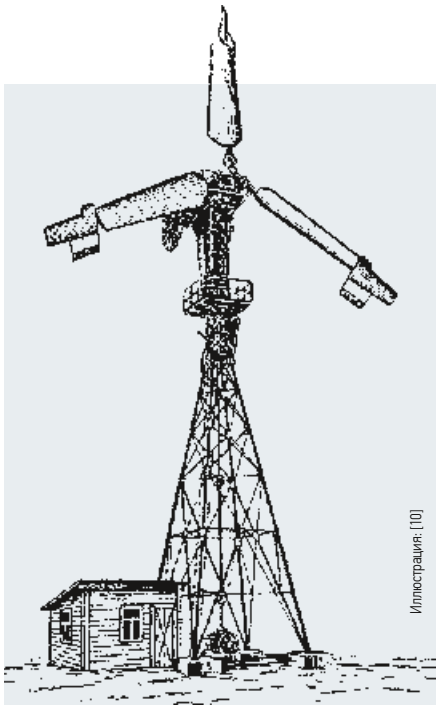
В 1948 году в составе СМП под руководством В. И. Сидорова была организована Научно-исследовательская лаборатория (НИЛ), а в 1949-м на её базе Постановлением Правительства СССР в городе Истра Московской области, также под руководством В. И. Сидорова, была создана Центральная научно-исследовательская лаборатория по ветродвигателям и ветроустановкам (ЦНИЛВ) с подчинением союзному Министерству тракторного и сельскохозяйственного машиностроения.

В 1949-м в Истре была построена ветроэлектрическая установка мощностью 50 кВт с полным циклом получения водорода по новой технологии электролиза воды. Дальнейшее развитие водородной энергетики В. И. Сидоров связывал со строительством пятимегаваттных ВЭУ конструкции Ю. Н. Кондратюка.

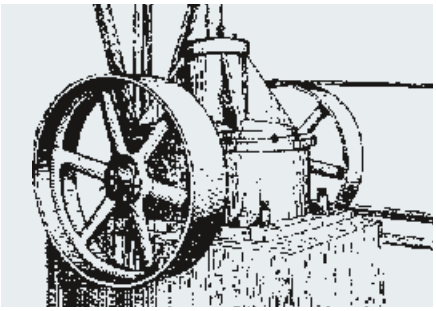
В 1954 году научно-исследовательская лаборатория во главе с В. И. Сидоровым была преобразована в Истринский филиал ВНИИ электромеханики (ИФ ВНИИЭМ), в котором было создано конструкторское бюро и опытное производство.

В 1957 году ИФ ВНИИЭМ построил в совхозе «Авангард» Целиноградской области Казахской ССР ветродизельную электростанцию мощностью 400 кВт. Она состояла из 12-ти трёхлопастных ветроэлектрических установок типа Д-18-СУ-3, с соосным расположением генераторов постоянного тока и лопастей, единичной мощностью по 40 кВт, которые были установлены на расстоянии 200–260 м друг от друга. Ветроэлектрические установки работали совместно с двумя дизель-генераторами мощностью по 200 кВт каждый. Их совмещение обеспечивалось преобразователями постоянного тока. Данная ВДЭС успешно работала семь лет — с 1957 по 1964 годы. В отдельные месяцы выработка ВЭУ достигала 55 % [10, 11].

В Истринском филиале ВНИИЭМ под руководством лауреата Государственной премии В. И. Сидорова велись работы по созданию серии новых ветроэнергетических установок мощностью от 1 до 30 кВт вплоть до 1975 года.



ВЭУ ВИМЭ Д-18 [10]

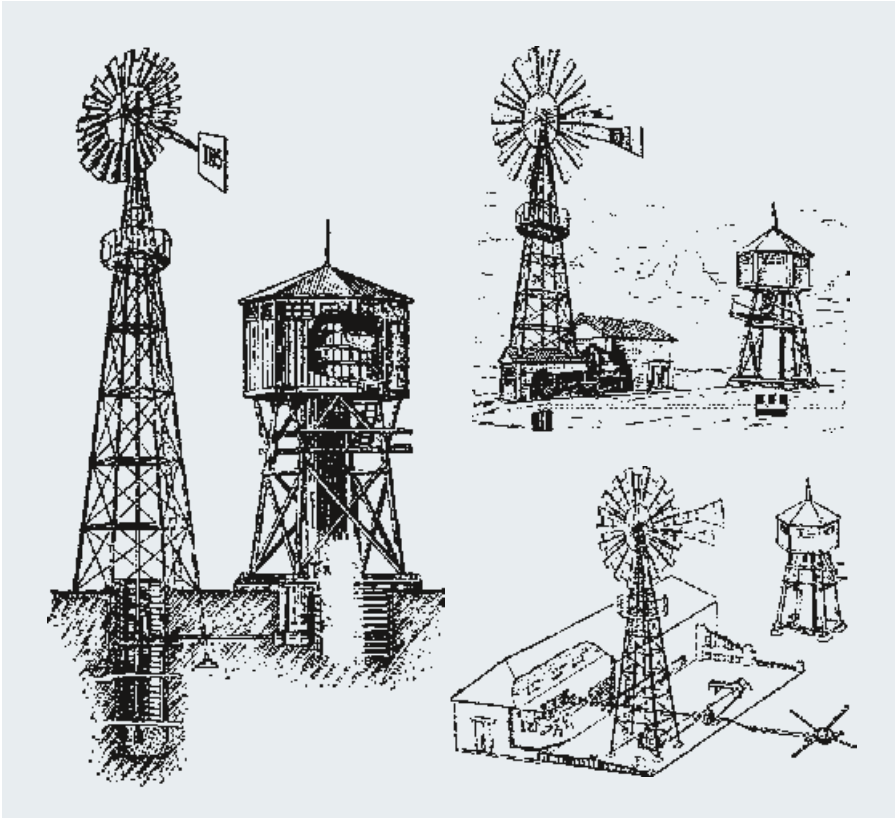


Редуктор ВЭУ ВИМЭ Д-18 [10]

Объединение «Ветроэн»

В конце 1950-х годов в СССР научные и конструкторские работы продолжались в ЦАГИ, ВИМЭ (с 1957 года — ВИЭСХ), ВИСХОМ и ВНИИЭМ. Ветроустановки производились 44-я заводами, а максимальное их количество (9142 шт.) было выпущено в 1955 году.

В 1956 году в стране работали 3000 шт. тихоходных зарядных ВЭУ (ВЭ-2) мощностью по 100 Вт. В регионах, например, в Краснодарском крае ветроустановки ТВ-8 обеспечивали до 30 % энергопотребления животноводства.



Применение тихоходных ВЭУ ТВ-5 и ТВ-8 в сельском хозяйстве: водоснабжение, полив, обмолачивание, помол, работа кормоцеха и поилок для скота [10]

В 1950-е годы, в связи с массовой электрификацией колхозов и совхозов вследствие их подключения к расширяющейся системе централизованного электроснабжения, началось сворачивание ветроэнергетики. В стране остались практически только две-три организации разработчиков ветродвигателей и ветроэлектроустановок: ЦАГИ, ВИЭСХ в Москве и ВНИИЭМ в городе Истра. Эти организации в 1960–1970-х годах разработали для сельского хозяйства более пяти новых ветряных водоподъёмных установок [11].

В 1975 году, на базе коллектива отдела ветроэнергетики Истринского филиала ВНИИ электромеханики, В.И. Сидоровым было организовано НПО «Ветроэн» Министерства водного хозяйства СССР, в задачи которого входили: научные и конструкторские разработки, выполнение проектов привязки ВЭУ, их серийное производство, обслуживание и ремонт. По существу, это было единственное в советском государстве предприятие полного цикла изготовления оборудования для ветроэнергетики. Производство ВЭУ было организовано в ряде филиалов НПО «Ветроэн»: в городах Астрахани и Уфе, а также в Киргизской ССР (город Фрунзе) и в Казахской ССР (город Караганда).

Самой работоспособной конструкцией ветродвигателя НПО была АВЭУ-6-4 мощностью 4 кВт, разработанная к.т.н. В.Е. Федотовым в Истринском филиале ВНИИЭМ и представленная на государственные испытания в 1970 году. Она имела рабочее колесо с двумя лопастями диаметром 6 м. Высота опорной мачты — 9 м, диапазон рабочих скоростей ветра — 5–40 м/с, виндрозный механизм разворачивал двигатель «на ветер». Главное достоинство этого агрегата — надёжность и устойчивость в работе, высокое качество работы центробежно-аэродинамического регулятора частоты вращения ветроколеса.

Длительные испытания АВЭУ-6-4 на Мархотской испытательной базе НПО (посёлок Кабардинка, город Геленджик) показали, что при скорости ветра 40 м/с частота тока генератора чётко ограничивается верхним пределом частоты 52,5 Гц [11]. В 1972 году производство данных ВЭУ было начато на заводе «Тяжэлектромаш» в городе Фрунзе, а с 1977-го — на заводе «Ветроэнергомаш» (город Астрахань). В 1980-е годы на этом заводе ежегодно производились до 500 таких ВЭУ. В 1990 году в РСФСР только в сельском хозяйстве эксплуатировались 2000 АВЭУ-6-4.

Положительный пятилетний опыт эксплуатации этих агрегатов был накоплен на Новолазаревской антарктической станции при температурах до –50 °С и скорости ветра до 40 м/ч. В 1981–1985 годах там работали на обогрев помещений четыре агрегата, а с 1986 года — шесть, каждый из которых в год замещал четыре тонны дизельного топлива. Наибольшее количество АВЭУ-6-4 — 26 шт. на одном объекте (рыбзавод) — было установлено в 1980-х годах на острове Сааремаа в Эстонии, они обеспечивали подогрев воды. Новое, некомпетентное руководство НПО «Ветроэн» додумалось объединить большинство этих ветроэлектроустановок в параллельную работу, в результате чего большинство из них довольно быстро вышло из строя. Этим было серьёзно подорвано доверие к малой ветроэнергетике.

Ветроустановка АВЭУ-6-4

НПО «Ветроэн» также серийно производило зарядные ветроустановки мощностью 100–250 Вт и водоподъёмные установки механического типа производительностью до 1 м³/ч.

Удачными конструкциями отличались ВЭУ Рыбинского завода приборостроения с приводом электродизельной опреснительной установки УВЭО-0,5 со среднесуточной производительностью 4 м³, а также двухлопастная ВЭУ «Шексна-0,5» мощностью 500 Вт.

В 1990-е годы главным конструктором НПО «Ветроэн» Л.И. Терентьевым были разработаны перспективные модели ВЭУ АВЭУ-16, АВЭС-100, АВЭС-250. Двухлопастная ветроустановка АВЭУ-16 (16 кВт) предназначалась к производству на заводе в городе Уфе, однако производство так и не было начато. АВЭС-100 мощностью 100 кВт была разработана для автономного режима работы, а АВЭС-250 мощностью 250 кВт — для параллельной работы с энергосистемой. В этих установках применялось ветроколесо с тремя стеклопластиковыми лопастями, гидравлический привод разворота лопастей, устройство автоматической раскрутки кабеля. В 1992 году производство АВЭС-250 было начато в НПО «Южное» (город Днепропетровск, Украина).

На Воркутинской ВЭС (на водозаборе в 32 км от города Воркуты) в экспериментальном режиме с 1995 по 2006 годы работали пять из шести установленных АВЭС-250.

В сооружении и эксплуатации в первые годы Воркутинской и Анадырской ветроэлектростанций определяющую роль сыграли руководитель «Ветроэна» тех лет Юрий Иванович Новак и главный инженер Василий Яковлевич Шеин. Следует отметить очень сильный в те годы коллектив научно-исследовательского и проектного института «ПечорНИИпроект» (город Воркута), специалисты которого в содружестве с Северным отделением НИИ оснований и подземных сооружении им. Н.М. Герсеванова (СОНИИОПС, Воркутинский филиал бывшего Всесоюзного института мерзлотоведения) разработали и запатентовали уникальную конструкцию сборного железобетонного «надземного» фундамента ВЭУ для вечномёрзлых грунтов. Конструкция этого фундамента была применена и на Анадырской ВЭС.

Фото: wikimapia.org

Воркутинская (Заполярная) ВЭС в наши дни

Фото: пользователь Promturist, drive2.ru

Анадырская ВЭС на мысе Обсервация, Чукотский АО

В 2001 году на мысе Обсервация Чукотского автономного округа НПО «Ветроэн» совместно с ГКБ «Южное» (город Днепропетровск) была построена Анадырская ВЭС мощностью 2,5 МВт, на которой были установлены десять ветроагрегатов АВЭ-250 СМ в северном исполнении, произведённые ГКБ «Южное». На первом этапе до 2002 года ВЭС работала параллельно с ДЭС посёлков Шахтёрский и Угольные Копи. Были опробованы режимы поагрегатной остановки двигателей ДЭС до полного замещения при порывах ветра до 40 м/с и температуре воздуха до –40 °С [12].

В 2002 году данная ВЭС была переключена на совместную работу с Анадырской ТЭЦ мощностью 10 МВт. В 2016–2018 годах шесть агрегатов АВЭ-250 СМ заменили на шесть датских установок Micon-530 единичной мощностью по 250 кВт, а также была выполнена модернизация четырёх АВЭ-250 СМ.

К середине 1980-х годов относится наиболее серьёзная попытка возродить на новом техническом уровне ветроэнергетику Советского Союза, предпринятая Бюро Совета Министров СССР по топливно-энергетическому комплексу. Результатом сложнейшей аналитической, согласовательной и организационной работы учёных, сотрудников министерств, комитетов и бюро по ТЭК явилось Постановление Совета Министров СССР от 17 сентября 1987 года №1052 «Об ускоренном развитии ветроэнергетической техники в 1989–1995 годах».

На одного из авторов этих строк были возложены обязанности «выпускающего» этого Постановления и контроль за его выполнением. Как единственный из оставшихся в живых свидетель «борьбы» за утверждение постановления, автор свидетельствует о решающей роли в продвижении Постановления председателя Бюро Совета Министров СССР по ТЭК, заместителя председателя СМ СССР Б. Е. Щербины. С его непосредственной помощью были преодолены основные трудности в согласовании документа на уровне Президиума Совмина СССР. Всего в Постановлении было задействовано девять министерств и комитетов, Академия наук СССР, пять союзных республик.

Нельзя не отметить комплексный характер постановления, в котором были предусмотрены государственные цели по выпуску ветроустановок, определена производственная база, предусмотрено соответствующее финансирование, названы конкретные исполнители, а также предусмотрены меры по преодолению существующих в то время организационных и экономических барьеров.

В соответствии с Постановлением на НПО «Ветроэн» Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР возлагались функции головной организации по созданию и внедрению в народное хозяйство автономных ветроэнергетических установок мощностью до 100 кВт, а на Министерство энергетики и электрификации СССР возлагались функции головного министерства по проектированию, строительству и эксплуатации ветроэлектрических станций мощностью более 100 кВт, предназначенных для работы в энергосистемах, а также разработка технических требований на оборудование таких станций.

В 1980-х годах имела место серьёзная попытка возродить на новом техническом уровне советскую ветроэнергетику — в 1987 году было принято Постановление Совета Министров СССР №1052 «Об ускоренном развитии ветроэнергетической техники в 1989–1995 годах»

К тому времени существовало небольшое производство автономных ВЭУ. В Постановлении было предусмотрено его масштабное расширение, а именно было предписано *«произвести ветроэлектрические установки единичной мощности до 100 кВт в 1988–1990 годах 14,3 тыс. комплектов общей мощностью 67 МВт, а в 1991–1995 годах — 43 тыс. комплектов общей мощностью 217 МВт»*.

Что касается «системных» ВЭУ, то на момент выпуска постановления не было серьёзных исследований по возможному размещению ВЭС, а также отсутствовали серьёзные работы по конструкции ВЭУ, отсутствовала и производственная база, то есть весь научный и производственный потенциал был фактически потерян.

Здесь следует сказать, что руководство НПО «Ветроэн» оказалось неспособным ни технически, ни организационно к выполнению планируемых к решению задач, хотя и выступало одним из инициаторов подготовки Постановления. Оно решило спрятаться за факт непоставки Минэлектротехпромом СССР генераторов мощностью 4, 8, 16 и 30 кВт и таким образом уйти от ответственности, фактически «угробив» порученное дело.

В Министерстве энергетики и электрификации СССР под руководством заместителя министра А. Ф. Дьякова были разработаны проекты системных ветроэнергетических установок единичной мощностью 250 и 1000 кВт и проект Калмыцкой ВЭС мощностью 22 МВт. В МКБ «Радуга» (город Дубна Московской области) под руководством академика РАН И. С. Селезнёва был разработан, изготовлен и впоследствии смонтирован на упомянутой выше Анадырской ВЭС первый агрегат мощностью 1000 кВт. Однако из-за недофинансирования довести до воплощения ветроустановку не удалось, и работы были прекращены на долгие годы.

Крымские ВЭС

Ветроэлектростанции на территории Республики Крым в составе Украины начали строиться в 1993 году. Первая Донузлавская ВЭС мощностью 6,78 МВт была построена в 1993-м в Сакском районе с 63-я ветроагрегатами USW-56-100, изготовленными в ГКБ «Южное» (город Днепропетровск, Украина) по лицензии фирмы Kenetech Windpower Inc. (США), единичной мощностью 107,5 кВт. Судакская ВЭС мощностью 3,76 МВт была построена в 2001-м и состояла из 36 агрегатов USW-56-100. В 1996 году ГКБ «Южное» по лицензии бельгийской фирмы Turbowind освоило производство ветроустановок единичной мощностью 600 кВт.

В 1996–2000 годах была построена Сакская ВЭС с Мироновскими и Воробьёвскими ветростанциями суммарной мощностью 20,82 МВт в составе 177 ветроустановок USW-56-100 и трёх Т600-48. На Тарханкутской ВЭС мощностью 22,45 МВт в 2001 году были установлены 127 ВЭУ USW-56-100 и шесть Т600-48. Восточно-Крымская ВЭС мощностью 2,81 МВт имеет 15 ВЭУ USW-56-100 и две Т600-48. На Пресноводненской ВЭС мощностью 7,39 МВт в 2009 году были установлены 52 ВЭУ USW-56-100 и три AN Bonus 600.

Фото: ru.wikipedia.org

Донузлавская ВЭС (Республика Крым) в 2008 году

Фото: ru.wikipedia.org

Мироновский участок Сакской ВЭС в Республике Крым

В 2014-м была построена самая мощная в то время в Крыму Останинская ВЭС мощностью 25 МВт с десятью ВЭУ WTU-2,5 немецкого концерна Fuhrländer единичной мощностью 2,5 МВт. Производство этих ветроэлектроустановок было локализовано в городе Краматорске Донецкой области Украины на ООО «Фурлендер Винд Технолоджи», с изготовлением башен, анкерных корзин, стеклопластиковых гондол.

Таким образом, на Крымских ВЭС в 1993–2005 годах было установлено 469 ВЭУ типа USW-56-100 общей мощностью 46,9 МВт. Из них в 2020 году отработали расчётный ресурс и в большей своей части требуют замены 402 ВЭУ. Из 11 ВЭУ типа Т600-48 общей мощностью 6,6 МВт отработали расчётный ресурс девять ВЭУ.

Сетевая ветроэлектростанция в Калининградской области

Первая сетевая ветроэлектростанция в современной РФ — Куликовская ВЭС — была построена по инициативе и при активном участии на всех этапах тогдашнего генерального директора АО «Янтарьэнерго» (город Калининград) Бориса Семеновича Затопляева (1937 г.р.) [13]. В 1998–2000 годах около посёлка Куликово Калининградской области были установлены 20 агрегатов V27-225 датской фирмы Vestas единичной мощностью по 225 кВт каждая, проработавшие ранее в Дании семь лет, и один новый агрегат той же фирмы мощностью 600 кВт. Максимальная выработка ВЭС была достигнута в 2003-м — 6,604 млн кВт·ч, при этом коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) составил 16,2 %. В настоящее время 20 ветроагрегатов V27-225 демонтированы, семь из них после реновации найдут «третью жизнь». Ветроустановка же мощностью 600 кВт находится в рабочем состоянии, но не эксплуатируется. Земля, занимаемая ранее 20-ю ветроустановками Куликовской ВЭС, ныне рекультивирована. Получен опыт демонтажа оборудования устаревшей ВЭС, который не хотелось бы использовать в ближайшие 20–25 лет.

В 2018 году взамен устаревшей Куликовской ВЭС вблизи посёлка Ушаково Гурьевского района Калининградской области была построена Ушаковская ВЭС мощностью 6,9 МВт, с тремя агрегатами немецкой фирмы Enercon E70/2300, а так как она строилась взамен Куликовской, то её мощность в настоящее время ограничена до 5,1 МВт.

Российская сетевая ветроэнергетика

Опыт создания ЦАГИ в 1931 году первой в СССР и самой мощной (до 1940-го) сетевой Балаклавской ВЭС мощностью 100 кВт не получил дальнейшего развития в последующие годы. Разработанные НПО «Ветроэн» и изготовленные КБ «Южмаш» сетевые ветроагрегаты АВЭ-250 СМ с 1995 по 2000 годы были установлены на Воркутинской ВЭС мощностью 1,5 МВт и на Анадырской ВЭС мощностью 2,5 МВт.

Ветроагрегаты Куликовской ВЭС в 2015 году

В Крыму с 1993 по 2005 годы были построены девять сетевых ветростанций, на которых установили 469 ветроагрегата USW-56-100 общей мощностью 46,9 МВт, 11 установок Т600-48 общей мощностью 6,6 МВт, три агрегата AN Bonus 600 KW общей мощностью 1,8 МВт, а также десять ветроагрегатов WTU-2,5 общей мощностью 25 МВт.

Современный российский рынок ветроэнергетики был создан после принятия Постановления Правительства РФ от 23 января 2015 года №47-ПП, которое обеспечивает субсидирование сооружение ВЭС мощностью свыше 5 МВт.

Инвесторы таких электростанций получают долгосрочные договоры о предоставлении мощности (ДПМ) на российском оптовом рынке после отбора их проектов на конкурсной основе. В отличие от европейских тендерных условий, данная схема предлагает победителям плату за мощность в мегаваттах и выработку электроэнергии в МВт·ч.

В соответствии с условиями ДПМ потребители оптового рынка обязаны в течение 15 лет (срок действия договоров) выплачивать регулируемые вознаграждения за отпущенную ВЭС электроэнергию по льготным тарифам.

Такие конкурсы проводятся регулирующим органом — Администратором торговой системы (АТС) — ежегодно при участии Совета рынка и «СО ЕЭС». В первом туре проекты отбираются по двум критериям: максимально допустимые капитальные затраты на 1 кВт и по требованиям локализации. В 2020 году максимально допустимые капитальные затраты ВЭС составляли 109 451 руб. за 1 кВт. На 2020 год степень локализации была установлена в 65%. Постановление №47-ПП обязывает региональные сетевые компании закупать электроэнергию, произведённую ВЭС, для компенсации до 5% прогнозируемых потерь в электросетях. Во втором туре отбор производится по минимальным капитальным затратам на реализацию проекта.

Фото: АО «Янтарьэнерго», yantarenergo.ru

Ушаковская ВЭС около посёлка Ушаково, Калининградская область

Победившая организация получает гарантии стабильной рентабельности 12% и выгодные тарифы на электроэнергию, но обязана завершить строительство ВЭС и обеспечить выполнение требований по локализации производства их оборудования. Ветроэлектрическая станция должна иметь коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) в течение года не менее 0,15.

В России в настоящее время самой крупной организацией по сооружению ВЭС является Фонд развития ветроэнергетики (ФРВ) на основе редукторных конструкций ВЭС фирмы Vestas (Дания), созданный УК «Роснано» и ПАО «Фортум», с программой строительства до 2024 года ВЭС суммарной мощностью 1,8 ГВт.

ФРВ в 2019 году развернул производство с годовой программой 300 МВт в год (в том числе гондол — в городе Нижний Новгород), включая 300, а в перспективе и 500 лопастей — в городе Ульяновске, башен — в городе Таганроге. Вторым по масштабам строительству ВЭС является АО «НовоВинд» (ГК «Росатом»), создавшее совместное предприятие RedWind B.V. — 51% Windar Renovables (Испания), 24,5% ГК «Роснано» и 24,5% ПАО «Северсталь», на основе безредукторной ВЭУ по лицензии фирмы Lagenway (Дания), с программой строительства до 2024 года ВЭУ суммарной мощностью 1 ГВт.

АО «НовоВинд» в 2020 году развернуло производство с годовой программой до 300 МВт в год, в том числе генераторов, кожухов, гондолы, ступиц и обтекателей на заводе «Атоммаш» и башен на заводе «Ветростройдеталь» в городе Волгодонске. Третьим игроком на российском рынке ветроэнергетики является партнёрство ПАО «ЭНЕЛ Россия» и фирмы «Сименс Гамеса Реньюэбл Энерджи», на основе редукторных ВЭС Siemens Gamesa, с программой строительства до 2024 года ВЭС суммарной мощностью 0,3 ГВт с годовой программой 300 МВт и производством в Санкт-Петербурге.

В табл. 2 представлены основные характеристики современных сетевых ВЭС.

Современные российские сетевые ВЭС табл. 2

Название, адрес	Установленная мощность, МВт	Год ввода в экспл.	Оборудование	Собственник
«Ульяновск-1» (с. Красный Яр, Чердаклинский район, Ульяновская область)	35	2018	DongFang Electric Co. DF 2,5 MW (КНР) [2,5 МВт, 14 шт.]	ПАО «Фортум»
«Ушаковская» (пос. Ушаково, Гурьевский район, Калининградская область)	5,1 (6,9)	2018	Enercon E70/2300 [2,3 МВт, 3 шт.]	АО «Янтарь энерго»
«Ульяновск-2» (с/п Октябрьский, Чердаклинский район, Ульяновская область)	50	2019	Vestas (Дания) [3,6 МВт, 14 шт.]	ПАО «Фортум»
«Адыгейская» (Шовгеновский и Гиагинский районы, Республика Адыгея)	150	2020	Lagerwey L 100-2,5 [2,5 МВт, 60 шт.]	АО «НовоВинд»
«Сулинская» (Красносулинский район, Ростовская область)	100	2020	Vestas V126-3.45 MW (Дания) [3,8 МВт, 26 шт.]	ООО «Второй ветропарк ФРВ»
«Гуковская» (Ростовская область)	100	2020	Vestas V126-3.45 MW (Дания) [3,8 МВт, 26 шт.]	ООО «Второй ветропарк ФРВ»
«Каменская» (Каменский район, Ростовская область)	100	2020	Vestas V126-3.45 MW (Дания) [3,8 МВт, 26 шт.]	ООО «Второй ветропарк ФРВ»
«Юстинская» (Республика Калмыкия)	15	2020	600 кВт, 25 шт.	ВЭС «Бриз»

Ветродизельные электростанции

Как было указано выше, в СССР имелись апробированные многолетней эксплуатацией примеры реализации ВДЭС. В 1930-е годы на полярных арктических станциях работали ВДЭС в составе ветродвигателя Д-12 с электрогенератором мощностью 15 кВт, дизель-генератором той же мощности, электрическими аккумуляторами, а с 1947 года — с ветродвигателями Д-18 мощностью 25 кВт.

В 1949 году на днепровском острове Хортица (Украинская ССР) на базе ветродвигателя Д-18 мощностью 25 кВт с вертикальной трансмиссией была построена ВДЭС с синхронным генератором и дизель-генератором той же мощности. В 1956 году в Акмолинской области Казахской ССР на базе ветродвигателя Д-18-СХ-3 с электрогенератором на одной оси с ветроколесом была построена ВЭУ мощностью 50 кВт. В 1957 году также в Казахстане с 12-ю такими же ветроагрегатами общей мощностью 400 кВт была построена ВДЭС с двумя дизель-генераторами мощностью по 200 кВт [11].

Фото: ru.wikipedia.org

Ветродизельный комплекс в посёлке Усть-Камчатское, Камчатский край

Доля (замещения) ВЭС в 2018 году — 7,24 %, а годовая экономия топлива достигла 363 т.н.т. (18 млн руб.). За период с 2015 год по первый квартал 2019 года выработка ДЭС составила 14 510 тыс. кВт·ч; выработка ВЭУ — 1562 тыс. кВт·ч; доля замещения ВЭУ — 10,8 %; экономия топлива — 344 т.н.т. стоимостью 14 млн руб.

Фото: Евгений Бушков, ebushkov.blogspot.com

Старая часть села Никольское на острове Беринга, Камчатский край

В 1996 году в селе Никольское на острове Беринга (Командорские острова, Алеутский район Камчатского края) были установлены две ВЭУ Micon M 600-250/50 (Дания) мощностью по 250 кВт [14]. После их выхода из строя в 2013 году там же смонтировали две ВЭУ Vergnet GEV-MP-C мощностью по 275 кВт каждая, а для сглаживания нагрузок были установлены электробойлеры и АСУ для совместной работы ВЭУ и ДЭС Danvest.

В 2019 году в работе были две ВЭУ типа Vergnet суммарной установленной мощностью 550 кВт, а также ДЭС мощностью 292 кВт. По данным собственника ВДЭС ПАО «Передвижная энергетика», доля замещения ВЭУ в 2018 году составила 14 %, а годовая экономия топлива — 111 т.н.т. стоимостью 5,2 млн руб. За период с 2015 года по первый квартал 2019-го при установленной мощности 550 кВт выработка ДЭС составила 14 510 тыс. кВт·ч; выработка ВЭС — 1560 тыс. кВт·ч; доля замещения ВЭУ — 10,8 %; экономия топлива — 344 т.н.т. стоимостью 14 млн руб. [15].

В табл. 3 представлены характеристики современных российских ветродизельных электростанций (ВДЭС).

Наибольший российский опыт эксплуатации ВДЭС в северных условиях имеется на Камчатке.

В 2014 году в посёлке Усть-Камчатское Камчатского края ПАО «Передвижная энергетика» была установлена ветроэлектрическая установка Vergnet GEV-MP-C (Франция) мощностью 275 кВт, которая за 2018 год выработала 129 430 кВт·ч. В 2016-м там же по заказу правительства Камчатского края смонтировали три ВЭУ фирмы Komaihaltek (Япония) мощностью по 300 кВт, которые за 2018 год выработали 1 516 820 кВт·ч электроэнергии. Суммарная мощность Усть-Камчатской ВЭС составляет 1175 кВт.

Современные российские ветродизельные электростанции (ВДЭС) — табл. 3

Название, адрес	Установленная мощность, МВт	Год ввода в экспл.	Оборудование	Собственник
«Никольская» (с. Никольское, о-в Беринга, Алеутский район Камчатского края)	0,55	1996/2013	Vergnet (Франция) [275 кВт, 2 шт.], ДЭС — 292 кВт, АСУ ВДЭС — Danvest	АО «Южные электрические сети Камчатки»
«Усть-Камчатская» (пос. Усть-Камчатский, Камчатский край)	1,175	2013–2015	Vergnet (Франция) [275 кВт, 1 шт.], Komaihaltek 300 [300 кВт, 3 шт.]	АО «Южные электрические сети Камчатки»
«Октябрьская» (пос. Октябрьский, Усть-Большерецкий район, Камчатский край)	3,3	2008–2014	0,3 МВт [1 шт.], 2,4 МВт [0,6 МВт, 4 шт.], Nicon-400 по 400 кВт	АО «Камчатские электрические сети им. И.А. Пискунова»
«Новиковская» (с. Новиковское, о. Кунашир, Сахалинская область)	0,45	2015	ВЭУ — 225 кВт (2 шт.)	ПАО «Передвижная энергетика»
«Амдерма» (пос. Амдерма, Ненецкий АО), ДЭС — 460 кВт	0,2	2016	Vetrox Arctic CE-5050 компании Ghrepower (КНР) [50 кВт, 4 шт.]	Департамент ЖКХ МО «Поселок Амдерма»
«Тикси» [пос. Тикси, Республика Саха (Якутия)], ВЭС — 3 МВт	0,9	2018	Komaihaltek [0,3 МВт, 3 шт.], 3 дизель-генератора мощностью 3 МВт	ПАО «Передвижная энергетика»

По данным опыта эксплуатации ВДЭС АО «Южные электрические сети Камчатки» в селе Никольское и в посёлке Усть-Камчатск, выявлены следующие проблемы ВЭУ фирмы Vergnet: запуск в работу при температуре воздуха ниже –17 °С невозможен; регулярный самопроизвольный переход в режим тестирования с последующим срабатыванием защиты с отключением агрегата; неоднократный выход из строя датчиков ветровой турбины; необходимость постоянного контроля вертикальности опор ВЭУ; регулярные сбои системы удалённого доступа ВДЭС; внеочередная замена программного обеспечения ВЭУ (в 2015 году).

Для ВЭУ фирмы Komaihaltek указаны следующие проблемы: разгерметизация гидравлики одного агрегата (износ манжеты масляного фильтра); периодическая остановка ВЭУ из-за загрязнения тормозного диска поворота гондолы вулканической пылью; регулярные сбои системы удалённого доступа ВДЭС [14].

Одной из первых современных ветродизельных электростанций, возведённых на вечной мерзлоте в Арктике, является ВДЭС в посёлке Амдерма (Заполярный район Ненецкого автономного округа, побережье Карского моря), построенная в 2017 году [16]. Численность населения посёлка около 350 человек; среднегодовая / максимальная скорости ветра — 8/42 м/с; зимняя температура до –42 °С; обледенения, интенсивная метель/пурга.

Научно-техническое сопровождение проектирования объекта было выполнено коллективом НОЦ ВИЭ СПбПУ (директор В. В. Елистратов), проектирование и авторский надзор — компания «ВТР Инжиниринг» (директор М. А. Конищев). При реконструкции существующей ДЭС и её интеграции с ВЭУ была создана ВДЭС: три ранжированных по мощности ДЭС (в сумме 600 кВт) и четыре ВЭУ по 50 кВт с мачтами высотой по 26 м, китайского производства, адаптированные под местные климатические и логистические условия. В проекте была применена оригинальная модульная конструкция фундамента для вечной мерзлоты и система самоподъёма ВЭУ без применения крана.

Внедрение ВЭУ позволило снизить: годовой расход электроэнергии на собственные нужды — с 510 тыс. до 160 тыс. кВт·ч (более чем в три раза); годовой расход дизельного топлива — с 719 тыс. до 416 тыс. л (на 40 %), то есть на 303 тыс. л в год (экономия — 12,5 млн руб. в год); объёмы выбросов углекислого газа — на 600 тонн, отсюда доход за счёт снижения экономически обоснованного тарифа составил 45 млн руб. в год.

Фото: ПАО «РусГидро», rushydro.ru

ВЭС Ghrepower-50 (мощностью 50 кВт, в арктической версии) около посёлка Амдерма

В посёлке городского типа Тикси в Республике Саха (Якутия) в 2007 году была установлена «реанимированная» немецкая ВЭУ мощностью 250 кВт, которая через несколько лет вышла из строя. В 2018 году были установлены три ветроагрегата японской фирмы Komaihaltek мощностью по 300 кВт, адаптированных для работы в полярных условиях. Разработан проект ВДЭС, включающий ВЭУ общей мощностью 3 МВт и систему аккумулирования электрической энергии.

Российский рынок ВДЭС может быть сформирован в первую очередь для регионов Крайнего Севера, где проживает около 10 млн человек и куда ежегодно завозится около 1 млн тонн дизельного топлива общей стоимостью около 100 млрд руб. («северный завоз») для 900 эксплуатируемых ДЭС, по данным Российского энергетического агентства (РЭА).

Ветроустановка Д-12 на полуострове Диксон в Арктике. 1930-е годы

При средней установленной мощности 0,5 МВт суммарная мощность ДЭС составляет 450 МВт. Суммарные расходы бюджетов всех уровней регионов Крайнего Севера с изолированными энергосистемами в 2016 году составили 150 млрд руб., а перекрёстное субсидирование — 80 млрд руб., по данным Центра энергоэффективных технологий региона.

При условии перспективного сооружения ВДЭС в регионах Крайнего Севера для 20 % ДЭС суммарная потенциальная мощность ВЭУ составит 90 МВт, а при средней единичной мощности 0,3 МВт их количество превысит 300 шт. При замещении ВЭУ всего лишь 10 % ежегодно расходуемого топлива на ДЭС регионов Крайнего Севера экономия может составить 23 млрд руб.

Ветроэнергетические характеристики

Для проектирования ВЭУ принципиальное значение имеет получение достоверной информации об энергетических характеристиках ветра в месте сооружения станции. В России академическая наука систематически стала заниматься ветроэнергетикой в 1916 году, когда в составе Комиссии по изучению естественных производительных сил (КЕСП) Императорской Академии наук был создан энергетический отдел. В 1919 году им был издан том I «Ветер как двигательная сила», в котором был оценён ветроэнергетический потенциал России. В 1935 году д.т.н. Н. В. Красовским был разработан Атлас ветроэнергетических ресурсов СССР.

Ветроэнергетический кадастр представляет собой совокупность аэрологических и энергетических характеристик ветра. Основными характеристиками ветроэнергетического кадастра являются: среднегодовая скорость ветра, годовой и суточный ход ветра, повторяемость скоростей, типы и параметры функций распределения скоростей, максимальная скорость ветра, распределение ветровых периодов и периодов энергетических затиший по длительности, удельная мощность и удельная энергия ветра, ветроэнергетические ресурсы региона. Информационную основу кадастра составляют данные многолетних (1940–1990) измерений на государственной сети метеорологических (3500) и аэрологических (150) станций. Рекомендуемые данные прошли многократную и всестороннюю методическую и многолетнюю практическую апробацию и опубликованы в справочниках [17–19], в атласе [20].

Первым признанием необходимости развития возобновляемой энергетики на уровне Правительства РФ явилось поручение от 7 июня 1993 года министра топлива и энергетики России Ю.К. Шафраника, которое стоит процитировать: «*Костюнину В.Н., Бушуеву В.В.* (Это заместители министра. — *Прим. авт.*). *Прошу вас организовать разработку концепции развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России. В концепции должны быть отражены региональные по значению запасы угля, нефти, газа, торфа, использование малых электростанций, энергии ветра, солнца, термальных вод… Данная концепция должна быть увязана с общей программой. О начале работы и первых выводах проинформируйте до 10 июля 1993 года…*».

Выполнение поручения было возложено на П.П. Безруких, в то время первого заместителя начальника Главного управления энергоресурсосбережения и нетрадиционных видов энергии. Задача явилась принципиально новой, фактически был поставлен вопрос: «*Сколько тонн условного топлива или киловатт-часов электроэнергии может дать возобновляемая энергетика?*». Из ответа на него предполагалось сделать вывод — стоит ли ей заниматься? Оказалось, что к такой постановке вопроса учёные не были готовы, в том числе и члены рабочей группы, организованной для выполнения поручения министра. Тем не менее, в результате бурных дискуссий и оценки энергетических соотношений между приходящей на землю солнечной энергией (с одной стороны) и определяемой ею ветровой и гидравлической энергией и биомассой (с другой стороны) удалось согласовать оценки валового, технического и экономического потенциала всех видов возобновляемых источников, за исключением геотермальной энергии, образование которой определялось другими закономерностями.

Первым общепринятым в современных научных разработках принципом является использование энергии ветра в ветроэнергетических системах на определённой высоте *H* над поверхностью Земли

Концепция была подготовлена в указанный срок, обсуждена на заседании коллегии Минтопэнерго по докладу П.П. Безруких и утверждена министром Ю.К. Шафранником 3 ноября 1994 года [21].

Необходимо отметить, что для написания концепции, а также последующих работ в качестве основы были использованы данные о ветре из справочников по климату СССР, публикуемые Главной геофизической обсерваторией имени А.И. Воейкова. Данные этих справочников были обобщены в атласах ветрового и солнечного климатов России, разработанных сотрудниками указанной выше обсерватории, под редакцией д.г.н. М.М. Борисенко и к.г.н. В.В. Стадника (атлас опубликован в 1997 году) [22].

Далее, в 2000 году НПО «Российско-Датским институтом энергоэффективности» был разработан «Атлас ветров России», в котором нашли отражение последние данные по ветру различных метеостанций РФ и отмечены территории страны с различными скоростями ветра и удельной мощностью ветра на высоте 50 м [20]. Однако для перехода от скорости ветра к ресурсам ветровой энергии требовалось разработать методику определения валового, технического и экономического ресурсов. Это было выполнено в докторской диссертации П.П. Безруких, защищённой в 2002 году, основные результаты которой изложены в [23].

Для оценки валового потенциала были приняты и развиты существующие принципы использования ветра. Первым общепринятым в современных научных разработках принципом является использование энергии ветра в ветроэнергетических системах на определённой высоте H над поверхностью Земли.

В соответствии с определением, валовый потенциал рассчитывается как суммарная энергия воздушных масс, использование которой возможно современными ветроэлектрическими установками с максимально большой высотой захватываемого приземного слоя H и соответственной высотой оголовка ветротурбины h. На современных ветроустановках мощностью 750 кВт высота оголовка составляет 60–80 м, а диаметр ветроколеса равен 50–80 м. Серийными установками стали ВЭУ мощностью 1000–1500 кВт с ещё бóльшими высотами башен и диаметром ветроколеса. Поэтому в работе принимается значение $h = 75$ м, при этом толщина используемого слоя воздушных потоков H составляет примерно в два раза бóльшую величину, то есть 150 м.

Вторым принципом, принятым на основании имеющихся исследований, является утверждение, что при обтекании воздушными потоками препятствия («воздушной плотины») высотой H возмущённый поток полностью восстанавливается на расстоянии $20H$ после препятствия.

На основании изложенных принципов устанавливается, что максимально полное использование энергии ветра осуществляется ветроэнергетической системой «воздушных плотин» высотой H, ориентированных перпендикулярно направлению ветра и отстоящих друг от друга на расстоянии $20H$, так что полная ветровая энергия, захватываемая установками по площади территории S в год, представляет валовый потенциал территории $W_в$ [Вт·ч/(м³·год)], который при удельной энергии ветра $E_в$ [кВт·ч/(м²·год)] равен:

$$W_в = E_в \frac{S}{20} = \frac{1}{40} \rho T S \sum_{i=1}^{n} \left(v_i^3 p_i \right),$$

где ρ — плотность воздуха, кг/м³; T — число часов в году, $T = 8700$; S — площадь территории, м²; v_i — среднемноголетняя скорость ветра в i-м диапазоне; p_i — вероятность нахождения скорости в i-м диапазоне. Получается, казалось бы, парадоксальный результат: валовый потенциал не зависит от высоты приземного слоя.

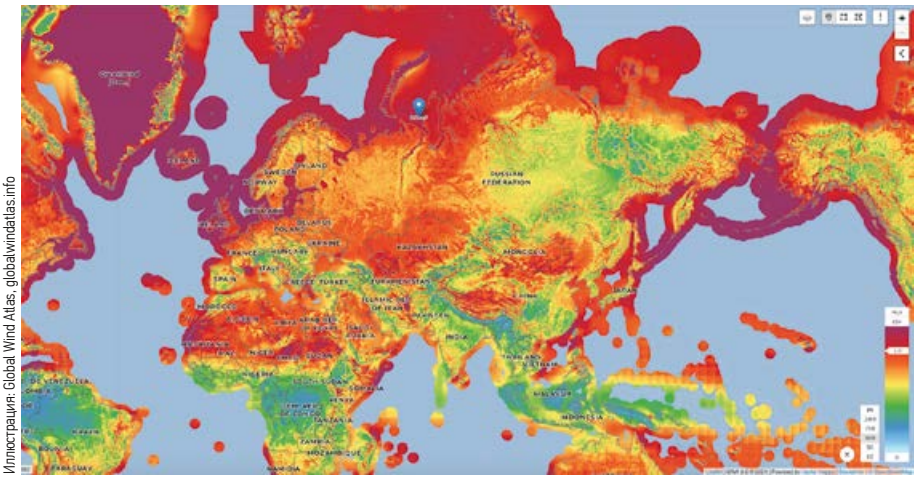


Иллюстрация: Global Wind Atlas, globalwindatlas.info

Среднегодовые скорости ветра по данным Мирового ветрового атласа (Global Wind Atlas)

Вопрос в том, какую скорость необходимо взять для расчёта валового потенциала. Вообще, следует учесть профиль скорости ветра по высоте от 0 до *H*. В первом приближении следует рассчитать скорость ветра по высоте, определить среднее значение и по этому значению вычислить необходимые для расчёта v_i и p_i.

Однако для оценочных расчётов валового потенциала с достаточной точностью можно принять скорость ветра равной скорости ветра на высоте *h*, составляющей примерно половину *H*. При этом технический потенциал определялся как часть валового с учётом известных ограничений по площади размещения ВЭС. Далее работа по определению ресурсов ВИЭ была проведена большим коллективом авторов и опубликована в справочнике под редакцией П. П. Безруких [24]. Дальнейшее совершенствование методики определения технического потенциала было выполнено д.т.н. В. Г. Николаевым, который предложил определять потенциал по произведённой электроэнергии модельного ВЭУ на площади субъекта РФ, с учётом технических и экологических ограничений, а также выполнил ряд ТЭО сооружения ВЭС и программ использования ветровой энергии в регионах России. Также представляют практический интерес работы д.т.н. В. В. Елистратова и д.ф.-м.н. А. А. Соловьёва, предложивших при определении технического потенциала учитывать ограничения технического и географического характера.

По предложению д.т.н. В. В. Елистратова [16, 25] оценку ветроэнергетических ресурсов в условиях ограниченной исходной климатической информации, для повышения точности и достоверности результатов, целесообразно проводить по трёхуровневой методике. На первом уровне, на основании атласа ветров России, климатических справочников, кадастровых и других интегральных оценок ветрового режима, производится предварительная крупномасштабная оценка ВЭР и выбор перспективного региона.

На втором (региональном) уровне оценки ВЭР, после выбора перспективного района, производится мезомасштабное численное моделирование ветрового потока на произвольной высоте над уровнем земли. При моделировании используются: спутниковые данные о скорости и направлении ветра, мезомасштабная цифровая модель рельефа с разрешением до 10 км, цифровая модель шероховатости с разрешением 0,5–10 км. В качестве исходных данных ветрового режима используются многолетние (30 лет и более) расчётные почасовые данные по скорости и направлению ветра, полученные в результате численного прогнозирования погоды. На основании данных региональных климатических наблюдений (давление, температура, влажность) вычисляется поле ветров и экстраполируется вниз к высотам 10–50 м, генерируя статистические данные ветрового режима в расчётных узлах сетки с размером ячейки до 20 км в северных регионах, создавая тем самым так называемые «виртуальные метеостанции».

На третьем уровне предлагается микромасштабное моделирование ветрового потока с использованием данных реанализа специализированных баз данных MERA, CFSR и др., баз данных спутниковых наблюдений NCEP/NCAR и баз цифровых моделей рельефа и шероховатости поверхности земли — GlobalMapper, NASA SRTM, European Environment Agency и др.

В качестве модели для широкомасштабного моделирования на третьем уровне принимается модель национальной лаборатории Risø Датского технического университета (DTU) — равнинный рельеф. Микромасштабное моделирование производится в программном комплексе WindPRO, общепринятом в мировой практике для проектирования ВЭУ. Результатами расчётов на третьем уровне являются карты высокого разрешения (до 50–200 м) для конкретного места размещения ВЭУ на различных высотах.

Малые ВЭУ

В России в 2020 году было девять основных разработчиков и производителей малых ВЭУ [26, 27].

ООО «НИЦ «Виндэк». Всего разработано восемь конструкций ВЭУ, в том числе четыре с вертикальной осью турбинного типа с направляющим аппаратом: «Виндэк-01В» мощностью 100 Вт (опытный образец); МВТЭУ-1 «Виндэк» (1 кВт); МВТЭУ-5 «Виндэк» (5 кВт); МВТЭУ-10 «Виндэк» (10 кВт); четыре ВЭУ с горизонтальной осью: двухлопастная «Виндэк-ВЕТЭН-02» (200 Вт, выпущено 30 шт.); однолопастные ВЭУ «Виндэк-05» (850 Вт, выпущено 10 шт.); «Виндэк-1» (1,5 кВт, опытный образец); двухлопастная ВЭУ «Виндэк-5» (5 кВт). НИЦ «Виндэк» разрабатывает и производит для ВЭУ вентильные генераторы обращённой и необращённой конструкции мощностью от 100 Вт до 20 кВт.

ООО «Ветро-Свет» (г. Санкт-Петербург) разработало ВЭУ типа ВА-250 мощностью 200 Вт (мелкосерийное производство) и ВА-900 мощностью 900 Вт.

ООО «Сальбомаш» (г. Гатчина Ленинградской области) разработало четыре конструкции с вертикальной осью типа «ОСА300-12» мощностью 300 Вт (мелкосерийное производство) и 500 Вт, а также 2 кВт и 3 кВт.

ООО «ГРЦ-Вертикаль» (г. Миасс Челябинской области) разработало ВЭУ с вертикальной осью ВЭУ-1 (1 кВт, мелкосерийное производство), ВЭУ-3 (3 кВт), ВЭУ-30 (30 кВт, опытный экземпляр).

ООО «ВДМ-техника» (г. Москва) разработало ВЭУ VDM-5 мощностью 5 кВт (опытный экземпляр) и VDM-30 (30 кВт).

ООО «Радуга-15» (г. Дубна Московской области) разработало ВЭУ «Радуга-008» мощностью 8, 16 и 24 кВт (опытные экземпляры) и «Радуга-001» (1 кВт).

ООО «Ветрострой» (г. Сафоново Смоленской области) разработало и производит ВЭУ мощностью 500 Вт, 1 и 2 кВт (произведено более 1000 шт).

ООО «Арнади» (г. Владимир) разработало и производит ВЭУ с вертикальной осевой роторной турбиной типа WR ТВ-Д мощностью 1, 3, 5 и 10 кВт (произведено более 300 шт.).

ООО «Мегат» (г. Дубна Московской области) разработало ВЭУ типа SPIN-15 мощностью 15 кВт (опытный экземпляр) и планирует организовать их совместное производство в Китае.

Выводы

1. В настоящее время ветроэнергетика в России развивается стремительными темпами. Она занимает второе место в возобновляемой энергетике после фотоэлектрических станций. На 1 сентября 2020 года установленная мощность 22-х сетевых ВЭС составляла 351 МВт. В РФ имеется устойчивое финансирование ветроэнергетики от ГК «Росатом», ГК «Роснано», ПАО «ЭНЕЛ Россия» и других мощных структур электроэнергетики.

В Российской Федерации приняты необходимые правительственные документы для стимулирования массового сооружения сетевых ВЭС мощностью свыше 5 МВт, а также созданы несколько производств оборудования для ветроэнергетики со степенью локализации до 65 %.

2. По ряду причин в России в настоящее время отсутствуют научно-технические ветроэнергетические школы, предприятия полного производственного цикла.

3. Анализ столетнего развития российской ветроэнергетики показал, что наибольшие успехи (мирового уровня) были достигнуты в 1930-е годы, как результат деятельности научной школы Н.Е. Жуковского и его учеников, которые в институтах ЦАГИ и ЦВЭИ разработали в том числе сетевую Балаклавскую ВЭС мощностью 100 кВт, не имевшую в мире аналогов до 1940 года, а также электрические ветровые установки для арктических станций мощностью до 25 кВт.

Большой вклад в развитие ветроэнергетики в России также внесли институты ВИМЭ, ВИСХОМ, ИФ ВНИИЭМ, ВИЭСХ, НПО «Ветроэн».

Ветроэнергетика в России развивается стремительными темпами. Она занимает второе место в ВИЭ после фотоэлектрических станций. На 1 сентября 2020 года установленная мощность 22-х российских сетевых ВЭС составляла 351 МВт

4. В РФ в автономных зонах энергоснабжения, учитывая природно-климатические и социально-экономические особенности территорий, высокие тарифы на электроэнергию и наличие высокого ветроэнергетического потенциала, создаются хорошие возможности для строительства экономически эффективных ветродизельных электростанций.

5. Все системные ВЭУ, как правило, имеют горизонтально-осевую конструкцию с трёхлопастным ветроколесом.

Основными направлениями совершенствования системных горизонтально-осевых трёхлопастных ВЭУ являются:

- в части аэродинамики — повышение эффективности профилей лопастей и снижение их шумности, применение композитных материалов;
- совершенствование приводов генераторов (замена механических мультипликаторов на гидравлические, прямой привод от ветроколёс) и конструкции электрических генераторов;
- увеличение единичной мощности ветроустановок.

Для малых ВЭУ, к которым в России относятся установки мощностью не более 50 кВт, основными направлениями совершенствования являются:

- в части аэродинамики — исследования возможности применения лопастей с высокоэффективными профилями, различными формами лопастей и конфигурации ветроколеса, широкое внедрение композитных материалов;
- применение прямого привода синхронных магнитоэлектрических генераторов от ветроколёс и микропроцессорных систем управления режимами работы ветроустановок;
- создание ветроэнергетических автономных комплексов с различными видами первичных источников энергии и накопителями энергии на современных гелиевых и литий-фосфатных аккумуляторах;
- производство вертикально-осевых ВЭУ Дарриуса и Савониуса и их модификаций с управляемыми и неуправляемыми лопастями, а также возможным применением направляющего аппарата.

1. Жуковский Н.Е. Полное собрание сочинений, публицистика. В 16 томах. Т. 6. Винты, ветряки, вентиляторы. Аэродинамическая труба. — М.-Л.: ОНТИ НКТП СССР; Глав. ред. авиационной лит-ры, 1937. 434 с.
2. Красовский Н.В., Уткин-Егоров В.В. Новое крыло для русской ветряной мельницы. — М.: Труды ЦАГИ, 1923. Вып. 3. 13 с.
3. ЦАГИ. Основные этапы научной деятельности 1918–1968 гг. — М.: Машиностроение, 1976. 352 с.
4. Энциклопедия по машиностроению XXL: оборудование, материаловедение, механика. Режим доступа: mash-xxl.info. Дата обращ.: 10.04.2021.
5. Сидоров В.И. Ветродвигатели в Арктике. Изд. 2-е, доп. — М.-Л.: Изд-во СМП, 1946. 169 с.
6. Секторов В.Р. Балаклавская опытная ветроэлектростанция // Электричество, 1933. №19. С. 51–54.
7. Секторов В.Р. Современное состояние проектирования и опытного строительства крупных ветроэлектрических станций // Электричество, 1933. №2. С. 9–13.
8. Ананьев А.А., Седых С.Г., Шаманин В.С. Проблема использования ветра в СССР // Электричество, 1932. №14. С. 716–718.
9. Горчаков П.К., Кондратюк Ю.В. Основные характеристики и перспективы ветроэнергетики // Электрические станции, 1939. №10–11. С. 24–30.
10. Фатеев Е.М. Ветродвигатели и ветроустановки. — М.: ОГИЗ — Сельхозиздат, 1948. 546 с.
11. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. — М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. 280 с.
12. Лось С.И., Козак А.Р. Ветродизельные станции на основе ветроэлектрических агрегатов АВЭ-250 СМ / Развитие ВИЭ в России: возможности и практика (на примере Камчатского края). — М.: ОМННО «Совет Гринпис», 2006. С. 49–51.
13. Затопляев Б.С. Ветропарк в пос. Куликово Калининградской области // Энергия: экономика, техника, экология, 2018. №2. С. 58–65.
14. Очерки истории камчатской энергетики. К 45-летию ПАО «Камчатскэнерго» / В.М. Колосов, В.И. Борисов, А.В. Есенкова. — Петропавловск-Камчатский: Изд-во «Камчатпресс», 2009. 136 с.
15. Программа развития электроэнергетики Камчатского края на 2019–2024 гг. Режим доступа: kamgov.ru. Дата обращ.: 15.04.2021.
16. Елистратов В.В. Современное состояние и тренды арктической энергетики // Технический оппонент, 2019. №2. С. 13–21.
17. Справочник по климату СССР. Вып. 1–34.4.3. Ветер. — Л.: Гидрометеоиздат, 1967–1969.
18. Новый аэроклиматический справочник пограничного слоя атмосферы над СССР. Том II. Статистические характеристики ветра. Кн. 1–10 / Под ред. И.Г. Гутермана. — М.: Гидрометеоиздат, 1986–1987.
19. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Ветер. Вып. 4.1–34. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985–1986.
20. Старков А.Н., Ландберг А. (Дания), Безруких П.П., Борисенко М.М. Атлас ветров России. — М.: Изд-во «Можайск-Терра», 2000. 560 с.
21. Концепция развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России. — М.: Министерство топлива и энергетики РФ, 1994. 121 с.
22. Атласы ветрового и солнечного климатов России / Под ред. М.М. Борисенко и В.В. Стадник. — М.: Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, 1997. 173 с.
23. Безруких П.П., Стребков Д.С. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии. — М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. 267 с.
24. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии и местных видов топлива / Под ред. П.П. Безруких. — М.: ИАЦ «Энергия», 2007. 272 с.
25. Елистратов В.В. Автономное энергосбережение энергокомплексами на базе возобновляемых источников энергии // Журнал СОК, 2016. №3. С. 72–75.
26. Грибков С.В. Современное состояние развития малой ветроэнергетики в мире и в России. Возобновляемая и малая энергетика 2015: Мат. XII Межд. науч.-практ. конф. / Под ред. П.П. Безруких и С.В. Грибкова; Комитет ВИЭ РосСНИО. — М.: Типогр. «Энерби Дизайн», 2015. 346 с.
27. Грибков С.В. Ветро-солнечно-дизельные комплексы электроснабжения малых мощностей как основа развития ВИЭ в России / Возобновляемая энергетика XXI век (REENCON XXI): Мат. Межд. конгресса / Под ред. Д.О. Дуникова, О.С. Попеля. — М.: ОИВТ РАН, 2016. С. 124–128.

References — see page 79.

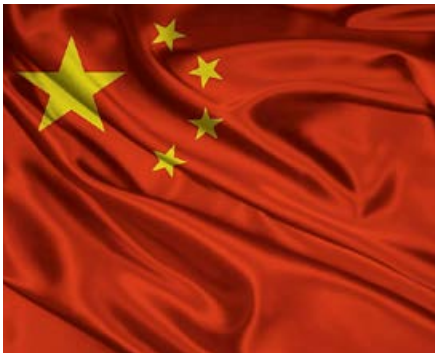
Tesla получила предупреждение от Компартии КНР

У Tesla возникли серьёзные проблемы. Власти Китая, по всей видимости, уже не настолько рады, как раньше, что ведущий американский производитель электромобилей обосновался на рынке Поднебесной.

Совсем недавно политико-юридическая комиссия Центрального комитета Компартии КНР обвинила Tesla в высокомерии. А также в угрозе, которую компания создаёт китайским клиентам, продавая имеющие недостатки автомобили. В комиссии заявили, что Tesla должна урегулировать причины недовольства китайских клиентов. И перестать *«делать вид, что она не знает о скрытых опасностях, о которых она хорошо осведомлена»*.

Причиной такого угрожающего заявления стал недавний инцидент. Одна из посетительниц автосалона в Шанхае в понедельник устроила демонстрацию, что спровоцировало критику Tesla в Интернете. Женщина заявила, что неисправные тормоза в Tesla Model 3 привели к серьёзному ДТП, из-за которого её родителям потребовалось длительное лечение. Tesla, в свою очередь, отмечала, что отец женщины в момент аварии превысил скоростной режим. Клиентка потребовала полного возмещения ущерба.

Вице-президент Tesla Грейс Тао в понедельник заявила местным СМИ, что компания пыталась урегулировать претензии, но не могла *«выполнить необоснованные требования»*. Она также назвала женщину «профессиональной» протестующей, которая могла действовать в интересах лиц, желающих создать проблемы для Tesla. Китайское агентство Xinhua в ответ выразило недоумение по поводу того, как компания отнеслась к жалобе клиентки.



А затем прозвучало заявление китайской компартии. В результате американский производитель мгновенно извинился перед китайскими клиентами за то, как компания реагировала на жалобы. И тут же пообещал создать центр повышения качества обслуживания, пишет The Wall Street Journal.

Власти КНР обвинили компанию Tesla в высокомерии, а также в продаже продукции, «имеющей явные недостатки», из-за чего китайским гражданам создаётся существенная угроза

«Мы приносим извинения за то, что не смогли вовремя урегулировать проблему с владельцем автомобиля, — заявила компания в публикации на китайской платформе Weibo. — *Мы постараемся извлечь уроки из этого случая»*.

Компания отметила, что выполняет решения госорганов, уважает клиентов и активно сотрудничает с властями в рамках всех расследований. *«Мы продолжим прислушиваться к мнению клиентов, улучшать их опыт и обслуживать каждого клиента хорошо»*, — заявили в Tesla.

В марте компания продала в Китае около 35,5 тыс. электромобилей Model 3 и Model Y местного производства. Об этом свидетельствуют данные Китайской ассоциации пассажирских автомобилей (CPCA). Это максимальный показатель компании на китайском рынке.

PLUMBING AND SANITARY ENGINEERING, WATER SUPPLY, DRAINAGE

Units of block-modular type for groundwater treatment (technological solutions and implementation experience). Pp. 12–15.

Evgeniy N. Pirogov, PhD, Associate Professor, the Department of Transport Construction, Russian University of Transport (MIIT, Moscow city); **Vasiliy A. Semenovykh**, postgraduate student, the Department of Water Supply and Wastewater Disposal, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU); **Zhanna M. Govorova**, Doctor of Engineering, Professor, the Department of Water Supply and Wastewater Disposal, NRU MGSU; **Vera M. Medvedeva**, PhD, Associate Professor, the Department of Technosphere Security, MIIT

1. M.G. Zhurba, Zh.M. Govorova. *Obosnovanie vodoochistnyh tehnologij i ih investirovanija* [Justification of water treatment technologies and their investment]. Moscow. 2012. 176 p. [In Russian]
2. V.A. Semenovyh, Zh.M. Govorova. *Sostojanie voprosa i problemy vodosnabzhenija na ob#ektah zheleznodorozhnogo transporta* [State of the issue and problems of water supply at railway transport facilities]. V sb. dokladov XII Mezhd. nauch.-tehn. konf., posvjashhennoj pamjati akademika RAN S.V. Jakovleva [Col. vol. of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the memory of academician S.V. Yakovleva]. Moscow. *Izd-vo MGSU* [Publishing House of Moscow State University of Civil Engineering]. 2017. Pp. 114–119. [In Russian]
3. *SanPiN 1.2.3685–21. Gigienicheskie normativy i trebovanija k obespecheniju bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlja cheloveka faktorov sredy obitanija* [Sanitary Norms and Regulations of Russia (Russian Public Health Regulations) No. 1.2.3685–21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness to humans of environmental factors]. *Utv. postanovleniem Glavnogo gos. sanitarnogo vracha Rossijskoj Federacii ot 28.01.2021 №2* [Approved by the decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated January 28, 2021 No. 2]. [In Russian]
4. Zh.M. Govorova, V.A. Semenovyh, O.B. Govorov. *Predposylki k razrabotke kompaktnoj ustanovki dlja ochistki podzemnoj vody* [Prerequisites for the development of a compact installation for groundwater purification]. *Sistemnye tehnologii* ["System technologies" Magazine]. 2020. No. 1. Pp. 28–31. [In Russian]
5. V.A. Semenovyh, Zh.M. Govorova. *Ustanovka dlja ochistki podzemnoj vody* [Installation for underground water purification]. *V sb. dokladov Mezhd. nauch.-tehn. konf., posvjashhennoj 90-letiju so dnja obrazovanija fakul'teta ViV MISI-MGSU* [Coll. vol. of the International Scientific and Technical Conference dedicated to the 90th anniversary of the foundation of the Faculty of Water Supply and Wastewater Disposal of Moscow State University of Civil Engineering]. Moscow. *Izd-vo MISI-MGSU* [Publishing House of Moscow State University of Civil Engineering]. 2019. Pp. 114–120. [In Russian]
6. S.R. Krajnov, V.M. Shvec. *Geohimija podzemnyh vod hozjajstvenno-pit'evogo naznachenija* [Geochemistry of underground waters for household and drinking purposes]. Moscow. *Nedra* ["Bowels of the Earth" Publishers]. 1987. 237 p. [In Russian]
7. S.R. Krajnov, G.A. Solomin, V.I. Vasil'kova, L.P. Krajnova, B.V. Ankudinov, Z.G. Gudz', T.P. Shpak, V.P. Zakutin. *Geohimicheskie tipy zhelezosoderzhashhih podzemnyh vod s okolonejtral'noj reakciej* [Geochemical types of iron-bearing groundwater with a near-neutral reaction]. *Geohimija* ["Geochemistry" Magazine]. 1982. No. 3. Pp. 400–420. [In Russian]
8. L.E. Shterenberg, N.L. Kalashnikova, E.M. Naktinas. *K metodu opredelenija form zheleza v prirodnyh vodah* [To the method for determining the forms of iron in natural waters]. *Litologija i poleznye iskopaemye* ["Lithology and minerals" Magazine]. 1976. No. 5. Pp. 135–139. [In Russian]
9. Patent RU 2 663 746 C1. MPC C02F 9/02, C02F 1/78, B01D 24/48, C01B 32/30. *Ustanovka dlja ochistki vody* [Installation for water purification]. Copyright: E.N. Pirogov. Decl.: October 11, 2017. Publ.: August 9, 2018. Bull. No. 22. [In Russian]
10. V.B. Krapuhin, S.A. Kuljuhin, V.V. Krapuhin, I.V. Vakurina, E.N. Pirogov. *Ustanovka dlja zakljuchitel'noj ochistki setevoj vodoprovodnoj vody* [Installation for final purification of network tap water]. *Voda: himija i jekologija* ["Water: chemistry and ecology" Magazine]. 2015. No. 6. Pp. 23–28. [In Russian]
11. Patent RU 2 509 594 C2. MPC B01D 29/48. *Fil'trujushhij jelement Krapuhina* [Krapukhin filter element]. Copyright: V.B. Krapuhin, V.V. Krapuhin, A.V. Krapuhin. Decl.: June 26, 2012. Publ.: Mart 20, 2014. Bull. No. 8. [In Russian]

Construction and reconstruction of pipelines in permafrost conditions. Pp. 18–23.

Vladimir A. Orlov, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Valentina A. Nechitaeva**, Associate Professor; **Dmitry A. Peterburgskiy**, postgraduate student, Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

1. *Rukovodstvo po proektirovaniju osnovanij i fundamentov na vechnomerzlyh gruntah* [Guidelines for the design of foundations and foundations in permafrost]. *NIIOSP im. N.M. Gersevanova* [Gersevanov Research Institute of Bases and Underground Structures (NIIOSP)]. Moscow. *Strojizdat* [Publishing House of Literature on the Construction and Architecture ("Stroiizdat" Publishers)]. 1980. 303 p. [In Russian]
2. C.Ju. Salavatov. *Harakteristika merzlyh gruntov pri inzhenerno-geologicheskih izyskanijah* [Characteristics of frozen soils during engineering and geological surveys]. *Simvol nauki* ["The Science symbol" Magazine]. 2017. No. 1–2. Pp. 32–33. [In Russian]
3. M.N. Zheleznjak, M.M. Shats. *Geokriologicheskie i geotehnicheskie uslovija magistral'nogo gazoprovoda "Sila Sibiri" na sovremennom jetape zavershenija stroitel'stva* [Geocryological and geotechnical conditions of the Power of Siberia main gas pipeline at the present stage of construction completion]. *Gazovaja promyshlennost'* ["Gas industry" Magazine]. 2018. No. 8. Pp. 86–91. [In Russian]
4. R.I. Latypova. *Vlijanie stroitel'stva podzemnogo truboprovoda na merzlotnyj rezhim gruntov* [The impact of the construction of an underground pipeline on the permafrost regime of soils]. *Mat. 62-oi Nauch.-tehn. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh UGNTU* [Coll. vol. of the 62nd Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists of USPTU]. Vol. 1. Ufa. *UGNTU* [Ufa State Oil Technical University (USPTU)]. 2011. [In Russian]
5. A.V. Ginzburg. *Povyshenie jeffektivnosti raboty sistem vodosnabzhenija i vodootvedenija v slozhnyh prirodnyh uslovijah* [Increasing the efficiency of water supply and sewerage systems in difficult natural conditions]. *Diss. kand. tehn. nauk po spec. 05.23.04* [Dissertation of the candidate of technical sciences on specialty No. 05.23.04]. Moscow. *GASIS* [State Academy of Professional Retraining and Advanced Training of Executives and Investment Sphere Specialists]. 2005. 265 p. [In Russian]
6. V.V. Harionovskij. *Povyshenie prochnosti gazoprovodov v slozhnyh uslovijah* [Increasing the strength of gas pipelines in difficult conditions]. Leningrad. *Nedra (leningr. otd-nie)* ["Bowels of the Earth" Publishers (Leningrad branch)]. 1990. 180 p. [In Russian]
7. N.A. Kolokolova, N.A. Garris. *O vybore sposoba prokladki truboprovodov v rajonah vechnoj merzloty* [On the choice of a method for laying pipelines in permafrost regions]. *Transportirovka i hranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ja* ["Transportation and storage of petroleum products and hydrocarbon raw materials" Magazine]. 2013. No. 1. Pp. 13–17. [In Russian]
8. I.P. Rilo, K.A. Zheludkova, D.A. Kleshhin. *Zamorazhivanie i termostabilizacija gruntov v kriolitozone* [Freezing and thermal stabilization of soils in the permafrost zone]. *Truboprovodnyj transport: teorija i praktika* ["Pipeline transport: theory and practice" Magazine]. 2015. No. 4. Pp. 22–27. [In Russian]
9. Ju.A. Morozova. *Bestranshejnaja prokladka truboprovodov tehnologiej gorizontal'no-napravlennogo burenija* [Trenchless laying of pipelines by horizontal directional drilling technology]. *Innovacionnaja nauka* ["Innovative science" Magazine]. 2018. No. 11. Pp. 34–36.
10. R.F. Zaripov, G.E. Korobkov. *Zashhita arkticheskih truboprovodo* [Protection of Arctic pipelines]. *Delovoj zhurnal "Neftegaz.ru"* ["Neftegaz.ru" Magazine]. 2018. No. 12. Pp. 28–33. [In Russian]
11. I.D. Kibort, E.V. Isupova. *Bestranshejnyj remont truboprovoda v uslovijah Krajnego Severa* [Trenchless pipeline repair in the Far North]. *Mat. XII Mezhd. molodezhn. nauch. konf. "Severgeojekoteh-2011"* [Coll. vol. of the XII International Youth Scientific Conference "Northgeoecotech-2011"]. Part 4. Ukhta. *UGTU* [Ukhta State Technical University]. 2011. Pp. 88–91. [In Russian]

HEATING, HOT WATER AND GAS SUPPLY

Hydraulic resistance of wall-mounted gas boilers and heating efficiency. Pp. 32–36.

Alexey L. Toropov, PhD, Professor of Russian Academy of Natural History, Inventor of the USSR, Rationalizer of the Russian Federation, general director of the "April" Engineering Center", LLC (Moscow city)

1. *Nastennyj gazovyj kotel model' CLAS B 24CF: Pasport* [Wall mounted gas boiler model CLAS B 24CF: Product data sheet]. Ariston Thermo Group. Web-source: ru.ariston-pro.com. Access data: April 10, 2020. [In Russian]
2. N. Bidstrup, M. van Elburg, K. Lane. Promotion of energy efficiency in circulation pumps especially in domestic heating systems: Study under SAVE II programme. June 2001.
3. A.L. Toropov. *Kombinirovannye teplovye geliosistemy. Ch. 3. Tsirkuljacionnye nasosy dlja individual'nyh i decentralizovannyh sistem otoplenija i gorjachego vodosnabzhenija: Uchebnoe posobie* [Combined thermal solar systems. Part 3. Circulation pumps for individual and decentralized heating and hot water supply systems: A textbook]. Moscow. *Izd-vo RAE* [Publishing House of the Russian Academy of Natural History]. 2019. 54 p. [In Russian]
4. A.L. Toropov. *K voprosu o jenergojeffektivnosti cirkuljacionnyh nasosov dlja nastennyh konvekcionnyh gazovyh kotlov* [To the question of energy efficiency of circulation pumps for wallmounted convection gas boilers]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2020. No. 11. Pp. 32–34. [In Russian]

Study of the economic efficiency of the use of a heating system based on water infrared emitters. Pp. 38–41.

Mikhail V. Bodrov, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department; **Vladimir P. Boldin**, PhD-M.Sc., Associate Professor; **Alexander A. Smykov**, assistant, the Department of Heating and Ventilation, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNGASU, Nizhny Novgorod city)

1. P.N. Kamenev, A.N. Skanavi, V.N. Bogoslovskij et al. *Otoplenie i ventiljacija: Uchebn. dlja vuzov. V 2-h ch. Ch. I: Otoplenie* [Heating and ventilation: A textbook for universities. In two parts. Part 1: Heating]. 3rd edition, rev. and exp. Moscow. *Strojizdat* [Publishing House of Literature on the Construction and Architecture ("Stroiizdat" Publishers)]. 1975. 483 p. [In Russian]
2. *O nekotoryh merah po povysheniju jenergeticheskoj i jekologicheskoj jeffektivnosti rossijskoj jekonomiki. Ukaz Prezidenta RF ot 04.06.2008 №889* [On some measures to improve the energy and environmental efficiency of the Russian economy. Decree of the President of the Russian Federation No. 889 of June 4, 2008]. [In Russian]
3. *Ob jenergosberezhenii i o povyshenii jenergeticheskoj jeffektivnosti, i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii: Federal'nyj zakon ot 23.11.2009 №261-FZ (red. ot 13.07.2015)* [On energy saving and on increasing energy efficiency, and on amending certain legislative acts of the Russian Federation. Federal Law of Russia No. 261 of November 23, 2009 (as Amended on July 13, 2015)]. [In Russian]
4. V.I. Bodrov, M.V. Bodrov, A.A. Smykov. *Issledovanie teplotehnicheskih harakteristik nizkotemperaturnyh infrakrasnyh izluchatelej* [Investigation of the thermal characteristics of low-temperature infrared emitters]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2019. No. 10. Pp. 32–36. [In Russian]
5. H. Jia, X. Pang, P. Haves. Experimentally-determined characteristics of radiant systems for office buildings. Applied Energy. 2018. Vol. 221. Pp. 41–54.
6. *SanPiN 2.2.4.548–96. Gigienicheskie trebovanija k mikroklimatu proizvodstvennyh pomeshhenij* [Sanitary Norms and Regulations of Russia (Russian Public Health Regulations) No. 2.2.4.548–96. Hygienic requirements for the microclimate of industrial premises]. [In Russian]
7. *SP 50.13330.2012. Teplovaja zashhita zdanij. Aktualiz. red. SNiP 23-02–2003* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No. 50.13330.2012. Thermal protection of buildings. Updated edition of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 23-02–2003]. Data of init.: July 1, 2013. [In Russian]
8. V.I. Maksimov, T.A. Nagornova, N.I. Kurilenko. Verification of conjugate heat transfer models in a closed volume with radiative heat source. MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 72.
9. G.V. Kuznetsov, N.I. Kurilenko, A.E. Nee. Mathematical modelling of conjugate heat transfer and fluid flow inside a domain with a radiant heating system. International Journal of Thermal Sciences. 2018. Vol. 131. Pp. 27–39.
10. *Metodicheskie ukazanija po opredeleniju rashodov topliva, jelektrojenergii i vody na vyrabotku teploty otopitel'nymi kotel'nymi kommunal'nyh teplojenergeticheskih predprijatij (4-e izd.)* [Procedural Guidelines for the determination of consumption of fuel, electric power and water for generation of heat by heating boilers plants in public thermal energy facilities (4th edition)]. Moscow. *AKH im. K.D. Pamfilova* [Academy of Public Utilities named after K.D. Pamfilov]; *Goskomitet RF po stroitel'stvu i ZhKK* [State Committee of the Russian Federation for Construction and Housing and Communal Services]. 2002. 127 p. [In Russian]

HEATING, HOT WATER AND GAS SUPPLY

11. *SP 131.13330.2018. Stroitel'naja klimatologija* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No. 131.13330.2018. Construction climatology]. Init. data: May 29, 2019. Moscow. Standartinform [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment ("Standartinform" Publishers)]. 2019. [In Russian]
12. *MDS 23-1.2007. Metodicheskie rekomendacii po kompleksnomu teplotehnicheskomu obsledovaniju naruzhnyh ograzhdajushhih konstrukcij s primeneniem teplovizionnoj tehniki* [Methodological documents in construction No. 23-1.2007. Guidelines for a comprehensive thermal inspection of external enclosing structures using thermal imaging equipment]. Moscow. *FGUP "NITS "Stroitel'stvo"* ["Construction" Research Center" Federal State Unitary Enterprise (FSUE)]; *FGUP "CPP"* ["Center for Design Products in Construction" FSUE]. 2007. 20 p. [In Russian]

AIR CONDITIONING AND VENTILATION

Improving the energy efficiency of ventilation systems using carbon dioxide sensors. Pp. 42–45.

Kirill I. Lushin, PhD, Senior Researcher, Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN, Moscow city); **Maxim Yu. Shtern**, PhD, Associate Professor, National Research University of Electronic Technology (NRU MIET, Moscow city); **Michail Yu. Zhukov**, process equipment maintenance engineer, "NM-Teh", LLC (Moscow city); **Natalia Yu. Plushenko**, senior lecturer, National Research University Moscow State of Civil Engineering (NRU MGSU); **Olga V. Yantsen**, Chief Expert of the Directorate of the Development Program of the National Research University Higher School of Economics (HSE, Moscow city)

1. A.A. Volkov, P.D. Chelyshkov, A.V. Sedov, D.A. Lysenko. *Predstavlenie sistemy pritochnoj ventiljacii v modeljah ob#ektov stroitel'stva* [Representation of the supply ventilation system in the models of construction objects]. *Estestvennye i tehnicheskie nauki* ["Natural and technical sciences" Magazine]. 2014. No. 9–10. Pp. 262–264. [In Russian]
2. V.G. Gagarin, P.P. Pastushkov. *Ob ocenke jenergeticheskoj jeffektivnosti jenergosberegajushhih meroprijatij* [On the assessment of the energy efficiency of energy saving measures]. *Inzhenernye sistemy. AVOK Severo-Zapad* ["Engineering systems" Magazine. "AVOK North-West" Publishers]. 2014. No. 2. Pp. 26–29. [In Russian]
3. O.D. Samarin, Ju.D. Fedorchenko. *Vlijanie regulirovanija sistem obespechenija mikroklimata na kachestvo podderzhanija vnutrennih meteoparametrov* [Influence of regulation of microclimate systems on the quality of maintaining internal meteorological parameters]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of Moscow State University of Civil Engineering]. 2011. No. 7. Pp. 124–128. [In Russian]
4. S.V. Chicherin. *Povyshenie jenergojeffektivnosti sistem otoplenija i ventiljacii: sravnitel'nyj analiz proektnoj dokumentacii* [Improving the energy efficiency of heating and ventilation systems: a comparative analysis of design documentation]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2019. No. 6. Pp. 40–49. [In Russian]
5. A.Ju. Nekljudov. *Razvitie sovremennogo rascheta potreblenija jenergii na otoplenie i ventiljaciju* [Development of modern calculation of energy consumption for heating and ventilation]. *Stroitel'stvo i rekonstrukcija* ["Construction and reconstruction" Magazine]. 2018. No. 3. Pp. 75–82. [In Russian]
6. L.B. Mendes et al. NDIR gas sensor for spatial monitoring of carbon dioxide concentrations in naturally ventilated livestock buildings. Sensors (Basel, Switzerland). 2015. Vol. 15. Issue 5.
7. T.V. Dinh et al. A review on non-dispersive infrared gas sensors: Improvement of sensor detection limit and interference correction. Sensors and Actuators B: Chemical. 2016. Vol. 231.
8. S.K. Pandey, K.H. Kim. The relative performance of NDIR-based sensors in the near real-time analysis of CO_2 in air. Sensors. 2007. Vol. 7. Issue 9.
9. D. Popa, F. Udrea. Towards integrated mid-infrared gas sensors. Sensors (Basel, Switzerland). 2019. Vol. 19. Issue 9.
10. M. Vafaei, A. Amini, A. Siadatan. Breakthrough in CO_2 measurement with a chamberless NDIR optical gas sensor. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2020. Vol. 69. Issue 5.
11. A.A. Frolova, M.N. Belyj, A.A. Bobrovskaja. *Vlijanie stepeni zapylennosti pomeshhenij uchebnogo uchrezhdenija na vybor celesoobraznogo tipa vozdushnogo fil'tra* [The influence of the degree of dustiness in the premises of an educational institution on the choice of an appropriate type of air filter]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij: Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2019. No. 9. Pp. 77–84. [In Russian]

ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

Russian wind power: scientific and design schools, stages of development, prospects. Pp. 62–76.

Vitaly A. Butuzov, Doctor of Technical Sciences, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin (Krasnodar city); **Pavel P. Bezrukikh**, Doctor of Technical Sciences, National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (MPEI); **Serge V. Gribkov**, PhD, "Windeq" Scientific and Engineering Center, LLC (Moscow city)

1. N.E. Zhukovskij. *Polnoe sobranie sochinenij, publicistika* [Complete edition, writing]. In 16 vol. Vol. 6. Vinty, vetrjaki, ventiljatory. Ajerodinamicheskaja truba [Screws, windmills, fans. An aerodynamic wind tunnel]. Moscow-Leningrad. *ONTI NKTP SSSR* ["United Scientific and Technical Publishing House of the People's Commissariat of Heavy Industry of the USSR"]. *Glavnaja redakcija aviacionnoj literatury* ["Main editorial office of aviation literature"]. 1937. 434 p. [In Russian]
2. N.V. Krasovskij, V.V. Utkin-Egorov. *Novoe krylo dlja russkoj vetrjanoj mel'nicy* [New wing for the Russian windmill]. Moscow. *Trudy TsAGI* [Proc. of the Central Aerohydrodynamic Institute]. 1923. Issue 13. 13 p. [In Russian]
3. *TsAGI. Osnovnye jetapy nauchnoj dejatel'nosti 1918–1968 gg.* [Central Aerohydrodynamic Institute. The main stages of scientific activity in 1918–1968]. Moscow. *Mashinostroenie* ["Engineering Industry" Publishers]. 1976. 352 p. [In Russian]

ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

4. *Jenciklopedija po mashinostroeniju XXL: oborudovanie, materialovedenie, mehanika* [Encyclopedia of Mechanical Engineering XXL: equipment, materials science, mechanics]. Web-source: mash-xxl.info. Access data: April 10, 2021. [In Russian]
5. V.I. Sidorov. *Vetrodvigateli v Arktike* [Wind turbines in the Arctic]. 2nd edition, exp. Moscow-Leningrad. *Izd-vo SMP* [Publishing House of the Main Department of the Northern Sea Route under the Council of Ministers of the USSR]. 1946. 169 p. [In Russian]
6. V.R. Sektorov. *Balaklavskaja opytnaja vetrojelektrostancija* ['The Balaklava experimental wind power plant]. *Jelektrichestvo* ["An electricity" Magazine]. 1933. No. 19. Pp. 51–54. [In Russian]
7. V.R. Sektorov. *Sovremennoe sostojanie proektirovanija i opytnogo stroitel'stva krupnyh vetrojelektricheskih stancij* ['The current state of design and pilot construction of large wind power plants]. *Jelektrichestvo* ["An electricity" Magazine]. 1933. No. 2. Pp. 9–13. [In Russian]
8. A.A. Anan'ev, S.G. Sedyh, V.P. Shamanin. *Problema ispol'zovanija vetra v SSSR* ['The problem of using wind in the USSR]. *Jelektrichestvo* ["An electricity" Magazine]. 1932. No. 14. Pp. 716–718. [In Russian]
9. P.K. Gorchakov, Ju.V. Kondratjuk. *Osnovnye harakteristiki i perspektivy vetrojenergetiki* [Main characteristics and prospects of wind energy]. *Jelektricheskie stancii* ["Electric power plants" Magazine]. 1939. No. 10–11. Pp. 24–30. [In Russian]
10. E.M. Fateev. *Vetrodvigateli i vetroustanovki* [Wind turbines and wind turbines]. Moscow. *OGIZ — Sel'hozizdat* [Association of State Book and Magazine Publishing Houses of the RSFSR — State Publishing House of Agricultural Literature of the USSR]. 1948. 546 p. [In Russian]
11. V.P. Haritonov. *Avtonomnye vetrojelektricheskie ustanovki* [Autonomous wind power plants]. Moscow. *GNU VIJeSKh* [State Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute for Electrification of Agriculture of the Russian Academy of Sciences]. 2006. 280 p. [In Russian]
12. S.I. Los', A.R. Kozak. *Vetrodizel'nye stancii na osnove vetrojelektricheskih agregatov AVJe-250 SM* [Wind diesel power plants based on wind power units AVE-250 CM]. *Razvitie vozobnovljaemyh istochnikov jenergii v Rossii: vozmozhnosti i praktika (na primere Kamchatskogo kraja)* [Development of renewable energy sources in Russia: opportunities and practice (on the example of the Kamchatka region)]. Moscow. *OMNNO "Sovet Grinpis"* ["Council of Greenpeace" Branch of the International Non-Governmental Non-Profit Organization]. 2006. Pp. 49–51. [In Russian]
13. B.P. Zatopljaev. *Vetropark v pos. Kulikovo Kaliningradskoj oblasti* [Wind farm in the village of Kulikovo, Kaliningrad region]. *Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija* ["Energy: economics, technology, ecology" Magazine]. 2018. No. 2. Pp. 58–65. [In Russian]
14. V.M. Kolosov, V.I. Borisov, A.V. Esenkova. *Ocherki istorii kamchatskoj jenergetiki. K 45-letiju PAO "Kamchatskjenergo"* [Essays on the history of Kamchatka power engineering. To the 45th anniversary of "Kamchatskenergo", PJSC]. Petropavlovsk-Kamchatskij. *Izd-vo "Kamchatpress"* ["Kamchatpress" Publishers]. 2009. 136 p. [In Russian]
15. *Programma razvitija jelektrojenergetiki Kamchatskogo kraja na 2019–2024 gg.* [Program for the development of the electric power industry of the Kamchatka region for 2019–2024]. Web-source: kamgov.ru. Access data: April 15, 2021. [In Russian]
16. V.V. Elistratov. *Sovremennoe sostojanie i trendy arkticheskoj jenergetiki* [Current state and trends of the Arctic energy]. *Tehnicheskij opponent* ["Technical opponent" Magazine]. 2019. No. 2. Pp. 13–21. [In Russian]
17. *Spravochnik po klimatu SSSR* [Reference book on the climate of the USSR]. Issue 1–34.4.3. Veter [The wind]. Leningrad. *Gidrometeoizdat* [Hydrometeorological Publishing House of the USSR ("Hydrometeoizdat" Publishers)]. 1967–1969. [In Russian]
18. *Novyj ajeroklimaticheskij spravochnik pogranichnogo sloja atmosfery nad SSSR* [New aeroclimatic reference book of the atmospheric boundary layer over the USSR]. Vol. II. *Statisticheskie harakteristiki vetra* [Statistical characteristics of the wind]. Books No. 1–10. Edited by. I.G. Guterman. Moscow. *Gidrometeoizdat* [Hydrometeorological Publishing House of the USSR ("Hydrometeoizdat" Publishers)]. 1986–1987. [In Russian]
19. *Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR* [Scientific and Applied Reference Book on the Climate of the USSR]. Series 3. *Veter* ['The wind]. Issue 4.1-34. Leningrad. *Gidrometeoizdat* [Hydrometeorological Publishing House of the USSR ("Hydrometeoizdat" Publishers)]. 1985–1986. [In Russian]
20. A.N. Starkov, A. Landberg (Danish), P.P. Bezrukih, M.M. Borisenko. *Atlas vetrov Rossii* [Atlas of winds of Russia]. Moscow. *Izd-vo "Mozhajsk-Terra"* ["Mozhaisk-Terra" Publishing House]. 2000. 560 p. [In Russian]
21. *Koncepcija razvitija i ispol'zovanija vozmozhnostej maloj i netradicionnoj jenergetiki v jenergeticheskom balanse Rossii* ['The concept of development and use of opportunities for small and non-traditional energy in the energy balance of Russia]. Moscow. *Ministerstvo topliva i jenergetiki RF* [Ministry of Fuel and Energy of the Russian Federation]. 1994. 121 p. [In Russian]
22. *Atlasy vetrovogo i solnechnogo klimatov Rossii* [Atlases of wind and solar climates in Russia]. Edited by M.M. Borisenko, V.V. Stadnik. Moscow. *GGO im. A.I. Voejkova* [Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikova]. 1997. 173 p. [In Russian]
23. P.P. Bezrukih, D.P. Strebkov. *Vozobnovljaemaja jenergetika: strategija, resursy, tehnologii* [Renewable energy: strategy, resources, technologies]. Moscow. *GNU VIJeSKh* [State Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute for Electrification of Agriculture of the Russian Academy of Sciences]. 2005. 267 p. [In Russian]
24. *Spravochnik po resursam vozobnovljaemyh istochnikov jenergii i mestnyh vidov topliva* [Directory of renewable energy resources and local fuels]. Edited by P.P. Bezrukih. Moscow. *IATs "Jenergija"* ["Energy" Publishing and Analytical Center]. 2007. 272 p. [In Russian]
25. V.V. Elistratov. *Avtonomnoe jenergosberezhenie jenergokompleksami na baze vozobnovljaemyh istochnikov jenergii* [Autonomous energy saving by energy complexes based on renewable energy sources]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2016. No. 3. Pp. 72–75. [In Russian]
26. S.V. Gribkov. *Sovremennoe sostojanie razvitija maloj vetrojenergetiki v mire i v Rossii* ['The current state of the development of small wind power in the world and in Russia]. *Vozobnovljaemaja i malaja jenergetika 2015: Mat. XII Mezhd. nauch.-prakt. konf.* [Renewable and Small Energy 2015: Proc. of the XII International Scientific and Practical Conference]. Edited by P.P. Bezrukih, S.V. Gribkov. *Komitet VIJe RosSNIO* ['The Committee on the Use of Renewable Energy Sources of the Russian Union of Scientific and Engineering Public Associations]. Moscow. *Tipogr. "Jenerbi Dizajn"* ["Enerby-Design" Printing House]. 2015. 346 p. [In Russian]
27. S.V. Gribkov. *Vetro-solnechno-dizel'nye kompleksy jelektrosnabzhenija malyh moshhnostej kak osnova razvitija VIJe v Rossii* [Wind-solar-diesel power supply complexes of small capacities as the basis for the development of renewable energy sources in Russia]. *Vozobnovljaemaja jenergetika XXI vek (REENCON XXI): Mat. Mezhd. kongr.* [REENCON XXI: Proc. of the International Congress]. Edited by D.O. Dunikova, O.P. Popelja. Moscow. *OIVT RAN* [Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences]. 2016. Pp. 124–128. [In Russian]

МИР КЛИМАТА

17-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ, ОТОПЛЕНИЕ, ПРОМЫШЛЕННЫЙ И КОММЕРЧЕСКИЙ ХОЛОД

ufi Approved Event

ГЛАВНОЕ ОТРАСЛЕВОЕ СОБЫТИЕ ГОДА*

Бесконечный МИР технологий КЛИМАТА

МАРТ 2022

МОСКВА, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

Получить новых поставщиков и клиентов

Договориться о выгодных условиях и скидках

Найти новые возможности заработать

Узнать о крутых продуктах и технологиях

ОРГАНИЗАТОРЫ: ЕВРОЭКСПО, EUROEXPO, anuk

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР: информационный портал МИР КЛИМАТА ХОЛОДА / профессиональный взгляд на климатический и холодильный бизнес /

www.climatexpo.ru

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ: РОССОЮЗХОЛОДПРОМ, НОСТРОЙ, НОПРИЗ, НОЭ, EUROVENT

* Согласно данным ООО «Евроэкспо» на основании количества посетителей, профиля участников и стран-участниц выставки 2020 года

РЕКЛАМА 12+

NAVIEN

ТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

Наша главная задача — сделать процесс получения технической информации о продукции NAVIEN специалистами оперативнее и проще!

СЕМИНАРЫ. ООО "Навиен Рус" регулярно проводит широкомасштабные обучения персонала в крупных российских городах. Специалисты нашей Технической Академии предлагают широкий спектр программ по монтажу и сервисному обслуживанию оборудования NAVIEN для сотрудников сервисных, монтажных и проектных организации, а также менеджеров предприятий, специализирующихся в области сантехники и отопления.

ВЕБИНАРЫ. Регулярные веб-тренинги для технических, проектных и коммерческих специалистов. Получайте новые знания и профессиональное развитие из дома! Ознакомиться с графиком вебинаров можно на **www.navien.ru**.

ПОДДЕРЖКА 365 ДНЕЙ В ГОДУ. Наши специалисты всегда готовы помочь. "Навиен Рус" - это горячая линия технической поддержки, онлайн консультация, техническая библиотека, более 5000 сертифицированных специалистов по всей России. Свяжитесь с нами прямо сейчас, и мы обязательно найдем профессиональное решение и ответим на любой вопрос. Позвоните на горячую линию технической поддержки: **8 800 505 10 05** или посетите форум **www.forum.navien.ru**.

ПРОГРАММА ЛОЯЛЬНОСТИ. Регистрируйтесь, копите баллы и повышайте свой статус, получайте бонусы на банковскую карту, мобильный телефон или обменивайте на подарочные сертификаты. Участвуйте в клубе монтажников NAVIEN.PRO, чтобы получать заявки от конечных потребителей на монтаж котлов без посредников.

Прокачай свои навыки вместе с Технической академией

На правах рекламы

navien.ru

Kiturami

СДЕЛАНО В КОРЕЕ

НАСТЕННЫЕ ГАЗОВЫЕ КОТЛЫ

World Alpha

- Датчик утечки газа
- Комнатный пульт управления
- Мощность от 15 до 34,9 кВт

World Alpha S

- Датчик утечки газа
- Встроенный пульт управления
- Мощность от 15 до 34,9 кВт

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ KITURAMI В РОССИИ

8-800-707-25-02 • info@kituramirus.com • www.kituramirus.com

Реклама.