

18

Решётки
для очистки
сточных вод



28

Пеллетные
котельные
для ЖКХ



46

Причины
неприятного
запаха



54

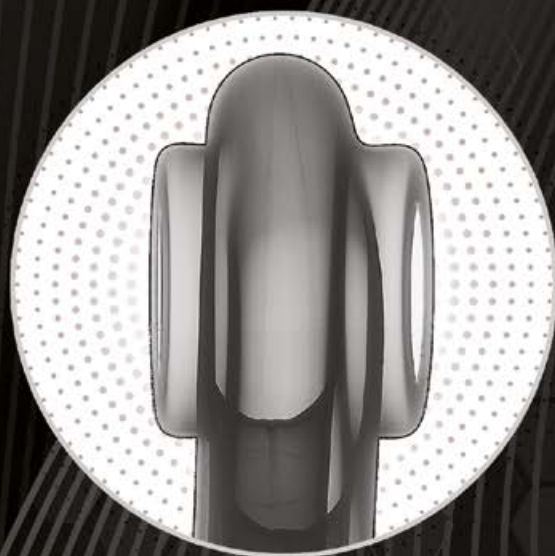
Тепловой комфорт
в пассивных
домах. Часть 1

TUBOG

made by **RIFAR**

СОВРЕМЕННЫЕ ЛАЗЕРЫ
И РЕНТГЕНОВСКИЙ КОНТРОЛЬ

✓ ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА



Сделано в России

РЕКЛАМА

25–27 ОКТЯБРЯ 2022
МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»

HEAT&POWER



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



На правах рекламы.

Организатор
МВК Международная
Выставочная
Компания

ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД
heatpower-expo.ru

DELUXE Comfort PLUS



Встроенная погодозависимая автоматика



Работа по комнатному термостату



Сенсорная панель управления

 **navien**



Настенные газовые
двухконтурные
КОТЛЫ

НОВИНКА

Прикоснись
к комфорту

На правах рекламы



[Виды решёток для очистки сточных вод](#)

Решётка предназначена для механической очистки сточных вод — задержания крупных загрязнений органического и минерального происхождения. Она подготавливает сточную жидкость к дальнейшей очистке. По конструктивному решению решётки бывают: со стержнями прямоугольной формы, решётки-дробилки, ступенчатые самоочищающиеся, шнековые.

18



[Новая подотрасль в теплоэнергетике](#)

10 июля 2022 года вступило в действие эмбарго, введённое западными странами на российское топливо, что заставило правительство России наконец посмотреть в сторону экологии и эффективности в теплоснабжении ЖКХ. Речь идёт о так называемых «древесных топливных гранулах» — пеллетах, производимых из отходов деревообработки...

28



[Причины неприятного запаха в ваннных комнатах и туалетах](#)

Рассмотрены причины неприятного запаха в ваннных комнатах и туалетах жилых квартир МКД в Томске. Такая проблема существует в других городах и странах. Глобально проблема решается модификацией и соблюдением строительных норм, исполнение которых контролируется местными властями...

46



[Nachhaltigkeit. Аспекты строительства в Германии](#)

Строительство любых зданий подчиняется неким общим законам. Нас учили на уроках архитектуры: функциональность, прочность, красота — необходимые характеристики любого здания. В России и в Германии они строятся из подобных материалов и по одним и тем же законам физики, но результат получается разный. В чём же здесь причина?

50



[Статья о тепловом комфорте в пассивных домах. Часть 1](#)

Представляем вниманию читателя адаптированный перевод статьи директора немецкого «Института пассивного дома» (Passivhaus Institut) д-ра Вольфганга Файста (Dr. Wolfgang Feist) «Требования к тепловому комфорту в пассивных домах». В нём показано, за счёт чего пассивный дом обеспечивает жильцам оптимальные комфортные условия...

54



[String-инверторы в массиве фотоэлектрических батарей](#)

На основе опыта проектирования солнечных электростанций со string-инверторами авторами был выявлен способ сокращения затрат за счёт оптимизации длин солнечного DC-кабеля. Выяснилось, что положение инвертора относительно массива способствует кратному сокращению затрат на DC-кабель.

65

Учредитель и издатель

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

Директор

Константин Михасев

Главный редактор

Александр Николаевич Гудко

Технические редакторы

Сергей Брух, Александр Говорин

Руководитель отдела рекламы

Татьяна Пучкова

Ответственный секретарь

Ольга Юферева

Дизайн и верстка

Роман Головкин

Редакционная коллегия

Председатель:

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

Сопредседатели:

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

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

Заместитель председателя:

И.Я. Редько, д.т.н., проф., ИБХФ РАН

Секция «Сантехника»

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

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

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

Секция «Отопление и ГВС»

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

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

П.И. Дячек, д.т.н., проф., БНТУ

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

Секция «Кондиционирование и вентиляция»

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

Т.А. Дацюк, д.т.н., проф., СПбГАСУ

Г.М. Позин, д.т.н., проф., СПбГУТД

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

Секция «Энергосбережение»

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

О.А. Сотникова, д.т.н., проф., ВГТУ

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

А.Б. Невзорова, д.т.н., проф., БелГУТ

Секция «ВИЭ»

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

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

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

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

А.Б. Невзорова, д.т.н., проф., БелГУТ

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

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

Секция «Биоэнергетика»

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

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

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

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

* Руководитель секции.

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

Тел/факс: +7 (495) 665-00-00

E-mail: media@mediatechnology.ru

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС77-56668.

Подписной индекс: П1895.

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

Адрес в Интернете

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

Отпечатано в типографии

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

Тираж 15 000 экз. Цена свободная.

Выпуск № 248 (08/2022). Дата выхода: 26.09.2022.

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

ISSN 1682-3524

Новости

4

События

[Конференция «Теплоснабжение-2022»: муниципалитет,](#)

[теплоснабжающая организация и потребители — одна магистраль](#)

8

[Конференция «Возобновляемая и малая энергетика-2022»](#)

10

ВМ-проектирование

[Методы расстановки электротехнических устройств](#)

[в промышленном цехе и многоквартирном доме](#)

12

[«CADLib Модель и Архив». Сравнение с Navisworks](#)

15

Сантехника и водоснабжение

[Применение виброизолирующих вставок в насосных станциях](#)

[систем водоснабжения и канализации](#)

16

[Виды решёток для очистки сточных вод](#)

18

Отопление и ГВС

[Производство стальных трубчатых радиаторов Tubog](#)

22

[Серии балансировочных клапанов Giacomini](#)

24

[Новая подотрасль в теплоэнергетике ЖКХ идёт на смену](#)

[старым угольным и мазутным котельным](#)

28

[Комбинированная энергия ТЭЦ](#)

32

Кондиционирование и вентиляция

[«Зелёные» здания: живётся комфортнее, дышится легче](#)

42

[Причины неприятного запаха в ванных комнатах](#)

[и туалетах квартир МКД](#)

46

Энергосбережение и ВИЭ

[Nachhaltigkeit, или Экологические, социальные](#)

[и экономические аспекты строительства в Германии](#)

50

[Тепловой комфорт в пассивных домах. Часть 1](#)

54

[Метод оптимального размещения string-инверторов в массиве](#)

[фотоэлектрических батарей](#)

65

[Энергетический потенциал отходов растениеводства](#)

[для теплоснабжения жилого сектора](#)

68

[Энергетика Украины на основе ВИЭ](#)

74

[Применение водородных накопителей в комбинации](#)

[с атомными электростанциями](#)

76

Одной строкой

•• Electrolux продаст своё российское отделение его руководству. Концерн ранее приостановил работу в России и Белоруссии, а его профессиональное подразделение продало российский бизнес.

•• Датский производитель насосов Grundfos закроет свой бизнес в России и Белоруссии. Об этом пресс-служба компании сообщила 24 августа на официальном сайте.

•• Производитель системы вентиляции, шведская компания Lindab, ушла с российского рынка. Активы компании в России выкупил местный гендиректор. Это следует из пресс-релиза компании.

•• Настенные стабилизаторы Teploдом теперь выпускаются под брендом SKAT. Уже сейчас, до полной реализации остатков, в ассортименте компании «Бастион» представлены и стабилизаторы Teploдом.

•• Пятнадцать тёплых лет прошло с момента основания «Ижевского завода тепловой техники». Завод был создан 11 сентября 2007 года. ИЗТТ — уникальное предприятие: единственное в мире, которое выпускает полный спектр теплового оборудования на всех источниках тепла.



•• Крупнейшая в Шотландии морская ветряная электростанция начала выработку электроэнергии, сообщила в пресс-релизе французская Total Energies. «Total Energies и её партнер SSE Renewables объявили о первой произведённой энергии на морской ветряной электростанции Seagreen», — говорится в сообщении.



•• Каждый гражданин Франции может поменять свой бензиновый автомобиль на велосипед. За такой выбор в пользу экологии правительство страны предлагает до €4000. Таким образом Франция хочет догнать другие страны, например, Нидерланды, Германию и Данию, и добиться того, чтобы к 2024 году 9% населения страны пересели на велосипеды.

«Бош Термотехника»

Новый напольный конденсационный котёл Buderus Logano Plus KB472



ООО «Бош Термотехника» представила новинку — напольный конденсационный газовый котёл Buderus Logano Plus KB472 для отопления административных, производственных и других помещений большой площади. Модель доступна в трёх типоразмерах мощностью 350, 400 и 500 кВт. Старт продаж начинается с сентября 2022 года. Перечислим ключевые преимущества газового котла Buderus Logano Plus KB472. Модульная концепция и гидравлическая устойчивость. Котёл гибко интегрируется в су-

ществующие системы отопления и позволяет максимально продуманно подойти к проектированию новых. Это особенно важно с точки зрения экономической эффективности, чтобы избежать лишних затрат в будущем. Высокая мощность от 350 кВт делает модель подходящей для использования в любых котельных, в том числе промышленных. Каскадное подключение 16 котлов даёт общую мощность 8 МВт.

Продуманная конструкция. За счёт съёмного горелочного блока корпус пройдёт практически в любой дверной проем. Снятие боковых панелей позволяет легко и удобно ввести в эксплуатацию и обслуживать котёл, обеспечивая доступ к основным узлам. Подключение дымохода возможно сзади или сверху котла. Новый напольный конденсационный газовый котёл Buderus Logano Plus KB472 для объектов коммерческой недвижимости отвечает самым современным тенденциям технологичности и энергоэффективности. Его сборка, монтаж и техническое обслуживание продуманы производителем до мелочей. Оборудование имеет и другие преимущества (см. на сайте производителя).

LUNDA

Финал Национального чемпионата «Молодые профессионалы 2022»



При поддержке компании LUNDA в городе Саранске 8–12 сентября прошли самые масштабные в стране соревнования профессионального мастерства. Сильнейших выявляли по стандартам Агентства развития навыков и профессий среди студентов профессиональных образовательных учреждений в возрасте от 16 до 25 лет и юниоров до 16 лет. Юбилейное мероприятие состоялось на площадке спортивного комплекса «Саранск-Арена» в дистанционно-очном формате. Национальная Ассоциация монтажников инженерных систем (НАМИС) выступила оператором компетенции «Сантехника и Отоп-

ление» в рамках чемпионата. Данная компетенция заняла целый ледовый дворец «Мордовия Арена» (ул. Волгоградская, д. 1). Также в рамках чемпионата прошла деловая программа «Наиболее доступные технологии» в поддержку российских производителей. Партнёрами площадки стали действующие члены ассоциации и партнёры компетенции, в том числе компания LUNDA. Монтажники смогли посетить площадку, поучаствовать в мастер-классах Try-a-Skill, узнать о целях Ассоциации, системе оценки и высоких стандартах качества проведения монтажных работ.

«БДР Термия Рус»

Пятая Ежегодная маркетинговая конференция «БДР Термия Рус»



17 августа состоялась V Ежегодная маркетинговая конференция, организованная компанией «БДР Термия Рус» для партнёров. Мероприятие прошло в Московской школе управления «Сколково» — одной из ведущих частных бизнес-школ России и СНГ.

С приветственным словом выступил генеральный директор ООО «БДР Термия Рус» Юрий Валерьевич Салазкин, осветив в своей речи важность взаимодействия в единой слаженной экосистеме и непрерывного обмена опытом и информацией.

Специалисты отдела маркетинга рассказали о реализованных и текущих проектах, поделились результатами и планами на ближайшую перспективу.

Директор по развитию бизнеса Алексей Мишуков рассказал о тенденциях и векторе ра-

боты компании. Его выступление продолжил директор по маркетингу Елена Михасева. В своей презентации Елена привела статистические и аналитические данные, полученные от независимых маркетинговых агентств BRG Building Solutions и «Литвинчук Маркетинг», по итогам исследований которых компания «БДР Термия Рус» с брендом BAXI заняла первое место на отечественном рынке настенных газовых котлов (при подсчёте в количественном выражении): 22,1% от общего оборота реализованного котельного оборудования на территории Российской Федерации в 2021 году.

При этом суммарно по двум брендам BAXI и De Dietrich доля компании «БДР Термия Рус» составила 28,1% отечественного рынка конденсационных отопительных котлов.

ИЗТТ

ИЗТТ выпустил полуторамиллионную тепловую пушку PRORAB

На «Ижевском заводе тепловой техники» (ИЗТТ) с конвейера сошла 1,5-миллионная электрическая тепловая пушка в цилиндрическом корпусе. Ей стала пушка для профессиональных строителей серии PRORAB2. Пилотный тепловентилятор PRORAB был выпущен в Ижевске в июне 2008 года — через полгода после запуска производства. Это первая модель в номенклатуре завода, которая стала его визитной карточкой.

PRORAB — полностью отечественная разработка и является самой востребованной моделью в строительной отрасли. Производство тепловых пушек PRORAB2 локализовано в Удмуртии. Российские материалы и комплектующие при производстве прибора составляют более 50%. По итогам 2021 года, рынок тепловых пушек в России оценивается в 550 тыс. единиц, при этом каждая третья электрическая тепловая пушка, проданная в России изготовлена на ИЗТТ.

Новое поколение профессиональных тепловых пушек в цилиндрическом корпусе осна-



щено высокоточным термостатом с расширенным диапазоном от 0 до +40 °С и вторым (внутренним) корпусом из оцинкованной стали для предотвращения наружного нагрева. Пушки точно поддерживают в помещении заданную температуру и равномерно распределяют тёплый воздух даже в дальние зоны. PRORAB2 может работать в режиме 24/7, а современная модификация позволяет не только напольное размещение, но и настенный стационарный монтаж, что позволяет экономить место.

Одной строкой

В плане самой малой провинции Китая увеличение ветрогенерации до 2 ГВт. Администрация провинции Хайнань утвердила «План реализации программы пикового выброса углерода в провинции Хайнань». Несколько пунктов плана напрямую связано с возобновляемой энергетикой, и в частности, с ветроэнергетикой.



Глава Tesla Илон Маск заявил, что некоторые защитники окружающей среды ведут себя «антигуманно» из-за того, что выступают за закрытие атомных электростанций. Об этом он сообщил у себя в Twitter. «Страны мира должны увеличивать производство атомной энергии! Закрывать АЭС — это безумие с точки зрения национальной безопасности. Именно их отключение вредно для окружающей среды», — написал миллиардер.



Несмотря на рекордную жару в странах Европы, в регионе выросли продажи обогревателей и одеял с подогревом, поскольку люди готовятся к росту цен на электричество предстоящей зимой, пишет Business Insider. По данным аналитической компании GfK, жители Германии в первой половине 2022 года купили на 35% больше обогревателей, чем за тот же период прошлого года, — около 600 тыс. штук.

Использование Китаем возобновляемых источников энергии к 2025 году превысит 50% в общем приросте энергопотребления, так энергия ветра и солнца удвоится, что ещё больше ускорит процесс достижения Китаем заявленной цели по выбросам углерода, сообщили Shanghai Securities News.

Одной строкой

:: Популярность аккумуляторных электромобилей продолжает расти. В июле 2022 года на их долю приходилось 10% всех новых автомобилей, зарегистрированных в Европе. При этом общее количество регистраций новых транспортных средств в 26 европейских странах сократилось на 10% по сравнению с тем же месяцем прошлого года и составило 966 453 регистрации.



:: Европа произвела рекордный объём солнечной электроэнергии этим летом, сэкономив таким образом €29 млрд (\$28,9 млрд). Об этом сообщило агентство Bloomberg со ссылкой на данные британского аналитического центра Ember.

:: Администрация Токио намерена с апреля 2025 года сделать обязательной установку солнечных батарей для производства электроэнергии на все новые здания, включая индивидуальные жилые дома. Эта мера направлена на существенное сокращение использования минерального топлива в зоне японской столицы, сообщило в пятницу информационное агентство Kyodo.



:: За восемь месяцев 2022 года столичные электромобили заправлялись энергией более 40 тыс. раз — это в семь раз больше, чем за весь 2021 год. Такие данные сообщили в Департаменте транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы.

:: Выработка российских ветроэлектростанций (ВЭС) в августе 2022 года составила 491,7 млн кВт·ч (+139,2%), а с начала года — 3553,3 млн кВт·ч (+85%). Об этом сообщил BigpowerNews со ссылкой на материалы «Системного оператора».

:: Несмотря на то, что экспорт ПВХ из Китая сократился в последние недели, производители в Азии, вероятно, продолжают отмечать достаточные поставки материала по конкурентоспособным ценам.

ИЗТТ

ИЗТТ запатентовал конструкцию корпуса бактерицидных рециркуляторов



«Ижевский завод тепловой техники» (ИЗТТ), входящий в структуру ТПХ «Русклимат», получил положительное решение Роспатента на уникальную конструкцию корпуса бактерицидных рециркуляторов, которая позволяет проводить обслуживание прибора без демонтажа. Приборы были показаны председателю Правительства РФ на выставке «Сделано в Удмуртии» и получили положительную оценку Михаила Мишустина.

Бактерицидные рециркуляторы — новое оборудование ИЗТТ. Это полностью отечественная разработка, которая началась во время пандемии COVID-19. Бактерицидный рециркулятор BALLU ANTICOIDgenerator создаёт чистый и здоровый воздух, имеет мощный бактерицидный поток, который обеззараживает 99,9% вирусов и бактерий. Он безопасен для людей и животных, тихая работа меха-

низма, позволяет использовать его в детских комнатах, спальнях и школьных аудиториях, а уникальный тканевый чехол позволит вписать прибор в любой интерьер и сделать его органичной частью пространства. Ультрафиолетовые лампы рассчитаны на 9000 ч работы, после чего специальный счётчик сообщит о необходимости их замены. Мощный воздушный фильтр очищает воздух от пыли и повышает срок эффективной работы УФ-ламп.



Простое и удобное обслуживание, для которого не требуется снятие прибора со стены. Рециркулятором можно управлять с помощью приборной панели, дистанционно по Wi-Fi, через специальное приложение или интегрировать в систему управления зданием. В линейке есть и более экономичные модели без дополнительных опций.

STOUT

Новинки от STOUT: устройства и блок управления насосами

В ассортименте продукции STOUT представлены новинки:

- SCS-0001-000063 STOUT — устройство управления насосом BRIO TOP (new);
- SCS-0001-000064 STOUT — устройство управления насосом BRIO;
- SCS-0001-000070 STOUT — блок управления насосом SIRIO Universal.

BRIO TOP (new) — цифровое устройство, которое выполняет автоматический запуск и остановку насоса при открытии и закрытии кранов, защищает от сухого хода и от блокировки насоса в случае длительного простоя. BRIO — цифровое устройство для управления электронасосами, запускает и останавливает насос автоматически, может быть установлен в качестве цифрового реле давления для использования с расширительным баком или в качестве регулятора давления и потока, защищает насос от сбоев установки (отсутствие воды, образование льда, перегрузки по току, избыточное давление, блокировка ротора, постоянных запусков).



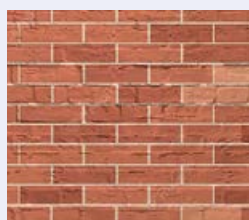
SIRIO Universal — инверторное устройство для управления электронасосами, автоматически запускает и останавливает насос и моделирует обороты электродвигателя в соответствии с потребностью воды в системе, поддерживая постоянное давление, защищает насос от системных неполадок (отсутствие воды, аномальное напряжение, высокая температура, перегрузка по току, избыточное давление, постоянные пуски).

ВИЭ

«Кирпичный тостер» для хранения «зелёной» энергии и декарбонизации планеты

Американский стартап Rondo Energy заявил о разработке уникальной системы хранения тепла, имеющей эффективность 98% и стоимость эксплуатации в пять раз ниже, чем у «обычных» электрохимических батарей. Система накапливает и сохраняет электроэнергию, вырабатываемую на основе ВИЭ, и предназначена для бесперебойного энергоснабжения промышленных объектов, которые особенно страдают от нестабильности генерации «зелёного» электричества. Rondo Energy утверждает, что её устройство для хранения тепла может быстро и без особых проблем решить проблему декарбонизации во многих отраслях промышленности.

Идея стартапа в целом заимствована из сталелитейной промышленности, в которой кирпичные доменные печи циклически разогреваются электричеством, долго сохраняют тепло и обеспечивают стабильную плавку металла.



Накопитель электроэнергии Rondo также использует обычные кирпичи — из глины и песка, причём подойдут даже старые. Блок кирпичей нагревается «как хлеб в тостере» до температуры свыше 1500 °С. Нагрев происходит во время максимальной выработки «зелёного» электричества. Итого «кирпичный тостер» накапливает дешёвую возобновляемую энергию в виде высокотемпературного тепла, а затем отдаёт её в сеть. Разработчики утверждают, что решили главные проблемы — обеспечение теплоизоляции системы и обратную выработку (извлечение) электроэнергии из раскалённых кирпичей почти без потерь. Именно это ноу-хау делает накопитель Rondo

Energy настолько эффективным. Учитывая, что срок службы кирпичей составляет 40–50 лет, за которые сменится много поколений электрохимических батарей, дешевизна такого «кирпичного» хранилища «зелёной» энергии очевидна.

Энергетика

ТПУ разработал установку для получения водорода из природного газа

Томский политехнический университет (ТПУ) разработал по заказу ООО «Газпром трансгаз Томск» мобильный генератор водорода, сообщает пресс-служба вуза по итогам подписания соглашения о передаче демонстрационного образца установки. Соответствующий документ стороны и ООО «Газпром ВНИИГАЗ» подписали в рамках XI Петербургского международного газового форума.



«Одна из стратегических ставок ТПУ в рамках программы "Приоритет 2030" посвящена энергии будущего. И один из важнейших проектов, который мы выполняем по заказу нашего индустриального партнёра, — это создание опытного образца плазмохимической установки для конверсии природного газа в водород и углерод при воздействии плазмы СВЧ-разряда. Для этого используется метод плазмохимической конверсии при атмосферном давлении газа. При этом процесс происходит в закрытом реакторе проточного типа в сверхвысокочастотном поле без вредных выбросов в атмосферу», — приведены в сообщении слова проректора по науке и трансферу технологий ТПУ Леонида Сухих. По его словам, особенностью технологии является то, что природный газ одновременно является и плазмообразующим газом. Поэтому СВЧ-разряд в процессе реакции поддерживается самостоятельно — без дополнительных газов и инициаторов разряда. «Установка позволяет получить водород из природного газа без выброса парниковых газов и имеет ценное практическое значение. Разработка обладает широким потенциалом применения на объектах газотранспортной системы, а также на местах потребления метано-водородного топлива, водорода и генерации электричества на возобновляемых источниках энергии», — цитирует пресс-служба гендиректора «Газпром трансгаз Томск» Владислава Бородина. До конца года разработчик передаст установку в «Газпром ВНИИГАЗ» для опытной эксплуатации и дальнейшего масштабирования.

Uni-Fitt

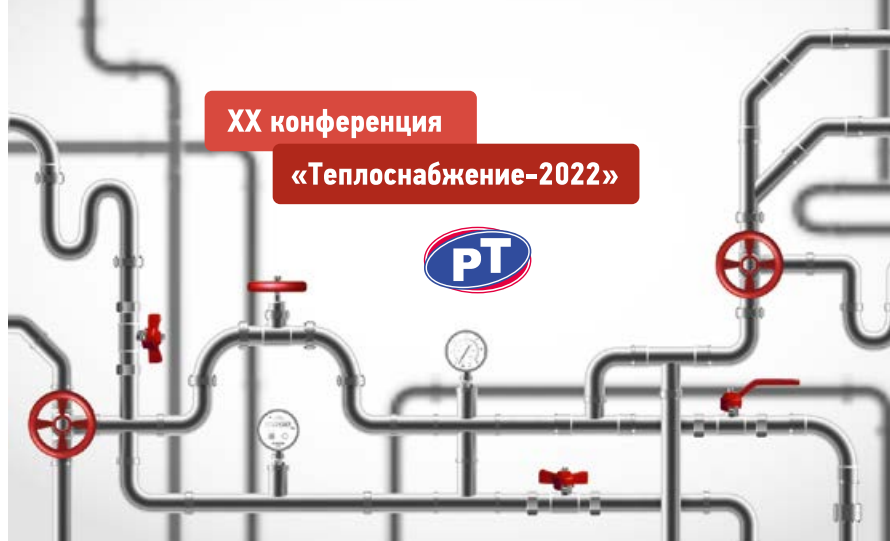
Новинки Uni-Fitt: термостатическая головка DX и краны для подключения насосов

Компания Uni-Fitt дополнила ассортимент регулирующей арматуры термостатической головкой — моделью DX. Жидкостная головка подходит для всех термостатических радиаторных вентилей с размером подключения М30×1,5. Использование вентилей с термостатической головкой DX позволяет автоматически поддерживать заданную температуру в помещениях, обогреваемых при помощи отопительного прибора. Диапазон настройки варьируется от 6,5 до 29 °С.

Модель DX имеет специальные фиксаторы ограничения или блокировки настройки, благодаря которым становится возможным зафиксировать желаемые параметры и защитить их от изменений.



Ассортимент специальных кранов Uni-Fitt дополнился новыми кранами с накидной гайкой для подключения циркуляционных насосов в системах водоснабжения или отопления. В производственной программе Uni-Fitt представлены два вида кранов: кран шаровой с внутренней резьбой с накидной гайкой; кран шаровой с внутренней резьбой с накидной гайкой и встроенным обратным клапаном. Встроенный обратный клапан предотвращает обратный поток теплоносителя при отключённом циркуляционном насосе. Преимуществом использования такого крана является отсутствие необходимости монтажа в магистраль дополнительной единицы — обратного клапана, экономия места и ресурсы. Размер подключения 1"×1½". Произведены в Италии.



Конференция «Теплоснабжение-2022»: муниципалитет, ТСО и потребители — одна магистраль

Муниципалитет, теплоснабжающая организация и потребители — одна магистраль. Они же — три важнейших составляющих в организации надёжного и экономичного теплоснабжения. Понимание этого стало основным посылом юбилейной, отраслевой конференции, которую в двадцатый раз проводит [НП «Российское теплоснабжение»](#). Мероприятие состоялось 7–8 сентября при информационной поддержке журнала СОК.

На двадцатой конференции [«Теплоснабжение-2022»](#) зарегистрировалось более 180 человек, прозвучало 29 докладов.

Традиционно, начало было посвящено вопросам нормативно-правового регулирования и финансирования отрасли. Среди докладчиков, выступления которых особенно ждали, — председатель Экспертного совета по ЖКХ при Комитете ГД РФ по строительству и ЖКХ, член общественного совета при Минстрое России, к.э.н. И. А. Булгакова и директор Департамента развития ЖКХ Минстроя России О. А. Лещенко.

В этот день участники делились опытом по решению системных проблем, а также рассказывали о внедрении в работу теплоснабжающих организаций современных информационных технологий различного уровня, которые созданы на базе отечественных разработок.

Прозвучали доклады ведущих ТСО страны: ПАО «МОЭК», ПАО «Т Плюс», АО «Теплосеть Санкт-Петербурга», МУП «Тепло Коломны».

Президент НП «РТ» В. Г. Семёнов рассказал о разработке комплекса показателей для объективного сравнения систем теплоснабжения, а о положительных эффектах его применения поведал дирек-

тор филиала ПАО «ТГК-14» «Читинский энергетический комплекс» М. П. Орлов.

Третий блок был посвящён совершенствованию состояния системы теплоснабжения в целом. Здесь прозвучали доклады о необходимости грамотной и тщательной проработке схем теплоснабжения, — директора по регионам НП «Энергоэффективный город» А. С. Чистовича и генерального директора ООО «Бюро Энергетика», к.т.н. В. С. Пузакова.

Участники делились опытом по решению системных проблем, а также рассказывали о внедрении в работу теплоснабжающих организаций современных информационных технологий различного уровня, которые созданы на базе отечественных разработок

Во второй день работы конференции обсуждались опыт взаимодействия ТСО с потребителями, борьба с должниками, правовые коллизии и организация грамотного коммерческого учёта с целью ликвидации технических и коммерческих потерь.





Позицию Минэнерго России по актуальности схем теплоснабжения городов, выявленных рисках прекращения теплоснабжения и наличия в схемах мероприятий по их устранению представила Н. В. Горячих, ведущий советник отдела теплосетевой деятельности и нормирования Департамента развития электроэнергетики. О результатах подготовки страны к отопительному сезону и выявленных недостатках рассказал врио заместителя начальника Управления государственного энергетического надзора Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) М. В. Селехов.

Практический опыт грамотной эксплуатации, включая возможности организации энергоэффективной работы, безубыточную экономику и другие положительные примеры, был представ-

лен такими теплоснабжающими компаниями, как АО «Мытищинская теплосеть», АО «ХТК», Набережночелнинские тепловые сети (филиал АО «Татэнерго»), АО «Энергия-Тензор».

С техническими новинками отраслевой продукции и профессиональными рекомендациями по применению современных материалов участники конференции



смогли познакомиться на тематической мини-выставке и из докладов специалистов компаний ООО «НПФ «Траверс», ООО «ПК «Курс» ООО «ПК Теплосила», АО «Теплосбережение», ООО «ПКФ «Линас», ООО «Водомер».

Почётные гости конференции, заложившие фундамент нормативной базы (включая Федеральный закон «О тепло-



снабжении» №190-ФЗ, Постановление Правительства РФ «О требованиях к схемам теплоснабжения...» №154 и Постановление Правительства РФ «О коммерческом учёте тепловой энергии...» №1034 и др.), — Г. П. Кutowой, В. И. Ливчак, В. Е. Межевич, Ю. В. Яровой, Е. Г. Гашо, — с удовольствием общались с молодыми коллегами, вносили свои предложения и делились опытом и воспоминаниями.

Было видно, что возможность живого общения не заменит онлайн-трансляций. Участники конференции радостно встречали старых друзей, заводили многочисленные новые знакомства, обменивались мнением и контактами.

Все участники проявили живой интерес к докладам, отметили их актуальность и заборосали вопросами докладчиков.

До новых встреч, друзья! ●



Конференция «Возобновляемая и малая энергетика-2022»

[XIX Международная ежегодная научно-практическая конференция «Возобновляемая и малая энергетика-2022. Энергосбережение. Автономные системы энергоснабжения стационарных и подвижных объектов»](#) пройдёт при информационной поддержке [журнала СОК](#) в очно-заочном формате 20–21 октября 2022 года в специализированной аудитории Г-300 учебного корпуса № 17 НИУ «МЭИ».

Организаторами конференции выступили Комитет по проблемам использования возобновляемых источников энергии РосСНИО (Комитет ВИЭ РосСНИО), секция «Энергетика» Российской инженерной академии (РИА), Московский энергетический институт (НИУ «МЭИ»), Институт гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии (ИГВИЭ) НИУ «МЭИ» и кафедры «Электротехнические комплексы автономных объектов и электрического транспорта» (ЭКАО и ЭТ) НИУ «МЭИ», Национальный исследовательский комитет С6 «Активные системы распределения электроэнергии и распределённые энергоресурсы» Российского национального комитета Международного совета по большим системам высокого напряжения CIGRE (НИК С6 РНК СИГРЭ), НИЦ «Виндэк».

Место проведения: НИУ «МЭИ», г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 17, аудитория Г-300 (3-й этаж).

Время проведения: 20–21 октября 2022 года.

В конференции примут участие ведущие российские и зарубежные учёные, ведущие специалисты, аспиранты и студенты вузов по профильным специальностям конференции.

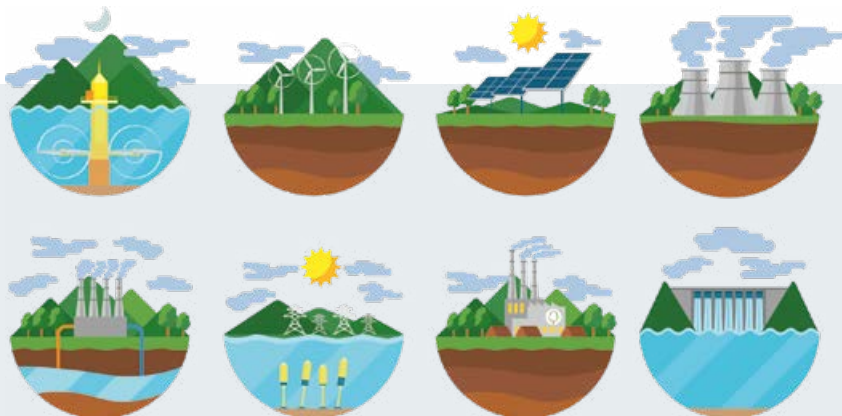
Тематика: «Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), малая распределённая и автономная энергетика России: достижения, исследования, опыт внедрения и эксплуатации».

Напомним, что на прошлогодней конференции, проходившей в онлайн-формате, было заслушано 59 докладов учёных и специалистов по актуальным проблемам разработки, применения и рационального использования возобновляемых источников энергии. В числе выступающих были академик РАН Стребков Д. С., член-корреспондент РАН Цугленок Н. В., два академика РИА, один академик МАНЭБ, 13 докторов технических наук, один доктор химических наук, 13 кандидатов технических наук, 17 аспирантов и девять студентов из вузов Калининграда, Санкт-Петербурга, Москвы, Краснодара, Астрахани, Красноярска, Екатеринбурга, Челябинска и один слушатель из военной академии материально-технического снабжения.

В конференции приняли участия доктора технических наук из Англии, Германии, Чехии, Узбекистана, управляющий директор и представитель Филиппин в России, а также аспиранты из Индии, Ганы, Ирана.



Участники Международной научно-практической конференции «Возобновляемая и малая энергетика. Энергосбережение. Энергоснабжение стационарных и малых объектов». Москва, НИУ «МЭИ»



Разделы предстоящей конференции

Солнечная энергетика:

- фотоэлектрические преобразователи;
- солнечные электростанции и их оборудование;
- солнечные коллекторы, системы отопления и горячего водоснабжения на их основе;
- особенности проектирования, монтажа и эксплуатации фотоэлектрических и солнечных и тепловых станций.

Энергия малых водотоков

- малые и микро-ГЭС различных типоразмеров и мощностей;
- агрегаты и оборудование для малых и микро-ГЭС;
- особенности проектирования, монтажа и эксплуатации.

Энергия ветра

- автономные, сетевые и комбинированные ветроустановки,
- оборудование ветростанций;
- особенности проектирования, монтажа и эксплуатации.

Геотермальная энергетика и тепловые насосы

- геотермальные электро- и тепловые станции;
- тепловые насосы и теплонасосные установки.

Энергия мирового океана

- приливные электростанции;
- установки для преобразования энергии волн, течений и т.п.;
- станции, использующие энергию разности температур различных слоёв воды.

Энергия биомассы

- установки по производству биотоплива и экологически безопасных органических удобрений;
- биогазовые и биоэнергетические модули и установки.

Стационарные и подвижные энергоустановки и оборудование, в том числе воздушного и наземного транспорта

- дизельные, газотурбинные, газопоршневые и газогенераторные, паропоршневые;
- на местных видах топлива (торф, уголь, сланцы, газ);
- комбинированные;
- на новых принципах получения энергии;
- электрические генераторы;
- системы управления и регулирования.

Водородная энергетика

- получение водорода и его хранение;
- топливные элементы;
- водородные двигатели.

А также: распределённая энергетика, энергоснабжение автономных поселков на основе ВИЭ и различные накопители электрической, механической и тепловой энергии, управление распределёнными энергосистемами.

Участие в конференции — бесплатное. Статьи участников конференции, принятые и рекомендованные к публикации, по решению программного и организационного комитета будут размещены на бесплатной основе в журналах [СОК](#) («Сантехника. Отопление. Кондиционирование. Энергосбережение. Возобновляемая энергетика»), «Новое в российской электроэнергетике» и в электронном журнале Научно-исследовательской лаборатории ВИЭ (НИЛ ВИЭ) им. М.В. Ломоносова. А также в журналах с индексом Scopus на платной основе.



Заявки на участие в очно-заочном формате с докладом и доклады принимаются до 9 октября 2022 года по электронному адресу: renxix_2022@mail.ru.

Заявки на участие в конференции в очно-заочном формате без доклада (слушателей) принимаются до 17 октября 2022 года по адресу: renxix_2022@mail.ru.

Информация о XIX Международной ежегодной конференции «Возобновляемая и малая энергетика» будет размещена на сайтах:

- РосСНИО (rusea.info);
- НИУ «МЭИ» (mpei.ru);
- ИГВИЭ НИУ «МЭИ» (mpei.ru/structure/universe/ihre);
- кафедры ЭКАО и ЭТ «МЭИ» (mpei.ru/structure/universe/iet/structure/ecscsco).

За справками обращаться: к ответственному секретарю оргкомитета конференции **Грибкову Сергею Владимировичу** по тел. +7 (903) 564-62-69 или +7 (916) 930-50-17, e-mail: windex@yandex.ru или секретарям **Игнатьеву Евгению Витальевичу** по тел. +7 (917) 568-48-05 и **Исуповой Наталье Александровне** по тел. +7 (929) 639-98-10.

Общий e-mail: renxix_2022@mail.ru. ●



Методы расстановки электротехнических устройств в промышленном цехе и многоквартирном доме

Современные подходы к проектированию электросетевых объектов обусловлены адаптацией проектных организаций к постоянно изменяющимся нормам законодательства Российской Федерации. Важная роль в наше время отводится программному обеспечению для систем автоматизированного проектирования (САПР).

Автоматизация процесса от начала выполнения проектных работ до получения выходной документации позволяет оптимизировать трудозатраты, исключить риск появления ошибок, связанных с человеческим фактором, что особенно актуально в условиях рыночной экономики, создаёт возможность для повышения эффективности функционирования предприятия. Отечественный программный продукт «[Model Studio CS Кабельное хозяйство](#)» учитывает все особенности процесса проектирования и помогает проектировщикам принимать оптимальные решения.

Программный комплекс «Model Studio CS Кабельное хозяйство» позволяет выполнять раскладку кабелей внутри помещений, по открытым территориям, на эстакадах, в траншеях, а также использовать любые кабельные конструкции, формировать и выпускать кабельный журнал, спецификацию на оборудование, кабели, кабельные конструкции и ведомости объёмов работ.

Для удобства пользователя предусмотрено функционирование с использованием двух платформ: отечественной — nanoCAD и её зарубежного аналога — AutoCAD.

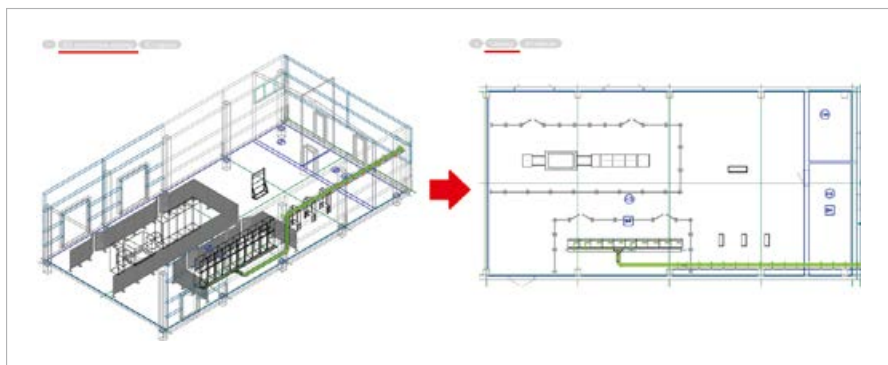
Обширный состав объектов, содержащихся в базе данных (БД), которая входит в поставку программы, обеспечивает возможность моделирования кабельных линий и трасс различной протяжённости и сложности конфигурации.

Методы расстановки электротехнических устройств в промышленном здании или цехе

В классическом проектировании и в привычном понимании для проектировщика не составляет труда скомпоновать и расположить на 2D-плане электротехническое оборудование в виде шкафов, ответвительных коробок, розеток, выключателей и светильников. Но, когда речь заходит о проектировании модели в 3D-пространстве, выполнение такой же задачи вызывает проблемы. Однако на самом деле между проектированием и расположением электротехнических устройств на 2D-плане и в 3D-виде большого отличия нет.

Если посмотреть на трёхмерную модель не в изометрическом, а в ортогональном виде — сверху (рис. 1), то перед нами предстаёт как раз привычный для всех пользователей 2D-план промышленного здания. Расположить на таком плане электротехническое оборудование уже не составляет труда. Необходимо отметить, что такой подход более удобен и понятен пользователям.

Единственное отличие заключается в задании всем объектам модели координаты Z или, по-простому, высоты установки конкретного изделия. Выполнить это совсем несложно. Достаточно выбрать соответствующие объекты и задать им необходимое значение в миллиметрах в поле «Положение Z», которое расположено на вкладке «Свойства» объектов САД-платформы (рис. 2).



⦿ Рис. 1. Модель электрощитового помещения промышленного здания

Автор: Андрей ПИРОГОВ, ведущий инженер по сопровождению ПО компании «СиСофт Девелопмент» (CSoft Development)

Примечание: эта статья была опубликована в журнале «Управление качеством» №8/2022.

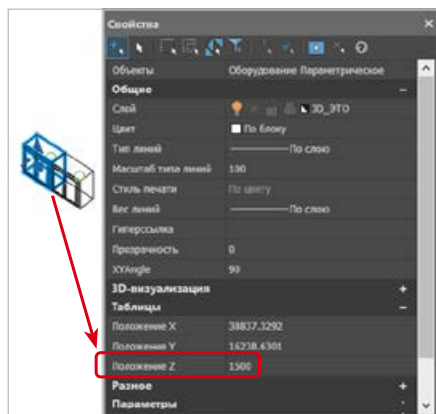


Рис. 2. Модель параметрического объекта с панелью свойств AutoCAD

Расположение электротехнических устройств можно выполнять объектами базы данных, которые достаточно просто «перетащить» в пространство моделирования с нажатой левой кнопкой мыши (ЛКМ).

На этапе проектирования, когда ещё точно неизвестно, какие модели приборов и электротехнического оборудования будут использоваться в проекте, можно выполнять расстановку устройств условными элементами Model Studio CS (рис. 3).

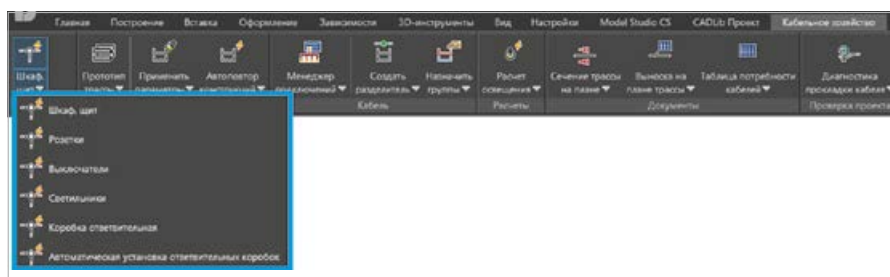


Рис. 3. Вкладка «Кабельное хозяйство» ленточного меню и набор команд условных элементов программного комплекса Model Studio CS

В дальнейшем, при получении более подробной информации об электротехнических устройствах, мы можем воспользоваться специализированными инструментами Model Studio CS — «Навигатором» и командой «Заменить параметры и графику». Эти средства позволяют легко и быстро выполнить замену уже размещённых в 3D-модели условных элементов на объекты базы данных, имеющие уточнённую параметрическую графику и набор атрибутивной информации, который более полно характеризует электротехнический объект.

Для более быстрого и удобного поиска и выделения необходимых объектов модели используется инструмент «Навигатор», представляющий собой окно со списком объектов, расположенных в модели на данный момент (рис. 4). Выделяем необходимые объекты из списка и нажи-

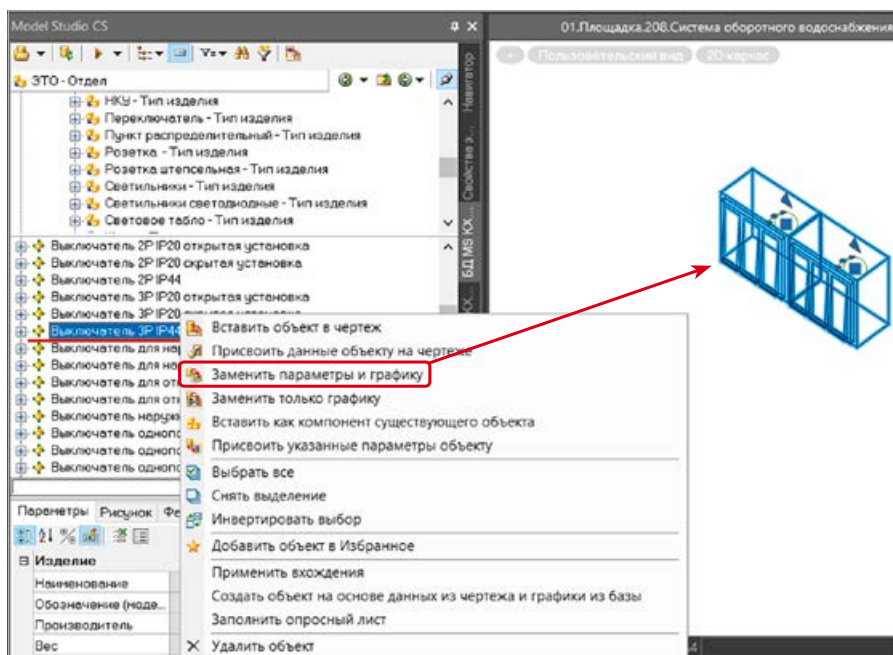


Рис. 5. Замена атрибутивной информации и параметрической графики объектов модели

маем кнопку «Найти объекты на чертеже» — объекты в 3D-модели будут выделены в соответствии с перечнем.

Пользователь также может, щёлкнув правой кнопкой мыши (ПКМ) на выбранном в БД объекте, выбрать в контекстном

меню команду «Заменить параметры и графику» (рис. 5). Выделенные объекты 3D-модели заменятся на объекты из БД, при этом базовая точка вставки у объектов 3D-модели останется на прежнем месте. Такой алгоритм действий позволяет проектировщику быстро изменить модель представленных устройств.

При размещении электротехнических устройств на виде сверху может возникнуть проблема, когда устройства неизвестна высота отметки координаты Z, поскольку она зависит от смежного оборудования. В таком случае необходимо поступить так же, как описано выше, и расположить электротехническое оборудование на виде сверху.

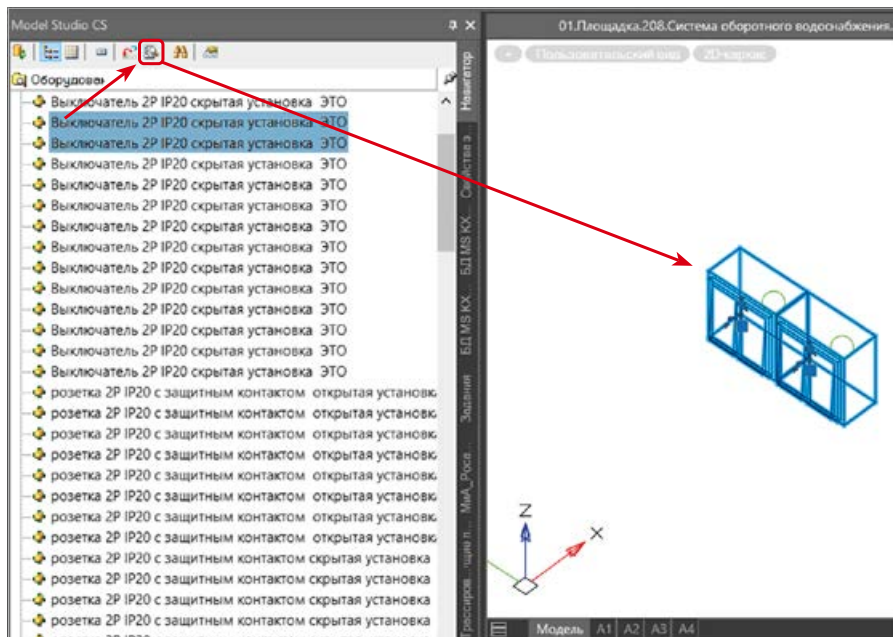


Рис. 4. Поиск и отображение элементов 3D-модели на вкладке «Навигатор»

То есть, по сути, нужно указать объекту координаты X и Y, а координату Z получить путём перемещения объекта вдоль оси Z (рис. 6) на одном из ортогональных видов: слева, справа, сзади или спереди.

При этом в «[Model Studio CS Кабельное хозяйство](#)» объекты можно копировать, перемещать, поворачивать и отражать, поскольку на них также распространяются все функции и команды платформ nanoCAD и AutoCAD.

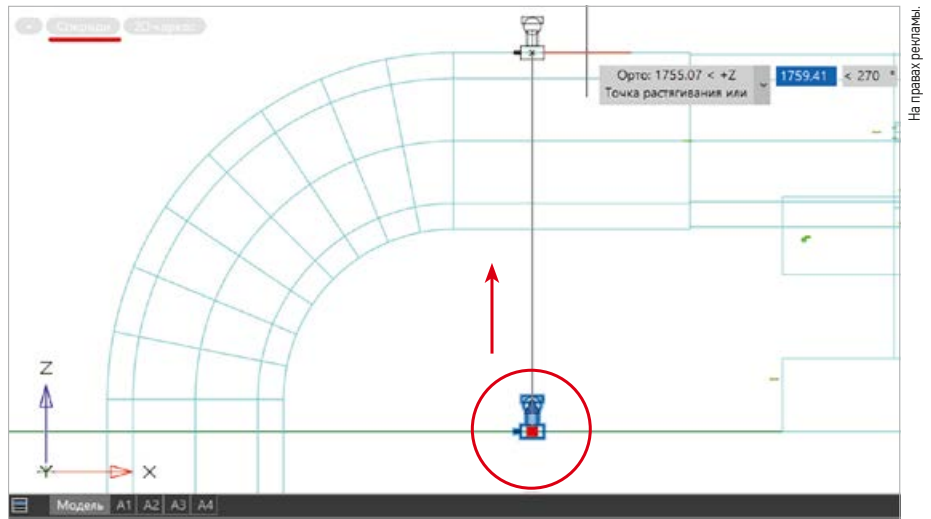
Размещение устройств в многоквартирном многоэтажном доме

При размещении электротехнических устройств в многоквартирном и многоэтажном доме алгоритм действий по расположению оборудования на виде сверху и по заданию высоты установки прибора (координаты Z) также будет уместным. Поскольку специфика многоэтажных жилых домов зачастую предусматривает аналогичное расположение розеток, выключателей, светильников на каждом этаже, то достаточно выполнить расстановку электротехнических устройств на одном этаже, а затем штатной операцией копирования с базовой точкой выделить их, указать направление копирования объектов по оси Z (рис. 7) и ввести с клавиатуры отметки этажей, где должно располагаться такое же оборудование, и тем самым быстро разместить его поэтажно.

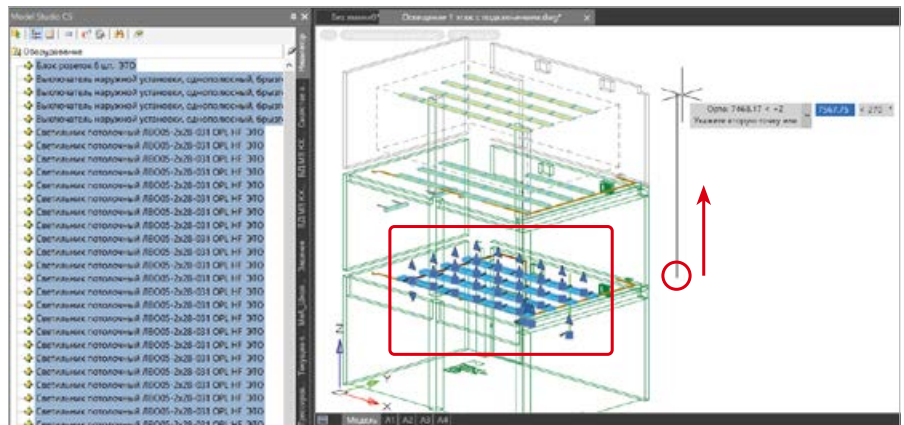
Как быть, если многоэтажное строение имеет различную планировку этажей? В этом случае нам помогут штатные средства платформы, которые позволяют в пространстве чертежа задавать пользовательские системы координат (ПСК) и переключаться между ними.

При проектировании многоэтажного здания за отметку 0.000 обычно берётся уровень пола первого этажа. Для задания ПСК с отметками остальных этажей необходимо перейти на вкладку «*Вид*» платформы nanoCAD и нажать кнопку «*Новая ПСК*». Чтобы задать новую ПСК на отметке +3.000, введём с клавиатуры точку начала новой системы координат X, Y, Z. Для нашего примера это будет 0, 0, 3000. После ввода координат система попросит указать произвольную точку по оси X и по оси Y, вследствие чего будет создана ПСК. На вкладке «*Вид*» можно переименовать ПСК, например, «*2-эт. отм. +3000*» (рис. 8).

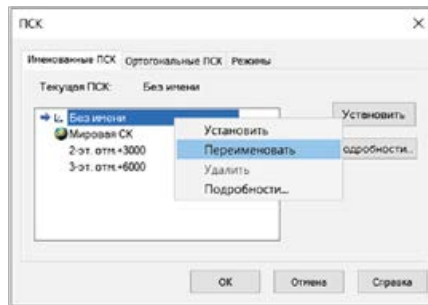
Для удобства проектирования многоэтажек можно создать в модели необходимое количество таких ПСК. Они позволяют при работе с общей информационной моделью здания переключаться между отметками конкретного этажа и вести размещение на нем электротехнических устройств (рис. 9).



•• Рис. 6. Перемещение параметрического объекта вдоль оси Z

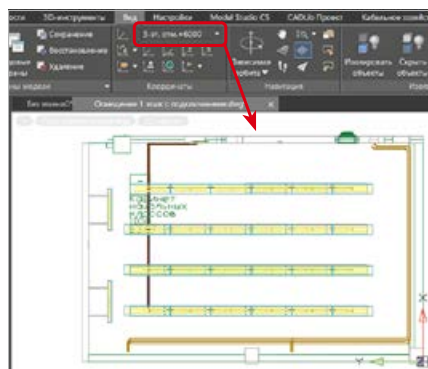


•• Рис. 7. Копирование группы параметрических объектов вдоль оси Z



•• Рис. 8. Отображение пользовательских ПСК

Таким образом, можно сделать вывод, что в 3D-модели компоновка и размещение электротехнических устройств сводится к привычному расположению оборудования на планах и указанию отметки



•• Рис. 9. Вкладка «Вид» с возможностью выбора пользовательских ПСК

уровня координаты Z объекта. Это делает инструмент понятным и простым в использовании, а также позволяет быстро вносить изменения в проектируемую модель электрохозяйства.

«[Model Studio CS Кабельное хозяйство](#)» значительно расширяет возможности платформ nanoCAD и AutoCAD в части трёхмерного проектирования промышленных объектов, делая работу инженера более комфортной и эффективной. Использование специализированного программного обеспечения для решения поставленных задач упрощает принятие оптимальных решений и сокращает затраты времени на разработку документации, что в конечном итоге приносит прибыль проектной организации.

Программный комплекс «[Model Studio CS Кабельное хозяйство](#)», разработанный на территории нашей страны, ориентирован на запросы и технические требования отечественного пользователя. Программа продолжает активно развиваться. Разработка нового и обновление существующего функционала осуществляются с учётом опыта взаимодействия с проектными организациями различных отраслей, а также с учётом пожеланий проектировщиков ведущих российских компаний. ●



«CADLib Модель и Архив». Сравнение с Navisworks

В работе над информационной моделью участвуют множество специалистов, но не всем подходит одно и то же программное обеспечение...

Для руководителей проекта, ВІМ-координаторов, звена менеджмента, ГАПов, ГИПов, представителей заказчика, инвестора или генподрядчика нужен инструмент, позволяющий осуществлять просмотр, быструю навигацию по ВІМ-модели, просмотр свойств объектов, оценку координации между разделами проекта, возможность регистрации пометок и замечаний, разрешение возникающих противоречий и планирование реализации проекта ещё до начала строительных работ.

Такая программа должна иметь простую и понятный интерфейс и низкий порог вхождения, чтобы специалист, не занимающийся непосредственно моделированием/черчением, мог быстро изучить основы работы с ней и подключиться к обсуждению предложений и замечаний.

Существует разное программное обеспечение для координации информационных моделей. Среди зарубежного — это Navisworks в линейке Autodesk, мультиплатформенные приложения для координации ВІМх от Graphisoft.

У российских разработчиков — это решения Pilot ВІМ от «Аскон», InterBridge от «Неолант», «CADLib Модель и Архив» от «СиСофт Девелопмент».

Целью нашего обзора будет «CADLib Модель и Архив», а сравнение будем проводить с наиболее популярной программой этого назначения — Navisworks.

Плюсы программы «CADLib Модель и Архив»

1. Координационная модель формируется автоматически по мере публикации участниками проектирования смоделированных фрагментов их разделов, не требуется дополнительных трудозатрат для преобразования твердотельной геометрии в полигональную сетку. Однако данное преимущество актуально лишь в том случае, если разделы информационной модели выполняются в Model Studio или nanoCAD.
2. Возможность гибкой настройки прав доступа к базе данных.
3. Возможность настройки иерархии базы данных, в том числе по разделам проекта.
4. Возможность прикрепления к объектам базы данных вспомогательных файлов, таких как паспорта, инструкции, технические каталоги, опросные листы, фотографии и др.
5. Возможность просмотра и экспертизы модели при помощи веб-браузера.

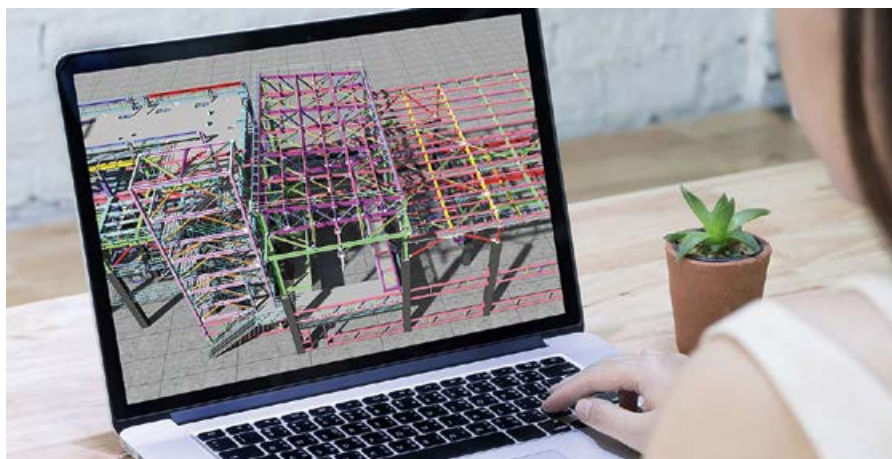


Полный текст статьи читайте онлайн по адресу (см. QR-код). Вы узнаете:

- о принципиальном отличии этих двух решений;
- о процессе конвертации информационной модели из ВІМ САПР;
- о навигации по модели;
- о прозрачности и скрытии отдельных элементов, о 3D-подрезке;
- об измерениях, заметках, точках обзора;
- о проверке коллизий;
- о шкале времени (TimeLiner);
- о Quantification, Rendering, Animator и Scripter;
- о передаче координационной модели другим участникам проектирования.

И, конечно же, о плюсах и минусах «CADLib Модель и Архив». ●

Автор: Леонид ФИЛИППОВ, эксперт «Академии ВІМ»





Применение виброизолирующих вставок в насосных станциях систем водоснабжения и канализации

При работе любого центробежного насоса возникают вибрации, которые передаются по трубопроводам и строительным конструкциям, вызывая негативные последствия для оборудования инженерных сетей и людей, проживающих или находящихся в обслуживаемых помещениях. С другой стороны, передача вибраций от соседних нагнетателей или другого оборудования к насосу является не менее серьёзной проблемой, зачастую существенно сокращающей срок эксплуатации центробежных машин вплоть до возникновения аварийных ситуаций.

Автор: П.В. СПЕРАНСКИЙ, к.т.н., директор по техническому обучению ООО «ВИЛО РУС»

Одним из наиболее эффективных способов снижения передачи усилий и вибраций по трубопроводам является применение виброизолирующих вставок (вибровставок, виброкомпенсаторов), фото 1.

Накопленный опыт эксплуатации насосов с вибровставками, помимо положительного эффекта, говорит и о наличии серьёзной проблемы, связанной с их разрушением (разрывом) и возникновением аварийных ситуаций. Зачастую это связано с нарушением правил монтажа виброкомпенсаторов, например, при установке с существенным осевым смещением. Кроме того, при производстве большинства изделий используется обычная резина EPDM, которая подвержена неизбежному старению, особенно в жёстких условиях эксплуатации. Поэтому нужно рационально подходить к принятию решений о необходимости установки виброизолирующих вставок в принципе.

Рассмотрим требования нормативной документации. Своды правил по наружным сетям водоснабжения и канализации не регламентируют данный вопрос, оставляя решение за заказчиком или проектной организацией. Поскольку насосные



:: Фото 1. Виброизолирующие вставки

станции наружных систем обычно значительно удалены от жилых и административных зданий, насосы устанавливаются на массивные фундаменты; в каждом конкретном случае стоит оценивать целесообразность применения виброкомпенсаторов. Очевидно, что разрыв резинового компенсатора диаметром, например, 400 мм в заглублённой насосной станции может привести к серьёзным потерям, превосходящим потенциальную выгоду от возможного увеличения срока службы оборудования.

Накопленный опыт эксплуатации насосов с вибровставками говорит о наличии существенных проблем, связанных с их разрушением и возникновением аварийных ситуаций. Зачастую это связано с нарушением правил монтажа виброкомпенсаторов (например, при установке с осевым смещением)

Однозначное требование устанавливать вибровставки прописано в новом СП 30.13330.2020 [1]:

«13.17. Насосные агрегаты следует устанавливать на виброизолирующих основаниях. На напорных и всасывающих линиях следует предусматривать установку виброизолирующих вставок.

Виброизолирующие основания и виброизолирующие вставки допускается не предусматривать:

- в производственных зданиях, где не требуется защита от шума;
- в противопожарных установках;
- в отдельно стоящих зданиях насосных станций при расстоянии от них до ближайшего здания более 25 м.

Насосные станции (установки) заводского изготовления, в которых предусмотрены изоляция шумов, вибраций и компенсация перемещений, могут быть установлены без выполнения указанных мероприятий...»

Приведённая формулировка п.13.17 [СП 30.13330.2020](#) подразумевает установку виброкомпенсаторов именно с целью защиты от возникающего шума обслуживаемых помещений, а не самого насосного оборудования. Здесь особенно важен последний абзац п.13.17, положивший конец дискуссиям о соответствии установок повышения давления заводского изготовления (фото 2) требованиям по виброизоляции, ввиду отсутствия в их конструкции вибровставок на линии до и после каждого насоса.



❖ Фото 2. Установка повышения давления

Конструкция насосных установок Wilo и применяемые типы насосов позволяют отказаться от виброизоляции каждого насосного агрегата. При этом компания настоятельно рекомендует подключать коллекторы установок к системе водоснабжения только через виброизолирующие вставки, обеспечивая тем самым однозначное выполнение требований нормативной документации.

В качестве вибровставок рекомендуется использовать гибкие соединительные трубопроводы (фото 3), позволяющие удобно и без дополнительных монтажных работ подключить установку к системе водоснабжения здания в стеснённых условиях. Поставка соединительных шлангов осуществляется в качестве дополнительного оборудования, не входящего в стандартную комплектацию установок повышения давления.

По внутреннему противопожарному водопроводу и автоматическим установкам пожаротушения в 2021 году также обновилась нормативная документация. По этим системам мнение разработчиков не изменилось — применение виброизолирующих вставок на противопожарных насосах не обязательно.

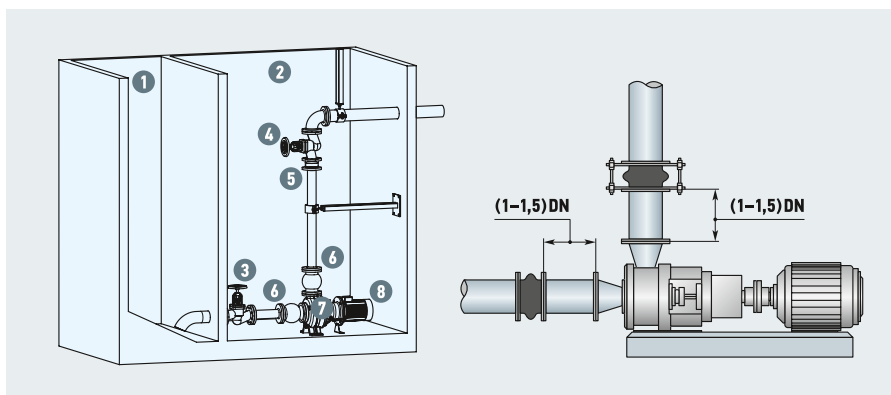
[СП 485.1311500.2020](#) [2]:

«6.10.25. Виброизолирующие основания и виброизолирующие вставки в пожарных насосных установках допускается не предусматривать...»

[СП 10.13130.2020](#) [3]:

«12.25. Виброизолирующие основания и виброизолирующие вставки в пожарных насосных установках допускается не предусматривать».

Ещё одним важным моментом является место установки вибровставок (рис. 1). Это никак не отражено в нормативной документации, что породило массу различных рекомендаций от производителей насосов и самих компенсаторов. Для исключения передачи усилий и вибраций они должны устанавливаться как можно ближе к насосам. Но для минимизации влияния самой вибровставки на насос — на определённом удалении.



❖ Рис. 1. Варианты размещения виброизолирующих вставок (1 и 2 — приёмный резервуар и машинный зал КНС; 3 и 4 — задвижки на всасывающем и на напорном трубопроводах; 5 — обратный клапан; 6 — вибрационная вставка; 7 — канализационный насос; 8 — электродвигатель)



❖ Фото 3. Подключение УПД через гибкие соединительные шланги

Особенно важно это учитывать на всасывающих линиях, поскольку возмущённый поток на входе в насос может вызвать его нестабильную работу, повышение вибраций и уровня шума, кавитационные явления. У установок заводской готовности такая проблема отсутствует, поскольку оптимальный подвод жидкости к насосам гарантирован их конструкцией, то есть лежит на совести завода-изготовителя. Вибровставки устанавливаются на коллекторах, не оказывая негативного влияния на работу насосов.

При проектировании насосных станций, особенно работающих в режиме всасывания или с малым избыточным давлением на входе, необходимо учитывать требования СП по наличию прямолинейного участка между всасывающим патрубком насоса и ближайшим местным сопротивлением, к которому относятся в том числе и вибровставки.

Например, [СП 31.13330.2012](#) [4] гласит: «Расстояние от всасывающего патрубка насоса до ближайшего фитинга (отвода, арматуры и т.д.) должно быть не менее пяти диаметров трубы».

Таким образом, установка вибровставок должна производиться в соответствии с требованиями нормативной доку-

ментации и с учётом рекомендаций изготовителей насосных станций заводской готовности. Если таковые отсутствуют, целесообразность использования также должна оцениваться из соображений повышения надёжности эксплуатации объектов водоснабжения и водоотведения. ●

1. [СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий \(с Изм. №1 и 2\) / Дата введ.: 01.07.2021.](#)
2. [СП 485.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила / Дата введ.: 01.03.2021.](#)
3. [СП 10.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила / Дата введ.: 27.01.2021.](#)
4. [СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Дата введ.: 01.01.2013.](#)

Виды решёток для очистки сточных вод

Решётка предназначена для механической очистки сточных вод. Основная её задача — задержание крупных загрязнений органического и минерального происхождения. Она подготавливает сточную жидкость к дальнейшей очистке.

Авторы: Л.Н. ПРИХОДЬКО, к.т.н., доцент;
С.В. ГРИНЕНКО, д.э.н., профессор;
Е.В. БЕЛЯКОВА, старший преподаватель,
[Сочинский государственный университет \(СГУ\)](#)

Примечание: данная статья — аналитического характера; авторы описывают виды решёток для механической очистки сточных вод и принцип их работы.

Механические решётки для очистки сточных вод

По своему конструктивному решению решётки бывают: со стержнями прямоугольной формы (неподвижные решётки, представляют собой ряд параллельных металлических стержней прямоугольной формы, закреплённых в раме), решётки-дробилки, ступенчатые самоочищающиеся, шнековые.

Очистка решётки при количестве отбросов 0,1 м³/сут. и более должна быть механизированная. Ручная очистка решётки осуществляется с помощью граблей, механизированная — с помощью механических граблей или самоочисткой (ступенчатые, шнековые).

Механические решётки серии М/Р

Модернизированный агрегат механической очистки сточных вод представляет собой механическую решётку непрерывного действия с мелкими прозорами, которая легко устанавливается на каналы любого размера (фото 1).



❖ Фото 1. Механическая решётка серии М/Р

Особенностью конструкции агрегата механической очистки сточных вод являются крюки, выполненные из высокопрочной пластмассы. Крюки собраны в виде полотна, которое и является собственно решёткой. Прозоры между крюками — 5 мм. Элементы цепи и оси полотна изготовлены из нержавеющей стали 95Х18. Небольшой угол перегиба направляющей тяговой цепи, составляющий 20°, позволяет с меньшей нагрузкой эксплуатировать механизм, так как уменьшена нагрузка на двигатель, на цепь и направляющие. Для чёткой фиксации тяговых цепей, снижения механического трения и силы предварительного натяжения цепей в нижней части каркаса установлены две звёздочки, подшипники скольжения которых защищены.

Применена новая конструкция тяговой пластинчатой цепи. Для защиты цепи от абразивных частиц, находящихся в потоке сточной воды, введены пластины-отбойники. Накладные кожухи защищают цепь решётки от попадания на неё отходов.

Несущей конструкцией агрегата является металлический каркас, который нижней частью устанавливается на дно канала. Накладки его направляющих выполнены из коррозионностойкой жаропрочной стали 30Х13 с последующей термообработкой.

Механические решётки серии РМУ

Решётки РМУ-Б изготавливаются с высотой сбрасывания 450 или 1200 мм. Материал исполнения — конструкционная или нержавеющая сталь. Решётка механическая РМУ (фото 2) устанавливается в открытый канал канализационной насосной станции или цеха механической очистки сточных вод. Грабельная решётка предназначена для задержания твёрдых веществ в сточных водах и выгрузки их на транспортировочное устройство для последующей утилизации.

Сточные воды, содержащие отбросы, проходят через фильтрующий экран решётки. Крупные отбросы задерживаются на поверхности экрана. Грабли периодически очищают экран от накопившихся отбросов. С помощью сбрасывателя они перемещаются в контейнер или на транспортировочное устройство.

Включение и отключение механической решётки осуществляется автоматически по заданному промежутку времени или в зависимости от уровня сточных вод в канале, а также по заданной программе.



❖ Фото 2. Механическая решётка серии РМУ



:: Фото 3. Барабанная решётка (сито)

Барабанные решётки

Барабанные решётки (сита, фото 3) объединяют в себе сразу несколько функций — задержание, промывку и выгрузку отбросов, обеспечивая тем самым значительную экономию установочных площадей. Благодаря различной ширине прозоров и типоразмеру (диаметр барабана до 300 мм) можно подобрать требующуюся производительность решётки. Установка изготавливается целиком из нержавеющей стали (AISI 304, AISI 316). Вращающийся барабан, находящийся в корпусе, приводится в движение мотор-редуктором. Корпус решётки устанавливается на ножки нужной длины.

При использовании барабанного сита нет необходимости устраивать каналы с механическими решётками, поскольку они занимают значительно меньшую площадь, и их можно размещать в помещении со стеснёнными условиями.

Барабанное сито состоит из корпуса, вращающегося сетчатого фильтра, подводящих и отводящих патрубков и двигателя, приводящего сетчатый фильтр в движение. Отверстия в барабанных фильтрах имеют размеры от 0,25 до 2,5 мм. Сточные воды поступают в камеру гашения напора через подводящий патрубок. Когда уровень воды в камере достигает заданного уровня, вода проходит через его ячейки и стекает в сливную ванну. Задержанные на поверхности фильтровального полотна отбросы снимаются латунным ножом, прилегающим к барабану решётки под острым углом, и сбрасываются на транспортирующее устройство или в мусороприёмник. Очищенные сточные воды отводятся через отводящий патрубок в нижней части решётки. Во время работы решётки фильтровальное полотно постоянно промывается очищенными сточными водами. При сильном засорении полотна начинает подниматься уровень воды в камере гашения напора и сточная вода отводится через отводящий переливной патрубок, расположенный в верхней части камеры. Для очистки полотна от трудноудаляемых загрязнений предусмо-

трена дополнительная промывка барабана горячей или холодной водой из форсунок. Вода для промывки подаётся через промывочный штуцер внутрь барабана под давлением 2–4 бар.

Вертикальные шнековые решётки

Вертикальные шнековые решётки для механической очистки сточных вод (фото 4) объединяют в себе сразу несколько функций — задержание, промывку, обезвоживание и выгрузку отбросов, обеспечивая тем самым значительную экономию установочных площадей. Благодаря различной ширине прозоров и диаметру перфорации и типоразмеру (диаметр барабана до 700 мм) можно подобрать требующуюся производительность решётки. Установка изготавливается целиком из нержавеющей стали.

Шнековая решётка предназначена для извлечения из производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод средних и мелких отбросов с последующей их промывкой, отжимом и транспортированием в мусоросборник. Вертикальная шнековая решётка предназначена для установки в условиях ограниченного пространства и перемещения отбросов на высоту до 6 м.

Поток сточной воды проходит сквозь щелевую или перфорированную поверхность решётки. При этом в зависимости

от её проходных отверстий удерживаются находящиеся в стоках плавающие, оседающие и взвешенные вещества. Поверхность решётки очищается безосевой шнековой спиралью из нержавеющей стали. По краям канта шнека расположены износостойкие щётки, дополнительно очищающие барабан решётки. Задержанный мусор подаётся в закрытую подъёмную трубу. Выгружной шнек транспортирует, обезвоживает (до 45% сухого вещества), уплотняет мусор и сбрасывает его в подставленный контейнер.

Грабельная решётка

Грабельная решётка для очистки сточных вод устанавливается на канализационных насосных станциях, в цехах механической очистки коммунальных очистных сооружений или в помещениях локальных очистных станций (ЛОС) промышленного предприятия. Грабельная решётка используется для механического извлечения крупных и средних отбросов из стоков с целью обеспечения бесперебойной работы оборудования на последующих этапах очистки.

Грабельная решётка задерживает и извлекает из сточных вод загрязнения, превышающие размером прозоры фильтрующего полотна. Эти загрязнения периодически снимаются с фильтрующего полотна граблиной, которая перемещает их к верхнему краю рамы. Далее загрязнения снимаются с граблины при помощи сбрасывателя, и по склизу попадают на транспортирующее устройство или в мусороприёмник.

По своему конструктивному решению решётки механической очистки сточных вод бывают: со стержнями прямоугольной формы, решётки-дробилки, ступенчатые самоочищающиеся, а также шнековые



:: Фото 4. Вертикальная шнековая решётка для механической очистки сточных вод

Крючковые решётки

Крючковые решётки для механической очистки сточных вод (фото 5) представляют собой движущееся бесконечное фильтрующее полотно, образованное съёмными наборами крючков из пластика, установленное на раму.

Прямоугольная рама состоит из двух продольных бортов, соединённых поперечными балками. Вдоль продольных бортов решётки по полимерным направляющим перемещается фильтрующее полотно, которое приводится в движение вращением вала с ведущими звёздочками, расположенного в верхней части решётки. Вал, в свою очередь, приводится в движение мотор-редуктором. Предусмотрена возможность регулировки натяжения фильтрующего полотна. Решётки изготавливаются из коррозионно-стойкой стали (AISI 304, AISI 316).

Крючковая решётка задерживает из сточных вод загрязнения, превышающие размер прозоры фильтрующего полотна. Эти загрязнения крючками перемещаются вверх до линии сброса, и по склuzu попадают на транспортирующее устройство или в мусороприёмник. Очистка фильтрующего полотна после сброса отходов сначала осуществляется промывной водой из форсунок, а затем вращающимися щёточными скребками. Кроме того, предыдущий ряд крючков дополнительно очищает последующий в момент их переворота. Интервалы между включениями зависят от используемой схемы автоматизации работы решёток.

За счёт особой конфигурации полотна решётки на рабочей поверхности формируется слой загрязнений, создающий дополнительный процеживающий эффект, что позволяет удерживать на решётке с прозором 5 мм включения, значительно меньшие по размеру.

Ступенчатые решётки

Ступенчатые решётки тонкой механической очистки (фото 6) предназначены для первичной подготовки сточных вод перед подачей на очистные сооружения. С их помощью из потока извлекаются крупные включения и различные волокнистые отходы, что позволяет производить дальнейшую водоочистку более эффективно и приводит к уменьшению затрат на ремонт оборудования, установленного за решётками в технологической линии дальнейшей очистки сточных вод.

Принцип работы ступенчатых решёток состоит в процеживании сточных вод через пакеты ступенчатых неподвижных пластин, которые закреплены на решётке, и подвижных, совершающих плоско-



:: Фото 5. Крючковая решётка для механической очистки сточных вод

параллельное вращение относительно неподвижных. За счёт движения пластин твёрдые частицы поднимаются с одной ступени на другую, достигая, таким образом, верхней части решётки, откуда идут на сброс и дальнейшую транспортировку.

Подвижные ступенчатые пластины работают по принципу противотока, благодаря чему достигается самоочищающее действие по всей поверхности решётки, и отсутствует необходимость в таких специальных средствах очистки, как промывка, скребок или щётка. За счёт реализации ступенчатого принципа работы решётки на её рабочей поверхности формируется слой загрязнений, который создаёт дополнительный процеживающий эффект, что способствует увеличению эффективности фильтрации.



:: Фото 6. Ступенчатые решётки тонкой очистки на ОСК «Оренбург Водоканал»

Работа ступенчатой решётки обычно осуществляется в циклическом режиме, но может работать и непрерывно. Продолжительность цикла работы ступенчатой решётки зависит от расхода сточных вод и состава содержащихся в них загрязнений. Задержанные на решётках загрязнения собираются в контейнеры и периодически направляются на утилизацию.

Шнековые решётки

Шнековые решётки с зоной уплотнения или исполнение в резервуаре, объединяет в себе сразу несколько функций — задержание, промывку, обезвоживание и выгрузку отходов, обеспечивая тем самым значительную экономию установочных площадей. Благодаря различной ширине прозоров и диаметру перфорации и типоразмеру (диаметр барабана до 900 мм) можно подобрать требующуюся производительность решётки. Установка изготавливается целиком из нержавеющей стали.

Решётка монтируется непосредственно в канал или устанавливается в резервуаре. Поток сточной воды проходит сквозь её щелевую или перфорированную поверхность. При этом в зависимости от её проходных отверстий удерживаются находящиеся в стоках плавающие, оседающие и взвешенные вещества. Ковёр из задержанных отходов, покрывающий внутреннюю поверхность решётки, создаёт дополнительное фильтрующее действие, при котором задерживаются частицы более мелкие, чем прозор решётки. Если в результате налипания материала на её поверхность вода поднимается перед решёткой до определённого уровня (перепад уровней), установка включается. Поверхность решётки очищается безосевой шнековой спиралью из нержавеющей стали. По краям канта шнека расположены износостойкие щётки, дополнительно очищающие барабан решётки.

В случае необходимости (например, при высокой доле фекального ила), шнековая спираль промывается от органики чистящими форсунками. Задержанный мусор подаётся в закрытую подъёмную трубу. Выгрузной шнек транспортирует, обезвоживает (до 45 % сухого вещества), уплотняет мусор и сбрасывает его в подставленный контейнер или отводящий транспортёр. •

1. Василенко Л.В., Никифоров А.Ф., Лобухина Т.В. Методы очистки промышленных сточных вод: учеб. пособие. — Екатеринбург: УГЛУТУ, 2009. 174 с.
2. Воронов Ю. В., Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебн. для вузов. — М.: Изд-во АСВ, 2006. 704 с.
3. Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод: учеб. пособие. — Вологда: Изд-во ВоГТУ, 2003. 152 с.
4. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. — М.: Изд-во АСВ, 2016. 203 с.

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

0+

aqua THERM MOSCOW

14–17.02.2023

Крокус Экспо, Москва

Забронируйте стенд
aquathermmoscow.ru



Специализированный раздел



Одновременно с выставкой
оборудования и технологий
для вентиляции
и кондиционирования



Производство стальных трубчатых радиаторов **Tubog**

В 2022 году компания «РИФАР» создала современное российское производство стальных трубчатых радиаторов. Многолетний опыт и знания обеспечили необходимые конструктивные и эксплуатационные преимущества новой продукции.

Изготовление трубчатых радиаторов марки **Tubog** запущено в 2022 году в Оренбургской области на одном из самых современных производств. В конструкции изделий реализованы следующие основные требования:

- отказ от применения межсекционных соединений с использованием ниппелей и герметизирующих элементов;
- применение только современных технологий холодной штамповки и сварки, обеспечивающих отсутствие наружных и внутренних дефектов в зоне сварных швов;
- использование технических решений, позволяющих подключать трубчатые радиаторы с нижним подключением к тепловой сети без дополнительных балансировочных клапанов для исключения пульсации теплоносителя.

Компания «РИФАР» работает в области производства отопительных приборов с 2002 года и успела накопить собственный многолетний промышленный опыт и уникальные знания об условиях эксплуатации таких изделий в Российской Федерации. С момента основания компания демонстрирует успехи в инженерных решениях по достижению высокого качества и надёжности своей продукции.

Компания «РИФАР» работает в области производства отопительных приборов с 2002 года, накопив собственный многолетний промышленный опыт и уникальные знания об условиях эксплуатации таких изделий в РФ

Сегодня в состав завода, помимо основного литейного и сборочного производств, входят трубосварочный цех, инструментальный цех и научно-исследовательский комплекс (отдел теплотехнического моделирования и три лаборатории — металлографического анализа, коррозионных исследований и химическая).

Все основные производственные процессы предприятия, а также выбор технологии производства с оптимальными пооперационными переходами и обязательным метрологическим обеспечением контролирует служба качества. На основе собственных лабораторных исследований на предприятии выстроена цепь взаимосвязанных технологических процессов, которые обеспечивают непрерывное массовое производство продукции, полностью отвечающей требованиям конструкторской документации.



❖ Трубчатые радиаторы **Tubog** отличаются исключительной прочностью и надёжностью



❖ Трубчатые радиаторы **Tubog** окрашиваются в широкую палитру цветов RAL

Собственные методики испытаний, разработанные для контроля качества продукции, предусматривают не только финальные операции по оценке лакокрасочного покрытия и герметичности изделий, но и полный цикл анализа материалов, их взаимодействия в разных средах и режимах эксплуатации. Такая совокупность мер вместе с общим высоким инженерным потенциалом предприятия помогает не только формировать высокие эксплуатационные характеристики выпускаемой продукции, но и предлагать отраслевые стандарты качества производства.

Пример внутризаводского повышения качества радиаторов «РИФАР» — принятые требования к исходному холоднокатаному стальному прокату. Контролируются не только физико-химические, механические и геометрические свойства проката, он проходит проверку и на наличие серьёзных коррозионно-защитных свойств. Непрерывные металлургические процессы производства низкоуглеродистых сталей не исключают наличия в их составе неметаллических включений, которые могут существенно снижать стойкость стали к язвенной коррозии, приводить к ускоренной коррозии и выходу из строя всего изделия. Чтобы исключить

эту причину снижения срока службы радиатора, были изменены условия для поставщиков стали, появились дополнительные технические требования, а во входном контроле стального проката добавилось дополнительное металлографическое исследование.

В качестве сварочных технологий при изготовлении радиаторов **Tubog** применяется самая экологичная и передовая сварка — лазерная и импульсная контактная. Это позволяет создавать чистые качественные швы без шлака и сварочных брызг.

Толщина стали радиаторов **Tubog** увеличена и составляет 1,6 мм, что в два раза превышает требования к толщине стали для таких радиаторов по европейскому нормативу EN 442-1.



❖ Производство трубчатых радиаторов **Tubog** на собственном заводе «РИФАР»

Специально под новую продукцию поставлено оборудование для рентгенографического исследования сварных швов. Обычно такое автоматизированное исследование, позволяющее исключить скрытые недостатки и дефекты сварного соединения, применяется для деталей атомной или аэрокосмической промышленности, объектов машиностроения преимущественно военного назначения и ответственных элементов различных двигателей как авиационной, так и автомобильной промышленности.

Таким образом, компания «РИФАР» использует самые передовые наработки высокотехнологичных отраслей. Нужно отметить, что здесь впервые в мире осуществляется контроль сварных швов каждой секции радиатора цифровым рентгенографическим способом с учётом применяемых стандартов NASA (General Welding Requirements for Aerospace Materials, NASA-STB8-500 6A).



❖ Рентгенографическое исследование сварных швов на заводе «РИФАР»

Для окраски радиаторов **Tubog** используют автоматизированную линию, оснащённую ультрасовременной 11-стадийной тактовой системой подготовки поверхности, ванной нанесения анафорезного грунта и двумя камерами для нанесения порошковой краски. Стандартный цвет — белый RAL 9016.

Для придания радиаторам особого внешнего вида имеется участок покраски жидкими красками по автомобильным технологиям: подготовка поверхности, анафорезное грунтование, покраска цветными красками по каталогам RAL, нанесение различных лаков. Возможно использование красок с пигментными добавками (металлики).

Радиаторы **Tubog** выпускаются в различных модификациях: гигиенического исполнения для медицинских учреждений, нижнего подключения, горизонтального размещения. Конструкторский отдел разработал необходимые комплектующие и оригинальные аксессуары с учётом особенностей монтажа и эксплуатации радиаторов. ●



Серии балансировочных клапанов Giacomini

Программа балансировочных клапанов ручного регулирования Giacomini, как замечают многие, отличается «лаконичностью». Но при этом прослеживается система. Итальянский производитель выпускает для каждого типа балансировочных клапанов три модификации: стандартное исполнение для большинства задач, компактную серию для массового применения и фланцевую чугунную арматуру для больших размеров подсоединения. Однако специальные версии клапанов отсутствуют — ведь в одной модели сочетаются все функции.

«Лаконичность» программы балансировочных клапанов ручного регулирования, о котором идёт речь во вступлении к статье, производитель объясняет универсальностью имеющихся моделей: *«Нам не требуется выпускать различные клапаны для различных функций: регулирования, клапан-партнёр, запорный клапан и так далее, поскольку в одной модели мы сочетаем все функции».*

Действительно, балансировочный клапан Giacomini R206B, выпускаемый в размерах от Ду15 до Ду50, обеспечивает регулирование расхода с индикацией по градуированной шкале и возможностью фактического его вычисления при помощи дифференциального манометра (подключаемого к штуцерам клапана), перекрытие потока, дренаж, фиксацию настройки, а также подключение импульсной трубки автоматического балансировочного клапана при регулировании перепада давления в двухтрубных системах отопления, то есть R206B может использоваться в качестве клапана-партнёра.



❖ Статический балансировочный клапан R206B

Рабочие характеристики по давлению и температуре (до 25 кПа и до +120°C) позволяют применять клапаны R206B в широком диапазоне систем отопления, тепло- и холодоснабжения; корпус, выполненный из устойчивой к вымыванию цинка латуни DZR, и надёжные материалы уплотнения позволяют эксплуатировать эти клапаны также в системах водоснабжения, в том числе питьевого.

Конструктивной особенностью клапанов R206B является внутреннее калиброванное отверстие, то есть участок изменения расхода в клапане имеет фиксированное сечение отверстия и поэтому постоянное значение K_v для каждого размера клапана. Это значительно упрощает предварительную настройку и измерение расхода через специальные ниппели. Поэтому простым аналоговым или цифровым манометром дифференциального давления можно выполнить быстрое и точное измерение расхода через клапан — не требуется применение специального компьютера с большими базами данных со значениями K_v .

Серия балансировочных клапанов Giacomini универсальна — она обеспечивает регулирование расхода, функцию клапан-партнёра, функцию запорного клапана и так далее

Компактная модификация R206B-1 — изменённый, по сути, клапан «старшей» модели R206B. Уменьшение размеров и стоимости удаётся достичь исключением расходомера из конструкции клапана: участка переменного диаметра для определения фактического расхода. Таким образом, для измерения расхода требуется подключать дополнительное устройство в гидравлический контур.



❖ Статический балансировочный компактный клапан R206B-1

Производитель комментирует: «Версия компактного балансировочного клапана создавалась в первую очередь для регулирования расхода по контурам квартир в так называемых “горизонтальных поквартирных системах” многоэтажных зданий. В проектах сейчас используется большое число таких клапанов, поэтому важно, чтобы стоимость была невелика; и в то же время применяемые клапаны отличаются небольшими диаметрами и показателями расхода, поскольку регулируют систему отопления единственной и каждой квартиры». Для точной настройки в режимах с минимальным расходом, как отмечает производитель, была доработана шкала в позиции 0–10% открытия клапана — введена градуировка с шагом 2%. Клапан [Giacomini R206B-1](#) так же выпускается в размерах Ду15, Ду20 и Ду25, что объясняется областью его массового применения для поквартирного регулирования в горизонтальных системах отопления.

Особенность автоматического балансировочного клапана [Giacomini R206C](#) — регулятор перепада давления с двумя диапазонами регулирования. Это первая модель на рынке, которая обладает возможностью переключения рабочего диапазона — низкий (5–30 кПа) и высокий (25–60 кПа). Выбор диапазона происходит при помощи переключателя, который находится под регулировочной рукояткой. Принцип двойного регулирования клапана [R206C](#) основан на использовании пружин различной жёсткости с соответствующим переключателем; данный принцип запатентован. Клапан



⚡ Автоматический балансировочный клапан [Giacomini R206C](#) (справа) и компактный автоматический балансировочный клапан [R206C-1](#)

предназначен для автоматического поддержания заданного перепада давлений между подающим и обратным трубопроводами систем отопления и охлаждения. Выпускается в размерах от Ду15 до Ду50, имеет корпус из латуни DZR, усиленную мембрану увеличенной площади, что обеспечивает длительный период эксплуатации и точность настройки рабочего параметра. Клапан поставляется в комплекте с импульсной трубкой для соединения с подающим трубопроводом. Для облегчения монтажа трубки корпус мембраны выполнен поворотным. Клапан также имеет пару заглушенных отверстий для подключения дифференциального манометра.

Компактная модель автоматических балансировочных клапанов [R206C-1](#), как информирует производитель, выпущена в дополнение к «старшей» серии [R206C](#). При разработке новой серии основными задачами было уменьшение размеров и массы клапанов при сохранении высоких показателей рабочих характеристик, создав компактную конструкцию по привлекательной цене.

Автоматический балансировочный клапан [Giacomini R206C](#) — регулятор перепада давления с двумя диапазонами регулирования. Это первая модель на рынке, которая обладает возможностью переключения рабочего диапазона

В отличие от «старшей» серии новая модель имеет единственный рабочий диапазон перепада давления 5–30 кПа и выпускается в трёх размерах: Ду15, Ду20 и Ду25. Новые клапаны, как и основная серия, имеют корпус из латуни DZR и усиленную рабочую мембрану. Клапаны [R206C-1](#) обеспечивают функцию перекрытия трубопровода — они могут быть закрыты при помощи рукоятки, при этом настройка параметра перепада давления не изменяется. Компактные размеры клапанов позволяют устанавливать их в стеснённых условиях, например, в распределительных коллекторных шкафах, а применение совместно с ручным компактным клапаном [Giacomini R206B-1](#) позволяет получить эффективную балансировочную пару для двухтрубных систем отопления.





•• Динамический балансировочный клапан [R206A](#) для использования в системах с постоянным расходом

Клапаны автоматического регулирования расхода [Giacomini R206A](#) используются в системах с постоянным расходом (например, в вентиляционных установках, фанкойлах с постоянным потоком воды и переменной скоростью вентилятора для контроля комнатной температуры) — эти клапаны ограничивают расход до заданного значения, если некоторые потребители закрываются и расход у открытых потребителей обычно повышается. Также эти клапаны применяются для поддержания постоянства расхода в системах с вертикальными стояками отопления, которые в значительном объёме проектируются в России.



Клапаны [R206A](#) отличает широкий ассортимент размеров (от Ду15 до Ду50) и диапазон поддержания постоянства расхода — от 0,27 до 16 м³/ч, в зависимости от размера клапана. Корпус клапана выполнен из латуни, имеет штуцеры для установки ниппелей измерения перепада давления. Регулирующий картридж клапана снабжён двойным индикатором со шкалами целых значений настроек от 1 до 5 и десятичных от 1 до 9 для обеспечения точного регулирования расхода. Картридж можно легко очистить или заменить при необходимости, а настройку клапана можно проводить на работающей системе.



•• Автоматический клапан [R206AM](#) с возможностью установки управляющего мотора или электротермического привода

[R206AM](#) — «моторизируемая» версия автоматического клапана, с возможностью установки управляющего мотора или электротермического привода с соединительным размером М30×1,5. Применение двухпозиционного или пропорционального сервопривода позволяет управлять расходом в соответствии, например, с тепловой нагрузкой регулируемого участка, а также полностью перекрывать трубопровод.



•• [R206A-1](#) — компактный автоматический клапан (размеры Ду15, Ду20 и Ду25)

В 2020 году этот тип клапанов дополнился «компактной» серией [R206A-1](#), которая выпускается в трёх наиболее популярных размерах Ду15, Ду20 и Ду25 в двух модификациях: для стандартного расхода (диапазон регулирования 50–700 л/ч) и для увеличенного (диапазон 200–1300 л/ч). Клапаны поддерживают постоянный расход независимо от изменения перепада давления в широком диапазоне, а именно 25–400 кПа для стандартной модели и 25–800 кПа для модели с увеличенным расходом. Максимальное рабочее давление — 16 бар, максимальная температура 120°C.

Применение двухпозиционного или пропорционального сервопривода позволяет управлять расходом в соответствии с тепловой нагрузкой регулируемого участка, а также полностью перекрывать трубопровод

Клапаны имеют заглушённые отверстия для подключения зондов дифференциального манометра — для измерения параметра давления. Для пропорционального регулирования на [R206A-1](#) можно установить один из двух типов сервоприводов — компактный и недорогой электротермический привод [Giacomini R473](#) или механический мотор [K281](#).

Фланцевые балансировочные клапаны [Giacomini R206BF](#) для ручного регулирования расхода выпускаются в чугунном корпусе, с соединительными фланцами в размерах Ду50–Ду300. Шток клапанов,



•• Балансировочный клапан [R206BF](#)

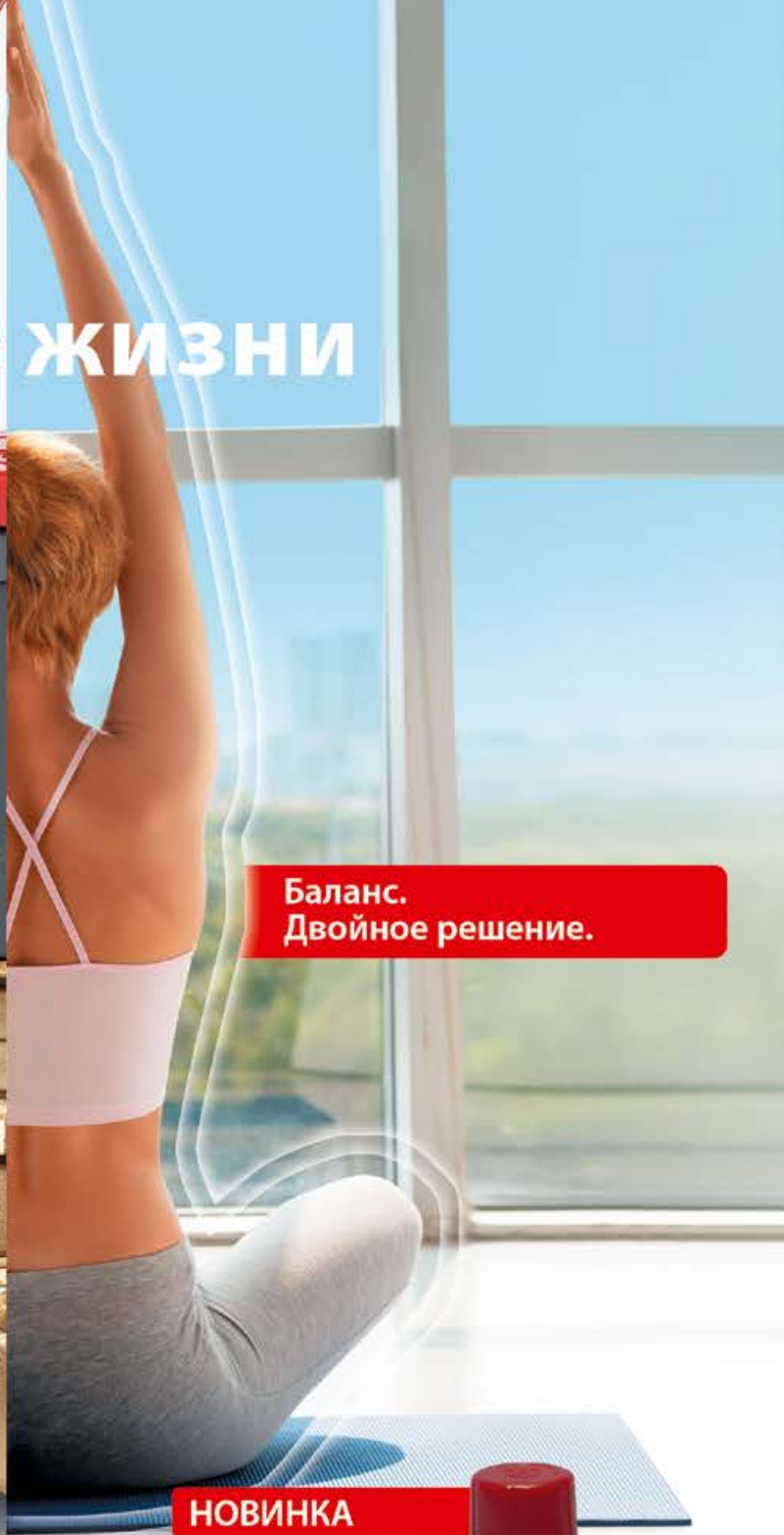
а также дроселирующий затвор выполнены из высококачественной углеродистой стали, что обеспечивает долговечность клапанов и их высокие характеристики: номинальное давление 16 бар и рабочую температуру до 120°C. Чугунные клапаны имеют штуцеры для изменения фактического расхода через клапан, а показатели диапазона регулируемого расхода являются одними из лучших на рынке.

Также в каталоге компании [Giacomini](#) есть фланцевые автоматические балансировочные клапаны — регуляторы перепада давления и регуляторы расхода, которые выпускаются в размерах от Ду65 до Ду150. Регулятор перепада давления [R206CF](#) поддерживает постоянным перепад давления между трубопроводом подачи и обратным трубопроводом в диапазоне 0,2–1,0 бар для клапанов размером от Ду65 до Ду100 и 0,2–0,8 бар для клапанов размером от Ду125 до Ду150.

Фланцевый балансировочный клапан [R206AF](#) поддерживает и регулирует расход жидкости, подаваемой к приборам или секциям холодильных или отопительных установок. Клапан может быть оснащён приводом для пропорционального или трёхточечного управления; возможна поставка версии с ручным управлением. Клапаны имеют характеристику по регулируемому расходу от 4,7 до 160 м³/ч, в зависимости от размера. •

Часть жизни

Баланс.
Двойное решение.



НОВИНКА

R206C-1

Регулятор дифференциального давления компактный



НОВИНКА

R206A-1

Динамический регулятор расхода



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

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

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

Новая подотрасль в теплоэнергетике ЖКХ идёт на смену старым угольным и мазутным котельным

10 июля 2022 года вступило в действие эмбарго, введённое западными странами на российское топливо, что заставило правительство России наконец посмотреть в сторону экологии и эффективности в теплоснабжении ЖКХ. Речь идёт о так называемых древесных топливных гранулах — пеллетах. Они производятся из отходов деревообработки и являются не просто эффективным высококалорийным топливом, но и числятся в списке возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Автор: Феликс БОРИСОВ, управляющий партнёр ГК «Физика Тепла»

В современном мире пеллеты используются практически везде, где требуется качественная и дешёвая тепловая энергия, от домохозяйств и промышленных объектов до крупных ТЭС... До недавнего времени отечественные производители пеллет, по разным оценкам, занимали от 5 до 7% мирового рынка ежегодно производя более 3 млн тонн топлива, из которых 95–97% экспортировали в Европу, Южную Корею и Японию, а оставшихся 3–5% вполне хватало для удовлетворения внутреннего спроса.

Подобный дисбаланс между экспортом и внутренним потреблением обусловлен крайне низким развитием отечественного рынка технологий пеллетной теплогенерации. Отечественная индустрия пеллетного отопления так и не смогла толком состояться за свою более чем 20-летнюю историю. Оно и немудрено, поскольку во всех развитых странах основным драйвером развития рынка производства тепла из биомассы выступало в первую очередь государство, всячески поощряя не только производителей оборудования, но и конечных потребителей. Где-то субсидировали покупку соответствующего котельного оборудования, где-то предоставляли льготные кредиты и налоговые преференции, и причиной тому была не столько пресловутая «зелёная» повестка, а банальный прагматизм.

Российское государство, имея у себя на балансе десятки тысяч угольных, дизельных, мазутных и прочих крайне дорогих, неэффективных, с колоссальной степенью

износа котельных, категорически отказывалось признавать пеллетное топливо как класс, поощряя лишь его тотальный экспорт и абсолютно не развивая внутренний потребительский рынок даже в регионах, где пеллетное производство распространено широко. А ведь у нас в стране, по состоянию на 2022 год, насчитывалось более 300 предприятий — производителей этого типа топлива.

До недавнего времени отечественные производители пеллет, по разным оценкам, занимали от 5 до 7% мирового рынка ежегодно производя более 3 млн тонн топлива, из которых 95–97% экспортировали в Европу, Южную Корею и Японию, а оставшихся 3–5% вполне хватало для удовлетворения внутреннего спроса

Пеллетные технологии начали набирать популярность в Европе в 1980-х годах, сорок лет назад, и тогда никаких разговоров про энергопереход, углеродный след, декарбонизацию и прочие «беды» человечества в таких истеричных масштабах ещё не велось. Зато умение считать, извлекать прямую и косвенную выгоду из всего возможного и невозможного привели к созданию целой индустрии в теплогенерации, эффективность и мультипликативность которой трудно переоценить.



Посудите сами: pelletная отрасль решает проблемы с переработкой древесных и сельскохозяйственных отходов, развивает металлообработку и котлостроение, за счёт полной автоматизации процессов значительно повышает качество выработки тепловой и, в некоторых случаях, электрической энергии, а равно повышает и качество жизни, при этом само топливо, древесные и агропеллеты, в отличие от ископаемых ресурсов, являются возобновляемым (!) и экологически безопасным источником энергии.

Даже в средней полосе России стоимость 1 кВт·ч тепловой энергии из pelletного топлива оказывается минимум в два раза дешевле угольной и более чем в четыре раза дешевле дизельно-мазутной генерации, не говоря уже про электричество. Существует ли иное твёрдое топливо и технологии его сжигания, сочетающее в себе столько преимуществ?

8 июня 2022 года у вице-премьера Российской Федерации Виктории Абрамченко прошло очередное совещание, посвящённое переводу муниципальных мазутных и угольных котельных на pelletное топливо. Особо интересно, что протокол совещания, помимо поручений всевозможным министерствам и ведомствам (включая Минстрой, Минэнерго и Минпром), содержит прямую директиву выдать в начале осени не просто план перевода угольных и мазутных котельных ЖКХ, находящихся в муниципальном ведомстве, на принципиально новое pelletное топливо, а уже предоставить конкретные адреса объектов теплогенерации, подлежащих целесообразному «переворужению» на пеллеты.



Казалось бы, стоит порадоваться за отечественных производителей котельного оборудования и конечных потребителей тепла, ведь они должны получить не просто принципиально новые прогрессивные технологии и качество теплоснабжения, но и значительно улучшить экологическую обстановку на своей земле, где они живут и растят детей. Однако при более глубоком рассмотрении оказывается, что формирующаяся подотрасль теплоэнергетики российского ЖКХ абсолютно и критически не готова к этой новизне.

Так сложилось, что наш скромный по объёмам потребительский рынок pelletных технологий так и не смог сформировать профессиональную межотраслевую кооперацию. В России нет производителей pelletных котлов необходимой единич-

ной мощности, полностью отсутствуют профильные компетенции у проектировщиков, строителей и, что самое страшное, у эксплуатирующих организаций, которым на смену условной угольной «печке-буржуйке» придет pelletная котельная, которую можно смело сравнить с атомной электростанцией. Я не утрирую — именно такова пропасть между старыми и новыми технологиями не только котельных установок, но и необходимой инженерной инфраструктурой pelletных котельных, которые призваны в кратчайшие сроки заменить неэффективные муниципальные угольные и мазутные.

Самое опасное в этой ситуации то, что служащие министерств и ведомств понятия не имеют, с какой технологией сталкиваются. Они строчат запросы производителям котельного оборудования и услуг, формулировка которых отражает их абсолютную некомпетентность.

Производители, в свою очередь, отвечают им на запрос так же, как их спросили. После чего эта «кривая и косая» информация обрабатывается чиновником и превращается в некий аналитический министерский отчёт, на основании которого создаётся основа государственной стратегии, формирующей новую подотрасль теплоэнергетики. Кроме того, если посмотреть на состав участников этого совещания, там не присутствовало ни одного представителя бизнес-сообщества, хоть сколько-нибудь погружённого в проблематику именно потребительского рынка пеллетных технологий отопления (а ведь только он, в каком-то виде, у нас и существует), что лишь подтверждает министерскую зашоренность.

Справедливости ради стоит отметить явный позитивный сдвиг со стороны государства в сторону технологичности и эффективности в отоплении и распределённой генерации как таковой. Если раньше чиновники в муниципалитетах, районных и даже региональных администрациях ссылались на мифическую дороговизну пеллет и якобы нежелание местных производителей заключать долгосрочные контракты на поставку топлива (что само по себе полная чушь, говорящая



больше о коррумпированности, а не о здравом смысле), то теперь, хоть и «из-под правительственной палки», их заставляют пересмотреть свою позицию по организации схем теплоснабжения в сторону настоящей эффективности, заключающейся и в технологичности, и в экономичности, и в пресловутой экологичности пеллетных котельных.

Очевидно также, что на сегодняшний день, при всей очевидной правильности и своевременности предлагаемых мер по переводу устаревших и неэффективных государственных и муниципальных котельных на пеллеты, необходимо крайне взвешенно подходить к их реализации.

При всей видимой простоте и, казалось бы, состоятельности главной идеи понятно, что без системных изменений практически во всех ответственных направлениях формирующейся подотрасли ЖКХ (производство, проектирование, строительство, эксплуатация пеллетных котельных) планируемая государственная программа уже через два-три года после запуска начнёт демонстрировать крайне плохие показатели эффективности.

В первую очередь это коснётся проблем с эксплуатацией. В лучшем случае мы увидим повышенный расход топлива и увеличение эксплуатационных затрат, в худшем — высочайшую аварийность в разгар отопительного сезона. И если первое влияет лишь на «эффективное» расходование бюджетных средств (наших с вами налогов и платежей за ЖКУ), то второе не просто подорвёт доверие к программе перевода котельных, но и, что самое страшное, к разрушению и без того скромного отечественного розничного рынка пеллетного отопления в целом.

Правильная комплексная реализация поставленных государственной программой задач по переводу муниципальных котельных на биомассу окажет колоссальный положительный мультипликативный межотраслевой эффект

Ретрансляция негативного опыта новоиспечённых операторов пеллетных котельных, запроектированных и запущенных в эксплуатацию так, как это делается сейчас (при полном отсутствии компетенций на каждом этапе создания и эксплуатации пеллетной котельной), затмит собой все преимущества, которые возможно получить при разработке и реализации действительно верных решений организации инженерной инфраструктуры современных пеллетных систем генерации тепловой энергии.

В то же время правильная комплексная реализация поставленных государственной программой задач по переводу муниципальных котельных на биомассу окажет колоссальный положительный мультипликативный межотраслевой эффект, нивелирует риски острых социальных проблем, связанных с ростом тарифов ЖКХ, безработицей, повышением качества теплоснабжения, экологией и многих других, но и в целом позитивно повлияет на развитие целых отраслей экономики Российской Федерации. ●



INTERNATIONAL MACHINERY FAIR

machinery-fair.ru

Международная выставка
оборудования, сервисных
услуг, инноваций
для промышленных
предприятий различных
отраслей

24–26.10.2022

ЦВК «Экспоцентр», Москва

ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

ELECTROHEAT GENERATION

Оборудование для объектов малой
и большой энергетики

INDUSTRIAL ENGINES

Промышленные двигатели

INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS

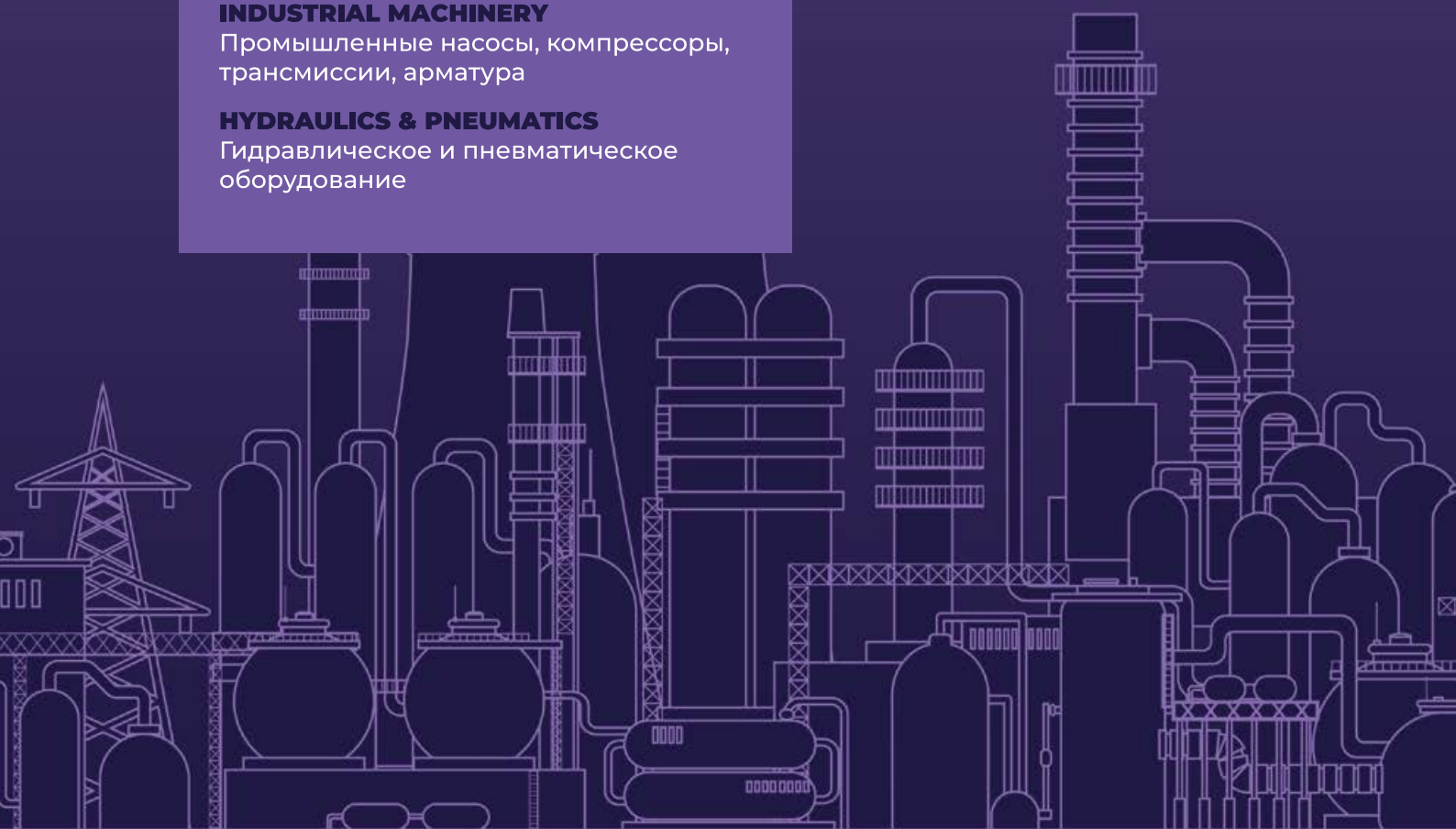
Системы промышленной автоматизации

INDUSTRIAL MACHINERY

Промышленные насосы, компрессоры,
трансмиссии, арматура

HYDRAULICS & PNEUMATICS

Гидравлическое и пневматическое
оборудование



Организатор:

GA GEFERA MEDIA

Главный информационный
партнер: Журнал «СОК»



Комбинированная энергия ТЭЦ*

В предлагаемой статье авторами поставлена цель доступным языком рассказать об уникальных свойствах комбинированной тепловой и электрической энергии ТЭЦ, а также, применяя «школьные» знания и основы термодинамики, показать, что тарифы на тепло от ТЭЦ (для населения, теплиц, отрасли ЖКХ и др.) по топливной составляющей искусственно завышаются от четырёх до 20 раз — с реальных 8–40 кг у.т./Гкал до уровня «альтернативной котельной» (165 кг у.т./Гкал). Также авторами выдвинуты предложения по возрождению теплофикации России.

Авторы: А.Б. БОГДАНОВ, аналитик теплофикации (г. Омск); О.А. БОГДАНОВА, инженер-проектировщик ГК «ИНТЕХ» (г. Омск); Д.А. БОГДАНОВ, начальник планово-экономического отдела (ПЭО) ОП СФ ООО «ИнтерРАО — Инжиниринг» (г. Омск)

* Примечание редакции: приведённый в статье анализ публикуется в авторской редакции и отражает исключительно личное мнение авторов по рассматриваемым вопросам.

Комбинированная энергия («комбиэнергия») — это не только широко известная теплофикационная энергия ТЭЦ («электрическая энергия + тепловая энергия»), неразрывно произведённая и потреблённая в едином технологическом цикле, без отвода бросового тепла турбин в окружающую среду. *Комбиэнергия* — это ещё и широко известные виды генерации энергии: теплофикация (когенерация), тригенерация, «квадрогенерация», прохлада абсорбционных тепловых насосов, сезонная аккумуляция тепла в грунте. Это любое повторное использование энергии отработанного продукта: утилизированное тепло охлаждения силовых трансформаторов, утилизированное тепло холодильных установок, давно забытые паровые молоты, утилизированное тепло производства технического углерода, тепло котлов утилизаторов, тепло рекуператоров вытяжной вентиляции, тепло схем регенеративного подогрева ТЭС и т.д.

Окружающий нас мир насковзь пропитан энергией и комбиэнергией. Подробнее о экономике энергетики с применением эксергии и анергии изложено в [1, 2].



❖ Расширенный вариант данной статьи (с дополнительными иллюстрациями) представлен на сайте [журнала СОК](#) по ссылке

Отличительной особенностью комбиэнергии ТЭЦ является чрезвычайно высокая энергетическая эффективность производства, достигающая КПД использования топлива 85–95 % — вместо традиционных 35–55 % при раздельном производстве тепловой энергии в котельной и раздельной конденсационной электрической энергии ГРЭС.

Внедрение нового вида рыночного товара под брендом «комбитепло» с затратами топлива 8–40 кг у.т./Гкал позволяет не только обеспечить население, теплицы и отрасль ЖКХ теплом в три-восемь раз дешевле, чем от котельных, но и кардинально (до 4–10 раз, при температуре

Производство и потребление «комбиэнергии» неразрывно во времени и в пространстве:

$$\text{Энергия} = \text{КомбиЭнергия} = \text{Эксергия [работа]} + \text{Анергия [тепло в окружающую среду]}, \quad (1)$$

$$\text{КомбиЭнергия} = \text{КомбиЭлектро} + \text{КомбиТепло} + \text{КомбиПрохлада}, \quad (2)$$

$$\text{КомбиРабота} = \text{КомбиЭлектро} + \text{КомбиДвижение} + \text{КомбиПоложение}. \quad (3)$$

Что такое «эксергия» и «анергия»

Эксергия — предельное (наибольшее или наименьшее) значение энергии, которое может быть использовано (получено или затрачено) полезным образом в термодинамическом процессе (с учётом ограничений, накладываемых законами термодинамики), то есть это максимальная работа, которую может совершить макроскопическая система при квазистатическом переходе из заданного состояния в состояние равновесия с окружающей средой (эксергия процесса положительна), или же та минимальная работа, которую необходимо затратить на квазистатический переход системы из состояния равновесия с окружающей средой в заданное состояние (эксергия отрицательна). **Анергия** — та часть энергии, которая не может быть преобразована в эксергию (разность между изменением энергии в процессе и эксергией процесса). Из закона сохранения энергии следует, что при любом преобразовании энергии сумма эксергии и анергии процесса остаётся неизменной.

Иными словами, **эксергия** и **анергия** — это неразрывные составные части энергии.

Эксергия — это условно «высококачественная», легко превращаемая в полезную работу часть энергии, например, солнечная или электроэнергия, энергия органического топлива, механическая энергия вращения ротора турбины, энергия излучения и т.д., она может выполнять механическую работу (крутить вал турбины), передаваться на расстояние и т.п.

Анергия — это «низкокачественная», не превращаемая часть энергии, переходящая в тепло окружающей среды, например, тепло дымовых газов котла, сгоревшей спички, океана и т.д., для превращения которой в другие (полезные) виды энергии требуется затратить часть эксергии. Анергия отработанного пара турбин ТЭЦ, хотя и содержит 50 % тепла сожжённого топлива, уже не может совершать механическую работу. Энергия подчиняется закону сохранения, но закона сохранения эксергии не существует, то есть в замкнутой системе все виды «высококачественной», работоспособной эксергии превращаются в «низкокачественную», неиспользуемую анергию — тепло окружающей среды.

горячей воды до 40°C) снизить выбросы углекислого газа в городах (провести настоящую декарбонизацию), создать инвестиционно привлекательные направления с применением новейших технологий топливосбережения: абсорбционные тепловые насосы, системы централизованного хладоснабжения и кондиционирования, замена пиковых котельных на сезонные аккумуляторы тепловой энергии в грунте, низкотемпературный подогрев тротуаров и дорожек, снеготаялок и ливнестоков с крыш и т.п.

В этой статье мы поговорим непосредственно о комбиэнергии ТЭЦ.

Игра в статистическую отчётность

Вот уже более 72 лет, начиная с 10 января 1950 года, в энергетике нашей страны проходит непрерывная эстафета по передаче от поколения к поколению «красивой», но недостоверной статистической отчётности об эффективности работы ТЭЦ. Путём организации скрытого перекрёстного субсидирования топливом отрасли электроэнергетики, за счёт потребителей отработанного тепла ТЭЦ и ГРЭС, происходит необоснованное, двукратное удешевление комбинированной электроэнергетики от ТЭЦ за счёт трёх- и четырёхкратного удорожания комбинированной тепловой энергии от ТЭЦ. Именно бездарное игнорирование законов термодинамики в отечественной энергетике с 1990-х годов привело к массовому отключению тепловых потребителей от ТЭЦ, к прекращению строительства магистральных тепловых сетей, строительству квартальных, крышных, «альтернативных» котельных.

Регуляторы энергетики страны навязали обществу парадоксальное представ-



Фот. ПАО «Мосэнерго», mosenergogazprom.ru

ление о том, что сбросное тепло паровых турбин ТЭЦ, бесплатно выбрасываемое в окружающую среду ($B_{\text{тэ.сброс}} = 0,0 \text{ кг у.т./Гкал}$), для всех потребителей (населения, теплицы, отрасли ЖКХ) должно продаваться по цене «альтернативной котельной» ($B_{\text{тэ.нас}} = 165 \text{ кг у.т./Гкал}$).

Как бороться с навязанным **массовым конформизмом** и **беспринципно лукавой** («сколько надо, столько и нарисуем») **статистической отчётностью** в теплоэнергетике страны?

Регулирование декарбонизации энергетики России?

Последние пять лет на слуху у различных руководителей и регуляторов энергетики на разных симпозиумах появилось «экс-клюдивные», «модные» направления по

развитию российской энергетики: декарбонизация, водородная энергетика, гелиоэнергетика, а также ветровая, геотермальная энергетика и т.д. А вот такое понятие, как «теплофикация», которая без дополнительных, огромных затрат автоматически снижает энергоёмкость энергетики на 20–40%, полностью исчезло из национальных программ России. Госплан СССР превратился в Минэкономразвития, потребность в знаниях нюансов работы крупных энергетических систем заменилась на умение манипулировать навыками — умением составлять нужную статистическую отчётность.

Декарбонизация энергетики — это прежде всего снижение выбросов углекислого газа (CO_2) на единицу поставляемой тепловой и электроэнергии [3]. Представляется очевидным, что давно пора применить объективный качественный анализ, программу реального снижения карбонатных выбросов в атмосферу, но делать это надо на основе объективных показателей энергоёмкости производства и потребления комбиэнергии ТЭЦ.

В отличие от декарбонизации, в энергетике России с 1924 года, вот уже почти 100 лет, существует более ёмкое понятие «теплофикация», которая в неразрывном процессе производства и потребления равного с раздельным производством количества тепловой и электрической энергии, обеспечивает не только уменьшение карбонатных выбросов в атмосферу на 20–40%, но уменьшение всех выбросов от сжигания топлива и, соответственно, снижение всех видов загрязнений атмосферы: углерода (CO_x), азота (NO_x), серы (SO_x), золы, термического загрязнения водных ресурсов, атмосферы и т.д.

Что такое конформизм

Конформизм — политическое и морально-психологическое явление, обозначающее «приспособленчество», пассивное принятие существующего социального порядка, политического режима и т.д., а также готовность соглашаться с господствующими мнениями и взглядами, общими настроениями, распространёнными в обществе и т.д.



PR-менеджеры Минэнерго, Минэкономразвития и других регуляторов на симпозиумах всегда говорят правильные лозунги: «О да, мы знаем, что теплофикация (когенерация) — это правильно, мы безусловно “за”...», однако на деле это пустые слова. Примером расхождения слов с делом, вызывающего сопутствующий рост выбросов CO₂, является современное строительство мощных районных котельных вообще без теплофикации. «Регуляторы энергетики» и «начальники декарбонизации» в наше время легко соглашаются отказать от теплофикации, хотя отказ от производства соответствующей комбинированной электрической энергии на ТЭЦ приводит к перерасходу топлива и, соответственно, к росту выбросов углекислого газа не менее чем на 40% [3].

В Дании, например, королевским законом запрещено строительство котельных мощностью более 1 МВт без теплофикации [4]. В пункте 6.1.4 этого закона говорится: «...любое предприятие свыше 1 МВт будет преобразовано для комбинированного производства тепловой и электрической энергии». А в России теплофикация «де факто» исключена из национальных программ развития энергетики и экологии окружающей среды.

Отечественные регуляторы энергетической и экологической политики РФ, пришедшие вместо Госплана (Минэкономразвития, Минэнерго, ФАС, Минэкологии), по-видимому, не имеют комплексного видения проблем энергетики России и упорно не хотят перенимать знания и передовой опыт других стран.

Этот опыт включает следующее: применение понятий «эксергия» и «анергия» [5]; метод Вагнера; метод «эквивалентной



Фото: ПАО «Мосэнерго», mosenergo.darlogp.ru

ГРЭС» (США); 50-летний опыт применения маржинальных тарифов концерном EDF во Франции [6]; 40-летний датский опыт [4], включающий снижение в три-четыре раза ниже топливной составляющей тарифа от ТЭЦ, и т.д.

Давно назрела необходимость реорганизации Минэкономразвития в «Министерство анергии», которое в комплексе формировало бы топливосберегающую стратегию России по конкретным численным показателям и отвечало бы за регулирование как экономики, так и экологии нашей страны [7]. Именно в комплексе с синергетическим эффектом, а не по разобранному кусочкам, когда отдель-

но кто-то отвечает только за электроэнергетику, а кто-то — «на другом этаже» — за тепловую энергетику и т.д.

Для понимания сути теплофикации рассмотрим три различных инженерных методов анализа энергоёмкости «комбитепла»: а) «школьный» — простой, наглядный метод из программы школьной физики; б) «студенческий» — метод, включающий знание законов термодинамики; в) «профессиональный» — метод, требующий серьёзных, профессиональных знаний проектировщиков турбин, разрабатывающих диаграммы режимов работы паровых турбин.

«Школьная» энергоёмкость отработанного пара

Анализ теплотехнических свойств воды и водяного пара [8] наглядно показывает, что для нагрева 1 кг насыщенного пара от 40 до 115 °С требуется в 2,52 раза меньше тепла, чем при нагреве 1 кг воды от 40 до 115 °С. Для нагрева 1 кг воды от 40 до 115 °С требуется количество энергии

$$\Delta h' = h'_{115} - h'_{40} = 482 - 167 = 315 \text{ кДж/кг,}$$

где 167 и 482 кДж/кг — энтальпия кипящей воды при 40 и 115 °С, соответственно. А для нагрева 1 кг пара от 40 до 115 °С требуется количество энергии

$$\Delta h'' = h''_{115} - h''_{40} = 2699 - 2574 = 125 \text{ кДж/кг,}$$

где 2574 и 2699 кДж/кг — энтальпия насыщенного пара при 40 и 115 °С, соответственно (рис. 1).

Может показаться, что ничего полезного извлечь из этого нельзя. Однако нет! Именно данное свойство водяного пара позволяет в 2,5–8 раз сократить потребность в первичном топливе, при догреве низкопотенциального, бросового пара (с температурой 20–40 °С) до пара с температурой 60–150 °С — для круглогодично потребления тепла с использованием перспективных технологий сезонного аккумулирования энергии в грунте.

Отечественные регуляторы энергетической и экологической политики, по-видимому, не имеют комплексного видения проблем энергетики России и упорно не хотят перенимать знания и передовой опыт других стран

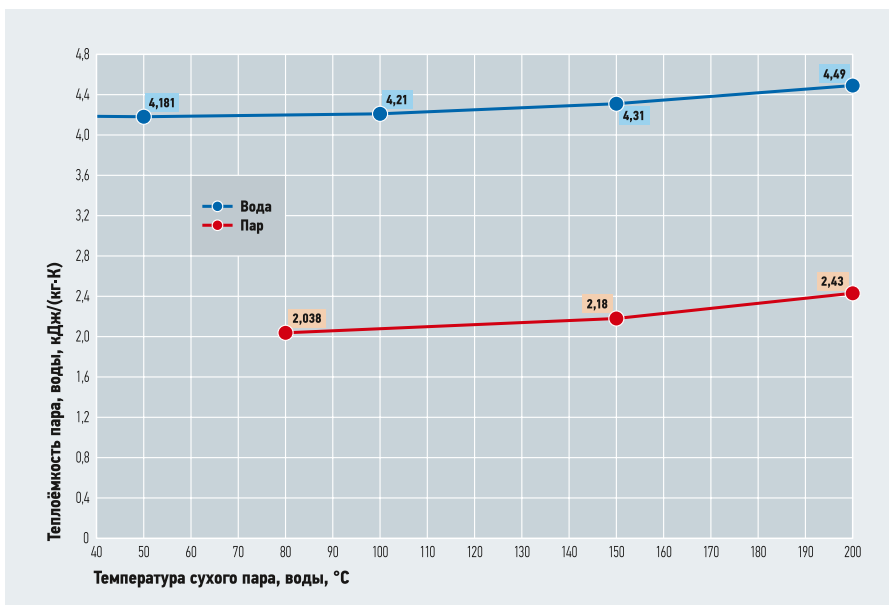


Рис. 1. Для нагрева пара требуется тепловой энергии в 2,5 раза меньше, чем для нагрева воды

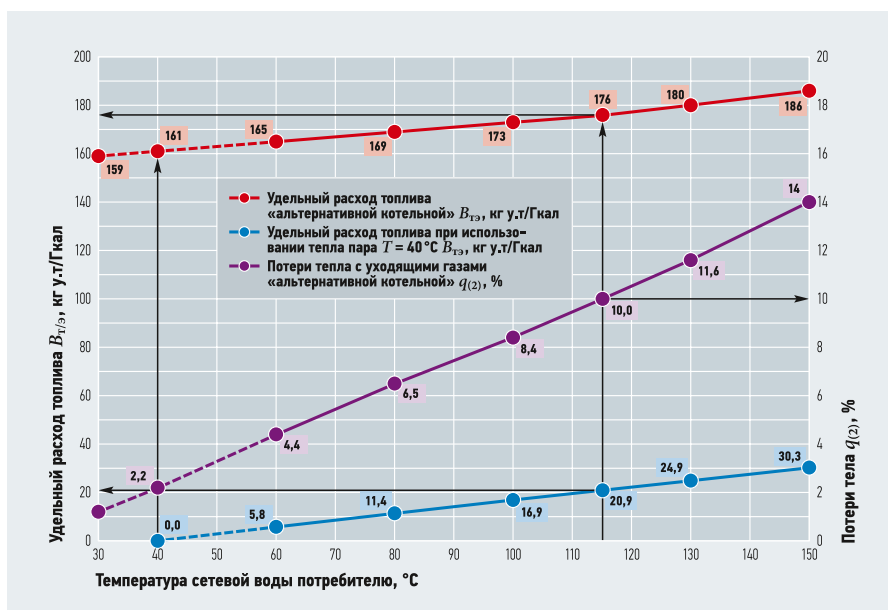


Рис. 2. «Школьный анализ»: удельный расход топлива на догрев «комбитепла» комбинированного (отработанного) пара (от 40 до 60–150 °C) в сравнении с нагревом от котельной

Разница при отводе тепла от пара и от воды отличается в восемь раз

Анализ данных, приведённых в [8], наглядно показывает, что количество выделяемого тепла при охлаждении с конденсацией 1 кг пара от 115 °C до воды с температурой 40 °C — в восемь раз больше энергии, чем при охлаждении 1 кг воды от 115 до 40 °C. При охлаждении 1 кг воды от 115 до 40 °C выделяется тепло

$$\Delta h_1 = 482 - 167 = 315 \text{ кДж/кг.}$$

При охлаждении и конденсации 1 кг пара от 115 до 40 °C воды выделяется тепла в восемь раз больше, чем при охлаждении воды от 115 до 40 °C:

$$\Delta h_2 = 2699 - 167 = 2532 \text{ кДж/кг.}$$

Таким образом, коэффициент использования скрытой теплоты парообразования составит $k_{\text{ср.т}} = 2532/315 = 8,04$ раза.

Удивительный вывод

Использование скрытой теплоты парообразования — это самый эффективный и самый легко исполнимый способ реального топливосбережения и декарбонизации энергетики России. Коэффициент трансформации тепла — отношение отводимого тепла потребителю к подводимому высокопотенциальному теплу — с использованием скрытой теплоты парообразования составит:

$$k_{\text{тр}} = Q_{\text{отв}}/Q_{\text{подв}} = 2532/125 = 20,2 \text{ раза.}$$

Затратив дополнительно минимальное количество первичной высокотемпературной энергии («эксергии») в виде топлива (электроэнергии, механической энергии) на догрев отработанного пара турбин от 40 до 115 °C в размере 125 кДж/кг, можно получить в 20,2 раз больше энергии — низкопотенциального тепла конденсации

для конечного потребителя тепла с температурой 115 °C!

Именно это свойство водяного пара является главной «изюминкой», позволяющей в восемь раз эффективнее использовать скрытую теплоту парообразования сбросного пара 20–40 °C (выбрасываемую в окружающую среду от паровых турбин ТЭЦ, ГРЭС) для нагрева (по сути, недоохлаждения) бесплатного пара.



Для понимания этого свойства водяного пара не требуется проведения сложных теплотехнических и термодинамических расчётов. Достаточно знаний программы школьной физики.

Экономия топлива 96–83 %!

Экономия первичного топлива при использовании сбросного тепла паровых турбин ТЭЦ с температурой 40 °C против «альтернативной котельной» составляет 96–83%. Изменение удельного расхода топлива для «альтернативной котельной» приведено на рис. 2. Удельный расход топлива зависит от таких факторов, как температура наружного воздуха, температура уходящих газов, температура сетевой воды, избытки воздуха для горения воз-

духа, собственных электрических нужд на тепло. Это комплексный и сложный график, построение которого выходит далеко за рамки данной статьи, поэтому и «школьникам», и даже подготовленным «аудиторам» и «регуляторам энергетики» он пока недоступен. Нужна специальная подготовка, нужно «*учиться, учиться и ещё раз учиться*». Поэтому ниже приведём только итоговые выводы.

Чем ниже температура теплоносителя от котла, отдаваемого потребителю, тем ниже удельный расход топлива. Но ниже, чем 161 кг у.т./Гкал, он недоступен в принципе. И если какой-либо менеджер известной зарубежной котельной фирмы заявляет о супервысокой экономичности котлов с КПД выше 88–90 %, он просто не владеет всем комплексом вопросов: пониманием климата региона, тепловой схемы производства, транспорта и распределения тепла, $KPD_{\text{котла}}^{\text{брутто}}$, $KPD_{\text{котла}}^{\text{нетто}}$ и т.д.

Менеджера понять можно — это его задача (показать «красиво упакованный» товар), но регулятора «коллективного оптимума» страны «понять и простить» за его неквалифицированную работу нельзя [1]. Реальный удельный расход топлива на тепло от «альтернативной котельной» находится на уровне 169–176 кг у.т./Гкал. Чем холоднее наружный воздух и выше температура уходящих газов, тем выше удельный расход топлива, вплоть до 186 кг у.т./Гкал. Расход топлива на подогрев пара от 40 до 115 °C (правильнее сказать «недоохлаждение» — от 115 до 40 °C) составляет всего 20,9 кг у.т./Гкал. В процентном отношении это не выше 11,9–16,3 % от количества тепла, отданного конечному потребителю:

- для 40 °C это $0,0/161 = 0,0\%$, отсюда экономия топлива против «альтернативной котельной» — 100 %;
- для 60 °C это $5,8/165 = 3,5\%$, отсюда экономия топлива против «альтернативной котельной» — 96,5 %;
- для 100 °C это $16,9/173 = 9,8\%$, отсюда экономия топлива — 90,2 %;
- для 115 °C это $20,9/176 = 11,9\%$, отсюда экономия топлива — 88,1 %;
- для 150 °C это $30,3/186 = 16,3\%$, отсюда экономия топлива — 83,7 %.

Это — ясный и наглядный пример использования тепловой «комбиэнергии», которая оказывается в восемь раз эффективнее, например, чем использование геотермальной или солнечной энергии. При температуре сетевой воды к потребителю тепла 40 °C топливная составляющая в тарифе на тепло от паровых турбин ТЭЦ становится равной нулю. Берите бесплатно, сколько можете, и аккумулируйте, храните, преобразуйте!

Паровой тепловой насос

Эффект превращения бросовой теплоты скрытого парообразования отработанного пара 40°C в товарный продукт (пар), а затем в горячую воду с температурой до 115°C — это, по сути, паровой тепловой насос прямого действия (ПТН), который широко известен с 1940-х годов и описан как пароструйный эжектор [9].

Обладая неограниченным источником низкопотенциального пара с температурой 40°C (просто выбрасываемого в окружающую среду) и имея относительно небольшие затраты первичного топлива для нагрева пара от 40 до 115°C («недоохлаждения» пара от 115 до 40°C), можно получить с 1 кг насыщенного пара в восемь раз больше тепла, чем при охлаждении 1 кг кипящей воды, — то есть с эффектом $2532/315 = 8,04$ раз! Налицо эффект высокоэффективного парового теплового насоса (ПТН или пароструйного эжектора) с огромным коэффициентом трансформации тепла $K_{тр} \geq 8$ (вплоть до бесконечности) при температуре около 40°C!

К сожалению, это уникальное свойство водяного пара, как очевидное явление, никто из регуляторов энергетической политики не рассматривал при анализе конкурентных свойств ТЭЦ, даже не думая о «ТЭЦ как низкотемпературном тепловом насосе прямого действия».

Не разбираясь в сути термодинамических процессов, в тепловой схеме ТЭЦ, не владея графиком Россандера, не «чувствуя пальчиками» уникальные свойства воды и водяного пара, некоторые разработчики и изготовители тепловых насосов пытаются заменить явление высокоэффективного парового теплового насоса прямого действия с $K_{тр} = 20,2$ (на паровой турбине ТЭЦ) на применение в тепловой схеме ТЭЦ абсорбционных (компрессионных) тепловых насосов с дополнительной тройной трансформацией тепла $K_{тр}$ не выше 4–6. Это — абсолютно бездарное, тушковое направление развития тепловых схем ТЭЦ!

«Студенческая» энергоёмкость отработанного пара турбин

Продолжим анализ свойств термодинамического цикла с изучением самого главного, самого эффективного, поистине уникального показателя теплофикации — удельной выработки электроэнергии на базе теплового потребления [МВт/Гкал]:

$$W = N_{тф}/Q_{тф},$$

которая характеризует высокую экономичность не только конкретной паровой турбины ТЭЦ, но и экономичность производства и потребления энергии в целом (ТЭЦ, района, города, всей страны).

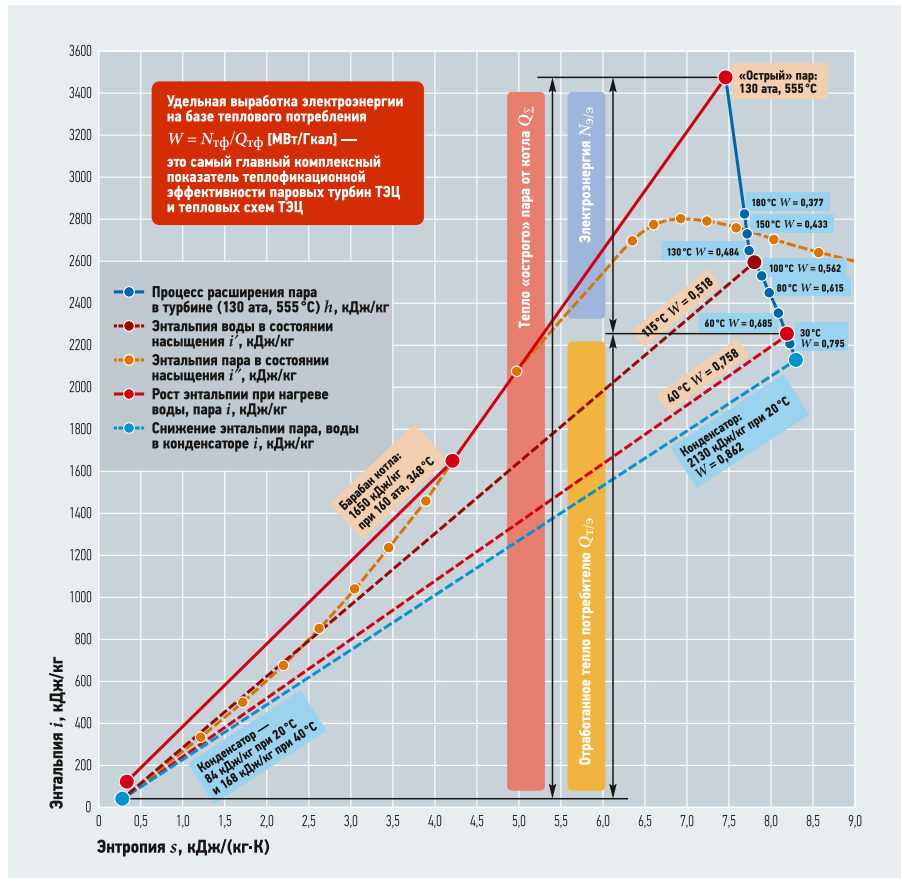


Рис. 3. Удельная выработка «комбиэлектроэнергии» W [МВт/Гкал] в зависимости от температуры комбинированного (отработанного) пара турбины

Такие показатели, как $W_{турб}$, $W_{ТЭЦ}$, $W_{города}$ и $W_{региона}$, представляют собой систему комплексных показателей энергетической эффективности комбинированной выработки, комбинированного потребления, не только какой-либо конкретной турбины, но в комплексе: всей ТЭЦ, города, региона, которая однозначно определяет реальный и конкретный вклад каждого участника производства, транспорта, потребления энергии.

К сожалению, нынешний регулятор энергетической политики нашей страны вообще исключил из статистической отчетности уникальный показатель $W_{ТЭЦ}$ (рис. 3). Подробнее о показателе W можно прочитать в серии статей «Теплофикация России и когенерация Европы» [2].

Показатели W образуют систему комплексных показателей энергоэффективности комбинированной выработки и потребления не только какой-либо конкретной турбины, но в комплексе: всей ТЭЦ, города, региона

Наглядно видно, что чем выше температура комбинированного пара, тем меньше можно выработать электроэнергии на базе 1 Гкал потреблённого тепла. Так, при росте температуры отработанного пара с 40 до 115°C выработка электроэнергии («комбиэлектро») падает с 0,758 до 0,518 МВт/Гкал (рис. 3).

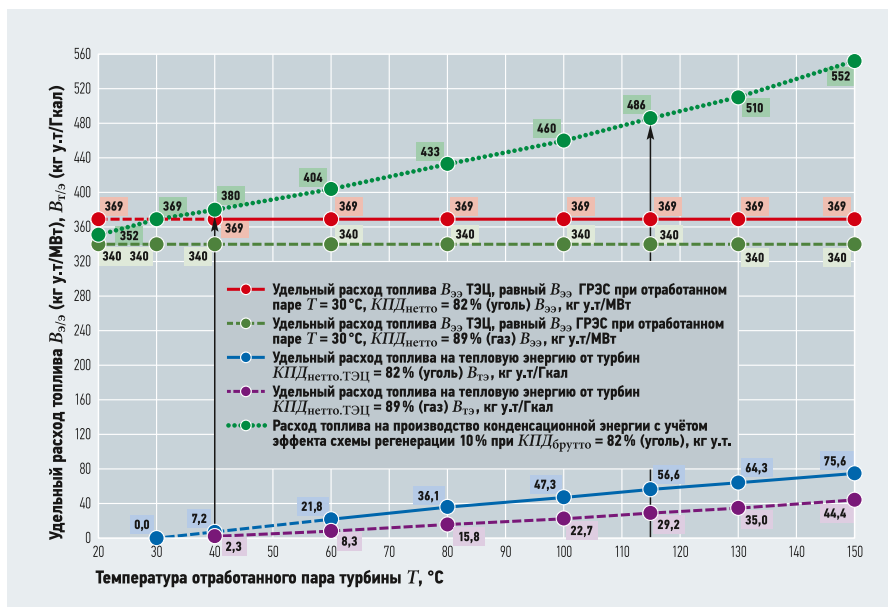
Простой, прозрачный и ясный расчёт наглядно показывает, что для паровой теплофикационной турбины (130 ата, 555°C) удельный расход топлива на электроэнергию будет на уровне самых лучших показателей конденсационных ГРЭС: 369–352 г у.т./кВт·ч при $KПД_{нетто} = 82\%$ (работа на угле) или 340–323 г у.т./кВт·ч при $KПД_{нетто} = 88\%$ (работа на газе) — рис. 4.

При равном экономичных показателях производства комбинированной электрической энергии ТЭЦ с конденсационной электроэнергией ГРЭС удельный расход топлива на комбинированное тепло («комбитепло») от паровых турбин ТЭЦ будет не выше, чем 56,6 кг у.т./Гкал при $KПД_{нетто} = 82\%$ (работа на угле) или 29,2,6 кг у.т./Гкал при $KПД_{нетто} = 88\%$ (работа на газе).

$$КомбиЭнергия = КомбиТепло + КомбиЭлектро, \quad (4)$$

$$S_{тф} = Q_{тф} + 0,86 N_{тф} = Q_{тф} + W 0,86 Q_{тф} = Q_{тф} (1 + 0,86 W), \quad (5)$$

$$S_{комби} = Q_{комби} + 0,86 N_{комби} = Q_{комби} + W 0,86 Q_{комби} = Q_{комби} (1 + 0,86 W). \quad (6)$$



⊞ Рис. 4. «Студенческий анализ»: удельный расход топлива на догрев «комбитепла» отработанного пара турбины от температуры 40 °С до температуры сетевой воды 60–150 °С при равном экономичном удельном расходе топлива на электроэнергию

«Профессиональная» энергоёмкость

Этот раздел доступен для понимания только тех специалистов, кто знает, что такое комбинированная электроэнергия, произведённая на базе теплового потребления, понимает суть диаграмм режимов работы турбин, переменный режим работы теплофикационных паровых турбин. Это знания высококвалифицированных специалистов по турбинам, проектировщиков турбинных заводов, испытателей и наладчиков турбин, способных понимать и применять знания термодинами-

ки и вырабатывать собственное мнение на основе анализа первичных исходных данных работы котлов, паровых турбин.

Подчёркиваю, что именно первичных данных, а не вторичных (переработанных) результатов, взятых из политизированных отчётов предприятий по организации и рационализации районных электростанций и сетей (ОРГРЭС), подогнанных под методики статистической отчётности (3-тех, 6-тп, «альтернативная котельная»). Это и есть «момент истины», коренная причина системного кризиса советской энергетики «физического ме-

тода» 1950 года и российской «альтернативной котельной» 2017-го. Без этих знаний излагаемая в этом разделе информация недоступна для «формально дипломированных» инженеров и «формально остепенённых» учёных, и тем более для PR-менеджеров и регуляторов энергетической и тарифной политики России. Однако при прохождении специальной подготовки, выполнении целевого курсового проекта, сдачи технологического экзамена по данному, предыдущим и последующим разделам, безусловно, регуляторам раскроется технологический смысл и суть построения энергетической и тарифной политики в энергетике РФ.

Именно применение понятия «комби-энергия ТЭЦ» — $S_{\text{ТФ}}$ — позволяет разубить «гордиев узел» кризиса рыночной теплофикации, точно и однозначно рассчитать количество топлива, необходимое для производства комбинированной электрической энергии и комбинированной тепловой энергии.

Исторически сложилось так, что некоторые сильные и наглядные показатели эффективности работы теплоэнергетического оборудования где-то широко используются, а где-то игнорируются. Показателен пример эффективного использования понятия: для котла есть $KПД_{\text{брутто}}^{\text{котла}}$, а вот для теплофикационных турбин $KПД_{\text{брутто}}^{\text{турбины}}$ и тем более $KПД_{\text{нетто}}^{\text{турбины}}$ — такой показатель находился под запретом. Но это отдельная, очень интересная тема, поэтому приведём пока лишь один из конечных результатов: удельный расход топлива на производство «комбитепла» приведён на рис. 5 (рисунок представлен онлайн, ссылка в QR-коде на стр. 32).

Данный рис. 5 является самым информативным графиком, отражающим качественные и количественные зависимости энергоёмкости тепловой энергии в широком диапазоне электрических и тепловых нагрузок от температуры сетевой воды, поставляемой ТЭЦ потребителю.

Этот график принципиально совпадает с графиком «студенческого» метода анализа (рис. 4). Наглядно видно, что энергоёмкость отработанного пара 23,5–75,8 кг у.т./Гкал, рассчитанная «профессиональным» методом, однозначно совпадает с расчётом «студенческого» метода анализа — 21,8–75,6 кг у.т./Гкал.

О том, как рассчитывать $KПД_{\text{брутто}}^{\text{турбины}}$ и $KПД_{\text{нетто}}^{\text{турбины}}$, то есть «основу основ» для анализа удельных расходов топлива на тепло и электроэнергию паровых турбин ТЭЦ, здесь говорить не будем, просто приведём график $KПД_{\text{нетто}}^{\text{турбины}}$, показанный на рис. 6 (рисунок представлен онлайн, ссылка в QR-коде на стр. 32).

Парадоксы энергии. Почему для некоторых видов энергии «не надо» топлива?

У электриков существует понятие «полной электрической энергии» $S_{3\phi}$ [МВА], неразрывно произведённой и состоящей из суммы «высококачественной» активной электрической энергии $P_{3\phi}$ [МВт] и комплексной реактивной электрической энергии $R_{3\phi}$ [МВар]: $S_{3\phi} = P_{3\phi} + jR_{3\phi}$. «Парадокс электриков»: хотя реактивная энергия $R_{3\phi}$ может быть в разы больше активной энергии $P_{3\phi}$, топлива на производство реактивной энергии на ТЭЦ, ГРЭС и ГЭС «не надо» — оно неразрывно «входит» в состав топлива, необходимого на производство активной энергии.

У теплофикаторов ТЭЦ также есть подобное понятие: «комбинированная энергия» («комбиэнергия» турбины) $S_{\text{ТФ}}$ [Гкал/ч], которая состоит из: неразрывно произведённой теплофикационной электрической энергии $N_{\text{ТФ}}$ [МВт] и неразрывно произведённой теплофикационной тепловой энергии $Q_{\text{ТФ}}$ [Гкал/ч], которая, так или иначе, всё равно была бы выброшена в окружающую среду:

$$S_{\text{ТФ}} = Q_{\text{ТФ}} + W \cdot 0,86 N_{\text{ТФ}} = Q_{\text{ТФ}} (1 + 0,86 W),$$

где W — удельная выработка электроэнергии на базе тепловой энергии («комби-электроэнергия»), МВт/Гкал. И также имеет место «парадокс тепловиков»: несмотря на то, что тепловая мощность отработанного пара турбин $Q_{\text{ТФ}}$ может быть в разы больше электрической мощности $N_{\text{ТФ}}$, топлива на производство отработанного тепла турбины «не надо», оно неразрывно «входит» в состав топлива, необходимого на производство электроэнергии. Именно непонимание и игнорирование регуляторами энергетического свойства энергии — неразрывности производства и потребления «комбинированной энергии ТЭЦ» — является главной причиной системного кризиса теплофикации России.



Выводы

В данной статье рассмотрены три совершенно различных, но взаимодополняющих методики прямого расчёта расхода топлива на комбинированное тепло паровых турбин ТЭЦ: «школьная», «студенческая» и «профессиональная»:

1. «Школьная» методика, основанная на школьных знаниях физических свойств воды и водяного пара, показывает, что расход топлива на догрев отработанного пара, в зависимости от температуры воды в теплосети, составляет от 0 до 5,8–30,3 кг у.т./Гкал.
2. «Студенческая» методика, основанная на знаниях высшей школы, анализа $i-s$ -диаграмм работы паровых турбин, показывает, что, в зависимости от температуры сетевой воды в теплосети, расход топлива изменяется от 21,8 до 75,6 кг у.т./Гкал.
3. «Профессиональная» методика проектировщиков турбин, основанная на расчёте $KПД_{турбины}$, характеристик от-

носительных расходов топлива на основе анализа диаграммам режимов турбин, в зависимости от электрической, тепловой нагрузки турбины и температуры сетевой воды, показывает, что расход топлива на отработанное тепло паровых турбин — не выше 23,5–75,8 кг у.т./Гкал.

«Студенческая» и «профессиональная» энергоёмкость тепловой комбинизации недоступна для понимания регуляторам, менеджерам живущим по формально разработанным энергетическим характеристикам ТЭЦ, использующим метод «альтернативной котельной». Но при прохождении небольшой специальной подготовки, самостоятельного выполнения курсового проекта, сдачи технологического зачёта, «студенческая» и «профессиональная» энергоёмкость, безусловно, раскроет регуляторам энергетики технологический смысл и суть построения энергетической и тарифной политики в энергетике Российской Федерации.



За почти 100 лет существования «теплофикации России» появилось более 20 методик и огромное количество (сотни) статей, посвящённых проблемам распределения топлива между комбинированной электрической и комбинированной тепловой энергией ТЭЦ: метод Гинтера (1924 год), физический «метод МЭС 1950 года» [10], энтропийный метод (1951), «компромиссный», «работоспособности», «эксергетический» метод (1968) [5, 11], аналог эксергетического, «рациональный», «пропорциональный», «тепловой», «котловой», «метод КПД отборов», действующий «метод коэффициентов», метод Вагнера (1968), «метод эквивалентной КЭС» (США), французский «метод предельных издержек» (1980) [6], используемый сейчас в России метод «альтернативной котельной» (2017 год) и т.д.

За почти 100 лет существования «теплофикации России» появилось более 20 методик и огромное количество статей, посвящённых проблемам распределения топлива между комбинированной электрической и комбинированной тепловой энергией ТЭЦ

Инженерный анализ с применением $KПД_{турбины}$ показывает однозначную правоту эксергетического метода, метода Вагнера (метода «эквивалентной КЭС») и их аналогов, где удельный расход топлива на комбинированную электроэнергию («комбиэлектро») принимается на уровне самой лучшей «эквивалентной КЭС» (320–350 кг у.т./кВт·ч) с такими же начальными и конечными параметрами пара и на таком же топливе, а удельный расход топлива на комбинированное тепло «комбитепло» снижен в три-четыре раза (35–70 кг у.т./Гкал) — ниже самой лучшей «альтернативной котельной».

Почему же в российской энергетике до настоящего времени не находится однозначного решения по расчёту топлива на комбинированную тепловую энергию ТЭЦ? Краткий ответ здесь — «конформизм мышления». Для формирования «коллективного оптимума» [3] в энергетике России были назначены не специалисты, имеющие реальные знания и понимание принципов комбинированной энергии ТЭЦ, а люди, не вполне понимающие даже основы термодинамики и принимающие решения по каким-то иным, сиюминутным критериям, зачастую непонятным даже им самим.

Отсюда вывод: у регулятора энергетической политики страны нет мотивации к проявлению здравомыслия. Для плановой экономики СССР было неактуально, какому потребителю энергии ТЭЦ удешевлять топливную составляющую тарифа, ведь «народно-хозяйственный эффект» достигался в любом случае. Главная миссия Госплана — обеспечение синергетического эффекта — реализовывалась (строились ТЭЦ и магистральные тепловые сети).

Для того, чтобы в политическом соревновании с Западом значительно улучшить показатели работы отечественных электростанций, регуляторами советской энергетики — Министерством электростанций (МЭС), ВТИ, АН СССР — было принято политическое решение: всю выгоду от теплофикации относить к улучшению статистической отчётности электроэнергетики, чтобы «соответствовать требованиям государственного планирования, в полной мере отражать народно-хозяйственную выгоду комбинированного производства тепловой и электрической энергии» [10]. И вот, 10 января 1950 года, Академией наук СССР был рекомендован «физический» метод Министерства электростанций («метод МЭС»), который позволил искусственно (в статистических отчётах, «на бумаге») поднять КПД комбинированной электроэнергетики с приблизительно 35 % до примерно 80 %.

С переводом книги авторов Я. Шаргута и Р. Петелла «Эксергия» [5] в 1968 году были предложены принципы формирования адекватного тарифа на комбинированную энергию ТЭЦ по методу Вагнера. Однако академическая наука, чувствуя свою ответственность за многолетнюю недостоверную отчётность, отказалась от продвижения и внедрения зарубежного опыта в отечественной энергетике.

В условиях Госплана Минэнерго СССР имела место прямая мотивация по снижению в два раза расхода топлива на электроэнергию, потребляемую ТЭЦ. Так, по правилам государственного планирования строительства ТЭЦ, финансирование электрической части ТЭЦ осуществлялось из федерального бюджета страны пропорционально топливной составляющей на электроэнергию. Финансирование же тепловой части ТЭЦ осуществлялось из регионального бюджета территории — по завышенным в три-четыре раза расходам топлива на тепловую энергию.

Со времён «реформаторов» российской энергетики начала 2000-х годов Минэнерго законодательно сняла с себя ответственность за развитие «теплофикации России», условно передав энергетическую сферу ТЭЦ в Минрегионразвития.



Фото: АО «ДГК», dngk.ru

В чём заключается беспринципность видов отчётности в энергетике?

Речь идёт, во-первых, о «ведомственной» отчётности, то есть виде организационной деятельности, основанной на «понятиях», презентациях, предназначенной для внутреннего потребления, для обеспечения видимости деловой, хозяйственной и научной деятельности. Устанавливается корпоративная, ведомственная форма отчёта, исполнители снизу доверху формально загружены с утра до вечера — они оставляют планы, отчёты мероприятия и отправляют их «наверх», где они без движения лежат на полках.

Во-вторых, для соответствия международной отчётности существует «научный» вид [12], основанный на знаниях, на объективных, высококачественных, численных методах инженерного анализа с применением естественных наук (математики, физики, термодинамики, логики и т.д.). Научная отчётность востребована там, где требуется реальное решение конкрет-

ных задач, численное, понимание топливно-энергетических характеристик тепловой энергетики, свойств теплофикационных турбин ТЭЦ.

«Политическая» отчётность осуществляется по принципу «сколько надо, столько и нарисуем». Основные заказчики политической отчётности: Минэнерго, Минэкономразвития, Минэкологии. Возникает вопрос: кто мотивирован оформлением «политической» отчётности? Это академическая наука, ВТИ, РАН, которые молчаливо соглашаются и не отстаивают объективные инженерные знания.

Пример — мнение одного из учёных академической науки: «В настоящее время Минэнерго России допускает три разных метода разделения этих затрат. Ясно, однако, что «трёх истинных религий не бывает». Пора и нам стать на прагматическую позицию и поддерживать комбинированное производство электроэнергии и тепла там, где это в интересах общества и государства...»



О конформизме академической науки

Приведём восемь примеров того, как слабость и конформизм академической науки проявились в вопросах научного сопровождения теплофикации России:

1. **1950 год** — академическая наука согласилась с позицией Министерства электростанций СССР по улучшению статистической отчётности производства электрической энергии.

2. **1968 год** — академическая наука отказалась от изучения и продвижения передового зарубежного опыта: «эксергия и анергия» (Польша), метода Вагнера [4].

3. **1992 год** — академическая наука оставила без внимания «Письмо в редакцию» В.М. Бродянского [11] о недопустимых ошибках статистической отчётности.

4. **2001 год** — на предложение авторов данной статьи обсудить методы анализа распределения топлива на электроэнергию и тепловую энергию ТЭЦ редакция журнала «Электрические станции» ответила: «*Ваша статья... не представляет интереса для наших читателей.*»

5. **2007 год** — академическая наука отказала в реальной помощи ММП «Салют» сохранить новейшую отечественную технологию топливосбережения: «ПГУ-60 + теплонасосная установка» на ТЭЦ-28 — 80-мегаваттный турбогенератор с наработкой всего 700 ч превратили в чёрный и медный лом, включая котёл, контактный конденсатор и все системы. И никакие возражения (ни «Салюта», ни РАН, ни институтов) не были приняты во внимание.

6. **2011 год** — академическая наука молчаливо согласилась с противоречивой методикой Минэкономразвития по применению трёх методик разделения топлива на ТЭЦ.

7. **2017 год** — академическая наука снова безмолвно согласилась с сомнительной методикой Минэнерго «альтернативная котельная» по улучшению статистической отчётности федеральной электроэнергетики России.

8. Безусловно, в советское время были учёные, которые отстаивали научные принципы развития теплофикации в РФ (это школы Л. А. Мелентьева, А. И. Андрущенко, В. М. Бродянского, С. А. Чистовича, Е. Я. Соколова, С. Л. Прузнера и др.), но академиче-

ская наука не объединила и не сохранила этот потенциал знаний теплофикаторов. Ушли из жизни почти все специалисты, понимающие, что бросовое тепло паровых турбин с температурой 40°C должно быть бесплатным! С приходом «реформаторов энергетики» Россия осталась без школы теплофикаторов.

К большому сожалению, академическая наука (ВТИ, АН СССР) в 1930-х годах получила смертельные удары в виде «дела Промпартии» (и других), «когда бодрые данные рапортов и отчётов разительно расходились с реальным состоянием дел», и стала очень внимательно и трепетно оглядываться на требования политизированной отчётности, в связи с «приказом сверху» непременно «*быть впереди планеты всей*» [11]. С тех пор и до настоящего времени ведущая научная каста нашей страны молчаливо отстранялась от защиты научных принципов формирования статистической отчётности (3-тех, 6-ти) на основе объективных методов анализа технико-экономических показателей работы ТЭЦ и ГРЭС.

Заключение

В качестве заключения можно оформить следующие выводы и предложения:

1. Внедрение нового вида энергетического товара под брендом «комбиэнергия», с реальными затратами топлива на тепло 8–40 кг у.т/Гкал, позволяет обеспечить население городов, теплицы, отрасль ЖКХ теплом в три-восемь раз дешевле, чем от котельных, и кардинально (до 4–10 раз) снизить выбросы углекислого газа от систем централизованного отопления городов, то есть провести настоящую, подлинную декарбонизацию.

2. Применение трёх различных методик инженерного анализа энергоёмкости, карбонатной ёмкости комбиэнергии ТЭЦ («школьной», «студенческой» и «профессиональной») позволяет восстановить здравый смысл в формировании энергетической, экологической и тарифной политики в энергетике России.

3. Непонимание сути теплофикации и желание Минэкономразвития угодить всем породило три вида официальной отчётности: «ведомственная» («мусор» для внутреннего потребления); «науч-

ная» (для соответствия международной практике); «политическая» («*сколько надо, столько и нарисуем*»).

4. Для обеспечения объективности и независимости регулирования энергетики необходимо вернуть Госкомстат (ныне Росстат) из ведомственной подчинённости Минэкономразвития в независимый федеральный орган Правительства Российской Федерации.

5. Для обеспечения управляемости и повышения личной ответственности за экономическую и экологическую стратегию развития России провести реорганизацию Минэкономразвития в «Министерство Анергии» [7].

6. Поручить Российской академии наук вести надзор за научной достоверностью государственной статистической отчётности Госкомстата (Росстата) по вопросам энергоёмкости, карбонатной ёмкости энергетической продукции.

7. При формировании национального проекта «Возрождение теплофикации России» в «Схемах теплоснабжения городов, поселений...» принять следующие индикаторы энергоэффективности ТЭЦ:

- U — потенциал снижения энергоёмкости (декарбонизации) ТЭЦ, %;
- W — удельная выработка электроэнергии на базе тепловой энергии («комбиэлектроэнергия»), МВт/Гкал;
- $KПД_{турбины}$, $KПД_{турбины}$, $KПД_{брутто}$, $KПД_{нетто}$;
- $XOP_{тепло}$ — прирост расхода топлива на прирост тепловой энергии, $XOP_{эз}$ — то же для прироста электроэнергии;
- энергоёмкость (карбонатная ёмкость) производства комбиэнергии ТЭЦ;
- энергоёмкость (карбонатная ёмкость) транспорта тепловой энергии от ТЭЦ;
- энергоёмкость (карбонатная ёмкость) транспорта электрической энергии от ТЭЦ, ГРЭС и др.


8. Поручить Минобразования создать «школы теплофикации» на основе современных знаний «эксергии» и «анергии», «комбиэнергии», принципов обеспечения коллективного оптимума общества и т.д.

9. В системе Минэкологии, Минобразования, мэрий городов необходимо организовать техническую учёбу по изучению собственных прав жителей, сферы ЖКХ, городов и поселков, потребителей отработанного тепла от паровых турбин ТЭЦ. ●

1. Богданов А.Б. Экономика энергетики с применением эксергии и анергии // НИПРЭ, 2015. №11. С. 41–53.
 2. Богданов А.Б., Богданов Д.А., Богданова О.А. Теплофикация России и когенерация Европы: подобие и различие в цифрах и графиках, для регулятора и не только [Электр. текст]. «Эксергия Богданов»: персон. сайт А.Б. Богданова. Режим доступа: exergy.narod.ru. Дата обрац.: 15.08.2022.
 3. Богданов А.Б. Декарбонизация российской энергетики на основе теплофикации // Энергосбережение, 2022. №1. С. 50–54.

4. The Heat Supply Act — Королевский закон Дании о теплоснабжении от 13.06.1990 №382.
 5. Шаргурт Я., Петела Р. Эксергия / Пер. с польск. В.М. Бродянского. — М.: Энергия, 1968. 278 с.
 6. Богданов А.Б. Управление тарифами и нагрузкой: французский опыт // Тепловая энергетика, 2014. №6.
 7. Министерство Анергии [Электр. текст]. «Эксергия Богданов»: персон. сайт А.Б. Богданова. Режим доступа: exergy.narod.ru. Дата обрац.: 10.08.2022.
 8. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник. — М.: Изд-во МЭИ, 1999. 168 с.

9. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. — М.: Энергоатомиздат, 1989. 351 с.
 10. Вопросы определения КПД теплоэлектроцентралей: Сб. статей / Под общ. ред. А.В. Винтера. — М.: Госэнергоиздат, 1953. 118 с.
 11. Бродянский В.М. Письмо в редакцию // Теплоэнергетик, 1992. №9. С. 62–63.
 12. Методологические положения по расчёту энергетического баланса Российской Федерации в соответствии с международной практикой: Постановление Госкомстата России от 23.07.1999 №46.



ПОЛУЧИ ПЕРСОНАЛЬНУЮ СКИДКУ ПРИ ПОКУПКЕ ОНЛАЙН



Наведите камеру
смартфона на QR-код
и перейдите по ссылке

**УСТАНОВИ
ДАТЧИК
ЗАГАЗОВАННОСТИ**

**ПОЗАБОТЬСЯ
О СВОИХ БЛИЗКИХ**





«Зелёные» здания: живётся комфортнее, дышится легче

«Зелёное» здание — понятие комплексное. Тут важно всё: и безопасные строительные материалы, и совершенные технологии возведения, и энергоэффективные инженерные системы. «Правильная» вентиляция, например, не только способствует хорошему самочувствию жильцов, но и экономит энергию. В вентиляционную трубу «вылетает» до 25% тепла. Эти потери можно ограничить и пустить тепло в «повторный оборот». В статье пойдёт речь об «зелёном» строительстве в целом и о той важной роли, которую играет вентиляция при создании экологических объектов.

Автор: Александр ГУДКО,
главный редактор журнала СОК

Экологическое строительство в России проходит стадию активного развития. Это тренд, усиление которого наблюдается в нашей стране уже порядка 15 лет. Не ослабевал он и в текущем году, несмотря на события, следствием которых стало значительное усложнение ведения бизнеса с «экологическим уклоном». Впрочем, то же самое можно сказать и про другие виды деловой активности, потребовавших от специалистов и менеджеров проявить собранность и недюжинную целеустремлённость в достижении ранее поставленных целей...

Время перемен

За прошедшие годы в стране была создана внушительная база знаний и опыта в данной сфере. Ныне на отечественном рынке присутствуют девелоперы, которые уверенно применяют «зелёные» технологии при возведении жилых и коммерческих объектов. При этом следует понимать, что важно не столько наличие у этих компаний соответствующей рекламы, сколько использование ими «на деле» решений в сфере энергоэффективности, повышения качества жилья, использования материалов с пониженным содержанием летучих органических соединений и т.д.

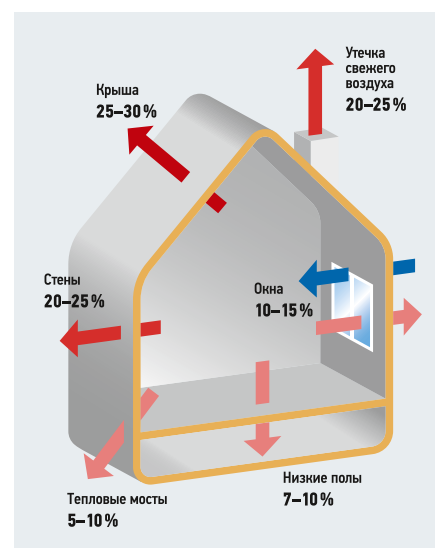
Отрадно то, что уже достаточно много девелоперов «первого эшелона» возводят объекты по экологическим стандартам. Важен уже сам данный опыт, какие бы пути достижения и верификации не выбирали девелоперы. Многие инструменты экологического строительства внедряются и становятся стандартами самой организации. Конкуренция на рынке заставляет девелоперов улучшать свои здания, как жилые, так и коммерческие, строить лучше, чем другие. А это можно делать только одним способом — используя те или иные инструменты экологического строительства.

Среди них — обеспечение повышенной энергоэффективности и качественного микроклимата, использование «зелёной» и возвратной энергии посредством рекуперации, сохранение биоразнообра-

зия, здоровьесберегающие технологии, цифровое моделирование и расчёты жизненного цикла и т.д.

Применяют эти решения не все, но у профессионалов они ассоциируются именно с экологическим строительством, отличающимся междисциплинарным подходом, учитывающим воздействие на здоровье и благополучие человека, а также на экологию города и планеты. «Зелёное» строительство направлено на охрану окружающей среды и соответствует массе прочих критериев, которые подробно описаны в документах, которым сейчас дают ход институты развития «ДОМ.РФ» и «ВЭБ.РФ».

К инструментам экологического строительства относятся: обеспечение повышенной энергоэффективности и качественного микроклимата, использование «зелёной» и возвратной энергии посредством рекуперации, сохранение биоразнообразия, здоровьесберегающие технологии, цифровое моделирование и расчёты жизненного цикла



❖ Принципиальная схема тепловых потерь в жилье, не имеющем тепловой изоляции

За чей счёт прорыв?

«Зная “зелёного строительства” в России подняли банки, которые будут стимулировать создание эко-зданий, — рассказывает президент Совета по экологическому строительству (RuGBC) Дмитрий Березуцкий. — По оценкам экспертов, треть крупнейших банков страны уже внедрила в кредитный процесс ESG*-оценку компаний, ещё 20 процентов — планируют. Это значит, что банки тестируют заёмщиков на соблюдение принципов устойчивого развития. К началу июня этого года портфель ESG-кредитов “Сбербанка” достиг 395 миллиардов рублей.

Буквально в этом месяце “Совкомбанк” и компании Группы “Россети” заключили соглашение о сотрудничестве, нацеленное на реализацию ESG-повестки. В этом кредитном соглашении процентная ставка привязана к выполнению требований об экологической политике и ответственном инвестировании. Кредит будет привлекаться для развития бизнеса, а это почти неизбежно влечёт за собой новое строительство».

Истоки и переосмысление

Банки, «вооружённые» ESG-критериями, рассматривая проект под финансирование, говорят: «Покажите нам не только цифры, сколько вы заработаете, как было принято раньше, но и то, какую пользу вы принесёте в социальном, экономическом и экологическом аспектах». ESG — это, с одной стороны, идеология, а с другой стороны — мы имеем дело со сформированными критериями, по которым можно оценить «полезность» проекта.

Банки, по сути, внедряют у себя систему инвестирования, согласно которой компании, не соответствующие критериям ESG, а торгующие только ради извлечения прибыли, скорее всего, на сегодняшний день в России уже не получают денег или же получают их по очень высокой ставке. И напротив — организации, декларирующие невысокий заработок и даже долгие сроки окупаемости, но показывающие значительный социальный эффект, стремление к повышению экологичности городской среды путём создания «зелёных зон», не стремящиеся разместить в своих домах граждан «подобно килькам в банке», а нацеленные на обеспечение благополучного их проживания и т.д.

* Аббревиатуру ESG можно расшифровать как «экология, социальная политика и корпоративное управление». В широком смысле это устойчивое развитие коммерческой деятельности, которое строится на следующих принципах: ответственное отношение к окружающей среде (E — environment); высокая социальная ответственность (S — social); высокое качество корпоративного управления (G — governance). В России принципы ESG постепенно внедряются в бизнес крупных корпорациями.



❖ Оконный приточный клапан **EHA2** с гиррегулируемым датчиком

Вот такой проект, скорее всего, получит льготное кредитование.

Кроме того, и сами люди во всём мире, в том числе в нашей стране, явно «голодают рублём» за экологичный подход бизнеса к своей деятельности в целом и за экологическое строительство в частности. «Исследования говорят, что теперь покупатели часто предпочитают ответственных производителей, рециклированные изделия, местные материалы и т.п., потому что им просто не хочется участвовать в усугублении проблем, связанных с изменениями климата и загрязнением окружающей среды», — говорит Дмитрий Березуцкий.

Здоровое дыхание

Довольно важной составляющей, делающей здание экологичным, является правильно подобранная и смонтированная вентиляция. Начнём с того, что, безусловно, вентиляция в домах нужна вне зависимости от того, «зелёное» здание или нет. «Сдавать дома без вентиляции — такой подход не укладывается ни в традиционное, ни в экологичное строительство. Когда какие-либо компании сдают объекты без вентиляции, отделки, инженерных систем, оставляя эти работы на покупателя, мы имеем дело просто с несерьёзным подходом, — констатирует Дмитрий Березуцкий. — Но это, что называется, “уходящая натура” рынка строительства».

Но даже если мы говорим о наличии только естественной вентиляции, то она, будучи самой простой в исполнении и дешёвой, не решает вопроса нормализации воздухообмена. Дело в том, что при такой вентиляции на верхних этажах воздухообмен может отсутствовать, а на первых происходить в избытке — в зависимости от внешней температуры, ветровой нагрузки и пр. Потому перед создателями экологичных зданий в любом случае стоит вопрос более совершенной вентиляционной системы.

В целом сегмент строительства жилых и коммерческих зданий движется по пути повышения качества сдаваемых объектов и применяемых в них инженерных решений. В частности, современные требования, предъявляемые к жилищному строительству, имеют своей целью дальнейшее сокращение энергопотребления. Чем строже требования к герметичности зданий, тем большую актуальность приобретает вопрос оснащения здания эффективной вентиляцией.

Например, использование адаптивных систем вентиляции обеспечивает эффективную защиту обслуживаемых помещений от накопления излишней влаги и неизменно высокое качество воздуха. При этом минимизируются тепловые потери, приходящиеся на подогрев вентиляционного воздуха. Но есть в сфере создания вентиляционных систем и определённые прорывы. Первый такой прорыв на российском рынке инициировала компания **Aereco**, предложив хотя и не «бюджетную», но полноценную вентиляцию для использования в жилых и административных зданиях. **Инновационность данного решения заключается в применении гиррегулируемых приточных клапанов с адаптивным расходом воздуха.**

И тут важно понимать, что на рынке есть выбор моделей клапанов, ряд которых можно купить и дешевле. И, казалось бы, вот она — вождельная «бюджетность», которая позволяет снизить затраты на обустройство системы вентиляции. Однако, делая такой выбор, застройщик приобретает товар подешевле «в комплекте» с огромным «НО!» — клапана эти не будут адаптивными, то есть не будут автоматически регулировать приток исходя из уровня относительной влажности воздуха внутри помещения. И это резко снижает комфорт людей, находящихся в таком здании, и тогда уж говорить об экологичности жилища или офиса, увы, точно не приходится...

Ещё одним преимуществом предложенного подхода является то, что вентиляционная система не требует использования дополнительной энергии для своей работы. А именно — в применяемых клапанах используется специальная ткань, которая реагирует на влажность воздуха, расширяясь или сжимаясь в зависимости от уровня влаги.

Вообще, энергоэффективность является одной из ярких отличительных черт «зелёного» здания. И предлагаемые компанией [Aereco](#) вентиляционные решения в полной мере отвечают этому принципу. Здесь мы видим не только значительно меньшие траты материала, но и энергии. Применение в системе гибридных вен-

В качестве третьего — наиболее совершенного — варианта можно рассмотреть систему [AWN](#) от [Aereco](#). Она обеспечивает рекуперацию тепла для коллективного применения. В ней могут быть использованы приточные клапаны, но центральный вентилятор уже не обычный, а с тепловым насосом.

Когнитивный диссонанс

Ознакомившись с приведённой информацией, читатель может недоумевать: если на инженерном рынке присутствуют решения, значительно более совершенные и экономичные во всех отношениях, то почему же мы не наблюдаем массовое преобладание именно этих решений?

А ещё есть инерция самой отрасли, и она тоже понятна: здание — слишком ответственный объект, чтобы с ним смело экспериментировать («как бы чего не вышло!»). И оно имеет долгий срок жизни — 50 лет. В том числе поэтому, конечно, все инновации продвигаются в строительной отрасли очень медленно...

Мифы и реальность

Вернёмся к теме «зелёного» здания, в котором в том числе должны устанавливаться энергоэффективные и экологичные вентиляционные системы. Сегодня нередко приходится слышать утверждения, что повышение экологичности строительства якобы ведёт к росту расценок на коммер-



•• Гибридный вентилятор [VBR+](#)



•• Крышный вентилятор [VIZ](#)

тиляторов также автоматически причисляет данные вентиляционные системы к категории «зелёной» энергетики, а их использование позволяет дополнительно экономить энергию за счёт переменного расхода воздуха, в отличие от механических систем вентиляции с постоянным воздухообменом.

Рекуперация тепловой энергии из удаляемого воздуха позволяет возвращать в здание остаточное тепло для его последующего эффективного использования. Благодаря этому достигается дополнительное повышение энергоэффективности здания. Однако тут есть один профессиональный нюанс: важно не путать разные вентиляционные решения.

В случае с «простыми» клапанами происходит пассивный приток и механическое удаление загрязнённого воздуха посредством обычного механического центрального вентилятора. Когда мы говорим об индивидуальной системе с рекуперацией, то подразумеваем наличие механического притока и механического удаления. В данном решении уже предусмотрены и воздуховоды под приток и вытяжку.

«Увы, не всё решается на уровне логических умопостроений и трезвых расчётов, — разъясняет президент RuGBC. — Например, есть пресловутый “человеческий фактор”, сложившиеся стереотипы поведения, в том числе у профессионалов — архитекторов и проектировщиков. Кроме того, необходимо учитывать сложившиеся отношения (в том числе коммерческие) на рынке и многие другие факторы, “благодаря” которым решения при выборе оборудования для монтажа инженерных систем, систем вентиляции принимаются не всегда оптимальные. Несмотря на реальную наблюдающуюся сейчас тенденцию стремления как застройщиков, так и потребителей использовать качественные решения, и тем и другим, порой, к великому сожалению, не всегда удаётся “отделить зёрна от плевел”».

Рекуперация тепловой энергии из удаляемого воздуха позволяет возвращать в здание остаточное тепло для его последующего эффективного использования

ческие и жилые площади, и наши соотечественники «нос от них воротят». В реальности же дело обстоит иначе.

По данным «Экологического союза», исследования, проведённые четыре года назад, показывают, что уже тогда: 57% россиян заявляли, что для них «чрезвычайно» или «очень важно», чтобы компании осуществляли программы по защите окружающей среды; 73% наших с вами сограждан считали, что бренды и компании должны быть экологически ответственными [1]; и 38% потребителей были готовы уже четыре года назад платить больше за товары, не наносящие вред природе, а 30% поддерживали социальную ответственность производителей. И цифры эти к текущему году значительно выросли. Представленным исследованиям можно доверять, и они показывают, что всё больше и больше людей осознают ответственность свою личную и бизнеса за принимаемые решения. Особенно это стало заметным после пандемии, которая нам показала в действии такие страшные угрозы для здоровья и для благополучия, которые мы ещё совсем недавно и представить себе не могли.



❖ Система вентиляции **AWN** с рекуперацией тепла для коллективного применения

«Относительно мнения о том, что “зелёное” здание дороже. Его, по моему мнению, распространяют не понимающие комплексный подход люди, часто путающие сегменты и классы недвижимости, сравнивающие отдельные технологии, — поясняет Дмитрий Березуцкий. — Начнём с того, что это попросту противоречит логике и здравому смыслу. Экологическое строительство — это сокращение потребления ресурсов на всём жизненном цикле здания ради сохранения нашей земли в таком же виде для будущих поколений.

“Зелёное” здание имеет пониженное потребление ресурсов на всём жизненном цикле, в том числе изначально — такие строения меньше весят, потому что мы используем композитные и другие эффективные материалы. Такие объекты строятся за меньший срок, потому что мы используем технологии, подразумевающие большую готовность элементов и сокращаем время наличия самой стройплощадки. То есть мы содержим стройплощадку и рабочих в два раза меньшее время. Мы применяем меньше материалов и используем местные — не тащим их за немалую плату... Если чётко формулировать, то экологическое строительство — это инструмент сокращения всех ресурсов: материальных, человеческих, временных и других. Как может быть дороже?»

Так в чём же проблема? Всё просто: «зелёные» здания пользуются большим спросом, и у предприимчивого бизнесмена возникает мысль: почему бы не поднять цену? То есть экологичные здания стоят дороже, потому что они меньше потребляют ресурсов в процессе своей эксплуатации, и это является поводом поднять на них цену. Однако, если мы говорим о себестоимости такого сооружения, то «зелёный» объект зачастую дешевле традиционного аналогичного класса. Так что вопрос цены — исключительно маркетинговый.

Один из аргументов при утверждении, что «зелёное» здание дороже обычного, заключается в том, что материалы, которые используются при их создании, более дорогие, чем так называемые «традиционные». Однако, если мы внимательно изучим наши санитарные нормы, то увидим, что они достаточно требовательны даже к самым обычным строительным материалам. То есть говорить, что «зелёные» материалы какие-то особенные, — некорректно. Так в чём же разница?

Обратимся к ГОСТ Р ИСО 14024–2022 «Экологические маркировки и заявления» [2] или посмотрим подходы по маркировке первого типа, и мы увидим, что материал тот же. А разница, например, в проверках: соблюдает ли производитель природоохранное законодательство? На производство выезжает комиссия и смотрит — нет ли сливов в реку, действительно ли соблюдаются все стандарты обращения с отходами, которые установлены Росприроднадзором и прочими контролирующими организациями.

Подобная юстировка является первым шагом к маркировке продукта как «эко-материала». Кроме того, внимательно просматривается вся цепочка, начиная с добычи сырья. То есть вопросы лежат в организации процесса, а не в том, что в производство экоматериалов вкладываются дополнительные деньги — такого нет.

Куда путь держим?

В настоящее время формируется законодательство, где прописаны преимущества в конкурсах и льготное кредитование, «зелёная» ипотека, субсидии, пониженная процентная ставка — все те инструменты, которые государство собирается использовать, чтобы стимулировать строительство «зелёных» зданий. Но, по большому счёту, для того чтобы сменить вектор строительной политики в масштабах государства, необходимо увеличить рас-

ходы на НИОКР в отрасли с нуля до 3%, а также предпринять ещё ряд шагов. Если не сделать этого сегодня, то уже завтра мы очень серьёзно отстанем от всего мира.

Движение в сторону экологического строительства со стороны государства уже достаточно явное, но всегда нужно «держать ухо востро» и учитывать опасность формализации этого процесса — например, злоупотреблений со стороны менеджеров среднего звена, которые могут начать просто «окрашивать здание в зелёный цвет» и лишь формально относиться к самой установке на экологизацию строительства.

И если лишь «ставить галочки» и отчитываться о некоторых проведённых работах в вышестоящие инстанции — толку тоже будет мало: простая замена чугунных батарей на тёплые полы не сделает здание «зелёным». Это, конечно же, экономичнее, но является лишь небольшим штрихом при создании объёмной картины совершенного здания будущего.

«Экологическое строительство — это реальная и кропотливая работа по обеспечению симбиоза использования возобновляемой энергии, рекуперации, повышению внимания к обеспечению микроклимата и качеству воздуха внутри помещения вне зависимости от того, к какому классу здание принадлежит — коммерческому, жилому или промышленному, — объясняет Дмитрий Березуцкий. — Внедрение сертификации тоже не может стать панацеей, поскольку есть опасность продажи этих самых сертификатов недобросовестными операторами сертификации, а значит — дискредитации самой идеи “зелёного строительства”».

В любом случае, наиболее конструктивным подходом будет не готовиться преодолевать преграды, которые ещё не возникли на нашем пути, а просто делать что должно. И всё получится. По мере увеличения количества экологических зданий, оснащённых совершенными инженерными системами, включая вентиляцию, отопление, водоснабжение, будет улучшаться здоровье и дееспособность нации, что является одной из главных государственных задач, позволяющих иметь полноценное и предсказуемое будущее как народа и страны в целом, так и каждого человека в отдельности. ●

1. Демидов А. Глобальные тренды и российский потребитель 2017: Аналитический отчёт по результатам международного исследования GfK Consumer Life и проекта «Портрет российского потребителя». — М.: GfK Consumer Life, 2017.
2. ГОСТ Р ИСО 14024–2022. Экологические маркировки и заявления. Экологическая маркировка типа I. Принципы и процедуры / Дата введ.: 01.06.2023. — М.: ФГУ «РСТ», 2022.



Причины неприятного запаха в ваннных комнатах и туалетах квартир МКД

Автор благодарит Правительство РФ за мегагрант №075-15-2021-612 от 04.06.2021 и финансирование научных исследований в России.

Рецензия эксперта на статью получена 22.08.2022 [The expert review of the article was received on August 22, 2022]

2020–2021 годы ознаменовались эпидемией коронавирусной инфекции, на которую власти многих стран отреагировали длительными обязательными самоизоляциями граждан, локдаунами и всевозможными запретами передвижения людей. Во многих странах, включая Россию, люди были вынуждены находиться в своих квартирах и не выходить на улицу днями и неделями [1]. Учёные обнаружили, что COVID-19 может передаваться через вентиляционные каналы жилых помещений [2]. Другие вирусы и патогены также распространяются через системы вентиляции [3], что может сделать самоизоляцию и карантин в жилых квартирах менее эффективными.

Недавно на рынке появились электрические вентиляторы, которые вставляются в решётку вентиляции в ваннных комнатах и туалетах и питаются от сети 220 В. На фото 1 показан настенный вентилятор, установленный в вентотверстие туалета квартиры на третьем этаже девятиэтажного жилого дома в городе Томске.

По утрам в туалете сильно пахло табачным дымом и периодически канализацией. На фото 2 показан настенный вентилятор, установленный в ванной комнате квартиры на девятом этаже десятиэтажного жилого дома. Вместе с запахом шампуня в ванной комнате присутствовал запах канализации. Автор чувствовал посторонний запах в нескольких ваннных комнатах и туалетах томских квартир летом 2021 и 2022 годов. Проблема с посторонним запахом на кухнях, в ваннных комнатах и туалетах присутствует в других городах РФ, включая Москву. Подобные проблемы есть и в других странах, особенно в Китае и Таиланде, но, возможно, там они обусловлены другими причинами.

Проблема с посторонним запахом на кухнях, в ваннных комнатах и туалетах присутствует во многих российских городах. Подобные проблемы есть и в других странах

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

Причины неприятного запаха в ваннных комнатах и туалетах квартир МКД

Профессор **А. А. Волинский**, PhD, кафедра механики, [Университет Южной Флориды](#) (г. Тампа, штат Флорида, США)

В статье рассматриваются причины неприятного запаха в ваннных комнатах и туалетах жилых квартир многоэтажных домов в городе Томске. Такая проблема существует в других городах и странах. В последнее время на рынке появились настенные электрические вентиляторы, которые вставляются в решётку вентиляции в кухнях, ваннных комнатах и туалетах квартир многоэтажных жилых домов. Как правило, такие вентиляторы включаются вместе со светом в ванной комнате или туалете, поэтому проблема носит периодический характер. Принудительный поток воздуха от включённого вентилятора в отдельной квартире нарушает естественный отток воздуха в вентиляционной системе жилого дома, спроектированной и построенной согласно строительным нормам и правилам, что может вызывать неприятный запах в соседних квартирах. Во многих случаях определить, в каких квартирах установлены вентиляторы, сложно, как и заставить соседей их убрать. Если общая система вентиляции работает, в масштабах одной квартиры проблема решается установкой воздушного затвора или обратного клапана в вентиляционную решётку, который предотвратит неприятный воздушный поток из вентиляционной системы внутрь помещения. Глобально проблема решается модификацией и последующим соблюдением строительных норм, исполнение которых контролируется местными властями.

Ключевые слова: вентиляция, вентилятор, канализационный газ, обратный воздушный клапан, здоровье человека, здравоохранение.

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

Causes of a nuisance odor in the bathrooms and toilets of apartments in multi-story buildings

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

The paper discusses the causes of an unpleasant smell in the bathrooms and toilets of residential apartments in multi-story buildings in Tomsk. This problem exists in other cities and countries. Recently, wall electric fans have appeared on the market, which are inserted in a ventilation grill in kitchens, bathrooms and toilets of apartments in multi-story residential buildings. Typically, these fans turn on with the light in the bathroom or toilet, so the problem is periodic. Forced airflow from a fan in one apartment disrupts the natural outflow of air in the ventilation system of a residential building designed and built according to building codes and regulations, which can cause an unpleasant smell in neighboring apartments. In many cases, it is difficult to determine which apartments have fans installed, and force the neighbors to remove them. If the whole ventilation system is working, locally, on the scale of one apartment, the problem is solved by installing an air check valve in the ventilation grill, which will block the nuisance airflow from the ventilation system into the bathroom. Globally, the problem is solved by modification and subsequent compliance with building codes and regulations, the implementation of which is controlled by local authorities.

Key words: ventilation, ventilation fan, sewage gas, check air valve, health safety, public health.

Фото: Дмитрий Кандицкий, кандпсков.ру



❖ Город Томск с высоты птичьего полёта

Запах канализации присутствует во многих жилых квартирах в Китае [4], в основном потому, что новые квартиры продаются без ремонта, и установка сантехнических приборов не всегда осуществляется лицензированными специалистами. В результате такого положения вещей канализационные трубы не всегда загерметизированы, а у сантехнических приборов не всегда установлены сифоны. Такое плачевное положение в Китае объясняется невыполнением соответствующих строительных норм и правил.

В России ситуация другая, поскольку промышленное и гражданское строительство изначально осуществляется с соблюдением строительных правил, а вентиляционные системы должным образом рассчитываются на стадии проектирования. Проблемы, описываемые в этой статье, появились несколько лет назад, и их не было в эпоху СССР. Причём в России вентиляция многоэтажных жилых домов в основном естественная.

В США проблема с запахом в ваннных и туалетах многоэтажных жилых зданий не наблюдается. В этой стране вентиляция принудительная, то есть на крыше многоэтажного жилого здания ставятся мощные вытяжные вентиляторы, которые

высасывают воздух из помещений через вентиляционные решётки на улицу, поэтому установка индивидуальных вентиляторов не имеет смысла [5].

В России вентиляторы могут вставляться в вытяжку во время перепланировки или капитального ремонта квартиры, поскольку они требуют подведения электропитания 220 В и, как правило, включаются вместе со светом в помещении. Именно поэтому проблема постороннего запаха может иметь периодический характер.

Летом 2022 года проблема посторонних запахов в квартире жилого дома в Томске была решена временной герметизацией вентиляционного отверстия. На фото 3 показано вентиляционное отверстие после того, как из него был вынут настенный вентилятор, а электрические провода заизолированы. На фото 4 вентиляционное отверстие временно загерметизировано с помощью толстой пластиковой плёнки и липкой ленты. После такой модификации периодический запах табачного дыма и другие неприятные запахи исчезли.

Временная герметизация вентиляционного отверстия показала, что именно



❖ Фото 1. Настенный вентилятор, установленный в туалете квартиры на третьем этаже девятиэтажного дома в Томске



❖ Фото 2. Настенный вентилятор, установленный в ванной комнате квартиры на девятом этаже десятиэтажного дома в Томске



❖ Фото 3. Вентотверстие в ванной комнате жилой квартиры в Томске без вентилятора



❖ Фото 4. Загерметизированное вентотверстие в ванной комнате жилой квартиры в Томске

через это отверстие неприятный запах периодически проходил в ванную комнату из других квартир. На время проживания в квартире в течение нескольких недель проблема была временно решена. Однако полная герметизация вентиляционного отверстия в ванной комнате в течение длительного времени приводит к повышенной влажности и образованию плесени в этом помещении.

Таким образом, это не является долгосрочным решением, даже в масштабах одной квартиры. Вентиляция ванной комнаты в течение нескольких недель осуществлялась в коридор, что было возможно летом при открытых окнах.

На фото 5 показан вентилятор с заслонкой, которая предотвращает поток воздуха из вентиляционного отверстия наружу. Несмотря на то, что такой вентилятор с заслонкой предотвратит запах из других квартир, сам вентилятор нарушает нормальное течение воздуха в элементах системы вентиляции всего многоквартирного дома. Принудительный поток воздуха от включённого вентилятора в отдельной квартире нарушает естественный отток воздуха в соответствующем вентиляционном стояке этого дома, вызывая неприятный запах в соседних квартирах сверху и иногда снизу. Поэтому вместо вентилятора в вентиляционное отверстие нужно установить обратный клапан, как это показано на фото 6.



•• Фото 5. Вентилятор с заслонкой

Как правило, в США перепланировка или капитальный ремонт квартир многоэтажных домов осуществляется лицензированными профессионалами. Лицензия выдаётся правительством штата и требует сдачи специальных экзаменов. Перед ремонтом квартиры необходимо подать



•• Фото 6. Обратный воздушный клапан

архитектурные планы в соответствующий орган власти города, которые сначала их утверждают, а потом осуществляют проверки во время и после ремонта. При невыполнении строительных норм и правил власти города могут остановить работы и даже судить исполнителя работ и владельца квартиры. В конце всех работ осуществляется пожарная инспекция. В США согласно строительным правилам необходимо установить в систему вентиляции противопожарную заслонку. В России пока такие строгие требования строительными правилами не предусмотрены. Несмотря на то, что в строительных правилах штата Флориды даются спецификации потока воздуха вентиляционных систем в разных помещениях, установка вентиляторов в вентиляционные решётки не запрещена [6] и даже требуется строительными правилами в ванных без окон [7]. Такая же ситуация и с российскими строительными нормами, которые дают спецификацию для потока воздуха при вентиляции помещений разного назначения и размера [8, 9].

В квартирах с газовыми колонками и другими газовыми приборами устанавливать вентиляторы в вентиляционные каналы категорически запрещается из-за возможности образования обратной тяги и отравления людей угарным газом [10]. Ситуацию ухудшают новые герметичные окна и двери, через которые не поступает извне воздух, необходимый в помещениях с газовыми приборами. Это ещё один пример, когда модификация или ремонт помещений могут вызывать серьёзные проблемы, вплоть до гибели людей. Но это уже тема другой статьи.



Выводы

В статье рассмотрены проблемы посторонних запахов в ванных комнатах и туалетах в Томске. Подобные проблемы есть в других городах России. Посторонние запахи вызваны установкой принудительных вентиляторов в вентиляционные отверстия индивидуальных квартир. Работа вентилятора нарушает естественную вентиляцию во всей системе, вызывая запах в других квартирах. В отдельной квартире проблема решается установкой обратного воздушного клапана в вентиляционное отверстие. Глобально проблема должна быть решена модификацией и выполнением строительных норм и правил. ●

1. Год с начала локдауна. Главные цифры и факты начала изоляции в России [Электр. текст]. «РБК». Режим доступа: rbc.ru. Дата обрац.: 18.08.2022.
2. Коронавирус распространяется через вентиляцию в офисах и жилых домах. Учёные заявили о риске передачи COVID-19 через вентиляцию [Электр. текст]. Режим доступа: vc.ru. Дата обрац.: August 18, 2022.
3. Goyal S.M., Anantharaman S., Ramakrishnan M.A. et al. Detection of viruses in used ventilation filters from two large public buildings. *American Journal of Infection Control*. 2011. Vol. 39. Issue 7. Pp. 30–38.
4. Волюнский А.А. Почему в Китае пахнет плохо? Недостатки канализационных систем в Китае // Журнал СОК, 2021. №10. С. 22–24.
5. ASHRAE 62.1–2019. Ventilation for acceptable indoor air quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Atlanta, Georgia (US). 2019. Web-source: ashrae.org. Access date: August 18, 2022.
6. 2017 Florida Building Code — Mechanical, 6th edition. Chapter 4: Ventilation. Web-source: up.codes. Access date: August 18, 2022.
7. Are bathroom fans required by code? Bath Vent Code in Plain English. HVAC-buzz. Web-source: hvac-buzz.com. Access date: August 18, 2022.
8. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха / Дата введ.: 17.06.2017.
9. СНиП 31-01–2003. Здания жилые многоквартирные / Дата введ.: 01.10.2003.
10. Оказывается, в квартирах с газовой колонкой нельзя ставить вытяжной вентилятор. [Электр. текст]. Режим доступа: zen.yandex.ru. Дата обрац.: 18.09.2022.
1. *God s nachala lokdauna. Glavnyye cifry i fakty nachala izoljacji v Rossii* [One year since the start of the lockdown. The main figures and facts of the beginning of isolation in Russia]. RBK Group. Web-source: rbc.ru. Access date: August 18, 2022. [In Russian]
2. *Koronavirus rasprostranjaetsja cherez ventiljaciju v ofisah i zhilyh domah. Uchenye zajavili o riske peredachi COVID-19 cherez ventiljaciju* [Coronavirus spreads through ventilation in offices and residential buildings. Scientists have stated the risk of transmission of COVID-19 through ventilation]. VC.RU. Web-source: vc.ru. Access date: August 18, 2022. [In Russian]
3. S.M. Goyal, S. Anantharaman, M.A. Ramakrishnan et al. Detection of viruses in used ventilation filters from two large public buildings. *American Journal of Infection Control*. 2011. Vol. 39. Issue 7. Pp. 30–38.
4. A.A. Volynskij. *Pochemu v Kitae pahnet ploho? Nedostatki kanalizacionnyh sistem v Kitae* [Why China stinks? Deficiencies in plumbing systems in China]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2021. No. 10. Pp. 22–24. [In Russian]
5. ASHRAE 62.1–2019. Ventilation for acceptable indoor air quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Atlanta, Georgia (US). 2019. Web-source: ashrae.org. Access date: August 18, 2022.
6. 2017 Florida Building Code — Mechanical, 6th edition. Chapter 4: Ventilation. Web-source: up.codes. Access date: August 18, 2022.
7. Are bathroom fans required by code? Bath Vent Code in Plain English. HVAC-buzz. Web-source: hvac-buzz.com. Access date: August 18, 2022.
8. *SP 60.13330.2016* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 60.13330.2016]. *Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha* [Heating, ventilation and air conditioning]. Updated edition of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 41-01–2003 (with Amendment No. 1). The impl. date: June 17, 2017. [In Russian]
9. *SNiP 31-01–2003* [Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 31-01–2003]. *Zdanija zhilye mnogokvartirnye* [Multicompartment residential buildings]. The impl. date: October 1, 2003. [In Russian]

0+

НОВАЯ Международная выставка оборудования,
технологий и услуг для вентиляции,
кондиционирования и холодоснабжения бытовых,
коммерческих и промышленных объектов



Новая выставка AIRVent* – это:

- новая аудитория (59% посетителей не посещают другие выставки схожей тематики)
- широкая география посетителей (5 600+ специалистов из 79 регионов РФ)
- новая возможность увеличить объемы продаж (77% посетителей планируют закупить продукцию участников)

Одновременно с Aquatherm Moscow,
крупнейшей в России и СНГ
международной выставкой
комплексных инженерных решений

aqua
THERM
MOSCOW

14-17.02.2023

Москва, Крокус Экспо
airventmoscow.ru

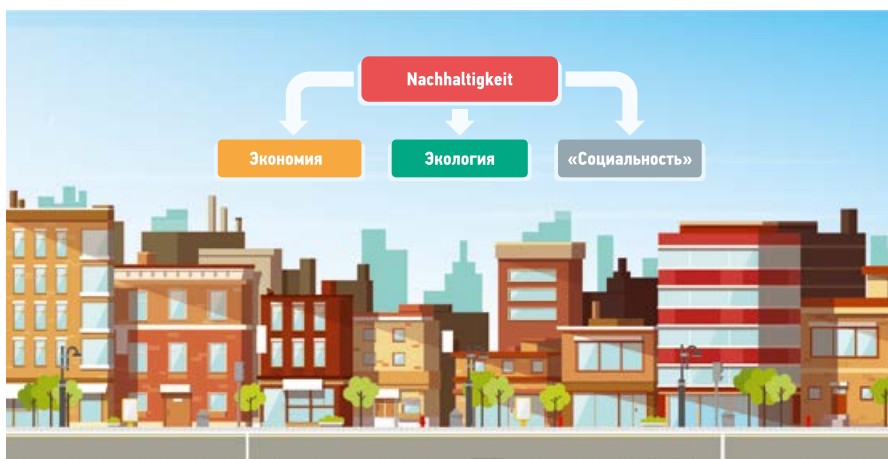
Узнать условия
участия



Nachhaltigkeit, или Экологиче- ские, социальные и экономические аспекты строительства в Германии

Строительство любых зданий подчиняется неким общим законам. Например, как нас учили на уроках архитектуры: функциональность, прочность, красота — необходимые характеристики любого здания. В России и в Германии здания строятся из подобных материалов и по одним и тем же законам физики, но результат получается разный. В чём здесь причина, мы попытаемся разобраться в этой статье.

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



Сегодня в Германии популярен термин, обозначающий стиль жизни современного немецкого общества, — *Nachhaltigkeit*, который дословно может быть переведён как «постоянство» или «настойчивость». В более широком понимании *Nachhaltigkeit* подразумевает использование экологических природных материалов, минимальное воздействие на окружающую среду, сбережение энергии, сохранение традиций, соблюдение социальных границ и т.д. И строительство — как раз та область, которая использует этот принцип при формировании окружающей человека среды. Дело не только в квадратных метрах или киловаттах, суть — в гармонии человека и окружающего мира. Цель современных зданий в Германии — создание комфортной среды для работы, отдыха, прогулок с детьми, покупок, встреч с друзьями и т.д.

Немецкий принцип *Nachhaltigkeit* содержит в себе экологические, экономические и социальные аспекты.

Экологические аспекты строительства (*Umweltschutz*)

Защита окружающей среды занимает ключевое положение при строительстве зданий в Германии. Я думаю, что все помнят недавний случай, когда Илон Маск долго не мог получить разрешение на строительство завода Gigafactory 4 («Гига-

фабрика 4») возле Берлина по производству аккумуляторов для электромобилей Tesla. Немецкие власти не давали разрешение на строительство завода, поскольку (цитата): «Среди жителей леса есть рептилии, муравьи и птицы, которых перед вырубкой необходимо переселить...»

Немецкий принцип *Nachhaltigkeit* подразумевает использование экологических природных материалов, минимальное воздействие на окружающую среду, сбережение энергии, сохранение традиций, соблюдение социальных границ и т.д.

Вы можете представить себе такую ситуацию в России? Я не знаю, всех ли муравьёв переселил на новое место жительства Илон Маск, но в 2022 году «Гигафабрика 4» всё-таки была запущена. Срок строительства составил три года, в то время как аналогичное предприятие в Китае было построено в три раза быстрее. На этом сравнении можно видеть различия между странами. Выражение «*Nachhaltigkeit*» обозначает в том числе тот факт, что немцы никуда не торопятся. «*Haben Sie Gedult!*» («*Имейте терпение!*») — любимая фраза в Германии.



Строительный мусор. Обязательным условием любого строительства является утилизация строительного мусора. Например, строительная компания разрушает старое здание и на его месте возводит новый жилой район. Проект реконструкции или нового строительства должен обязательно включать в себя утилизацию старых стен, металлических балок, инженерных систем и т.д. То есть нельзя просто заложить в стоимость проекта стоимость вывоза мусора. Нужно предусмотреть проектом, куда именно будет вывезен этот мусор и как он будет переработан. Например, остатки стен могут быть использованы для создания искусственного ландшафта вокруг зданий, создания горок для игр детей и т.д.



Фото: Patzschke & Partner Architects, patzschke-architektur.de



Строительные материалы. В немецком строительстве широко используется самый экологичный строительный материал — древесина. Специальная обработка позволяет уйти от основных проблем древесины, таких как гниение и пожароопасность. А строительство в основной массе малоэтажных зданий не требует суперпрочного железобетона. Интересно наблюдать за использованием строительных материалов на детских площадках. Например, яркие и однотипные детские городки из пластика практически не встречаются в Германии. Как правило, материал для детского городка — это дерево, нержавеющая сталь и канаты. И, конечно, фантазия создателей, поскольку одинаковых детских площадок я в Германии не встречал.

Экономия энергии в Германии всегда играла ключевую роль во всех аспектах жизни. В связи с резким подорожанием энергоносителей эта тема стала ещё более актуальна. Но для начала я попытаюсь показать разный образ мыслей в этом направлении в России и Германии.

Все читатели, наверное, знают, что стоимость электрической и тепловой энергии в России примерно пять раз меньше, чем в Германии. К чему это приводит в России? Я никогда не забуду, как однажды морозной ночью на Урале я наблюдал столбы тёплого воздуха, уходящие вверх в зимнее небо от каждого пятиэтажного дома. В прямом смысле слова жители этого небогатого посёлка «отапливали Урал». То есть дешёвая энергия в нашем случае означает бездумное её расходование.

Давайте немного посчитаем? Допустим, мы можем сделать эффективную теплоизоляцию стен и поставить утилиза-



торы тепла вытяжного воздуха для нужд горячего водоснабжения. Срок окупаемости такой реконструкции здания составит приблизительно 15 лет. Будут ли это делать в России?

Риторический вопрос — конечно же, не будут, поскольку нужно где-то найти деньги прямо сейчас. Срок окупаемости составляет целых 15 лет, и, скорее всего, через 15 лет нужно будет менять оборудование на новое. То есть выгоды в деньгах не будет. А если выгоды в деньгах нет, значит никакого смысла это делать нет. Ещё раз скажу то же самое, только другими словами: при низкой стоимости ресурсов в России потратят ровно столько же (много) денег на отопление зданий, то есть в три раза больше сожгут газа, но люди будут жить в домах с холодными неутеплёнными стенами.

Как посмотрят на эту же ситуацию в Германии? Исходные данные пусть будут те же. Сделать реконструкцию здания, чтобы в три раза сократить потребление энергии и через 15 лет получить ровно такие же затраты, как без реконструкции? Конечно же, нужно делать! Поскольку за тот же период и при тех же затратах нагрузка на окружающую среду будет снижена в три раза. Инвестиционная стоимость здания после реконструкции возрастёт. А если ещё вспомнить низкий банковский процент и помощь от государства в размере 45% от стоимости затрат, то становится понятно огромное количество заказов на реконструкцию зданий в Германии.

Я был удивлён, когда узнал сроки поставки и монтажа тепловых насосов для частного строительства и реконструкции. Год! Целый год нужно ждать (после оплаты, естественно), когда до вас дойдёт очередь в строительных фирмах. На мой взгляд, это слишком долго.

Экономические аспекты строительства

С одной стороны, в Германии достаточно много построено жилых зданий. Согласно отчёту немецкого Федерального статистического управления (Destatis), средняя жилплощадь в Германии составляет по 47 м² на каждого жителя страны. Это много, учитывая, что, например, в России, по данным Росстата, в среднем на одного жителя приходится 24 м² жилья. С другой стороны, большинство существующих квадратных метров — это относительно старое жильё, построенное зачастую более 100 лет назад и не соответствующее современным нормам.

Теперь настала пора рассказать, что такое KfW. Это стандарт энергоэффективности зданий в Германии, который расшифровывается как Das Kreditinstitut für Wiederaufbau (KfW), финансирование для реконструкции зданий. Чем лучше этот стандарт, тем меньше энергии тратит здание в процессе эксплуатации, тем больше строительство субсидируется государством. Цифры в стандарте обозначают процент затрат энергии по сравнению с неким эталонным зданием EnEV (100 KfW). То есть здание с KfW 85 будет потреблять всего 85% энергии по сравнению с эталонным зданием. Кстати, начиная с февраля 2022 года государство больше не будет финансировать по-



стройку зданий с KfW 55 и выше. Самая лучшая оценка здания на сегодня — это KfW 40plus, что означает экономию более 60% энергии по сравнению с эталонным зданием.

Пример дома с KfW 55:

- утепление наружных стен 18 см;
- утепление кровли 24 см;
- тройное остекление окон;
- солнечные панели для нагрева ГВС;
- система отопления на основе древесных пеллет, биоматериалов или теплового насоса.

Соответствие критериев KfW и экономической поддержки государства на одну квартиру представлено в табл. 1.



Соответствие критерия KfW и экономической поддержки государства* табл. 1

Класс строящегося здания	Потребление зданием энергии по сравнению с эталоном, %	Максимальная сумма кредита, € тыс.	Невозвратная часть, %
KfW 40	40	120	20
KfW 40**	40	150	25
KfW 55	55	120	15
KfW 55**	55	150	20

* На одну квартиру. ** Сокращение энергопотребления здания частично или полностью за счёт использования источников возобновляемой энергии: тепловых насосов, рекуперации тепла вытяжного воздуха, утилизации тепла сточных вод.

Социальные аспекты строительства

1. Удобство окружающего пространства для отдыха. Проще объяснить на негативном примере из другой страны, когда строят несколько высоток, которые объединяет один крохотный двор с маленькой песочницей для детей. Если дети из этих домов захотят поиграть в этой песочнице, то желающих может набраться несколько десятков. Понятно, что для отдыха с детьми этот двор не предназначен, и родителям с детьми нужно куда-то выезжать. В Германии в принципе нет высотного жилого строительства, и размер двора всегда соответствует примерному количеству проживающих детей.

К удобству окружающего пространства для отдыха можно отнести также строгость немецких законов, защищающих личное пространство людей. Во дворах в Германии часто стоят столики со скамейками для отдыха. В другой стране, если поставить такой столик, то там сразу начнут собираться люди, употребляющие некие жидкости, и они будут шумно себя вести, а на просьбы вести себя потише могут нанести телесные повреждения лёгкой и средней тяжести. Понимая это, жители этих дворов самостоятельно демонтируют эти столики, чтобы не доводить ситуацию до греха. В Германии такая ситуация просто невероятна, поскольку есть отдельные законы, регламентирующие поведение людей в общественных местах. И главное — эти законы действительно соблюдаются.

«**Часы тишины**». В немецких квартирах в принципе не приветствуется шум, но существуют определённые часы и даже дни, когда шум абсолютно запрещён. Это вечернее и ночное время с 20:00 до 06:00 и дневное время с 13:00 до 15:00. И также абсолютно запрещён шум в воскресенье, например, включить пылесос в воскресенье нельзя. Интересный и немного комичный на мой взгляд момент — отдельный сбор мусора. В каждом немецком дворе стоит отдельный контейнер для стеклянных бутылок. Так вот, в воскресенье бутылки в этот контейнер выбрасывать нельзя, так как они слишком громко звенят при попадании в контейнер.

2. Транспорт на работу. Работа занимает важнейшее место в жизни и культуре немцев. Например, современная немецкая женщина обязательно должна работать, чтобы быть успешной и «реализованной». Тут возникает некий диссонанс с восточными культурами, многочисленные носители которых сейчас тоже проживают в Германии, где работающая женщина — это оскорбление для мужчины как «хозяина дома».

В целом, с точки зрения культурных традиций, Германия сегодня — это многонациональная страна с множеством культур, которые прекрасно уживаются друг с другом. Так вот, возвращаясь к работе и транспорту. Основной принцип — работа должна быть рядом с домом. Идеальный транспорт для перемещения на работу — велосипед. Нет загрязнения окружающей среды, требуется мало места для парковки, нет затрат на бензин или электроэнергию для зарядки аккумулятора, польза для здоровья. Поэтому в Германии культ велосипеда. До любого места можно добраться на велосипеде, не пересекаясь при этом с опасными скоростными автомагистралями. Нет в принципе такого понятия, как «спальный район» или «промышленный район».

Например, в Берлине прямо в черте города находятся множество предприятий, но высокие требования к выбросам или шуму позволяют жить непосредственно рядом с ними. Поэтому немцы стараются жить рядом с работой. Наверное, именно этим объясняется высокий процент аренды жилья (в Берлине — 80 %, в среднем по Германии — 65 %). Гораздо проще найти и снять новое жильё рядом с работой, чем ехать через весь город в транспорте.

3. Разнообразие (Diversität). Это ещё один официально принятый принцип жизни в Германии. В Германии не строят дома или кварталы для определённых групп населения. То есть нельзя сказать, что вот этот район предназначен для богатых немцев, другой — для выходцев из Турции, а третий — для бывших жителей стран СНГ. Создание таких национальных

Несмотря на долгие сроки возведения, в Германии создают дома, в которых хочется жить. Которые гармонируют с окружающей средой. И гармонируют с историей Германии

анклавов в других странах показало, что это тупиковый путь, ведущий к повышенной преступности. Поэтому в Германии в одном многоквартирном доме всегда проживают как представители коренного населения, так и выходцы из других стран. И все они одинаково должны соблюдать немецкие законы.

Нормирование в строительстве

Нормы и правила, существующие в строительной отрасли Германии в настоящий момент, приведены в табл. 2.

Система оценки Nachhaltigkeit и сертификация

В строительстве Германии существует несколько систем оценки Nachhaltigkeit, однако для международных оценок используются нормы, аналогичные ISO. После оценки каждому зданию выдаётся сертификат, который похож на спортивный. То есть имеются «золотые», «серебряные» и «бронзовые» сертификаты.

В Германии распространены сертификаты Немецкого общества устойчивого строительства (Zertifikate der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen, DGNB) и сертификаты Министерства транспорта, строительства и городского развития (Zertifikate des Bundesministeriums für Ver-

kehr, Bau und Stadtentwicklung — Bewertungssystem nachhaltiges Bauen, BNB). Поскольку критерии оценки сложны, зависят от многих факторов и главным образом от типа зданий, оценку проводят специально уполномоченные сотрудники, прошедшие обучение. Начиная с 2011 года все вновь строящиеся здания в обязательном порядке проходят оценку и сертификацию DGNB.

В зависимости от достигнутых баллов выдаются следующие сертификаты:

- «Бронзовый сертификат» (от 60 %);
- «Серебряный сертификат» (от 65 %);
- «Золотой сертификат» (от 80 %).

Критерии «энергетически ответственной архитектуры»

«Энергетически ответственная архитектура» — это подход к строительству с учётом настоящих требований и тенденций в будущем. «Энергетически ответственная архитектура» означает улучшение энергетических характеристик зданий с помощью конструктивных и дизайнерских решений. Ответственное планирование, которое стремится сохранить основы жизни будущих поколений, требует целостной и устойчивой концепции планирования зданий.

Поэтому энергосберегающее строительство — это нечто большее, чем просто соблюдение минимальных норм энергосбережения, расчёт сроков окупаемости или использование современных технологий по производству тепла или электроэнергии. Энергетически ответственная архитектура начинается с выбора местоположения и выбора строительных материалов и заканчивается вопросами утилизации или повторного использования строительных материалов в зависимости от продолжительности использования. В табл. 3 представлены аспекты «энергетически ответственной архитектуры».

Вывод

В завершение хотелось бы отметить следующее. Без сомнения, подходы к строительству в спокойной Германии и, например, динамичном Китае очень сильно отличаются друг от друга. Но важно понимать, что строительство — это не только квадратные метры. А качество жилья — это не только киловатты энергии. Не нужно забывать, для чего на самом деле мы создаём здания — для комфортного и спокойного проживания людей. Отрадно видеть, что, несмотря на долгие сроки возведения, в Германии создают дома, в которых хочется жить. Которые гармонируют с окружающей средой. И гармонируют с историей Германии. ●

●● Строительные нормы и правила Германии

табл. 2

Нормы и правила	Экологические критерии	Социальные критерии	Экономические критерии
Общие	DIN EN 15.643-2. Nachhaltigkeit при строительстве и эксплуатации зданий. Часть 2: Оценка влияния на окружающую среду	DIN EN 15.643-3	DIN EN 15.643-4
Здания	DIN EN 15.978. Методики расчёта DIN EN ISO 14.040 и 14.044 «Экологический баланс»	DIN EN 16309. Оценка социальных критериев	—
Строительные материалы	DIN EN 15.804. Экологические критерии для строительных материалов	—	—

●● Аспекты «энергетически ответственной архитектуры» в Германии

табл. 3

№	Этапы планирования	Критерии
1	План местности	Исходные данные местности: климат, расположение на местности, ориентация здания, освещение и затенение, ветровая нагрузка, инфраструктура, транспортные пути. Источники энергии
2	Дизайн здания	Сберегающее энергию планирование: форма здания, ориентация здания, дневной свет и окна, проветривание, защитные зоны, зоны отдыха
3	Конструктивные элементы здания	Энергосберегающие части здания: теплозащита наружных стен, теплозащита и инфильтрация окон, теплозащита и инфильтрация дверей, защита от солнечного света, аккумуляция тепла, экологически безопасные материалы. Утилизация материалов
4	Инженерные системы здания	Поддержание требуемых параметров воздушной среды в помещениях: пассивное использование солнечной энергии, выбор системы отопления, распределение и регулирование энергии, приборы отопления и ГВС, использование регенеративной энергии. Настройка систем для сбережения энергии летом и зимой

Тепловой комфорт в пассивных домах. Часть 1

Представляем вниманию читателя адаптированный перевод статьи директора немецкого «[Института пассивного дома](#)» ([Passivhaus Institut](#)) д-ра Вольфганга Файста (Dr. Wolfgang Feist) «Требования к тепловому комфорту в пассивных домах» [1]. В данном материале рассмотрены важнейшие составляющие теплового (температурного) комфорта человека, длительное время находящегося в жилом помещении, применительно к пассивным домам. Показано, что сам принцип и особенности конструкции пассивного дома обеспечивают проживающим в нём людям оптимальные комфортные условия.

Авторы: А.Е. ЕЛОХОВ, директор компании [ООО «Институт пассивного дома»](#) (г. Москва); А.П. КОНСТАНТИНОВ, к.т.н., доцент, руководитель НИЦ «Фасадные системы», [Московский государственный строительный университет \(НИУ МГСУ\)](#)

1. Тепловой комфорт

К «пассивным домам» (passive house) предъявляются точно такие же требования в отношении теплового комфорта, как и к другим, «обычным» зданиям. Эти требования обоснованы рядом исследователей уже несколько десятилетий назад, и основной вклад здесь принадлежит профессору П. Оле Фангеру (Дания), работы которого легли в основу международного стандарта DIN EN ISO 7730 [2]. Проследим предпосылки его появления.

Рассматриваемый стандарт основан на диссертационной работе П.О. Фангера «Температурный комфорт» [3] 1970 года. На ней, а также на интернет-публикациях [например, 4] профессоров Дэвида Шитцле (David G. Scheatzle) и Харви Брайана (Harvey J. Bryan) из Университета штата Аризоны (Arizona State University) и базируется статья д-ра В. Файста.

В статье д-ра Вольфганга Файста дана привязка к пассивным зданиям, а опыт их эксплуатации за последние десятилетия показывает обоснованность применения подходов П. О. Фангера.

Рассмотрим для начала допустимые диапазоны комфорта. Комфортный климат в помещении необходим прежде всего для поддержания работоспособности человека и сохранения его здоровья. Даже относительно здоровый человек может выдержать ограниченный диапазон температур, в основном за счёт приспособления (адаптации) к условиям окружающей среды, но только до наступления явного ущерба здоровью. Очевидно, что с помощью тренировок можно расширить этот температурный «диапазон адаптации». Но это не имеет ничего общего с настоящим, желаемым комфортом.

П. О. Фангер установил, что физиологически комфортные условия примерно одинаковы для всех людей и не зависят от их культурных и региональных особенно-



Д-р Вольфганг Файст (Dr. Wolfgang Feist), директор «[Института пассивного дома](#)» ([Passivhaus Institut](#)), г. Дармштадт (Германия)

стей. Дальнейшие исследования подтвердили его точку зрения. Например, в результате культурной адаптации жители Южной Азии долгое время могут выносить низкую температуру в помещении, неприемлемую для европейцев. Однако, если людям предоставить свободу выбора климата, как в помещении, так и вне его, их среднестатистический выбор будет хорошо соответствовать теории Фангера.



Статья д-ра Вольфганга Файста «Требования к тепловому комфорту в пассивных домах» была опубликована в Сборнике статей № 25 «Распределение температуры в жилых помещениях» Рабочей группы по малозатратным пассивным домам (Германия)

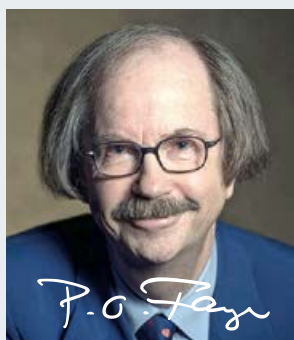


Первый в мире пассивный дом появился в 1991 году в районе Кранихштайн города Дармштадт (Германия). Д-р Вольфганг Файст, директор [Passivhaus Institut](#), принимал в проектировании и постройке первого в мире пассивного дома самое активное участие

П. Оле Фангер – первопроходец и основоположник теории теплового комфорта

Повл (Павел) Оле Фангер (1934–2006) — датский учёный, эксперт по внутренней среде и её влиянию на комфорт и здоровье человека. Основатель теории микроклимата жилых и общественных зданий, его научный вклад до сих пор определяет современное состояние HVAC-технологий и основу для международной стандартизации [1].

Оле Фангер родился в Вейлбю (Vejlby) — северо-восточном районе Орхуса (Aarhus), второго по размеру города Дании. Он поступил в Датский технический университет (DTU), с которым в дальнейшем оказалась связана вся его жизнь. В 1957 году Фангер получил степень магистра (MS) в области гражданского строительства, затем академическое назначение адъюнкта (доцента) и право преподавать в DTU в качестве лектора, а в начале 1970-х годов ему была присуждена степень доктора наук (DSc) за уникальную диссертацию «Тепловой комфорт», которая стала бестселлером среди технических книг. Исследование Фангера установило степень влияния микроклимата на качество жизни человека и впервые декларировало математическую модель теплового комфорта. В 1977 году П.О. Фангер стал профессором в DTU, а затем и старшим



профессором. За годы своей деятельности он подготовил более сотни магистров и докторов философии (PhD), опубликовал 12 книг или глав в книгах, стал автором или соавтором более 300 технических статей и прочитал более 300 приглашённых лекций.

Уже в 1968 году П.О. Фангер стал членом ASHRAE, работал в Университете штата Канзас и Сиракузском университете (США), Национальном университете Сингапура (NUS), был президентом Скандинавского общества HVAC-ассоциаций и Международной академии IAIAS, вице-президентом Федерации европейских ассоциаций REHVA и Международного института холода (IIR), с 1974 года активно трудился в 18 комитетах и группах ASHRAE.

Профессор П.О. Фангер — обладатель 53-х международных научных наград и двух званий «Почётного доктора», награждён 28-ю медалями, является почётным членом 17-ти инженерных обществ Европы и Азии, в том числе Датской академии технических наук, Королевской инженерной академии Великобритании и Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН).

Как учёный П.О. Фангер всегда активно способствовал международному сотрудничеству и распространению научного знания. В англоязычной прессе он признан одним из ведущих датских исследователей. В 2002 году королева Дании Маргрете II сделала его кавалером рыцарского Ордена Даннеброга высшей степени.

П.О. Фангер всегда с теплотой относился к России, являясь почётным иностранным членом НП «АВОК» и РААСН, Почётным доктором НИУ МГСУ, он неоднократно принимал участие в съездах и конференциях российского HVAC-сообщества. В мае 2006 года датский учёный стал желанным гостем прошедшей в Москве V Международной конференции Cold Climate HVAC. ●

1. Bergles A.E. P. Ole Fanger. National Academies Press Memorial Tributes. 2007. Vol. 11. Pp. 120–124.

Диапазон комфорта намного уже допустимого диапазона адаптации. В табл. 1.1 дана шкала оценки температурных условий окружающей среды (перевод в соответствии с DIN EN ISO 7730 [2]).

Тепловой комфорт (оценка «0» или «нейтрально») — это «условия, при которых выражается удовлетворённость температурным окружением». Тепловой (температурный) баланс достигается, когда вырабатываемое телом человека тепло равно потере телом тепла в окружающую среду, при этом организм человека не должен прилагать никаких усилий по приспособлению (адаптации) к этой среде.

За пределами теплового комфорта человек способен к адаптации в достаточно широком диапазоне. В слишком тёплом

окружающем пространстве человеческое тело начинает использовать свою систему терморегуляции — сначала посредством *вазодилатации* (расширения кровеносных сосудов), сопровождающейся изменением температуры кожных покровов для большей теплоотдачи. Если этого недостаточно, то с помощью потоотделе-

ния достигается дальнейшее охлаждение поверхности тела за счёт испарения пота.

Вследствие *вазоконстрикции* (сужения кровеносных сосудов) достигается повышенная теплоизолирующая способность кожи, если становится холоднее оптимальной комфортной температуры.

Наглядным примером здесь является «гусяная кожа» — пережиток незапамятных времён, когда наши далёкие предки носили густой волосной покров, и когда «распушение» меха или «взъерошивание» оперения ещё могло улучшить теплоизоляцию. Сейчас уместно в такие моменты, когда граница комфорта отодвинута далеко и ощущения находятся на уровне «–3», надевать тёплую одежду (свитер, пуловер и т.д.). Если не «утеплиться», появляется дрожь, и этим исчерпываются все возможные защитные реакции организма. Для спортсменов, занимающихся на улице, опасным является переохлаждение (гипотермия). В экстремальных случаях дрожь от холода прекращается совсем, чтобы сэкономить энергию, и человек впадает в состояние «оцепенения», ведущее к обморожению.

Итого во всём допустимом диапазоне температур окружающей среды человеком воспринимается как «комфортный» лишь узкий их интервал.

Тепловой (температурный) баланс достигается, когда вырабатываемое телом человека тепло равно потере телом тепла в окружающую среду, при этом организм человека не должен прилагать никаких усилий по приспособлению (адаптации)

●● Семибалльная шкала чувствительности к температуре

табл. 1.1

Оценка в баллах	Ощущения человека		
	(английский)	(немецкий)	(русский)
+3	hot	zu warm	Жарко
+2	warm	warm	Тепло
+1	slightly warm	etwas warm	Немного тепло
0	neutral	neutral	Нейтрально
–1	slightly cool	etwas kühl	Немного прохладно
–2	cool	kühl	Прохладно
–3	cold	kalt	Холодно

Отклонение от теплового комфорта характеризует тепловая нагрузка L , которую ещё называют «энергетическим отклонением от комфортного состояния»:

$$L = (M - W) - q_{\text{акт.комф}} = P_{\text{тела}} - P,$$

здесь M — скорость обмена веществ в организме человека, Вт/м²; W — эффективная механическая энергия, Вт/м²; $q_{\text{акт.комф}}$ ($q_{\text{акт.Вел}}$) — имеющийся в условиях комфорта тепловой поток от поверхности тела человека наружу, Вт/м²; $P_{\text{тела}}$ — производство тепла телом, Вт/м²; P — потери тепла телом в имеющемся климате в условиях комфорта, Вт/м².

Эта тепловая нагрузка L является введённой Фангером мерой физиологического стресса, действующего на регулирующие системы организма человека.

Так называемая

«прогнозируемая средняя оценка» (Predicted Mean Vote, PMV)

является функцией этого стресса.

Следует отметить, что при более высокой активности человек менее восприимчив к отклонениям.

П. О. Фангер установил посредством регрессионного анализа данных, полученных от более чем 1300 человек, следующее соотношение:

$$PMV = \left[0,303e^{-0,036 \left(\frac{M}{[Вт/м^2]} \right)} + 0,028 \right] \times \frac{(M - W) - q_{\text{акт.комф}}}{[Вт/м^2]}.$$

Оценка «± 1» даётся в случае отклонения производства тепла телом на величину от ±25 до ±27% от оптимального состояния комфорта. Тогда соответствующая оперативная температура отклоняется уже на ±3,6 К от оптимума (табл. 1.2).

•• Активность и соответствующая теплопродукция

табл. 2.1

Вид активности тела (двигательная активность, поза)	Теплопродукция, Вт/м ²	Метаболизм (скорость обмена веществ), мет	Теплопродукция среднего человека, Вт
Сон	40	0,7	70
Состояние покоя	46	0,8	81
Сидя, расслабленно	58	1,0	102
Сидячая работа (дома, в офисе, школе, лаборатории)	70	1,2	123
Лёгкая двигательная активность, работа стоя (покупка товаров, в лаборатории, лёгкая работа на производстве)	93	1,6	163
Средняя двигательная активность, работа стоя (продавец, работа по дому, обслуживание станков)	116	2,0	203
Ходьба по горизонтальной поверхности (2 км/ч)	110	1,9	193
Ходьба по горизонтальной поверхности (3 км/ч)	140	2,4	245
Ходьба по горизонтальной поверхности (4 км/ч)	165	2,8	289
Ходьба по горизонтальной поверхности (5 км/ч)	200	3,4	350

2. Тепловой баланс человека

2.1. Активность и теплопродукция

В зависимости от вида деятельности человека изменяется и его теплопродукция. Для описания теплопродукции, приведённой к единице площади поверхности тела человека, используется так называемая «поверхность Дюбуа» (DuBois), которая определяется по формуле:

$$A_{\text{DuBois}} = 0,20247 \times [м^2] \times \left(\frac{h}{[м]} \right)^{0,725} \left(\frac{m}{[кг]} \right)^{0,425},$$

где h — рост человека, м; m — масса его тела, кг.

В качестве среднего роста человека принимается 1,69 м, которому сопоставляется поверхность Дюбуа — 1,75 м².

Значение 58 Вт/м² (относящееся к сидящему в расслабленном состоянии человеку) используется как «единица метаболизма» (скорость обмена веществ) и называется «мет» (**met**), табл. 2.1.

В табл. 2.1 представлена также средняя теплопродукция среднестатистического человека — *ощущаемое* и *латентное* (скрытое) тепло, а также механическая

работа. Для определения внутренних источников тепла нужно вычесть механическую работу (в большинстве случаев это ноль) и латентную теплоотдачу.

2.2. Одежда

Одежда оказывает сопротивление потоку тепла, исходящему от тёплой поверхности тела. Её эффективность можно выразить величиной R_{cl} [м²·К/Вт]. Однако гораздо удобнее применять «коэффициент термоизоляции одежды» (cloth) I_{cl} , измеряемый в «кло» (**clo**), табл. 2.2:

1 кло = 0,155 м²·К/Вт, так что:

$$R_{\text{cl}} = 0,155 \frac{[м^2 \cdot К/Вт]}{[кло]} I_{\text{cl}}.$$

Отдельные значения R_{cl} различных элементов одежды следует складывать. Это, конечно же, является приближением, которое справедливо лишь тогда, когда элементы одежды покрывают тело полностью. Для представления о значениях кло разных элементов одежды и разных способах их носки в табл. 2.2 и на рис. 1 приведено несколько примеров.

•• Взаимосвязи между PMV и другими факторами*

табл. 1.2

PMV	PPD**	Оценка	Средняя реакция	Метаболизм (скорость обмена веществ), %	Изменение оперативной температуры (при 1 кло, 1 мет), °С	Изменение одежды (при 23 °С, 1 мет)	Коэффициент одежды (при 23 °С, 1 мет)
> +2,0	> 77 %	Тепло > жарко	Жалобы	52	+7,2		
+1,0	26 %	Немного тепло	Немного тепло	26	+3,6	+1,08	2,0
+0,5	10 %		Приемлемо	13	+1,8	+0,41	√2
+0,35	7,5 %		Комфортно	9	+1,27	+0,27	5/4
+0,2	6 %		Класс А по ASHRAE [6]	5	+0,72		
0,0	5 %	Нейтрально	Нейтрально	Баланс	23,25 ± 0	(1) ± 0	1,0
-0,2	6 %		Класс А по ASHRAE [6]	5	-0,72		
-0,35	7,5 %		Комфортно	9	-1,27	-0,21	4/5
-0,5	10 %		Приемлемо	13	-1,8	-0,38	1/√2
-1,0	26 %	Немного прохладно	Немного прохладно	26	-3,6	-0,48	1/2
< -2,0	> 77 %	Прохладно < холодно	Жалобы	52	-7,2		

* Факторы: отклонение скорости обмена веществ (метаболизма), температурное отклонение и смена одежды для иллюстрации масштаба отклонений. ** Значение второй колонки — PPD — будет объяснено далее по тексту (отдельные расчёты на базе DIN EN ISO 7730 [2]).

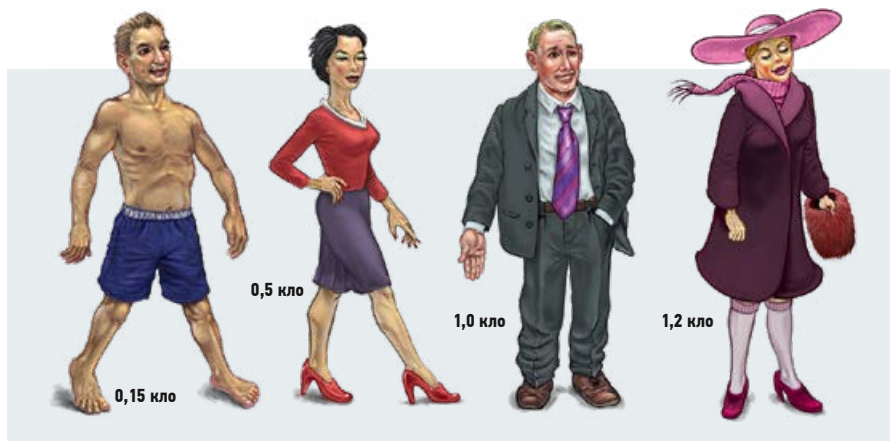


Рис. 1. Примеры значений кло (clo) [5], 1 кло = 0,155 м²·К/Вт

2.3. Теплоотдача человека

Человек отдаёт произведённое в результате теплопродукции тепло окружающей среде через поверхность тела и посредством дыхания. При этом различают *ощущаемую* (из-за разницы температур) и *латентную* (посредством испарения воды) теплоотдачу.

Примем следующие обозначения:

1. Средняя абсолютная температура поверхности одежды:

$$T_{cl} = 273,15 [K] + \vartheta_{cl}.$$

2. Средняя абсолютная температура окружающих поверхностей, излучающих тепло (температура излучения):

$$T_{rnt} = 273,15 [K] + \vartheta_{rnt}.$$

Человек отдаёт произведённое в результате теплопродукции тепло окружающей среде через поверхность тела и посредством дыхания. При этом различают *ощущаемую* (возникающую из-за разницы температур) и *латентную* (происходящую посредством испарения воды) теплоотдачу

3. Средняя абсолютная температура окружающего воздуха:

$$T_a = 273,15 [K] + \vartheta_a.$$

где f_{cl} — коэффициент площади поверхности одежды, отражающий отношение эффективной поверхности одежды к поверхности тела (то есть «поверхность Дюбуа»); M — скорость метаболизма, Вт/м²; W — эффективная механическая работа, Вт/м²; p_a — парциальное давление водяного пара в окружающем воздухе, Па.

Примеры значений кло (дополненная частичная выборка из DIN EN ISO 7730 [2])

табл. 2.2

Одежда	R_{cl} , кло	R_{cl} , м ² ·К/Вт	Одежда	R_{cl} , кло	R_{cl} , м ² ·К/Вт		
Нижнее бельё	Узкие трусики	0,020	0,003	Пиджаки	Пиджак	0,350	0,054
	Кружевные трусики	0,030	0,005		Смокинг	0,300	0,047
	Короткие трусы	0,040	0,006	Верхняя одежда	Пальто	0,600	0,093
	Панталоны, половина длины	0,060	0,009		Длинная куртка	0,550	0,085
	Длинные кальсоны	0,100	0,016		Парка	0,700	0,109
	Бюстгальтер	0,010	0,002		Комбинезон кожеволоконный	0,550	0,081
	Майка, без рукавов	0,060	0,009	Носки	Носки	0,020	0,003
	Футболка	0,090	0,014		Толстые носки (шерсть) по щиколотку	0,050	0,008
	Сорочка с длинными рукавами	0,120	0,019		Толстые носки (шерсть) длинные	0,100	0,016
	Нижняя юбка, нейлон	0,140	0,022	Нейлоновые чулки	0,030	0,005	
Рубашки, блузки	Рубашка с короткими рукавами	0,090	0,029	Обувь, перчатки	Тапки	0,030	0,005
	Лёгкая блузка с длинными рукавами	0,150	0,023		Обувь на тонкой подошве	0,020	0,003
	Лёгкая рубашка с длинными рукавами	0,200	0,031		Обувь на толстой подошве	0,040	0,006
	Рубашка (хлопок) с длин. рукавами	0,250	0,039		Сапоги	0,100	0,016
	Рубашка (фланель) с длин. рукавами	0,300	0,047		Перчатки	0,050	0,008
	Водолазка с длинными рукавами	0,340	0,053	Женская одежда	Лёгкая юбка, 15 см выше колена	0,100	0,016
Штаны, рабочая одежда	Штаны, шорты	0,060	0,009		Лёгкая юбка, 15 см ниже колена	0,180	0,028
	Спортивные штаны для бега	0,110	0,017		Тяжёлая юбка до колена	0,250	0,039
	Легкие брюки	0,200	0,031		Лёгкое платье без рукавов	0,250	0,039
	Нормальные брюки	0,250	0,039	Зимнее платье с длин. рукавами	0,400	0,062	
	Фланелевые брюки	0,280	0,043	Одежда для сна	Ночная сорочка (длин.) с длин. рукавами	0,300	0,047
	Комбинезон	0,280	0,043		Тонкая короткая рубашка	0,150	0,023
	Рабочий комбинезон	0,500	0,078		Больничная ночная рубашка	0,310	0,048
	Комбинезон (многокомп.) с наполнением	1,130	0,175		Пижама с длин. рукавами	0,500	0,078
	Свитеры	Жилет-безрукавка	0,120		0,019	Пижама с закрытыми ступнями	0,720
	Тонкий свитер	0,200	0,031	Мужские трусы	0,100	0,016	
Водолазка с длин. рукавами	0,260	0,040	Ночная рубашка (длин.) с длин. рукавами	0,530	0,082		
Свитер	0,280	0,043	Ночная рубашка (корот.) с длин. рукавами	0,410	0,064		
Толстый свитер	0,350	0,054	Мебель	Деревянный или металлический стул	0,000	0,000	
Водолазка (толстая) с длин. рукавами	0,370	0,057		Стул с матерчатой обивкой	0,100	0,016	
Пиджаки	Жилет	0,130		0,020	Кресло	0,200	0,032
Лёгкий летний пиджак	0,250	0,039					

Теплоотдача посредством излучения

Инфракрасное излучение (рис. 2а) описывается уравнением Стефана — Больцмана:

$$q_{\text{rad}} = 3,96 \times 10^{-8} f_{\text{cl}} (T_{\text{cl}}^4 - T_{\text{rnt}}^4) \times [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)].$$

При этом уже учтено произведение видимого коэффициента площади поверхности одежды (от окружения) и излучающая способность одежды, равная 0,7.

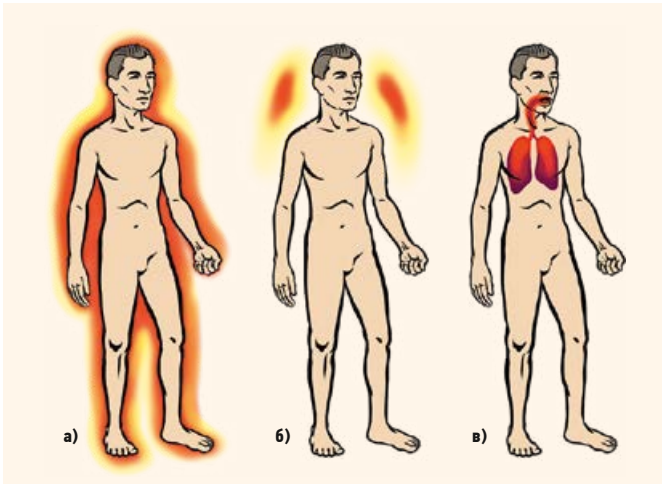


Школа Монтеessori в городе Ауферкингене (Бавария, Германия) сертифицирована по стандарту [Passive House](#)

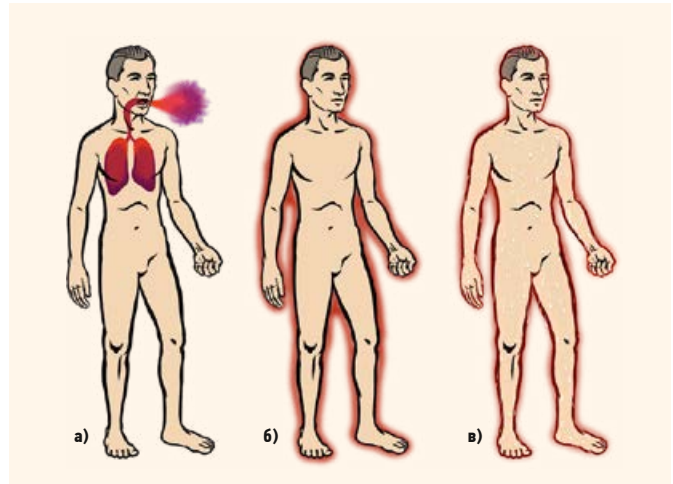
Теплоотдача посредством латентного (скрытого) тепла выдыхаемого воздуха

Выдыхаемый человеком воздух (рис. 3а) содержит воду в виде пара, величину энтальпии которого можно определить следующим образом:

$$q_{\text{IA}} = 1,7 \times 10^{-5} M \left(5867 - \frac{p_a}{[\text{Па}]} \right).$$



•• Рис. 2. Теплоотдача тела человека (а — посредством излучения, б — посредством конвекции, в — через выдыхаемый тёплый воздух), рисунок аналогичен графику из [4]



•• Рис. 3. Теплоотдача тела человека (а — посредством выдыхаемого водяного пара, б — диффузией пара через кожу, в — посредством потоотделения), рисунок аналогичен графику из [4]

Теплоотдача посредством конвекции

Теплоотдачу, осуществляемую посредством конвекции (рис. 2б), можно рассчитать следующим образом:

$$q_{\text{conv}} = f_{\text{cl}} h_c (\vartheta_{\text{cl}} - \vartheta_a),$$

где h_c — коэффициент теплоотдачи конвекцией на поверхности одежды, который может определяться вынужденной (например, посредством ветра) или естественной конвекцией (рис. 2б).

Теплоотдача посредством ощущаемого (явного) тепла выдыхаемого воздуха

Выдыхаемый человеком воздух (рис. 2в) содержит ощущаемое (явное) тепло, количество которого может быть определено следующим образом:

$$q_{\text{atm}} = 0,0014 M \left(34 - \frac{\vartheta_a}{[\text{°C}]} \right).$$

Теплоотдача посредством диффузии пара через кожу

Через кожный покров происходит диффузия водяного пара (рис. 3б). Пар, выходящий через кожу посредством диффузии, соответствует потере тепла, равной:

$$q_{\text{diff}} = 3,05 \times 10^{-3} (M - W) \times \left[5733 - 6,99 (M - W) - \frac{p_a}{[\text{Па}]} \right].$$

Теплоотдача посредством потоотделения

Через потовые железы на поверхности кожи может выделяться вода в жидком виде и затем испаряться (рис. 3в).

Тепло, затраченное на испарение пота, соответствует потере латентного тепла, равной:

$$q_{\text{sw}} = \max \left\{ 0; 0,42 (M - W - 58,15 [\text{Вт}/\text{м}^2]) \right\}.$$

В случае активности в 1 мет у человека даже при ощущении комфорта всегда происходит определённое потоотделение (42% активности, превышающей обмен веществ в состоянии покоя).

Указанные формулы соответствуют потоку тепла в состоянии, воспринимаемом человеком как температурно комфортное.



•• Пассивный дом Premium [900 м², 8 кВт·ч/(м²·год)] в городе Кауфбойрен (Германия)

Фото: AirOptima, Markus Meyer, airOptima.de

Пример потоков тепла в комфортных условиях

табл. 2.3

Рассматриваемая величина	Значение
Скорость обмена веществ, мет	1,20
Теплопродукция, Вт/м ²	69,78
Механическая нагрузка, Вт/м ²	0,00
Одежда, кло	1,10
Величина изоляции одежды, м ² ·К/Вт	0,171
Температура воздуха, °С	20,94
Температура излучения, °С	20,94
Скорость ветра, м/с	0,05
Относительная влажность, %	50
Давление водяного пара, Па	1101,67
Средняя температура кожи в условиях комфорта, °С	33,75
Поверхность одетая/неодетая f_{cl}	1,160
Температура поверхности одежды, °С	26,02
Потери тепла в результате диффузии через кожу, Вт/м ²	12,638
Потери тепла в результате потоотделения, Вт/м ²	4,885
Латентная потеря тепла при дыхании, Вт/м ²	5,653
Ощутимое тепло при дыхании, Вт/м ²	1,276
Потери тепла при излучении, Вт/м ²	24,301
Потери тепла при конвекции, Вт/м ²	21,027

В зависимости от производства тепла температурное состояние человека оценивается с помощью воспринимаемой температуры поверхности кожи.

2.5. Пример комфортных условий

В случае активности, соответствующей 1,2 мет (сидячая офисная работа) и одежды с 1,1 кло (мужская одежда в помещении в зимнее время), получают указанные в табл. 2.3 отдельные потоки тепла.

3. Как избежать недовольства

Из равенств тепловых потоков и условия комфорта можно найти теплоотдачу тела человека, чувствующего себя комфортно в данных климатических условиях:

$$q_{\text{акт.комф}} = q_{\text{рад}} + q_{\text{конв}} + q_{\text{атм}} + q_{1A} + q_{\text{диф}} + q_{\text{sw}}$$

Таким образом, описаны и известны все величины для уравнения отклонения, упомянутого в разделе 1, то есть

$$L = (M - W) - q_{\text{акт.комф}}$$

между состоянием повышенного метаболизма (обмена веществ) и состоянием, воспринимаемым в данный момент как комфортное. Отсюда можно рассчитать «прогнозируемую среднюю оценку» (Predicted Mean Vote, PMV) по приведённой выше формуле:

$$PMV = \left[0,303 e^{-0,036 \left(\frac{M}{[Вт/м^2]} \right)} + 0,028 \right] \times \frac{(M - W) - q_{\text{акт.комф}}}{[Вт/м^2]}$$

Таким образом, установлена взаимосвязь между субъективной оценкой, объективными измерениями доступных параметров строительной физики и одежды.

Некоторые типичные значения «прогнозируемой средней оценки» PMV при отклонении от оптимальных (комфортных) условий уже были представлены в главе 1. Насколько большим может быть допустимое отклонение от оптимума?

Для ответа на этот вопрос Фангер ввёл такой критерий, как

«прогнозируемый процент недовольных» (Predicted Percentage of Dissatisfied, PPD).

На базе ряда исследований было выведено распределение оценок (от «-3» до «+3») при заданном температурном окружении. Действительно «недовольными» считаются люди, оценка которых ≤ -2 или ≥ 2 («прохладно», «холодно», а также «тепло», «жарко»). Люди с такими ощущениями будут, скорее всего, жаловаться на микроклимат в помещении.

Эффект влияния одежды

Сумма потоков ощущаемого (явного) тепла (обычно кроме выдыхаемого воздуха) должна проникать через одежду; при этом справедливо следующее:

$$(\vartheta_{cl} - \vartheta_s) R_{cl} = q_{\text{рад}} + q_{\text{конв}}$$

где ϑ_s — средняя температура поверхности кожи.

2.4. Условия комфорта

Действительное условие комфорта, то есть условие ощущения температурного (теплого) комфорта, задаётся следующим равенством:

$$\vartheta_s = 35,7^\circ\text{C} - 0,028 [К/Вт] (M - W).$$



Сертифицированный по стандарту [Passive House](#) отель Explorer Hotel Zillertal (85 номеров, площадь 2666 м²) в курортном месте Кальтенбах-им-Циллерталь (земля Тироль, Австрия). В Европе пассивные дома с большим успехом используются в гостиничном бизнесе



Пассивный дом в районе Кроуфордсбёрн в городе Бангоре (графство Даун, Северная Ирландия), сертифицированный немецким [Passivhaus Institut](#)

Статистический анализ выявил взаимосвязь между *PPD* и *PMV*:

$$PPD = 100\% - 95\% e^{-(0,03353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2)}$$

На рис. 4 представлена зависимость прогнозируемого процента недовольных от прогнозируемой средней оценки во всём диапазоне значений. Важные научные выводы состоят в том, что даже при тщательно оптимизированных температурных условиях окружающей среды при опросе группы людей всегда найдётся некоторое количество недовольных. По Фангеру оно находится на уровне около 5%.

Это возникает по следующим причинам: с одной стороны, ощущения разных людей субъективны и в целом не совпадают — микроклимат в помещении (при одинаковой одежде и одинаковой активности) может одному человеку казаться «прохладным», тогда как другие оценят его как «тёплый». При самом наилучшем регулировании температурных параметров одинаковое число оценок будет как ≤ -2 , так и $\geq +2$, а именно — в каждом случае примерно 2,5%. Сюда же попадут и недовольные по другим причинам. В исследованиях Фангера их число очень незначительно, но сегодня оно может оказаться выше при определённых обстоятельствах.

В то время как относительно сложно получить статистически надёжные утверждения об оценке в области «хороших температурных условий окружения», достоверность неудовлетворительных крайних условий становится всё более однозначной: при $PPD = -2$, например, 30%

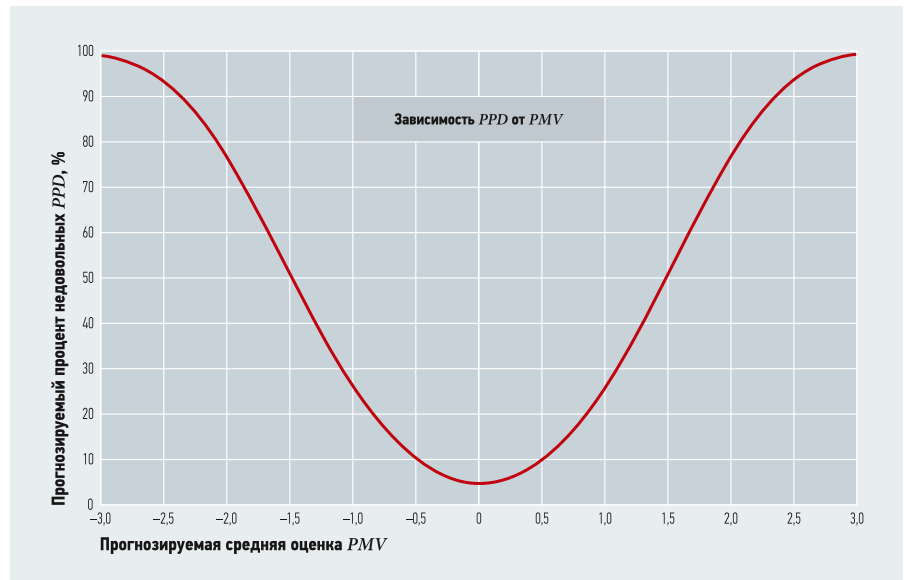


Рис. 4. Зависимость «прогнозируемого процента недовольных» от «прогнозируемой средней оценки» во всём диапазоне значений

Примечание. Следует обратить внимание на следующее. При $PMV = \pm 3$ почти все люди недовольны (99%), причём единодушно — ставят оценки «прохладно» («-3»), либо, соответственно, «тепло» («+2») или «жарко» («+3»). В случае $PMV = 0$ даже при оптимальных условиях всегда остаётся некоторое количество недовольных — около 5%; это количество равномерно распределяется на около 2,5% с оценкой «прохладно» и примерно 2,5% с оценкой «тепло».

человек дают оценку «-3», 45% — «-2» и всего 25% указывают значение в пределах от «-1» до «+1». Иными словами, подавляющее большинство в 75% случаев единодушно в том, что в данном окружении «прохладно» или «холодно», а оценки «тепло» или «жарко» не встречаются. В случае активности 1 мет (человек сидит в расслабленном состоянии) и при одежде 1 кло (стандартная мужская одежда), ско-

рости ветра, которой можно пренебречь, и относительной влажности воздуха 50% средняя оценка «-2» возникает лишь при оперативной температуре 16°C, что соответствует отклонению от оптимального значения примерно на -7,2 К.

Целью проектирования климата в помещении является удержание числа недовольных на как можно более низком уровне. В случае с пассивными зданиями важна область с лучшими оценками $-1 \leq PMV \leq +1$ (рис. 4). Наряду с PMV во второй строке оси x для иллюстрации изображено ещё «допустимое отклонение» оперативной температуры для примера «1 мет — положение сидя в расслабленном состоянии» и «1 кло — обычная европейская мужская одежда в зимнее время в помещении», а скорость воздуха незначительна. За относительную влажность воздуха взято 50%, точное значение почти не оказывает влияния на результат.

На рис. 5 показана зона обеспечения требований комфорта — в соответствии с международной редакцией стандарта DIN EN ISO 7730 [2] значение $PPD = 10\%$ ещё допустимо. Это соответствует диапазону PMV от -0,5 до +0,5. Если выразить это в оперативной температуре (при 1 кло / 1 мет), то допустимый интервал температур находится между 21,4 и 25°C (то есть $\pm 1,8^\circ\text{C}$). Это довольно широкий диапазон, поэтому стандарт говорит следующее: «при необходимости по установленным в данном стандарте принципам можно найти иные границы комфорта».

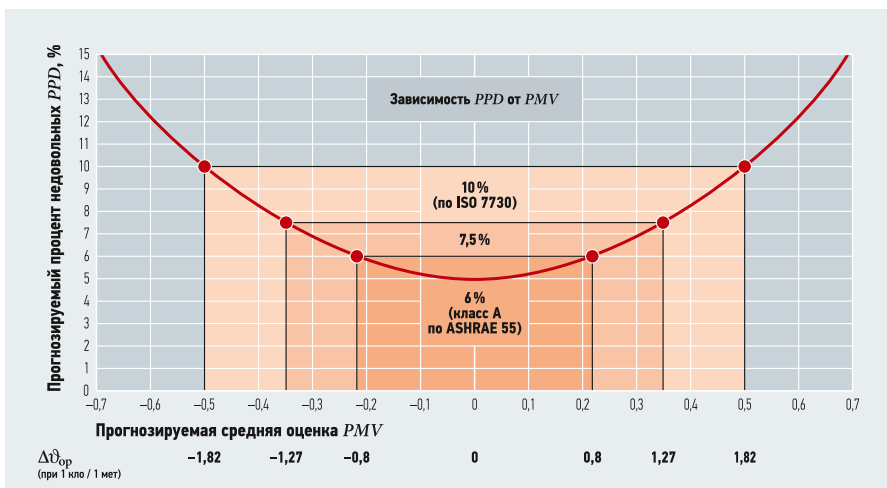
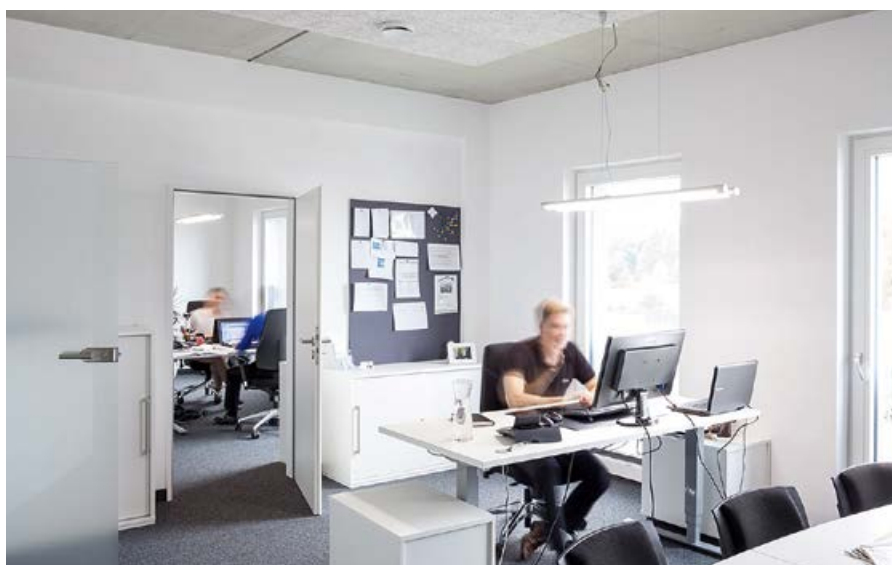


Рис. 5. Фрагмент рис. 4 в области «комфортных» значений

Примечание. Под оценкой в качестве примера также указана шкала отклонений от оптимальной оперативной температуры Δt_{op} (пример, где 1 кло / 1 мет). Европейский стандарт DIN EN ISO 7730 [2] при $PPD \leq 10\%$ делает допустимым широкий диапазон температурных параметров. В отличие от этого, в американском стандарте ASHRAE [6] для достижения класса комфорта А выдвигаются жёсткие требования. Значения в пределах этого класса нельзя уже различить статистическими методами.



Passive houses with their ideal comfort are successfully used and as office buildings

Подобные «иные» требования можно, например, найти у самого Фангера в его работе («в принципе, необходимо стремиться к $PPD \leq 7,5\%$, а также поддерживать равномерность температуры в пространстве помещения $L_{PPD} \leq 6\%$ ») [3] или в актуальном проекте ASHRAE Standard 55 (2003) [6]. В нём для наилучшего класса комфорта А установлено требование $PPD \leq 6\%$ (табл. 3.1).

Требование $PPD < 6\%$ означает при выбранных на рис. 5 условиях интервал комфорта для класса комфорта А (при 1 кло / 1 мет):

$$22,25^{\circ}\text{C} \leq \vartheta_{\text{оп}} \leq 24,05^{\circ}\text{C}$$

или отклонение в диапазоне $\pm 0,8\text{ К}$.

Это самые строгие требования, имеющиеся в настоящее время в этой области — более жёсткие требования вряд ли имеют смысл, поскольку статистическими методами едва можно добиться меньших различий, а дальнейшее снижение числа недовольных с 6% до минимально достижимого около 5% не обещает каких-либо значительных эффектов улучшения.

3.1. Риск сквозняков

Существует область, в которой результаты недавних исследований значительно отличаются от исходных позиций П.О. Фангера: это вопрос допустимости движения воздуха в помещении, конкретнее — риск сквозняков.

Фангер считал, что отдельный критерий допустимой скорости движения воздуха, помимо уравнения комфорта, требуется только в отдельных случаях. Последние исследования показывают, что в вопросе чувствительности к сквознякам у части тестируемых людей имеется особая восприимчивость. Этот факт нашёл отражение в стандарте DIN EN ISO 7730 [2] в показателе Draft Risk (DR).

Формула процента людей, недовольных сквозняком, выглядит так:

$$DR = (34 - \vartheta_a)(v - 0,05)^{0,62} - (0,37vTi + 3,14),$$

где ϑ_a — локальная температура воздуха, °C; v — локальная средняя скорость движения воздуха, м/с; Ti — степень турбулентности (локальная интенсивность турбулентности, указанная в отечественном стандарте — ГОСТ Р ИСО 7730–2009 [7]), %.

В стандарте DIN EN ISO 7730 [2] и в другой литературе можно найти графики, соответствующие 15% (!) недовольных. На рис. 6 представлен риск сквозняков при постоянной температуре 21 °C и степенях турбулентности от 0 до 70% выше локальной скорости воздуха.



Classes of comfort according to ASHRAE 55 [6]

табл. 3.1

Класс комфорта	Величина PPD, %	Диапазон PMV
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5
C	< 15	0,7 < PMV < +0,7

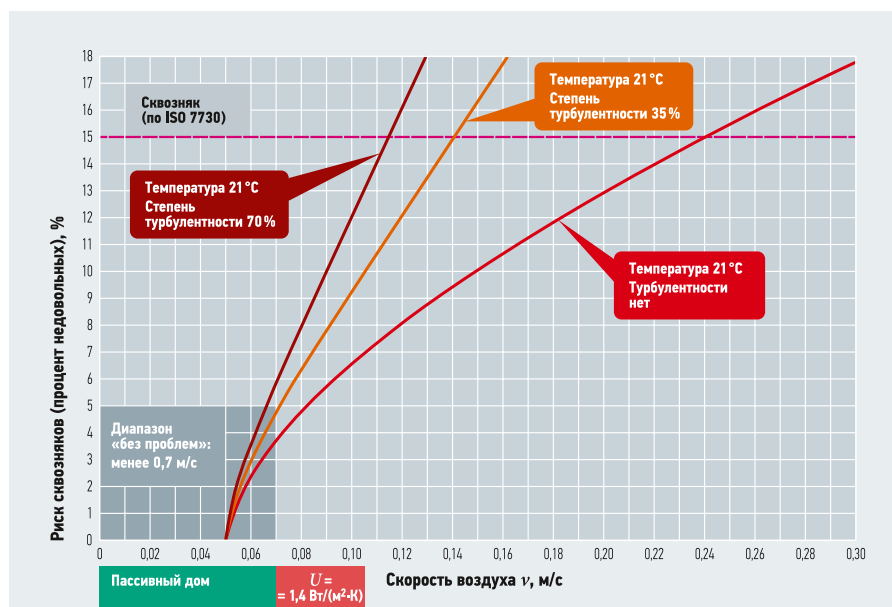


Рис. 6. Риск сквозняков — другой аспект из стандарта DIN EN ISO 7730 [2]

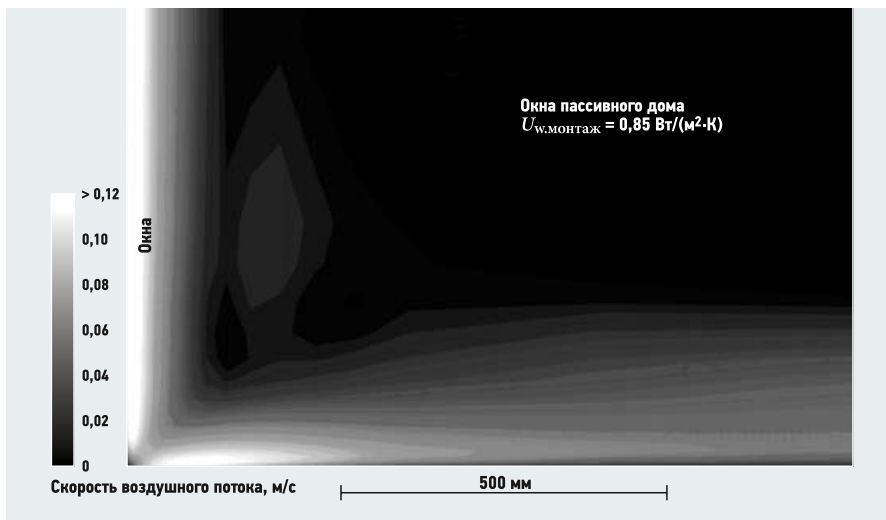
Здесь видно, что риск сквозняков уже при очень низких скоростях более 0,05 м/с (!) резко возрастает и быстро достигает высоких значений. Причём при 0,1 м/с со степенью турбулентности 50% число недовольных превышает уже 10%. Это достаточно много, особенно если представить, какие усилия предпринимаются, чтобы снизить количество недовольных (то есть величину PPD по уравнению Фангера) до уровня ниже 6%.

Очевидно, что весьма непросто обеспечить такую низкую скорость воздуха во всех местах пребывания людей. Даже небольшой разницы температур, которая может возникать от отопительного прибора или холодной поверхности окна, уже достаточно, чтобы создать в этой области движение воздуха со скоростью 0,1 м/с.

Поэтому в европейском стандарте DIN EN ISO 7730 [2] указано высокое значение Draft Risk: $DR \leq 15\%$, и даже американский стандарт ASHRAE [6] устанавливает $DR \leq 10\%$.

В пассивных зданиях практически беспроблемно удаётся поддерживать скорость движения воздуха на уровне менее 0,07 м/с практически в любом месте зоны пребывания людей. Это является ещё одной из причин удовлетворённости находящихся там людей. Чтобы достичь таких низких значений, должны выполняться следующие требования:

- очень хорошая воздухопроницаемость ($n_{50} \leq 0,3 \text{ ч}^{-1}$) ограждающих конструкций здания и отсутствие значительных неплотностей (например, в зоне окон);



•• Рис. 7. Скорость воздуха у основания окна в пол [$U_{w,монтаж} = 0,85 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$] при температуре внутри помещения 22°C и наружной температуре -14°C

Примечание. Следует отметить, что в пассивном доме уже на расстоянии 30 см от окна соблюдается условие $v \leq 0,07 \text{ м/с}$, а значит риск образования сквозняков в любом случае будет меньше 6% и остаётся сравнимым с требуемой по уравнению комфорта величиной PPD.



•• Пассивный дом в квартале Вобан (Vauban) в городе Фрайбург-им-Брайсгау (Friburg im Brisgau), земля Баден-Вюртемберг (Германия)

- высококачественные окна с коэффициентом теплопередачи $U_{w,монтаж} \leq 0,85 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ (рис. 7);

- размещение приточного диффузора с эффектом Коанда близко к потолку (не в области пребывания людей).

Если эти условия выполнены, то в пассивном доме — везде в зоне пребывания людей — скорости воздуха гарантированно будут ниже 0,07 м/с (рис. 7). Тогда риск возникновения сквозняков в любом случае будет ниже 6% и достигается сравнительно высокая степень комфорта — как при равномерности распределения оперативной температуры в помещении.



Первые пассивные дома в Северной Ирландии в городе Данганноне (графство Тирон) получили сертификат Passivhaus Institut ещё в 2014 году. Дом площадью 144 м^2 рассчитан на одну семью и располагается на открытом участке для максимального использования солнечной энергии. Конструкция дома выполнена из пространственного деревянного каркаса с заполнением эффективным утеплителем. В межэтажных перекрытиях использованы металлические балки, чтобы проложить в них воздуховоды и другие коммуникации. Здание выполнено с низкой воздухопроницаемостью наружной оболочки. Снаружи дом оштукатурен «под бетон» штукатуркой на силиконовой основе. Остекление окон — двухкамерное с LowE-покрытиями и заполнением камер аргоном. Приточно-вытяжная система вентиляции с КПД рекуперации 91%.



Фото: GP Developments, gp-developments.com

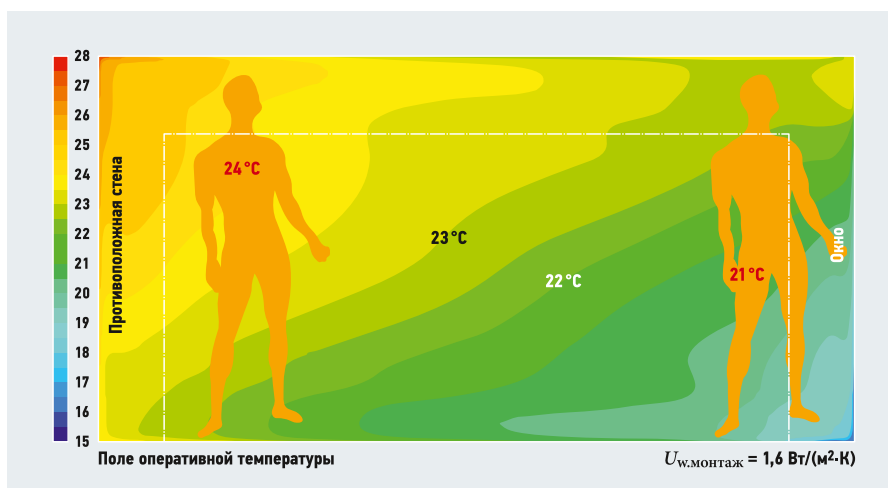


Рис. 8. Поле оперативной температуры в продольном вертикальном сечении посередине жилого помещения, которое не удовлетворяет требованиям пассивного дома

Примечание. Коэффициент теплопередачи окна $U_{w,монтаж} = 1,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Краевые условия: наружная температура воздуха -14°C , поступающей солнечной радиации нет. Условие $PPD < 10\%$ по DIN EN ISO 7730 [2] соблюдено; класс А по ASHRAE 55 [6] не сильно удалён.

4. Тепловой комфорт в пассивном доме

Пассивный дом, как новый и очень перспективный технологический подход, который сначала всегда оценивается скептически основной массой людей, должен удовлетворять самым строгим из имеющихся здесь требованиям, а это диапазон комфорта класса А по ASHRAE [6].

Начнём с обсуждения температурного поля в отдельном помещении. Определяющей для оценки является оперативная температура ϑ_{op} , которая получается из локальной температуры воздуха ϑ_a , и средней температуры излучения (радиационной температуры) ϑ_{rmt} по формуле:

$$\vartheta_{op} = 0,5(\vartheta_a + \vartheta_{rmt}).$$

На рис. 8 изображено поле оперативной температуры в продольном вертикальном сечении посередине жилого помещения (с окнами в пол и с отоплением приточным воздухом), полученное численным расчётом в программе CFD. Эти расчёты были подтверждены в работе [8] в ходе измерений.

Если у имеющегося окна в пол коэффициент теплопередачи $U_{w,монтаж} = 1,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, то в помещении устанавливается распределение оперативной температуры, соответствующее рис. 8: значения изменяются от 21°C в 30 см от окна до 24°C у противоположной внутренней стены. То есть в зоне пребывания людей температура варьируется в пределах $\pm 1,5 \text{ К}$. Однако этим обеспечивается только относительно слабое условие стандарта DIN EN ISO 7730 $PPD < 10\%$, но повышенный комфорт, определяемый классом А по ASHRAE 55 [6], не достигается. Критерии стандарта пассивного дома в этом случае также не соблюдены — коэффициент теплопередачи окна U_w слишком высок.

Если же применяемое окно в пол соответствует требованиям пассивного дома [коэффициент $U_{w,монтаж} = 0,85 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, включая «тепловые мосты», учитывающие условия монтажа], то в помещении устанавливается распределение оперативной температуры, представленное на рис. 9.

Распределение температур при этом следующее — от 21°C непосредственно

Пассивный дом должен удовлетворять самым строгим требованиям по комфорту, то есть диапазону комфорта класса А по ASHRAE 55 [6]

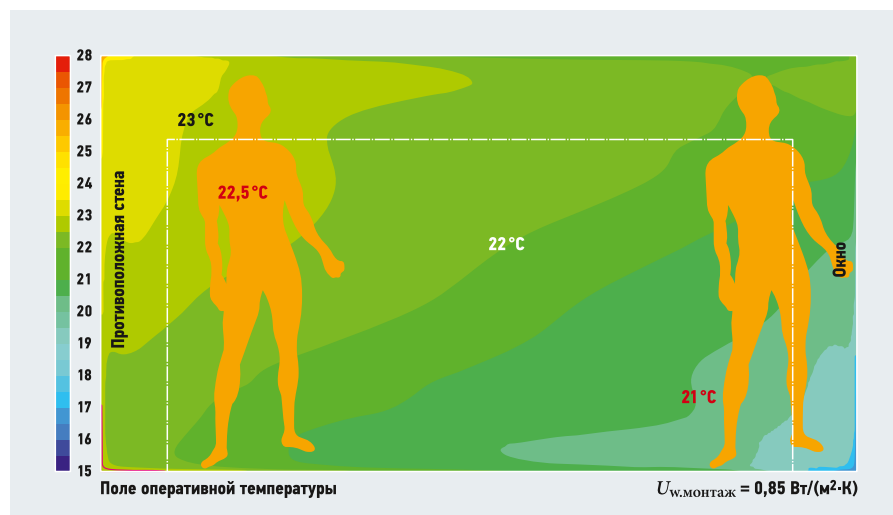


Рис. 9. Поле оперативной температуры в продольном вертикальном сечении посередине жилого помещения, которое удовлетворяет требованиям пассивного дома

Примечание. Коэффициент теплопередачи окна $U_{w,монтаж} = 0,85 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Краевые условия: наружная температура воздуха -14°C , поступающей солнечной радиации нет. Теперь условие $PPD < 6\%$ по классу А по ASHRAE 55 [6] соблюдено.

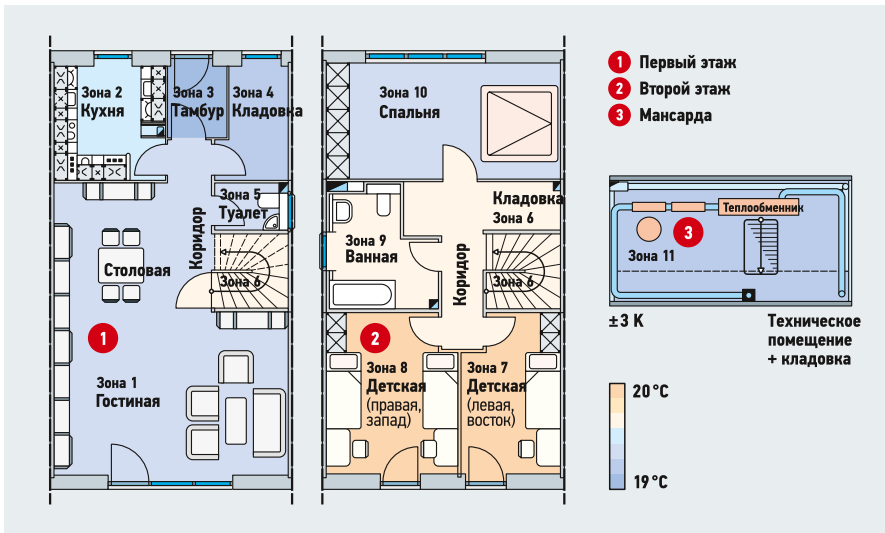


Рис. 10. Поле оперативной температуры в плане пассивного дома с отоплением только приточным воздухом в обычных условиях зимнего периода

Примечание. Температура в различных жилых помещениях отличается в диапазоне $\pm 0,3$ К. Если же сюда включить тамбур и другие вспомогательные помещения, то диапазон останется ещё на уровне $\pm 0,65$ К. Уровень температуры установлен здесь в соответствии с пожеланиями жильцов на $\vartheta_{op} = 20^\circ\text{C}$ (1,25 мет / 1,2 кло, соответственно).

Приложение

1. Расчёт PMV по DIN EN ISO 7730 [2]:

$$PMV = \left[0,303 e^{-0,036M} + 0,028 \right] \times \left\{ \begin{aligned} &(M - W) - \\ &- 3,05 \times 10^{-3} [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42 [(M - W) - 58,15] - \\ &- 1,7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a) - 0,0014 M (34 - \vartheta_a) - \\ &- 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} [(\vartheta_{cl} + 273)^4 - (\vartheta_{rmt} + 273)^4] - f_{cl} h_c (\vartheta_{cl} - \vartheta_a) \end{aligned} \right\}$$

причём:

$$\vartheta_{cl} = 35,7 - 0,028 (M - W) - I_{cl} \left\{ 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} [(\vartheta_{cl} + 273)^4 - (\vartheta_{rmt} + 273)^4] + f_{cl} h_c (\vartheta_{cl} - \vartheta_a) \right\};$$

$$h_c = \max \left\{ 2,38 \sqrt[4]{\vartheta_{cl} - \vartheta_a}; 12,1 \sqrt{v} \right\};$$

$$f_{cl} = 1,0 + 1,29 I_{cl}, \text{ если } I_{cl} \leq 0,078 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}, \text{ или}$$

$$f_{cl} = 1,05 + 0,645 I_{cl}, \text{ если } I_{cl} > 0,078 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

$$PPD = 100\% - 95\% e^{-(0,03353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2)}$$

2. Расшифровка символов, используемых в формулах (названия даны в соответствии с ГОСТ Р ИСО 7730-2009 [7]):

- PMV — Predicted Mean Vote (прогнозируемая средняя оценка);
- PPD — Predicted Percentage Dissatisfied (прогнозируемый процент недовольных);
- M — скорость обмена веществ, Вт/(м² поверхности тела);
- W — эффективная механическая энергия*, Вт/(м² поверхности тела);
- I_{cl} — коэффициент теплоизоляции одежды, м²·К/Вт;
- f_{cl} — коэффициент площади поверхности одежды (отношение «одежды» поверхности к общей поверхности голого тела)**;
- ϑ_a — температура воздуха, °С;
- ϑ_{rmt} — средняя температура излучения, °С;
- v — скорость движения воздуха относительно тела, м/с;
- p_a — парциальное давление водяного пара, Па;
- h_c — коэффициент конвективного теплообмена, Вт/(м²·К);
- ϑ_{cl} — температура поверхности одежды, °С.

На рис.10 показано поле оперативной температуры обычным зимним вечером в таком доме. Температура варьируется в разных жилых помещениях в диапазоне $\pm 0,3$ К, если же сюда включить тамбур и другие вспомогательные помещения, то диапазон останется на уровне $\pm 0,65$ К. Уровень температуры установлен здесь в соответствии с пожеланиями жильцов на $\vartheta_{op} = 20^\circ\text{C}$ (1,25 мет / 1,2 кло). Это соответствует изменению оценки PMV между +0,06 для жилых помещений и $\pm 0,12$, включая вспомогательные зоны.

Таким образом, достигается превосходная равномерность отопления, которая вряд ли может быть лучше даже при наличии индивидуальных систем регулирования по контурам.

Продолжение следует.

1. Feist W. Anforderungen zur thermischen Behaglichkeit in Passivhäuser [Требования к тепловому комфорту в пассивных домах]. Temperatur Differenzierung in der Wohnung. Protokollband Nr. 25 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser [Распределение температуры в жилых помещениях: в сб. статей №25 Рабочей группы по малозатратным пассивным домам]. Passivhaus Institut. Darmstadt, Germany. 2003.
2. DIN EN ISO 7730. Gemäßigtes Umgebungsklima [Умеренный климат окружающей среды]. Beuth Verlag, Berlin, Germany. 1987.
3. Fanger O.P. Thermal Comfort: analysis and applications in environmental engineering [Тепловой комфорт. Анализ и использование в проектировании окружающей среды]. The Doctor of Science thesis. Danmarks Tekniske Hoeskole (DTU). Copenhagen, Denmark. 1970.
4. Scheatzle D.G., Bryan H.J. Visualizing thermal comfort [Визуализация температурного комфорта]. Kansas State University. Arizona Board of Regents. Kansas, Arizona, US. 2002.
5. Thermal Comfort Booklet [Буклет по температурному комфорту]. Innova AirTech Instruments. Ballerup, Denmark. December, 2002.
6. ANSI/ASHRAE Standard 55 (2003): Thermal environmental conditions for human occupancy [Условия теплового комфорта для помещений с пребыванием людей]. Third public review. The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). 2003.
7. ГОСТ Р ИСО 7730-2009. Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчёта показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта / Дата введ.: 01.12.2010.
8. Schnieders J. CEPHEUS — Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung [Проект CEPHEUS — научное сопровождение и оценка]. CEPHEUS Projektinformation No. 22. Passivhaus Institut. Darmstadt, Germany. 2001.
9. Schnieders J. Einflussgrößen auf die Temperaturunterschiede in der Wohnung [Факторы, влияющие на перепад температур в квартире]. Temperatur Differenzierung in der Wohnung. Protokollband Nr. 25 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser. Passivhaus Institut. Darmstadt, Germany. 2003.

Данный материал является адаптированным переводом с немецкого. Возможно, в нём имеется ряд неточностей, а также использованы термины, не применяемые в российской инженерной практике. Авторы готовы ответить на замечания и вопросы заинтересованных лиц по представленному материалу.

* В основном принимается равной нулю.
** Представляет собой «поверхность Дюбуа».

Метод оптимального размещения string-инверторов в массиве фотоэлектрических батарей

На основе опыта проектирования солнечных электростанций со string-инверторами был выявлен способ сокращения затрат за счёт оптимизации длин солнечного DC-кабеля. Выяснилось, что положение инвертора относительно массива способствует кратному сокращению затрат на DC-кабель.

Авторы: О.В. ТЕРНИКОВ, ведущий специалист технологического отдела; Д.А. ТАРЕЛКИН, ведущий специалист технологического отдела, компания ООО «ЭФ-ТЭК» (г. Москва); И.А. ПЕРЕПЕЛИН, магистрант, кафедра возобновляемой энергетики, [Российский государственный университет нефти и газа \(РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, г. Москва\)](#)

В России на протяжении последних десяти лет активно проводилось расширение мощностей в области возобновляемых источников энергии. Наибольший прирост произошёл в сфере фотовольтаики, поскольку производство фотоэлектрических модулей (ФЭМ) требует существенно меньше капитальных затрат и деятельности в инжиниринге, а изготовление множества ФЭМ снижает риски не запустить электростанцию в срок.

Тем не менее, имеются недостатки при производстве ФЭМ. Так, ввиду сложности техпроцесса выращивания кристалла с дальнейшим изготовлением фотоэлементов возникают отклонения параметров ФЭМ от номинальных паспортных. При дальнейшем последовательном соединении ФЭМ в фотоэлектрические батареи (ФЭБ или string, то есть последовательная цепь ФЭМ), а затем при параллельном соединении ФЭБ через Y-коннекторы или коммутационный шкаф постоянного тока (КШПТ), происходит наложение вольт-амперных характеристик (ВАХ). Ситуацию могут усугубить и различные условия работы отдельных ФЭМ, в частности, наличие микроразветнений в определённый период дня и загрязнений.

В случае с применением центральных инверторов наложение ВАХ приводит к более низкой суммирующей кривой мощности, подаваемой на принимающий DC-вход инвертора. С целью придуманы string-инверторы, характеризующиеся наличием множества контроллеров режима работы ФЭБ, — Multi Power Point Trackers (MPPT). Дискретизация соединений ФЭБ со string-инверторами позволила нивелировать «ошибку», вызываемую наложением различных ВАХ ФЭБ ввиду технологических отклонений. Тем не менее, string-инверторы имеют меньшую мощность, чем центральные инверторы, и, следуя логике, должны быть распределены по площадке солнечной электростанции (СЭС) с целью оптимизации кабельных затрат (в плане AC- и DC-кабеля).

Ввиду сложности технического процесса выращивания кристалла с дальнейшим изготовлением фотоэлементов возникают отклонения параметров ФЭМ от номинальных паспортных

В данной работе приводятся теоретические исследования по поиску наиболее оптимального варианта размещения string-инвертора в массиве ФЭМ на площадке СЭС.

Исходные данные

В качестве варианта предлагается к рассмотрению следующая конфигурация расположения ФЭМ и ФЭБ на площадке СЭС. Рассмотрен будет лишь один массив, относящийся к условному string-инвертору с количеством MPPT — 12 единиц и количеством DC-входов (+/-) — 24 штук.

Рис. 1 иллюстрирует рассматриваемое исходное условие оптимизации. Виден выделенный массив ФЭБ (24 шт.), каждый из которых состоит из 26 ФЭМ, соединённых последовательно и размещённых на несущей конструкции в два ряда ($k = 2$). Также на плане отмечено блочно-модульное здание (БМЗ), куда необходимо на шину распределительного устройства подвести AC-кабель string-инвертора.

Расстояние от ближайшего к БМЗ ряда рассматриваемого массива ФЭМ составляет 57 м (пусть будет $L_{yБМЗ}$), а длина одной ФЭБ, размещённой на несущей конструкции, составляет 26,34 м (пусть будет $L_{ФЭБ}$). Междурядное расстояние между рядами ФЭБ составляет 14 м и одинаково между всеми рядами.

В задаче рассматривается нетривиальный случай, то есть массив фотоэлектрических модулей распределён на три ряда, лишь два из которых имеют одинаковую длину. Это позволяет применить выведенный в дальнейшем метод поиска наиболее оптимального положения инвертора практически для любых конфигураций.

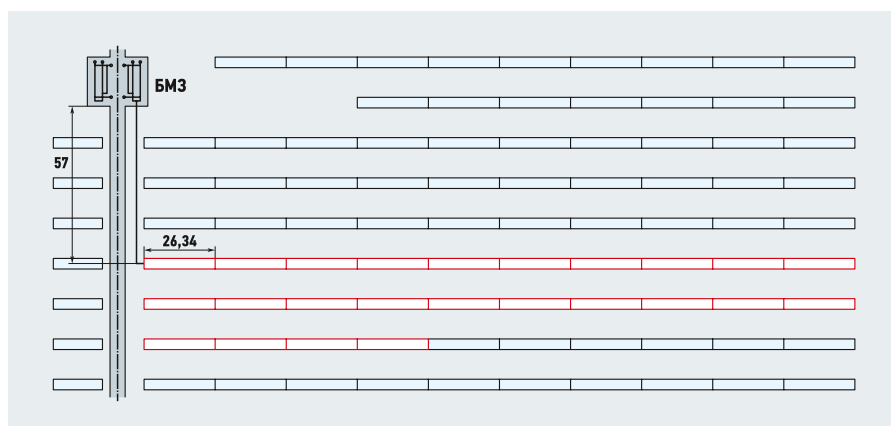


Рис. 1. Иллюстрация исходных условий

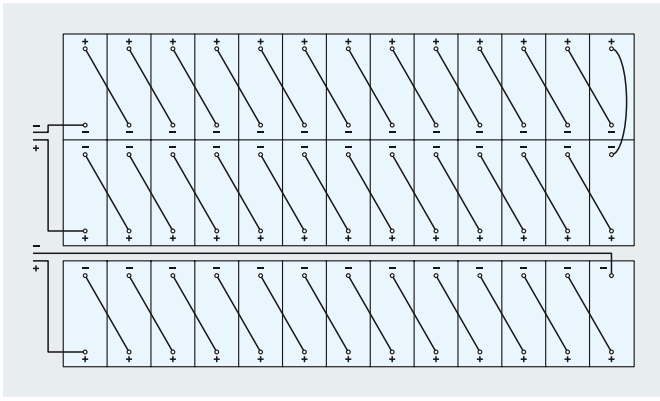


Рис. 2. Схема DC-выводов ФЭБ для чётного/нечётного числа рядов ФЭМ

Метод оптимизации расположения

Выше было упомянуто, что рассматривается инвертор, состоящий из 24 DC-входов (+/-). Следовательно, к каждому DC-входу (+/-) необходимо подсоединить по одной ФЭБ.

Для упрощения интерпретации направлений прокладки кабелей необходимо также ввести ось координат, где ось Ox будет направлена вдоль рядов ФЭБ, а ось Oy , соответственно, будет направлена ортогонально.

1. Длина кабеля DC вдоль оси Ox

При выводе метода оптимизации важно отметить, что в расчёте не следует учитывать длину DC-кабеля, последовательно соединяющего фотоэлектрические модули в фотоэлектрические батареи в случае размещения на несущих конструкциях чётного числа рядов ФЭМ; в случае нечётного количества рядов ФЭМ на несущих конструкциях суммарная длина DC-кабеля, приходящегося на ФЭБ, будет увеличена на $L_{ФЭБ}$ (рис. 2).

Учитывая вышесказанное, суммарная длина DC-кабеля вдоль направления x от всех ФЭБ до string-инвертора будет определяться по уравнению:

$$L_{DCx} = \begin{cases} L_{ФЭБ} \sum_{i=1}^N [n_{ли}(n_{ли}-1) + 2m_{ли}n_{ли} + n_{пи}(n_{пи}-1) + 2m_{пи}n_{пи}], & \text{если } k \text{ кратно } 2, \\ L_{ФЭБ} \sum_{i=1}^N [n_{ли}(n_{ли}-1) + n_{ли}(o_{ли} + 2m_{ли}) + n_{пи}(n_{пи}-1) + n_{пи}(o_{пи} + 2m_{пи})], & \text{если } k \text{ не кратно } 2, \end{cases} \quad (1)$$

где $L_{ФЭБ}$ — длина одной ФЭБ; $n_{ли}$ и $n_{пи}$ — число ФЭБ в i -м ряду в левом и правом направлениях от места размещения string-инвертора, соответственно; $m_{ли}$ и $m_{пи}$ — число пропусков ФЭБ в i -м ряду в левом и правом направлениях от места размещения string-инвертора, соответственно; N — число рядов ФЭБ, подключаемых к string-инвертору; k — число рядов ФЭМ в ФЭБ; $o_{л}$ и $o_{п}$ — операторы наличия ФЭБ с левой и правой стороны, соответственно, в i -м ряду (равны 0 при отсутствии ФЭБ и равны 1,0) при наличии хотя бы одной ФЭБ.

На рис. 3 приведена иллюстрация для обозначений уравнения (1). На рис. 3 ФЭБ пронумерованы с индексом «л» или «п» для положения слева или справа от инвертора, соответственно. Числу в индексе соответствует номер ряда относительно инвертора.

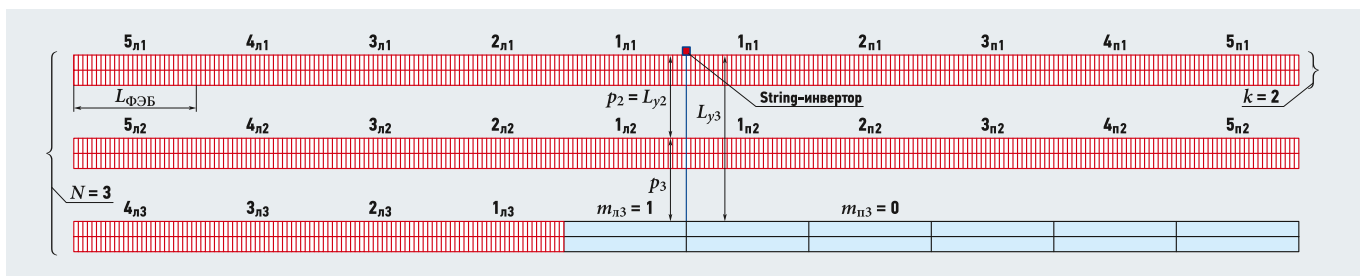


Рис. 3. Пояснительная схема, служащая иллюстрацией к уравнениям (1), (4) и (5)

2. Длина кабеля DC вдоль оси Oy

Поскольку в рассматриваемом массиве фотоэлектрических батарей имеется три ряда, то для подвода DC-кабеля к инвертору необходима подземная междурядная прокладка кабеля. На рис. 3 кабель DC, проложенный между рядами массива, изображён жёлтой линией.

Длина DC-кабеля, проходящего между рядами массива фотоэлектрических батарей вдоль оси Oy , определяется по следующими уравнению:

$$L_{DCy} = \sum_{j=2}^N (2n_j L_{yj}), \quad (2)$$

где L_{yj} — расстояние вдоль оси Oy от i -го ряда ФЭБ до string-инвертора; n_j — число ФЭБ в i -м ряду.

При этом L_{yj} определяется по уравнению:

$$L_{yj} = \sum_{j=2}^i p_j, \quad (3)$$

где p_j — междурядное расстояние между j -м и $(j-1)$ -м рядами ФЭБ или так называемыми pitch.

Таким образом, суммарная длина DC-кабеля вдоль оси Oy будет определяться по уравнению:

$$L_{DCy} = \sum_{i=2}^N \left(2n_i \sum_{j=2}^i p_j \right). \quad (4)$$

3. Суммарная длина DC-кабеля

Исходя из уравнений (1) и (4), суммарная длина DC-кабеля будет определяться по уравнению:

$$L_{DC\Sigma} = \begin{cases} L_{ФЭБ} \sum_{i=1}^N [n_{пи}(n_{пи}-1) + 2m_{пи}n_{пи} + n_{ли}(n_{ли}-1) + 2m_{ли}n_{ли}] + \sum_{i=2}^N \left(2n_i \sum_{j=2}^i p_j \right), & \text{если } k \text{ кратно } 2, \\ L_{ФЭБ} \sum_{i=1}^N [n_{пи}(n_{пи}-1) + n_{пи}(o_{пи} - m_{пи}) + n_{ли}(n_{ли}-1) + n_{ли}(o_{ли} - m_{ли})] + \sum_{i=2}^N \left(2n_i \sum_{j=2}^i p_j \right), & \text{если } k \text{ не кратно } 2. \end{cases} \quad (5)$$

4. Значительная длина AC-кабеля

Под значительной длиной AC-кабеля описывается та величина, которая может быть оптимизирована в рамках описываемой методики. Действительно, если рассмотреть рис. 4 ниже, то оказывается, что под значительной частью AC-кабеля подразумевается лишь часть, находящаяся в пределах расположения рядов фотоэлектрической батареи, — весь кабель, уходящий за пределы массива ФЭБ, неизменен, как в направлении оси Ox , так и в направлении оси Oy .

Значительная часть кабеля AC не имеет никакого уравнения для определения, так как AC-кабель прокладывается тремя жилами в одном проводе.

Решение задачи

Ключевым критерием оптимизации положения string-инвертора являются не длины кабелей переменного и постоянного тока, а конечная стоимость совокупных затрат на их прокладку при соблюдении требований заказчика на падение напряжения и на потери мощностей в кабелях. Соответственно, предварительно необходимо провести электротехнический расчёт с целью определения марки DC- и AC-кабелей. В данной главе рассматривается случай, когда предельно допустимые сечения кабеля посчитаны, а критерии заказчика соблюдены — достаточно провести сайтинг инвертора в массиве фотоэлектрических батарей.

В качестве условий для решения данной задачи были приняты следующие марки кабелей: АПВБШп сечением $3 \times 70 \text{ мм}^2$ для AC-кабеля; PV-1F с медной жилой сечением 4 мм^2 .

Стоимость кабеля марки АПВБШп составляет 391,08 руб/м [1], а марки HoldX $1 \times 4-1,5 \text{ кВ}$ — 80 руб/м (из технико-коммерческого предложения по ценам 2021 года). Также переменным фактором затрат является и стоимость устройства траншей (без восстановления благоустройства). Стоимость устройства траншей с учётом инфляции (в 1,279 раз больше относительно цен 2018 года) составляет 634,384 руб/м [2].

Далее приводится уравнение, выражающее суммарные капитальные затраты на кабели DC и AC:

$$K_{\Sigma} = \begin{cases} L_{\text{ФЭБ}} \sum_{i=1}^N [n_{\text{пи}}(n_{\text{пи}} - 1) + m_{\text{пи}}n_{\text{пи}} + n_{\text{ли}}(n_{\text{ли}} - 1) + m_{\text{ли}}n_{\text{ли}}] + \\ + \sum_{i=2}^N \left(2n_i \sum_{j=2}^i p_j \right) C_{\text{DC}} + L_{\text{AC}} C_{\text{AC}}, \text{ если } k \text{ кратно } 2, \\ L_{\text{ФЭБ}} \sum_{i=1}^N [n_{\text{пи}}(n_{\text{пи}} - 1) + n_{\text{пи}}(o_{\text{пи}} + 2m_{\text{пи}}) + n_{\text{ли}}(n_{\text{ли}} - 1) + \\ + n_{\text{ли}}(o_{\text{ли}} + 2m_{\text{ли}})] + \sum_{i=2}^N \left(2n_i \sum_{j=2}^i p_j \right) C_{\text{DC}} + L_{\text{AC}} C_{\text{AC}}, \\ \text{если } k \text{ не кратно } 2, \end{cases} \quad (6)$$

где C_{DC} и C_{AC} — удельные стоимости 1 м для выбранных марок кабеля постоянного и переменного тока.

Наилучшим способом найти решение будет построение матрицы вариантов размещения инвертора в массиве с последую-

•• Матрица x -составляющей длины и суммарной длины DC-кабеля, м

Положение инвертора относительно крайней левой ФЭБ		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ряд 1		2370,6	1896,48	1527,72	1264,32	1106,28	1053,6	1106,28	1264,32	1527,72	1949,16
Ряд 2		2370,6	1896,48	1527,72	1264,32	1106,28	1053,6	1106,28	1264,32	1527,72	1949,16
Ряд 3		316,08	158,04	105,36	158,04	316,08	526,8	737,52	948,24	1158,96	1369,68
Сумма		5057,28	3951,0	3160,8	2686,68	2528,64	2634,0	2950,08	3476,88	4214,4	5268,0
Ряд 1		2370,6	1896,48	1527,72	1264,32	1106,28	1053,6	1106,28	1264,32	1527,72	1949,16
Ряд 2		2384,6	1910,48	1541,72	1278,32	1120,28	1067,6	1120,28	1278,32	1541,72	1963,16
Ряд 3		344,08	186,04	133,36	186,04	344,08	554,8	765,52	976,24	1186,96	1397,68
Сумма		5099,28	3993,0	3202,8	2728,68	2570,64	2676,0	2992,08	3518,88	4256,4	5310,0

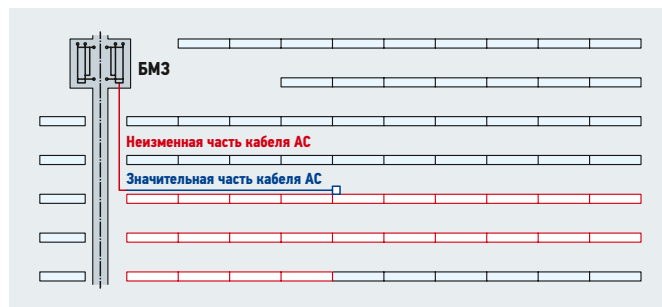
•• Матрица значимых длин AC-кабеля, м

Положение инвертора относительно крайней левой ФЭБ		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		26,34	52,68	79,02	105,36	131,7	158,04	184,38	210,72	237,06	

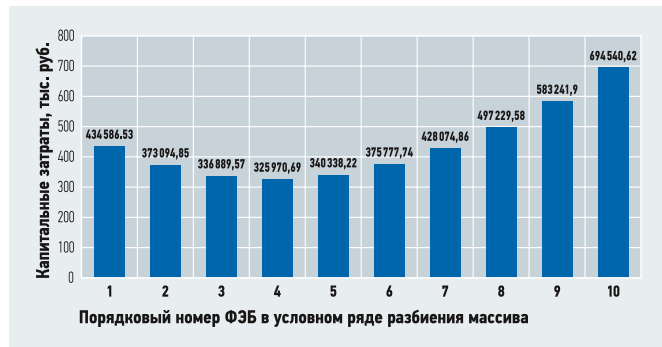
•• Матрица капитальных затрат*, руб.

Положение инвертора относительно крайней левой ФЭБ		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		434586,5	373094,8	336889,6	325970,7	340338,2	375777,7	428074,9	497229,6	583241,9	694540,6

* На приобретение и прокладку всего DC- и AC-кабеля в области значимости (рис. 4), соединяемого со string-инвертором.



•• Рис. 4. Рассматриваемые в рамках методики части AC-кабеля



•• Рис. 5. Затраты на кабель и траншеи при сайтинге инвертора

щим построением графика в MS Excel. В табл. 1 и 2 приведены матрицы длин x -составляющей для DC-кабеля, суммарных длин для DC-кабеля и значимых длин для AC-кабеля, соответственно.

С учётом приведённых выше цен на кабель, а также затрат на устройство траншей составляется матрица капитальных затрат на приобретение и прокладку кабеля. В матрице устройство траншей учитывается лишь для AC-кабеля и y -составляющей DC-кабеля. Матрица представлена в табл. 3 ниже.

Как видно из табл. 3, наиболее дешёвым вариантом расположения string-инвертора является отметка x между правым торцом третьей ФЭБ и левым торцом четвертой ФЭБ (позиция №3 в табл. 3). Совокупная экономия за счёт оптимизации расположения string-инвертора составляет 21,69% или 94 248,31 руб. за один инвертор. На рис. 5 отображены затраты на кабельную продукцию и устройство траншей при различных конфигурациях сайтинга string-инвертора в первом ряду.

Итак, достаточно точно определено наиболее оптимальное положение string-инверторов в массиве ФЭБ. Данная модель в реальности будет иметь несколько иные экономические показатели, если учесть расстояния между ФЭБ (обычно это 2 см) и прочие составляющие, которыми можно пренебречь ввиду их незначительности.

Результаты исследования касаются первого string-инвертора (конфигурация соответствует китайским инверторам мощностью 250 кВт), что при масштабировании на достаточно высокие мощности (например, 10 МВт, где устанавливается до 40 инверторов), позволит достичькратно больших показателей эффективности. Так, при экономии 94 248,31 руб. за один инвертор суммарная экономия на СЭС 10 МВт составит 3 769 932,4 руб., что для проекта, оцениваемого в 1–1,5 млрд руб., обещает 0,25–0,38% экономии. ●

1. АПВБШп 3×70 [Электр. текст]. кабель-м.рф.
2. Шишкин А.Н., Колотиевская М.С., Пуляев А.В. Укрупнённые нормативы цен: научное издание. — М.: ООО «РПЦ Офорт», 2020. 130 с.



Энергетический потенциал отходов растениеводства для теплоснабжения жилого сектора

В работе приведены результаты расчётов энергopotенциалов отходов растениеводства в Республике Крым, показано их территориальное распределение и определены районы с максимальными значениями. Показана возможность прогноза объёмов образования отходов на основе взаимосвязи урожайности зерновых культур и погодных условий. Оценён энергopotенциал замещения существующих источников тепла альтернативными.

Авторы: Т.И. АНДРЕЕНКО, к.б.н., с.н.с., [Научно-исследовательская лаборатория возобновляемых источников энергии \(НИЛ ВИЭ\)](#); С.В. КИСЕЛЁВА, к.ф.-м.н., в.н.с., заведующая НИИЛ ВИЭ; Ю.Ю. РАФИКОВА, к.г.н., с.н.с., НИИЛ ВИЭ; И.Л. ТРОФИМОВА, студент отделения дополнительного образования, географический факультет, [Московский государственный университет \(МГУ им. М.В. Ломоносова\)](#)

Введение

Биоэнергетика является крупным направлением возобновляемой энергетики. Значимой ресурсной базой биоэнергетики в настоящем и ещё более перспективной в будущем являются органические отходы: коммунальные, отходы сельского хозяйства и промышленных производств. Положительный опыт использования сельскохозяйственного сырья для производства тепловой и электрической энергии накоплен как в странах, испытывающих дефицит ископаемого углеводородного топлива (Евросоюз, Китай, Бразилия), так и в странах с большой долей нефти, угля и газа в энергобалансе, например, США.

Одним из основных видов отходов сельскохозяйственного производства, широко используемых в энергетических целях, является солома зерновых культур. Лидером в использовании соломы в этих целях является Дания. Среднегодовой объём образующейся соломы в Дании составляет более 6,3 млн тонн. На топливные нужды идёт 12,5% от общего количества (из них фермерские котлы — 7,2%, тепловые станции — 4,2%, электростанции — 1,1%), на нужды сельского хозяйства (подстилка скоту и корм) направляется 36,5% от общего количества. Остаток соломы (48%) является ресурсным потенциалом для использования в энергетических целях [1]. В Великобритании эксплуатируется более 80 электростанций на биомассе общей мощностью более 4000 МВт [2]. В стране успешно эксплуатируются самые большие в мире ТЭЦ на соломе: Sleaford Renewable Energy Plant (с 2014 года), Brigg REP (с 2016 года) и Snetterton REP (с 2017 года) мощностью 38, 40 и 44 МВт, соответственно. Практически во всех странах Европы производится и используется твёрдое биотопливо из растительных остатков в виде гранул, брикетов и тюков: в фермерских котлах малой мощности (около 100 кВт), в средних котельных в системе централизованного теплоснабжения (0,5–7 МВт) и на крупных теплоэлектростанциях (ТЭС/ТЭЦ).

Из всех видов биотоплива в России формирование рынка идёт в основном в сегменте твёрдого биотоплива (технологическая щепа, топливные пеллеты и брикеты, торфяные брикеты и т.д.). Некоторая активность связана с переработкой отходов и выработкой биогаза и генераторного газа [3]. В то же время отходы сельского хозяйства в Российской Федерации являются значительным ресурсом для производства электрической и тепловой энергии, моторного топлива.

Например, масса образующейся соломы злаковых и крупяных культур в России за год составляет более 100 млн тонн, а используется лишь 10% всего объёма соломы: большая часть в животноводстве, в качестве подстилки скоту и как добавка в корма. Часть соломы запахивают в почву для повышения плодородия, но также нередко остатки соломы сжигают, нанося вред окружающей среде и инициируя лесные пожары [4, 5].

В этой связи актуальным является рассмотрение энергетического потенциала сельскохозяйственных отходов Республики Крым как рекреационного региона с достаточно сложной логистикой и развитым сельским хозяйством, которое является одной из важнейших отраслей экономики региона. По данным управления Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и городу Севастополю на сельское хозяйство в 2020 году приходилось 5,9% валовой добавленной стоимости региона. Доля растениеводства в производстве продукции составляет 65%. В структуре растениеводства Республики Крым основную роль играют сельскохозяйственные организации, на долю которых в 2021 году приходилось 57,2% от общего объёма произведённой продукции, что может обеспечить сбор отходов производства и дальнейшее использование их, в том числе при получении энергии для местных нужд. Анализ объёмов и динамики урожая позволяет выделить те сельскохозяйственные культуры, которые преобладают в Крыму и дают основную массу отходов.

По данным Росстата, 75 % посевной площади в Крыму (всего 762,471 тыс. га) используется под зерновые и зернобобовые культуры. Под технические культуры используется 20,1 % всей площади. Остальная часть — картофель и овощебахчевые культуры (1,5%), кормовые культуры (3,4%). Основными по валовому сбору также являются зерновые культуры, которые обеспечили в 2021 году 1354,6 тыс. тонн зерна (в весе после доработки) [6, 7].

Целью данной работы являлась оценка энергопотенциалов отходов растениеводства Крыма (как пропашных, так и многолетних культур) и возможности теплоснабжения населения путём использования биомассы растительных остатков.

Методика

На основе методики [8], представленной коллективом авторов, был проведён расчёт валового и технического энергетического потенциалов отходов растениеводства (солома зерновых и рапса, лузги и стеблей подсолнечника, стеблей кукурузы и сои) по муниципальным районам и городским округам Республики Крым. При проведении расчётов отходов полевых культур были использованы статистические данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат и Крымстат) за период 2014–2021 годов [9]. Расчёты объёмов отходов и их энергетического потенциала проводились отдельно по каждому виду сельскохозяйственных культур в связи с тем, что различные виды отходов отличаются нормами образования и удельным энергосодержанием.

Коэффициенты, определяющие соотношение полезной части растения и отходов

Следует учесть, что, помимо энергетических, существуют другие направления использования отходов растениеводства

для каждой культуры, а также удельное энергосодержание отходов установлены по литературным данным. При расчёте энергетического потенциала использовались показатели валового сбора сельскохозяйственных культур, образующихся в хозяйствах всех категорий за вычетом данных хозяйств населения в силу невозможности централизованного сбора сельскохозяйственных отходов хозяйств такого типа. Учитывалось также, что помимо энергетических, существуют другие направления использования отходов растениеводства. Так, солома используется в животноводстве (подстилка для скота), запахивается в почву для повышения плодородия пашни и т.п. Предполагалось, что только 50 % валового энергетического потенциала соломы может быть использовано для получения потребительских видов энергии. При расчётах энергетического потенциала отходов растениеводства рассматривались два направления их использования: получение электрической и тепловой энергии. Принималось, что отходы утилизируются в мини-ТЭС с прямым сжиганием, для которой коэффициент преобразования энергии $KП_T = 0,8$, $KП_{э/э} = 0,35$; доля энергии на собственные нужды установки равна $СН_T = 0,14$ и $СН_{э/э} = 0,03$ при получении тепловой и электроэнергии, соответственно.

В качестве сырья для производства энергии рассмотрены также древесные

отходы ежегодной обрезки плодовых деревьев и лозы винограда, энергосодержание которых было рассчитано по данным 2021 года, поскольку площади многолетних насаждений остаются достаточно стабильными на протяжении нескольких лет.

Для отображения территориального распределения энергетических потенциалов отходов растениеводства по Крыму были применены методы геоинформационного картографирования ресурсов возобновляемой энергетики. В качестве топографической основы использовались векторные данные OpenStreetMap (OSM) по Республике Крым и Севастополю, предоставленные компанией NextGIS в формате ShapeQGIS [10]. Картографирование ресурсов биоэнергетики было выполнено в программной среде QGIS версия 3.16.13 Hannover. Основой для создания базы геоданных послужил векторный слой муниципальных районов и городских округов Республики Крым.

Результаты

За период 2014–2021 годов были рассчитаны валовый и технический энергетические потенциалы отходов растениеводства Крыма для муниципальных районов и городских округов согласно методике, описанной выше. Энергетический потенциал рассчитывался по основным видам сельскохозяйственных культур: зерновые (пшеница (озимая и яровая), рожь (озимая и яровая), тритикале (озимая и яровая), ячмень (озимый и яровой), просо (озимая и яровая), овёс, рис, гречиха, кукуруза) и масличные (подсолнечник, рапс (озимый и яровой), соя). Полученные результаты приведены в табл. 1.

•• Усреднённые значения энергопотенциалов отходов полевых культур за 2014–2021 годы

табл. 1

Муниципальные образования Республики Крым	Солома зерновых*			Стебли кукурузы*			Лузга и стебли подсолнечника*			Стебли сои*			Солома рапса (озимого и ярового)*		
	Q _{вал}	Q _{э/э}	Q _{теп}	Q _{вал}	Q _{э/э}	Q _{теп}	Q _{вал}	Q _{э/э}	Q _{теп}	Q _{вал}	Q _{э/э}	Q _{теп}	Q _{вал}	Q _{э/э}	Q _{теп}
Бахчисарайский	3,2	4,5	7,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Белогорский	11,5	16,0	27,8	0,1	0,3	0,5	4,4	12,1	21,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	1,1
Джанкойский	46,4	64,1	111,7	0,2	0,6	1,1	23,0	63,5	110,6	0,0	0,0	0,0	0,5	1,3	2,3
Кировский	14,8	20,4	35,5	0,2	0,7	1,2	8,9	24,6	42,9	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8	1,3
Красногвардейский	58,5	80,9	140,9	1,3	3,6	6,3	28,6	79,1	137,8	0,4	1,1	1,9	0,9	2,6	4,5
Краснопереконский	32,5	45,0	78,4	0,5	1,5	2,6	22,8	63,1	110,0	0,0	0,0	0,0	1,4	3,8	6,6
Ленинский	45,1	62,3	108,6	0,0	0,1	0,1	10,8	29,8	52,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6
Нижегорский	28,6	39,5	68,8	0,0	0,1	0,2	10,6	29,2	50,9	0,0	0,1	0,2	0,8	2,2	3,8
Первомайский	38,4	53,0	92,4	0,8	2,1	3,7	7,1	19,7	34,4	0,0	0,0	0,0	0,9	2,5	4,3
Раздольненский	36,6	50,5	88,1	0,1	0,3	0,6	13,5	37,2	64,9	0,0	0,0	0,0	1,9	5,2	9,0
Сакский	41,4	57,2	99,6	0,3	0,7	1,3	7,7	21,2	37,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,2	2,1
Симферопольский	33,1	45,8	79,7	0,2	0,5	0,8	7,4	20,5	35,7	0,0	0,0	0,1	0,9	2,4	4,2
Советский	21,7	30,0	52,3	0,2	0,7	1,2	9,9	27,3	47,6	0,0	0,0	0,0	0,8	2,2	3,9
Черноморский	25,9	35,8	62,4	0,1	0,3	0,5	10,4	28,8	50,2	0,0	0,0	0,0	0,5	1,3	2,2
Всего	437,8	605,0	1054,2	4,1	11,4	19,9	165,1	456,4	795,2	0,5	1,3	2,3	9,6	26,5	46,2

* Размерности: Q_{вал} — тыс. тонн у.т./год; Q_{тех.э/э} — млн кВт·ч/год; Q_{теп} — тыс. Гкал/год.



Суммарный валовый энергетический потенциал отходов полевых культур рассматриваемой территории по муниципальным районам и округам Крыма составил 618,5 тыс. тонн у.т/год

В городских округах выращивается минимальное количество полевых культур, поэтому результаты по ним в табл. 1 не представлены, но в общей оценке энергетического потенциала отходов производства сельскохозяйственных культур они были учтены. Проведённые исследования показали, что наибольшим энергетическим потенциалом из отходов полевых культур в Крыму обладает солома зерновых культур. Суммарный усреднённый валовый энергетический потенциал соломы для всех муниципальных образований Крыма составляет 437,8 тыс. тонн у.т/год.

Районы Республики Крым с наибольшим энергосодержанием: Красногвардейский — 58,5 тыс. тонн у.т/год, Джанкойский — 46,4 тыс. тонн у.т/год, Ленинский — 45,1 тыс. тонн у.т/год. Также значительным энергосодержанием обладают отходы производства подсолнечника (лузга и стебли) — 165,1 тыс. тонн у.т/год (для Крыма в целом). Рапс (в основном озимый) вносит незначительный вклад в энергетический потенциал отходов полевых культур Крыма: 9,6 тыс. тонн у.т/год. Кукуруза и соя также не оказывают значительного влияния на формирование общего валового энергетического потенциала отходов производства сельскохозяйственных культур в Крыму.

В результате доля зерновых в энергетическом потенциале отходов полевых культур Республики Крым составляет 71,0%, подсолнечника 26,7%, на рапс, кукурузу и сою приходится менее 2% на каждую культуру. Суммарный валовый энергетический потенциал отходов полевых культур рассматриваемой территории по муниципальным районам и округам Крыма составил 618,5 тыс. тонн у.т/год, а суммарный технический потенциал тепловой энергии — 1921,5 тыс. Гкал/год.

В Республике Крым развито производство плодовой продукции и винограда. Ежегодная обрезка растений в садах и виноградниках является значительным источником древесных отходов, которые обладают высоким энергосодержанием, низкой влажностью и высокотехнологичны с точки зрения получения твёрдого топлива (пеллет). Проведённые оценки на основе статистических данных показыва-

ют, что энергетический потенциал отходов многолетних насаждений по Республике Крым (включая Севастополь) составил 69,8 тыс. тонн у.т/год с наибольшими значениями в Бахчисарайском районе (5,5 тыс. тонн у.т/год), табл. 2.

В целом производство зерновых культур, подсолнечника, кукурузы, сои, рапса, плодовых культур, виноградных насаждений обеспечивает ежегодное образование отходов с валовым потенциалом 688,3 тыс. тонн у.т/год. Суммарный технический потенциал тепловой энергии отходов полевых и плодовых культур, виноградных насаждений — 2257,3 тыс. Гкал/год. Учитывая актуальность использования местных ресурсов для получения тепловой энергии, можно оценить потенциал замещения традиционного топлива отходами сельскохозяйственного производства, в частности, в производстве тепловой энергии для жилищного сектора Крыма.

•• Значения энергетических потенциалов отходов многолетних насаждений за 2021 год табл. 2

Муниципальные образования Республики Крым	Древесные обрезки плодовых культур*			Древесные обрезки виноградных насаждений*		
	Q _{вал}	Q _{э/э}	Q _{теп}	Q _{вал}	Q _{э/э}	Q _{теп}
Бахчисарайский район	5,5	26,4	15,2	8,7	41,7	23,9
Белогорский район	1,5	7,4	4,3	0,1	0,5	0,3
Джанкойский район	2,4	11,4	6,5	0,1	0,3	0,2
Кировский район	3,1	14,8	8,5	2,5	11,8	6,8
Красногвардейский район	3,9	18,9	10,9	1,1	5,1	2,9
Краснопереконский район	0,2	0,8	0,4	0	0	0
Ленинский район	0,3	1,3	0,8	0,2	0,7	0,4
Нижнегорский район	2,4	11,7	6,7	0,3	1,3	0,8
Первомайский район	0,5	2,4	1,4	0	0,2	0,1
Раздольненский район	0,2	1,0	0,6	0	0	0
Сакский район	2,1	10,3	5,9	2,1	10,3	5,9
Симферопольский район	3,0	14,3	8,2	6,8	33,0	18,9
Советский район	0,3	1,5	0,9	0	0,1	0
Черноморский район	1,2	6,0	3,4	0,5	2,5	1,4
Симферополь	0,1	0,7	0,4	0	0	0
Алушта	0,1	0,6	0,3	2,7	12,9	7,4
Армянск	0,1	0,3	0,1	0	0	0
Евпатория	0,1	0,3	0,2	0	0	0
Керчь	0,2	0,9	0,5	0	0	0
Судак	0,2	1,1	0,6	3,3	15,7	9
Феодосия	0,2	0,8	0,5	3,4	16,5	9,5
Ялта	0,1	0,4	0,2	0,9	4,1	2,4
Всего	27,7	133,3	76,5	32,6	156,8	90
Севастополь	1,8	8,6	5,0	7,7	37,1	21,3

* Размерности: Q_{вал} — тыс. тонн у.т/год; Q_{тех.э/э} — млн кВт·ч/год; Q_{теп} — тыс. Гкал/год.

Соотношение тепловой энергии соломы с потребностями тепла населения Крыма табл. 3

Муниципальные образования Республики Крым	Население*, тыс. чел.	Потребность в тепле, тыс. Гкал/год	Тепловой потенциал соломы зерновых, тыс. Гкал/год	КПД**
Бахчисарайский район	87,7	72,1	10,4	0,1
Белогорский район	60,6	49,9	33,9	0,7
Джанкойский район	64,1	52,7	177,8	3,4
Кировский район	51,4	42,3	37,0	0,9
Красногвардейский район	83,3	68,5	157,0	2,3
Красноперекопский район	23,4	19,2	105,0	5,5
Ленинский район	57,2	47,0	135,2	2,9
Нижнегорский район	43,8	36,0	61,1	1,7
Первомайский район	30,6	25,2	133,8	5,3
Раздольненский район	29,9	24,6	149,8	6,1
Сакский район	77,0	63,3	143,7	2,3
Симферопольский район	165,3	136,0	86,5	0,6
Советский район	31,0	25,5	47,3	1,9
Черноморский район	30,7	25,3	95,4	3,8
Армянск	23,5	19,4	2,1	0,1
Керчь	152,0	125,0	0	0,0
Судак	32,2	26,5	0,2	0,0
Феодосия	100,1	82,3	4,0	0,0
Всего	1144	890,8	1380,1	1,5

* По состоянию на 01.01.2021. ** Отношение тепловой энергии соломы зерновых к потребляемой тепловой энергии.

Наибольшим техническим энергопотенциалом для производства тепловой энергии из отходов зерновых обладают северная, северо-восточная и центральная части республики, относящиеся к степной и лесостепной природным зонам. Районы с максимальными значениями потенциала: Красногвардейский (140,9 тыс. Гкал/год), Джанкойский (111,7 тыс. Гкал/год) и Ленинский (108,6 тыс. Гкал/год). В северной и центральной частях полуострова Крым отходы подсолнечника могут внести весомый вклад в возможную выработку тепловой энергии.

Районы с максимальными значениями: Красногвардейский (137,8 тыс. Гкал/год), Джанкойский (110,6 тыс. Гкал/год) и Красноперекопский (110,0 тыс. Гкал/год). Под рапсовые поля отведены площади на севере и северо-западе Крыма. Небольшую долю в потенциально возможное производство тепловой энергии также могут внести Раздольненский (9,0 тыс. Гкал/год) и Красноперекопский (6,6 тыс. Гкал/год) районы.

В 2021 году населением Республики Крым было потреблено 1563,7 тыс. Ккал тепла [11] при численности жителей 1901578 человек на 1 января 2021 года [12]. Следовательно, душевое потребление тепловой энергии составило 0,82 Гкал/год.

В табл. 3 приведены расчётные значения потенциального замещения традиционного топлива отходами зерновых культур, как наиболее значимых в общем объёме сельскохозяйственных отходов Крыма. Видно, что технический энергетический потенциал соломы (по тепловой энергии), с учётом её расходования и на другие хозяйственные нужды, перекрывает потребляемое населением края тепло в среднем в полтора раза. В десяти из 14-ти муниципальных районах Крыма это отношение больше единицы, что обеспечивает возможность полного покрытия потребности в теплоснабжении населения этих районов. Применение энергии биомассы отходов с использованием мини-ТЭС с технологией прямого сжигания позволило бы улучшить ситуацию с энергией в сельских районах Республики Крым, снизить экологическую нагрузку (сократило бы объёмы непроизводительного сжигания отходов сельскохозяйственного производства на пашне), способствовало бы развитию региона.

Результаты районирования технического энергетического потенциала (рис. 1) определяются неравномерностью распределения производства сельскохозяйственной продукции по территории Республики Крым.

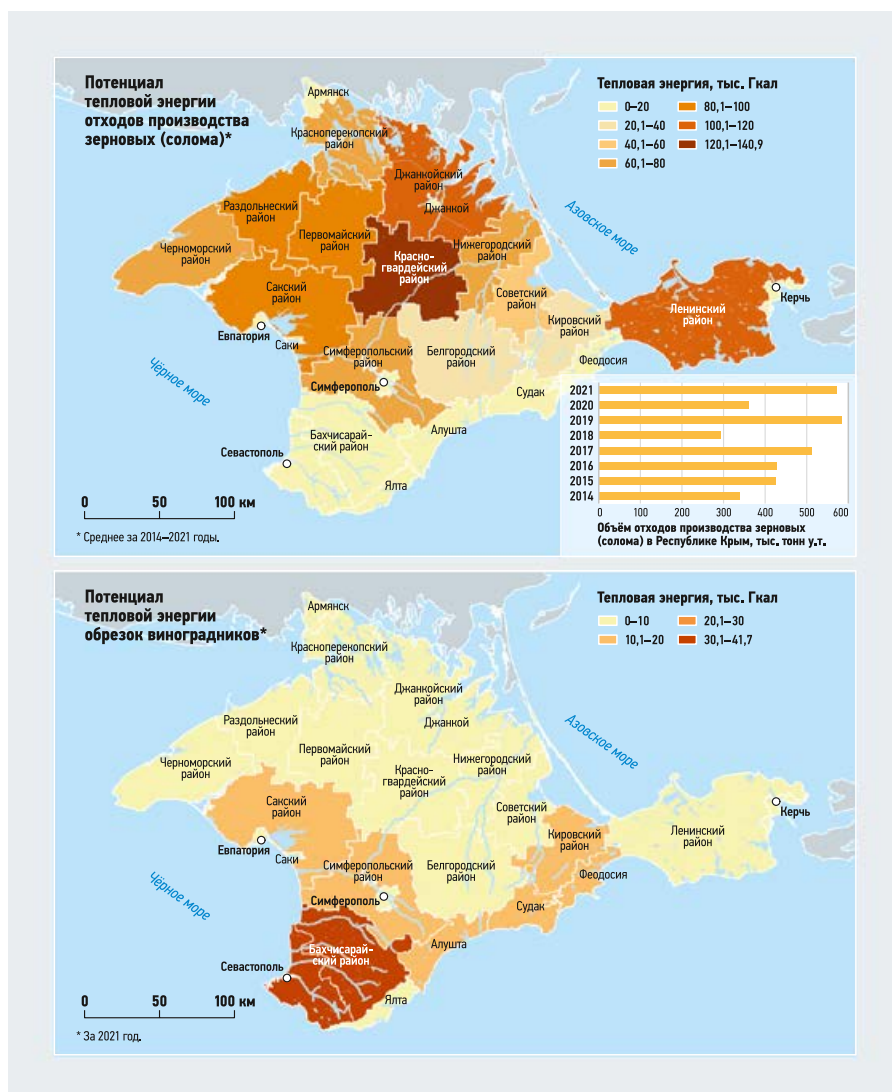


Рис. 1. Территориальное распределение технических энергетических потенциалов отходов растениеводства в Республике Крым

Плодовые сады произрастают почти по всей территории полуострова. Из древесных обрезков плодовых культур можно получить 141,9 тыс. Гкал/год тепловой энергии, причём наибольший потенциал этих видов отходов сосредоточен в Бахчисарайском районе (26,4 тыс. Гкал/год). Виноградники сконцентрированы в горном районе Крыма на юге полуострова. Из отходов виноградных насаждений (обрезки лозы) можно получить 193,9 тыс. Гкал/год тепла. Районами с максимальными значениями технического потенциала являются следующие: Бахчисарайский (41,7 тыс. Гкал/год), Симферопольский (33 тыс. Гкал/год) и городской округ Севастополь (37,1 тыс. Гкал/год).

Анализ динамики валового энергетического потенциала отходов зерновых культур показал значительные колебания по годам (рис. 2). Валовый сбор урожая

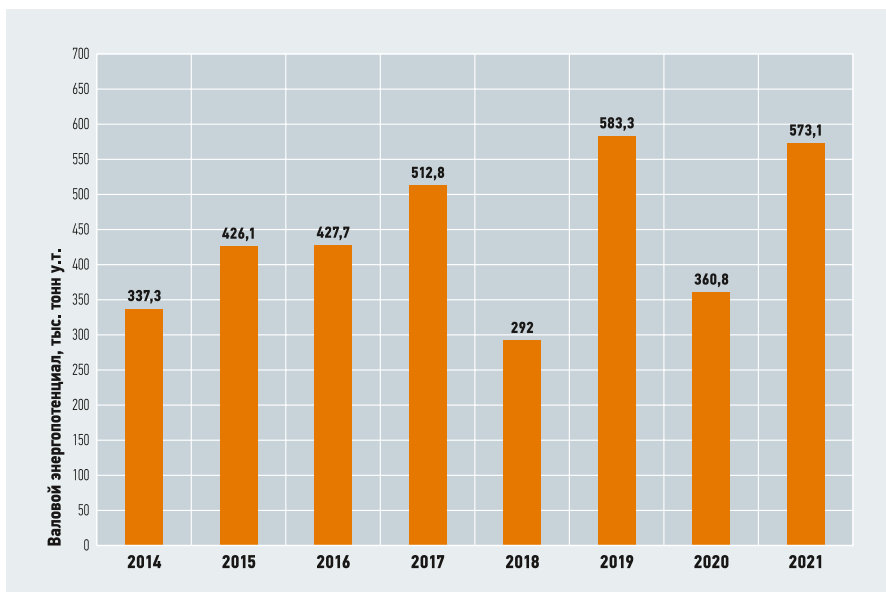


Рис. 2. Изменение валового энергетического потенциала отходов зерновых Крыма по годам



сборами сельскохозяйственной продукции. Для расчёта использовались данные наблюдений на ближайшей метеорологической станции.

Корреляционный анализ показал тесную взаимосвязь урожайности с выпавшими осадками в апреле (рис. 3). Наименьший показатель урожайности зерновых (12 ц/га) был отмечен в Красногвардейском районе в 2018 году, наибольший (32 ц/га) — в 2019-м в том же районе. Для более достоверного анализа зависимости урожайности зерновых от температуры и осадков необходимо большее количество статистических данных.

В случае подтверждения высокой корреляционной связи это открывает возможность прогноза не только урожайности, но и энергетического потенциала отходов зерновых культур.

(и, следовательно, отходов) прямо пропорционален урожайности и площади посева. Поскольку за рассматриваемый период (2014–2021 годы) заметных колебаний площади под зерновыми культурами не происходило, то основную роль в динамике образования отходов играют погодные условия, определяющие урожайность культур. В работе [13] отмечается, что определяющими для урожайности зерновых в Крыму являются уровень атмосферных осадков в апреле и температурный режим мая.

На основе статистических данных Росстата и интернет-портала «Погода и климат» был проведён корреляционный анализ урожайности зерновых культур, количества выпавших осадков в апреле и средней температуры мая в трёх районах Крыма с максимальными валовыми

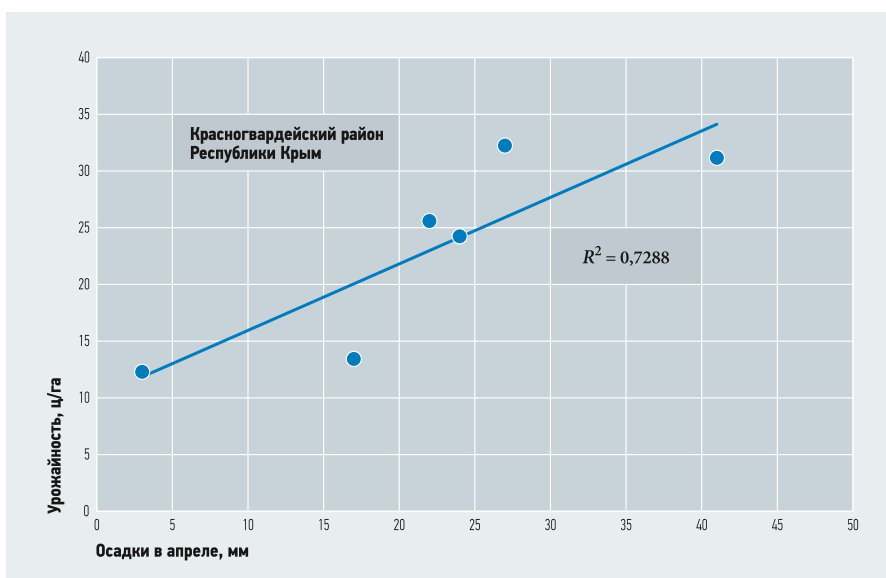


Рис. 3. Зависимость урожайности зерновых от осадков за 2014–2021 годы



Выводы

1. Для регионов России, в частности, Республики Крым, со значительным развитием отрасли растениеводства и соответственно, с достаточными объёмами растительных отходов, актуальным является внедрение методов утилизации отходов с получением полезных продуктов, в том числе тепловой и электрической энергии.

По данным 2014–2021 годов производство зерновых культур, подсолнечника, кукурузы, сои, рапса, плодовых культур, виноградных насаждений в регионе обеспечивает ежегодное образование отходов с валовым потенциалом порядка 688,3 тыс. тонн у.т/год. Суммарный технический потенциал тепловой энергии отходов полевых и плодовых культур, виноградных насаждений составляет 2257,3 тыс. Гкал/год.

2. Технический энергетический потенциал соломы (по тепловой энергии) Республики Крым с учётом её расходования и на другие хозяйственные нужды, в среднем в полтора раза превышает ежегодно потребляемую домохозяйствами региона тепловую энергию. В десяти из 14 муниципальных районах Крыма потенциаль-

ное замещение потребляемой тепловой энергии за счёт использования отходов зерновых (соломы) достигает 100%.

3. Территориальное распределение энергетического потенциала отходов растениеводства по территории Республики Крым крайне неравномерно. Наибольшим техническим энергетическим потенциалом отходов зерновых обладают северная, северо-восточная и центральная части полуострова Крым. Районы с максимальными значениями технического потенциала: Красногвардейский (140,9 тыс. Гкал/год), Джанкойский (111,7 тыс. Гкал/год) и Ленинский (108,6 тыс. Гкал/год).

Территориальное распределение энергетического потенциала отходов растениеводства по территории Республики Крым крайне неравномерно. Наибольшим техническим энергетическим потенциалом отходов зерновых обладают северная, северо-восточная и центральная части полуострова Крым

Муниципальные районы северной и центральной частей Крыма характеризуются значительным энергетическим потенциалом отходов подсолнечника (районы с максимальными потенциалами: Красногвардейский — 137,8 тыс. Гкал/год, Джанкойский — 110,6 тыс. Гкал/год и Краснопереконский — 110,0 тыс. Гкал/год).

4. Плодовые сады произрастают почти по всей территории полуострова. Из древесных обрезков плодовых культур можно получить около 141,9 тыс. Гкал/год тепловой энергии. Максимальное значение потенциально возможной энергии для производства тепла могут дать отходы плодовых насаждений в Бахчисарайском районе (26,4 тыс. Гкал/год). Виноградники сконцентрированы в горном районе Крыма на юге полуострова. Из отходов виноградных насаждений (обрезки лозы) можно получить 193,9 тыс. Гкал/год тепловой энергии. Районы с максимальными значениями технического энергетического потенциала: Бахчисарайский (41,7 тыс. Гкал/год), Симферопольский (33 тыс. Гкал/год) и городской округ Севастополь (37,1 тыс. Гкал/год). ●

1. Касьянов А.С. Энергетический потенциал соломы как биотоплива // Инженерный вестник Дона, 2014. №1.
2. Биоэнергетика: опыт Соединённого Королевства [Электр. текст]. ИЭА «ЭСКО». Серия: Биотопливная энергетика, 2020. Режим доступа: energy.esco.agency. Дата обрац.: 01.03.2022.
3. Ракитова О.С. Биоэнергетика: перспективы использования биомассы для производства энергии в России / Аналит. доклад на конгрессе «Энергия из биомассы: котельные и ТЭЦ на биотопливе, производство пеллет, брикетов и щепы» в рамках выставки WOODDEX-2021 (Москва, 30.11.2021) [Электр. текст]. Режим доступа: infobio.ru. Дата обрац.: 18.08.2022.
4. Нуртдинов Р.М., Валеева Р.Т., Мухачев С.Г., Харина М.В. Предварительная обработка растительного сырья и отходов сельскохозяйственного производства с целью повышения выхода редуцирующих веществ // Вестник КНИТУ, 2011. №9. С. 264–267.

5. Сокращение сельскохозяйственных сжиганий в России через развитие альтернативных технологий управления растительными остатками в растениеводстве. — СПб.: Bellona, 2017. 52 с.
6. Валовая продукция сельского хозяйства по Республике Крым за 2021 год [Электр. текст]. Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю (Крымстат). Режим доступа: rosstat.gov.ru, crimea.gks.ru. Дата обрац.: 12.06.2022.
7. Сельское хозяйство в России в 2021 году [Электр. текст]. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Режим доступа: rosstat.gov.ru, gks.ru. Дата обрац.: 14.06.2022.
8. Возобновляемая энергетика в контексте регионального развития: учеб. пособие / Е.И. Голубева, С.В. Киселёва, Н.И. Чернова, Ю.Ю. Рафикова и др. — М.: Наука, 2021. 248 с.

9. База данных показателей муниципальных образований [Электр. текст]. Росстат. Режим доступа: rosstat.gov.ru, gks.ru. Дата обрац.: 15.04.2022.
10. Сервис NEXTGIS [Электр. текст]. Режим доступа: data.nextgis.com/ru. Дата обрац.: 16.05.2022.
11. О работе отопительных котельных и тепловых сетей в Республике Крым. Основные показатели работы источников теплоснабжения за 2021 год [Электр. текст]. Крымстат. Режим доступа: rosstat.gov.ru, crimea.gks.ru. Дата обрац.: 16.06.2022.
12. Оценка численности постоянного населения по городским округам и муниципальным районам Республики Крым по состоянию на 01.01.2021 [Электр. текст]. Крымстат. Режим доступа: rosstat.gov.ru, crimea.gks.ru. Дата обрац.: 17.06.2022.
13. Коба В.П., Коренькова О.О. Погодные условия и динамика урожайности зерновых культур в Крыму // Наука юга России, 2021. №4. С. 53–60.

Энергетика Украины на основе ВИЭ

Украина из всех постсоветских стран имеет наибольшие успехи в развитии возобновляемой энергетики (ВЭ). Суммарная установленная мощность ВЭ в этой стране в 2021 году составила 9225 МВт (11,6% в общем энергобалансе), а в России — 5216 МВт (10,2% в общем энергобалансе). Лидерами возобновляемой энергетики Украины являются Днепропетровская область — 1164 МВт, Херсонская — 1083 МВт и Николаевская — 1074 МВт.

Введение

Возобновляемая энергетика Украины на 1 июля 2021 года имела установленную мощность 9225 МВт (100%). Наибольшую мощность имели солнечные электростанции (СЭС) — 7284 МВт (79%), в том числе сетевые — 6351 МВт и СЭС домохозяйств — 933 МВт. На втором месте ветроэлектростанции (ВЭС) — 1593 МВт. Электростанции на биотопливе имели мощность 230 МВт, в том числе на биомассе — 119 МВт, на биогазе 111 МВт. Малая гидроэнергетика имела мощность 118 МВт. Солнечное и геотермальное теплоснабжение не получили на Украине распространения. В предлагаемой статье описана деятельность Института возобновляемой энергетики Национальной академии наук Украины (ИВЭ НАНУ), результаты госрегулирования рынка ВЭ, состояние дел с производством оборудования СЭС и ВЭС.

Украина из всех постсоветских стран имеет наибольшие успехи в развитии возобновляемой энергетики (ВЭ). Суммарная установленная мощность ВЭ этой страны в 2021 году составила 9225 МВт (11,6% в общем энергобалансе), а в России — 5216 МВт (10,2% в общем энергетическом балансе).

Лидерами возобновляемой энергетики Украины являются Днепропетровская (1164 МВт), Херсонская (1083 МВт) и Николаевская (1074 МВт) области (uwea.com.ua). В основном это результат концентрации исследований в Институте возобновляемой энергетики НАНУ [1], успешной адаптации германского законодательного и организационного опыта. «Зелёные» тарифы Украины являются одними из самых больших в Европе, а гарантированная реализация электроэнергии ВЭ создала привлекательный для инвесторов рынок. С 2021 года для снижения стоимости сооружаемых объектов введены дополнительно аукционы инвесторов [2].



Лидерами ВЭ Украины являются Днепропетровская (1164 МВт), Херсонская (1083 МВт) и Николаевская (1074 МВт) области. В основном это результат концентрации исследований в ИВЭ НАНУ, успешной адаптации германского законодательного и организационного опыта

Солнечная энергетика

Лидером ВЭ Украины является солнечная энергетика. Суммарная установленная мощность СЭС страны в 2021 году составляла 7284 МВт (доля в энергобалансе ВЭ — 79%). Большая часть солнечной генерации представлена сетевыми СЭС единичной мощностью до 240 МВт (их суммарная установленная мощность составляла 6351 МВт или 87%). Значительным сегментом рынка ВЭ стали СЭС частных домовладений единичной установленной мощностью до 50 кВт — 933 МВт (13%). Наибольших успехов в развитии солнечной энергетики достигла Днепропетровская область — 1134 МВт, а крупнейшим инвестором является Донецкая топливно-энергетическая компания (ГК «ДТЭК ВИЭ» Украины), которая построила 30 СЭС суммарной установленной мощностью 1 ГВт, в том числе три мощностью по 200 МВт (Ботиевская, Приморская, Никольская). Этот и другие украинские инвесторы применяют в основном фотоэлектрические модули (ФЭМ) китайского производства, причём локализация их производства на Украине отсутствует.

Вторым по объёмам строительства СЭС является инвестфонд VB Capital Group (США): 26 СЭС общей мощностью 536 МВт. Компания Vindkraft (Швеция) построила шесть СЭС общей мощностью 301 МВт, а компании Андрея Григоренко (в том числе ООО «Ингулец-Энерго-2») — 20 СЭС общей мощностью 290 МВт. В первом полугодии 2021 года объём ввода в эксплуатацию СЭС составил 254 МВт, что втрое меньше, чем было в 2020-м.

Во второй половине XX века Украинская ССР была лидером Советского Союза по солнечному теплоснабжению. Научные исследования, разработку и производство солнечных коллекторов, а также проектирование гелиоустановок выполнял Институт «КиевЗНИИЭП» [3]. По разработанному в нём проекту в Крыму была построена самая большая в СССР гелиоустановка пансионата «Кастрополь» площадью 1600 м². В Запорожье располагалось крупнейшее в СССР производство фотоэлектрических модулей.

В настоящее время на Украине солнечное теплоснабжение не получило распространения. Государственная программа льготного кредитования «Тёплые кредиты», работающая с 2014 года, не дала результатов. В городе Ровно (северо-запад страны) была построена гелиоустановка с 18 солнечными коллекторами для жилого дома (54 м²) [4], а самая большая гелиоустановка площадью 474 м² с 252 солнечными коллекторами фирмы ООО «ПКК Синтэк» (город Запорожье) сооружена в городе Мариуполе Донецкой области.

Научными исследованиями по солнечной энергетике на Украине занимаются в основном ИВЭ НАНУ (д.т.н. В. А. Резцов) и Херсонский технический университет (ХНТУ). В «Атласе энергетического потенциала» [5] представлены значения солнечной радиации всех регионов Украины, в статье [4] — результаты оценки потенциала солнечной радиации. В работе [6] представлена методика обоснования эффективности солнечного теплоснабжения, а в статье [7] описана методика выбора площадок СЭС. В работах [8, 9] приводятся результаты оптимизации компоновки солнечных коллекторов и потери их мощности при затенении.

Ветроэнергетика

Суммарная установленная мощность ВЭ Украины на 1 июля 2021 года составляла 1593 МВт, их доля в энергобалансе ВЭ страны — 17,3%. Региональным лидером ВЭС является Запорожская область — 596 МВт. Основным инвестором ветроэнергетики, как и солнечной, является ГК «ДТЭК ВИЭ». Самой мощной является Ботиевская ВЭС — 200 МВт в Запорожской области. Для получения льготного «зелёного» тарифа с 2021 года право на сооружение сетевых ВЭС мощностью свыше 5 МВт приобретает на специальных аукционах. При строительстве ВЭС применяется в основном зарубежное оборудование: датской фирмы Vestas мощ-

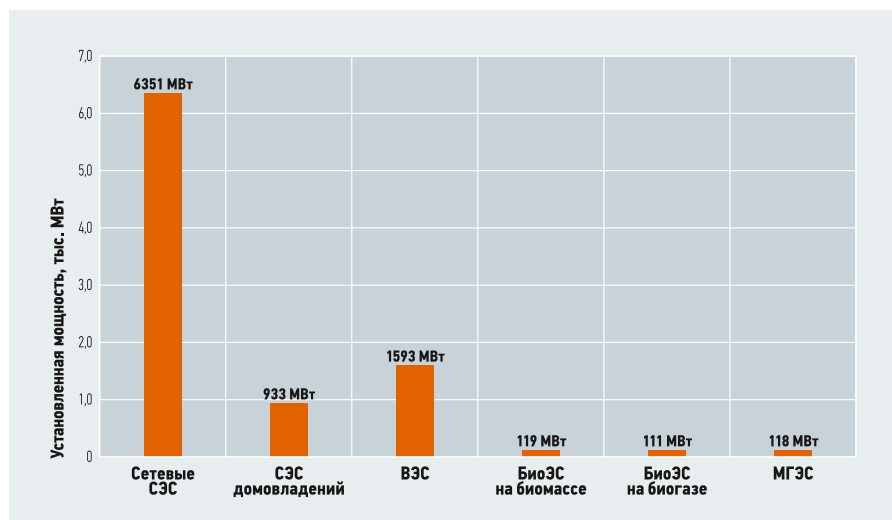


Рис. 1. Установленные мощности электростанций на ВИЭ Украины (на 1 июля 2021 года)

ностью до 3,8 МВт (V-126), американской General Electric мощностью до 3,8 МВт (GE-3.8-130). В городе Краматорске Донецкой области организовано сборочное производство ВЭУ типа WTU германской фирмы Fuhrkander AG мощностью до 4,5 МВт с изготовлением гондол и башен.

Малая гидроэнергетика, биоэнергетика и геотермальное теплоснабжение

В настоящее время на Украине построены 154 малых гидроэлектростанций (МГЭС) общей мощностью около 120 МВт. По установленной мощности МГЭС в стране лидирует Винницкая область — 25 МВт. Исследования по тематике МГЭС выполняет в основном Институт возобновляемой энергетики НАНУ [10, 11].

Биоэнергетика имеет суммарную установленную мощность 230 МВт, в том числе БиоЭС на биомассе — 119 МВт, БиоЭС на биогазе — 111 МВт.

Геотермальное теплоснабжение курортных объектов осуществляется в Закарпатской области в сёлах Кусонь и Береговое. Перспективы развития геотермии представлены в статьях [12, 13], теоретические проблемы — в книге [14], вопросы поверхностной геотермии с тепловыми насосами — в статье [15].

На рис. 1 представлены значения установленной мощности возобновляемой энергетики Украины на 1 июля 2021 года.

Выводы

1. В основе успехов развития возобновляемой энергетики Украины — научные разработки Института возобновляемой энергетики НАНУ, в котором по каждому направлению работают специализированные отделы. Разработан и регулярно актуализируется «Атлас возобновляемой энергетики». Институт ежемесячно издаёт научно-практический журнал «Возобновляемая энергетика». В стране активно работают специализированные научно-технические общества по ВЭ.
2. На Украине функционирует госсистема стимулирования развития электрогенерации на основе ВИЭ с использованием «зелёных» тарифов и гарантированного выкупа выработанной электроэнергии. В 2021 году эта система для снижения стоимостей дополнена аукционами инвесторов. Теплогенерация на основе ВИЭ не получила существенного развития.
3. Производство оборудования ВИЭ на Украине в основном не локализовано. Исключением является сборочное производство ВЭУ в городе Краматорске Донецкой области. ●

1. Институт відновлюваної енергетики НАН України. Історія становлення, сучасністів та перспективи / За ред. С.О. Кудря. — Київ: ІВЕ НАН України, 2020. 108 с. [На укр. мові]
2. Хілько В. А. Заходи підтримки відновлюваної енергетики в Україні // Відновлювана енергетика, 2021. №3. С. 6–17. [На укр. мові]
3. Бутузов В.А. Солнечное теплоснабжение. Опыт столетнего развития // Промышленная энергетика, 2020. №4. С. 52–62.
4. Матях С.В., Суржик Т.В., Резцов В.Д. Напрямы та перспективи розвитку сонячної теплоенергетики // Відновлювана енергетика, 2021. №3. С. 33–44. [На укр. мові]
5. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / За ред. С.О. Кудря. — Київ: ІВЕ НАН України, 2020. 82 с. [На укр. мові]
6. Матях С.В., Суржик Т.В., Резцов В.Д. Визначення ефективності застосування систем гарячого сонячного водопостачання // Відновлювана енергетика, 2020. №1. С. 17–22. [На укр. мові]

7. Кирнос Л.А., Гундев В.О., Резцов В.Д., Суржик Т.В., Шевчук В.І., Шейко І.О. Особливості визначення раціональних площадок для розміщення фотоелектричних станцій в Україні // Відновлювана енергетика, 2019. №2. С. 13–21. [На укр. мові]
8. Андропова О.В., Курак В.В. Оптимізація розміщення приймачів сонячної енергії для кліматичних умов півдня України // Відновлювана енергетика, 2020. №2. С. 45–53. [На укр. мові]
9. Демин Д.А., Гаевская А.Н., Гаевский А.Ю. Фактор потери мощности фотоэлектрических модулей при их взаимном затенении и оптимизация углов наклона между рядами модулей // Відновлювана енергетика, 2019. №4. С. 37–48.
10. Васько П.Ф., Мороз А.В., Бриль А.О. Сучасний стан будівництва малих гідроелектростанцій в Україні та оцінка технічного потенціалу їх подальшого розвитку // Відновлювана енергетика, 2018. №4. С. 73–83. [На укр. мові]

11. Перминов Ю.Н., Монахов Е.А. Малые и эффективные гидроагрегаты для этих электростанций // Возобновляемая энергетика, 2018. №4. С. 64–72.
12. Барило А.А. Аналіз гідрогеологічних та геотермічних характеристик геотермальних об'єктів України // Відновлювана енергетика, 2020. №2. С. 45–53. [На укр. мові]
13. Морозов Ю.П., Чалаев Д.М., Николаеска Н.В., Добровольский М.П. Оцінка ефективності використання теплового потенціалу доквілля та верхніх шарів землі України // Відновлювана енергетика, 2020. №4. С. 80–88. [На укр. мові]
14. Морозов Ю.П. Добыча геотермальных ресурсов и аккумуляция теплоты в подземных горизонтах. — Киев: Наукова думка, 2017. 197 с.
15. Морозов Ю.П., Чалаев Д.М., Николаева Н.В., Добровольский М.П. Енергетична ефективність використання перших від поверхні водонесних горизонтів для тепло- та хладагентів // Відновлювана енергетика, 2019. №2. С. 70–78. [На укр. мові]

Применение водородных накопителей в комбинации с атомными электростанциями

На сегодняшний день необходимо решать проблему регулирования графика потребления электроэнергии на АЭС. Высокая капитальная составляющая стоимости производимой на АЭС энергии, относительно низкая стоимость топлива и стремление к повышению эксплуатационной надёжности основного оборудования определяют необходимость и целесообразность их функционирования в базовом режиме нагрузки [1].

Автор: Анастасия МИРОНОВА, магистр, кафедра возобновляемой энергетики, Российский государственный университет нефти и газа (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, г. Москва)



Проблемы, описанные во вступлении к статье, требуют поиска новых экономически эффективных путей обеспечения базовой электрической нагрузкой вновь вводимых АЭС. Решение этой задачи также позволит повысить коэффициент использования установленной мощности атомных электростанций.

Особенно актуальным направлением обеспечения базисной нагрузкой АЭС становится технология производства водорода методом электролиза воды путём создания водородного комплекса в комбинации с энергоблоками АЭС [2].

Преимуществом водородного комплекса является возможность потребления электроэнергии по себестоимости непосредственно от АЭС в часы ночного минимума электропотребления для выработки водорода и кислорода [3]. Выработанные водород и кислород могут быть использованы для производства пиковой электроэнергии на АЭС, либо реализованы как товарная продукция, что обуславливает возможность участия АЭС в комбинировании с водородным энергетическим комплексом в покрытии суточной или сезонной пиковой электрической нагрузки.



Технологии производства водорода

В конце XX века в странах с развитой экономикой 77% водорода получали из природного газа и нефтепродуктов, 18% — из угля, 4% — из воды и 1% — из прочего сырья. На сегодняшний день крупнотоннажное производство водорода и водородосодержащих продуктов в мире осуществляется в основном путём паровой конверсии метана (ПКМ). Чтобы отделить водород от углеродной основы в метане, требуются пар и тепловая энергия. Процесс проходит в химических паровых риформерах на каталитических поверхностях при температуре 750–850°C [4]. Оксиды углерода, содержащиеся в продуктах конверсии, отделяются от газовой смеси и утилизируются.

Преимуществом водородного комплекса является возможность потребления электроэнергии по себестоимости непосредственно от АЭС в часы ночного минимума электропотребления для выработки водорода и кислорода

Полученный при ПКМ водород может быть выделен из конечной метано-водородной смеси (МВС) путём использования мембранных установок [5].

Для осуществления эндотермического процесса ПКМ сжигается около половины исходного газа, что приводит к загрязнению окружающей среды продуктами сгорания. С целью экономии природных ресурсов и снижения негативного влияния на окружающую среду в России, США и Японии ведутся разработки технологии ПКМ с подводом тепла от ВТГР [4].

Создание такого тандема (ВТГР-ПКМ) открывает путь широкому применению ядерной энергии в энергоёмкой промышленности: крупнотоннажной химии, металлургии, а также позволяет путём выработки вторичного энергоносителя (чистого водорода или его смеси с CO)

создавать ядерные энерготехнологические комплексы для регионального тепло- и энергоснабжения, с поставкой топлива для транспорта и низкопотенциального тепла для коммунально-бытовых нужд и коммерческого сектора [6].

Последние десятилетия новейшие разработки в области получения водорода направлены на поиск более эффективных технологий его производства. Сырьевые и экологические ограничения применения природного газа при паровой конверсии метана стимулируют разработку промышленных процессов с повышением доли воды в качестве исходного сырья для производства водорода. В долгосрочной перспективе вода окажется основным источником получения водорода с помощью атомной энергии [7].

Среди способов получения водорода из воды наибольший интерес в контексте АВЭ представляют электролиз и термохимические циклы или комбинированные термоэлектрохимические циклы [4].

Термохимический процесс получения водорода использует цикл реакций с химически активными соединениями, например, в серно-йодном цикле и требует подвода тепла при температуре выше 900°C . В ведущих странах мира этому процессу уделяется особое внимание как потенциально эффективной технологии производства водорода из воды с помощью ВТГР [7]. Источником тепла при термохимическом разложении воды служит высокотемпературный реактор. На отдельных стадиях процесса такого типа наряду с термическим воздействием для отщепления водорода может использоваться электролиз участвующих в процессе химических реагентов. В случае комбинации термохимии с электролизом или при электролизе (в том числе высокотемпературном) ядерный реактор служит источником тепла и электроэнергии [4].

Высокотемпературный электролиз — это разновидность обычного электролиза. Часть энергии, необходимой для расщепления воды, вкладывается в виде высокотемпературного тепла в нагрев пара, делая процесс более эффективным. Разработана концепция стыковки ВТГР с высокотемпературными электролизёрами, позволяющая иметь КПД производства водорода из воды до 50 %.

Основой энерготехнологического компонента ядерной энергетики являются высокотемпературные газовые реакторы (ВТГР). Использование в качестве теплоносителя гелия и микро топлива с многослойным керамическим покрытием обеспечивает уникальную способность этих реакторов вырабатывать тепло с тем-

пературой до $950\text{--}1000^{\circ}\text{C}$ при высоком уровне безопасности. Сочетание таких реакторов с технологическими процессами открывает возможности производства водорода из воды с высокой эффективностью и тем самым создаёт основу экологически чистой водородной энергетике, обеспечивая замещение органического топлива в энергоёмких отраслях промышленности [7].



Хранение водорода

При крупномасштабном использовании водорода требуются безопасные и эффективные системы его централизованного хранения [8].

Хранить водород сложно: он занимает в три-четыре раза больше места в сравнении с метаном в эквиваленте количества энергии, а также требует больше энергии для сжатия и разжижения [9]. Водород может храниться в жидком виде при его охлаждении до -253°C . Для охлаждения водорода до этой температуры требуется затратить около одной трети содержащейся в нём энергии (11 кВт·ч на 1 кг H_2), а для создания криогенных устройств необходимы специальные материалы и технологии. Водород может также быть запасын в виде газа. Этот процесс требует для сжатия водорода меньше энергии, чем для его ожижения.

Водород в газовой фазе может быть накоплен в газгольдерах, естественных подземных резервуарах (водоносные породы, выработанные месторождения нефти и газа), хранилищах, созданных подземными атомными взрывами. Доказана принципиальная возможность хранения газообразного водорода в соляных кавернах, создаваемых путём растворения соли водой через боровые скважины [8]. Это самый дешёвый вариант хранения водорода в больших количествах и в течение длительного периода времени [9]. Объём соляных каверн достигает

от 50–100 до 1000 тыс. м^3 — ещё предстоит освоить, и этому посвящены несколько пилотных проектов в Европе. Одна небольшая пещера, например, способна хранить водород общей энергоёмкостью 50 ГВт·ч (примерно 5% от годового потребления электроэнергии в России) [10].

Одним из наиболее перспективных способов хранения больших количеств водорода является хранение его в водоносных

горизонтах. Годовые потери составляют при таком способе хранения составляют 1–3%. Эту величину потерь подтверждает опыт хранения природного газа.

Газообразный водород можно хранить и перевозить в стальных сосудах под давлением до 20 МПа. Такие ёмкости подвозят к месту потребления на автомобильных или железнодорожных платформах, как в стандартной таре, так и в специально сконструированных контейнерах.

Для хранения и перевозки небольшого количества сжатого водорода при температурах от -50 до $+60^{\circ}\text{C}$ используют стальные бесшовные баллоны малой ёмкости до 12 дм^3 и средней ёмкости 20–50 дм^3 с рабочим давлением до 20 МПа. Баллоны для хранения водорода достаточно просты и компактны. Однако для хранения 2 кг водорода требуются баллоны массой 33 кг. Прогресс в материаловедении даёт возможность снизить массу материала баллона до 20 кг на 1 кг водорода, а в дальнейшем возможно снижение до 8–10 кг. Пока масса водорода при хранении его в баллонах составляет примерно 2–3% от массы самого баллона.

Опыт продолжительного хранения (более десяти лет) в подземных газохранилищах газа с содержанием 50% водорода показал полную возможность его хранения без заметных утечек. Слои глины, пропитанные водой, могут обеспечивать герметичное хранение ввиду слабого растворения водорода в воде.

Жидкий водород может храниться в стационарных и транспортных криогенных контейнерах. Водород в жидком состоянии может находиться в достаточно узком интервале температур: от точки кипения 20 К до точки замерзания 17 К, когда он переходит в твёрдое состояние. Если температура поднимается выше точки кипения, водород мгновенно переходит из жидкого состояния в газообразное.

Чтобы не допустить местных перегревов, сосуды, которые заполняют жидким водородом, следует предварительно охладить до температуры, близкой к точке кипения водорода, только после этого можно заполнять их жидким водородом. Для этого через систему пропускают охлаждающий газ, что связано с большими расходами водорода на захлаживание (начальное, предварительное охлаждение) ёмкости. Переход водорода из жидкого состояния в газообразное связан с неизбежными потерями от испарения. Стоимость и энергосодержание испаряющегося газа значительны.

Главная часть криогенной системы хранения водорода — теплоизолированные сосуды, масса которых примерно в четыре-пять раз меньше на 1 кг хранимого водорода, чем при баллонном хранении под высоким давлением.

Жидкий водород в больших количествах хранят в специальных хранилищах объёмом до 5000 м³ [9].

В химически связанном виде водород может храниться в форме аммиака. Тем не менее, этот способ наименее освоен и проработан технологически, поскольку сложность состоит в получении водорода из аммиака или использовании аммиака непосредственно как топлива [11].

В качестве эффективного способа хранения водорода рассматриваются гидриды. В случае хранения водорода в гидридной форме отпадает необходимость в громоздких и тяжёлых баллонах, требуемых при хранении газообразного водорода в сжатом виде, или сложных в изготовлении и дорогих сосудов для хранения жидкого водорода. При хранении водорода в виде гидридов объём системы уменьшается примерно в три раза по сравнению с баллонами. Упрощается транспортирование водорода. Отпадают расходы на конверсию и сжижение водорода [10]. Некоторые металлические сплавы, например, «магний-никель», «магний-медь», и железо-титановые сплавы поглощают водород в относительно большом количестве и освобождают его при нагреве.

При нормальной температуре равновесие давления равно нулю, чем обеспечивается безопасность обращения с эти-

ми системами [4]. Повреждённый сосуд с гидридом водорода представляет значительно меньшую опасность, чем жидководородный танк или сосуд высокого давления, заполненный водородом [8].

Потенциал применения водорода

Российские возможности по производству водородного топлива как способа накопления электроэнергии оценены на основании величины потенциального производства электроэнергии на генерирующих объектах, по тем или иным причинам, загруженным существенно ниже их установленной мощности.

В химически связанном виде водород может храниться в форме аммиака. Однако этот способ наименее освоен и проработан технологически, здесь наблюдаются сложности с каждым этапом данного процесса

В качестве примеров таких объектов можно рассмотреть Кольскую и Ленинградскую АЭС [11].

1. Ленинградская атомная электростанция (ЛАЭС). В проекте, который разрабатывали РНЦ «Курчатовский институт» и канадские фирмы Atomic Energy of Canada Ltd. (AECL) и Stuart Energy в 1990–1992 годах, на первом этапе предполагалось создание производства водорода электролизом воды мощностью 30 МВт, то есть с производительностью 14,5 тонн водорода в сутки. Вторым этапом проекта предусматривалось увеличение мощности цеха электролиза до 300 МВт. Причём, естественно, предусматривалось использование электроэнергии провальной части нагрузки на АЭС.

Сегодня ЛАЭС недовырабатывает примерно 400 млн кВт·ч в год, что позволило бы ежегодно производить около 8000 тонн водорода. Полученный водород предполагалось продавать в Финляндию и использовать в общественном транспорте в городе Сосновый Бор Ленинградской области. Другим вариантом использования получаемого водорода рассматривалась его поставка на Киришский нефтеперерабатывающий завод. Получаемый при этом кислород мог бы стать основой производства озона для очистки промышленных стоков Санкт-Петербурга.

Сейчас наблюдается новый всплеск интереса к масштабной атомно-водородной энергетике, основным инициатором которого явились автомобилестроительные гиганты. Водород имеет много пре-

имуществ в качестве топлива для транспортных средств, и автомобильная промышленность активно включилась в его использование.

Однако наибольшее внимание исследователей, разработчиков и инвесторов привлекают к себе топливные элементы. Топливные элементы (ТЭ) для привода автомобилей и автобусов успешно разрабатываются для следующего поколения транспортных средств, а также для автономных систем энергоснабжения.

Твёрдополимерные (ТП) ТЭ по техническому уровню находятся на пороге коммерциализации. Однако в настоящее время их высокая стоимость (энергостановка обходится примерно в \$104 за 1 кВт) в значительной степени сдерживает этот процесс. Многие компании прогнозируют снижение стоимости энергоустановок с ТП ТЭ на порядок и более при их массовом производстве [12].

2. Кольская атомная электростанция (КолАЭС). Данная АЭС выбрана площадкой для создания стендового испытательного комплекса по производству водорода и обращению с ним. Ввод комплекса планируется в 2023 году.

Кольская АЭС с четырьмя реакторами ВВЭР-440 и установленной мощностью 1760 МВт в Мурманской области относится к числу «запертых» мощностей энергосистемы. В силу сетевых ограничений коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) станции составляет 65,9% при среднем КИУМ АЭС в России в 2018 году более 85% [11].

Эксперты прорабатывают варианты использования избытков электроэнергии с атомных электростанций. Избытки водорода могут для заправки поездов, легковых автомобилей и других транспортных средств на водородных топливных элементах.

Для тестирования генераторов водорода и систем его хранения предлагают создать соответствующую инфраструктуру при КолАЭС.

В схеме, которую планируют применить, имеется электролизная установка. Причём на начало планируется использовать две электролизные установки: щелочную и протонообменную. Их производительность будет составлять 200 м³. Полученный водород будет поступать на установку ожижения, после которой его планируется различными способами транспортировать, в том числе и по Северному морскому пути. Также планируется создание локальной водородной заправочной станции. И перевозка персонала будет осуществляться автобусом уже в районе атомной электростанции.

Водород, произведённый на базе АЭС, планируют и экспортировать. Наиболее перспективными назвали рынки Японии и Европейского союза. Чтобы обеспечить поставки за рубеж, придётся создать эффективную модели транспортировки товарного водорода.

Возможность производства водорода на базе электроэнергии, вырабатываемой станцией, оценена при условии повышения КИУМ до 93 % [11].

Схемы атомно-водородного энергообеспечения

Для решения задачи о регулировании электрической нагрузки автор статьи [13] предлагает комбинировать АЭС и высокотемпературное электрохимическое устройство (ВТЭХУ). Данная комбинированная энергоустановка способна производить водород, который может быть использован как в самой энергоустановке, так и направлен потребителю. Ввиду того, что ВТЭХУ работает при температуре порядка 900 °С, наиболее привлекательным является работа электрохимического устройства с высокотемпературным газоохлаждаемым реактором (ВТГР).

Рассмотрим работу комбинированной энергоустановки на примере реактора ВТГР и ВТЭХУ. Во время провала нагрузки в ночные часы, происходит наработка водорода и кислорода с помощью ВТЭХУ, работающего в режиме электролизёра. В данном режиме к ВТЭХУ подводится электрический ток и водяной пар. Под действием тока происходит разложение водяного пара на кислород и водород, которые направляются в резервуары для хранения. Вода, используемая при электролизе, поступает из резервуара в парогенератор, после чего направляется в обратимое электрохимическое устройство.

В дневные часы, во время пика нагрузки, ВТЭХУ переходит в режим топливного элемента, водород и кислород из резервуаров подводятся к ВТЭХУ, где происходит электрохимическая реакция. В результате этой реакции вырабатывается электроэнергия с использованием кислорода и водорода, запасённых в провальной части графика нагрузки, и вода. Вода, полученная в результате этой электрохимической реакции, поступает в резервуар, для дальнейшего использования при электролизе. Так как оба процесса (электролиз и выработка электроэнергии) происходят в одном аппарате, то его можно назвать обратимым электрохимическим устройством, и происходит выработка электроэнергии с использованием кислорода и водорода, запасённых в провальной части графика нагрузки.



Высокотемпературное электрохимическое устройство — это электрохимическое устройство на основе твёрдотельных электролитов, изготовленных из керамики ZrO_2 , с нанесёнными на неё электродами, один из которых является анодом, а другой катодом. Электролиты на основе ZrO_2 обладают проводимостью по ионам кислорода, которая достигает максимума при температуре выше 850 °С. Ресурс керамики в подобных условиях определён в 140 тыс. часов.

Особенностью высокотемпературных электролизёров является то, что они могут работать как в режиме поглощения тепла, так и в термонеutralном режиме. Это позволяет использовать данный электролизёр совместно с любым типом реактора ВТГР, ВВР и т.д.

При комбинировании обратимого электрохимического устройства с высокотемпературным реактором, оно может работать в режиме потребления тепла. На электролизёр подаётся напряжение меньше 1,29 В, например, 1,1 В. При этом расход электроэнергии на электролиз составит 2,64 кВт·ч на 1 м³ H₂. При комбинировании ВТЭХУ с реактором типа ВВР процесс электролиза будет проходить в термонеutralном режиме. На электролизёр может подаваться напряжение 1,29 В, тогда расход электроэнергии составит 3,1 кВт·ч на 1 м³ H₂.

Можно рассмотреть конкретный пример. Пусть у нас имеется 500 МВт свободной электроэнергии в ночные примерно восемь часов, тогда с помощью ВТЭХУ, работающего в режиме электролизёра, мы сможем вырабатывать 1,3 млн м³ водорода, что, в свою очередь, позволит нам производить 535 МВт электроэнергии в течение четырёх пиковых часов с помощью ВТЭХУ, работающим в режиме топливного элемента. Если ночной провал

графика нагрузки составляет около 50 % от базовой мощности АЭС, то использование ВТЭХУ позволит увеличить пиковую мощность станции на 50 % [16].

Таким образом, очевидно, что использование ВТЭХУ в комплексе с АЭС представляет собой реальный и существенный интерес.

Заключение

На сегодняшний день необходимо решать проблему регулирования графика потребления электроэнергии на АЭС. Ведь, как известно, лучшим режимом работы АЭС является базовый, то есть режим работы с постоянной (базовой) нагрузкой.

Особенно актуальным направлением обеспечения базисной нагрузкой АЭС становится комбинирование АЭС с водородным энергетическим комплексом.

Использование водорода внутри комбинированной энергоустановки позволит обеспечить базовый режим работы АЭС, со всеми вытекающими отсюда положительными последствиями: повышение надёжности, повышение коэффициента использования установленной мощности атомных электростанций, снижение себестоимости электроэнергии, увеличение пиковой мощности. ●

1. Аминов Р.З., Шкрет А.Ф., Бурденкова Е.Ю., Гариевский М.В. Эффективные способы обеспечения базовой нагрузки АЭС в энергосистемах // Теплоэнергетика, 2011. №5. С. 10–15.
2. Аминов Р.З., Байрамов А.Н. Комбинирование водородных энергетических циклов с атомными электростанциями. — М.: Наука, 2016. 254 с.
3. Аминов Р.З., Байрамов А.Н., Гариевский М.В. Оценка системной эффективности атомно-водородного энергетического комплекса // Теплоэнергетика, 2019. №3. С. 57–71.
4. Столяревский А.Я., Пономарёв-Степной Н.Н. Атомно-водородная энергетика. — М.: Альтернативная энергетика и экология, 2010.
5. Пономарёв-Степной Н.Н. и др. Атомный энерго-технологический комплекс с высокотемпературными газоохлаждаемыми реакторами для масштабного экологически чистого производства водорода из воды и природного газа // Газовая промышленность, 2018. №11. С. 94–102.
6. Пономарёв-Степной Н.Н., Столяревский А.Я. Атомно-водородная энергетика — пути развития // Энергия, 2004. №1. С. 3–9.
7. Пономарёв-Степной Н.Н. Атомно-водородная энергетика. — М.: Энергоатомиздат, 2008. 108 с.
8. Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюпыла В.В. Водород в энергетике: учеб. пособие. — Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2014. 229 с.
9. О водородной логистике, инфраструктуре и затратах // Газовый бизнес, 2020. №4. С. 32–35.
10. Митрова Т., Мельников Ю., Чугунов Д. Водородная экономика — путь к низкоуглеродному развитию. — М.: ЦЭ МШУ «Сколково», 2019. 63 с.
11. Холкин Д. Перспективы России на глобальном рынке водородного топлива: экспертно-аналитический отчёт. — Москва: ИЦ EnergyNet; IDEA, 2019. 32 с.
12. Малышенко С.П. Водородный автомобиль в России? // Энергия, 2003. №7. С. 33–39.
13. Финогенов Н.Н. Технические средства водородной энергетики в составе схем атомно-водородного энергообеспечения / Руковод.: Г.Н. Волощенко, В.П. Пахомов, Н.Н. Пономарёв-Степной. — Подольск: ОКБ «Гидропресс», 2020. 3 с.



4-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И ФОРУМ

RENWEX

«Возобновляемая энергетика
и электротранспорт»

20–22 ИЮНЯ 2023

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

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ



Ветроэнергетика



Солнечная энергетика



Водородная энергетика



Гидроэнергетика



Биоэнергетика, биогаз и твердое биотопливо



Энерго- и ресурсосберегающие технологии



Электротранспорт и зарядная инфраструктура

12+

Реклама



www.renwex.ru

При поддержке

Под патронатом

Организатор



МИНИСТЕРСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ

МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



ЭКСПОЦЕНТР



МИР КЛИМАТА

EXPO 2023

**EXPO
КОНГРЕСС
HVAC/R
ИНДУСТРИЯ**

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

**Новая реальность –
новый формат**

climatexpo.ru

**Главное
отраслевое
событие года**



Открываем новые филиалы в сентябре и октябре в Краснодаре и Твери • Не изменяем стоимость оплаченного оборудования • Регулярно расширяем ассортимент и увеличиваем складской запас •
• Более 1 500 новых товарных позиций поступило на склад в 2022 году • Более 20 000 уникальных артикулов товара в наличии на складе • Двадцать два новых поставщика инженерного оборудования в 2022 году • Бесплатная доставка по всей России 7 дней в неделю • В марте и апреле провели пятидневные курсы повышения квалификации



LUNDA
для профессионалов

50 филиалов в 36 городах

Развитие филиальной сети с 2007 года • Только сертифицированный товар • Программа лояльности со специальными скидками, бонусами и акциями •
• Аренда профессионального инструмента для монтажа • Проектирование инженерных систем •
• Подбор оборудования • Персональный менеджер для каждого клиента • Бонусы с каждой покупки • Обучение и технические семинары

www.lunda.ru