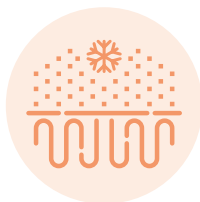


**12**

Определение  
углекислотного  
баланса воды



**28**

Технические  
премудрости  
снеготаяния



**46**

Оснащение  
вентустановкой  
ледовой арены



**52**

«Зелёный»  
проект: «БиоДом»  
и его особенности



КАЧЕСТВО С 2002 ГОДА

БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ РАДИАТОР

# BASE

ЛУЧШИЙ СРЕДИ ПЕРВЫХ



- В эксплуатации более 20 лет
- Установлено более 50 000 000 секций
- Надёжность проверенная временем

0+

2-я Международная выставка оборудования,  
технологий и услуг для вентиляции,  
кондиционирования и холодоснабжения бытовых,  
коммерческих и промышленных объектов



- 5 068 уникальных посетителей из 73 регионов и 11 стран
- 14 323 посетителя выставки Aquatherm Moscow также планировали посещение выставки AIRVent 2023
- 72% посетителей AIRVent планируют закупить продукцию участников\*

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

aqua  
THERM  
MOSCOW

**6-9.02.2024**  
Москва, Крокус Экспо  
[airventmoscow.ru](http://airventmoscow.ru)

Узнать условия  
участия



# РОСТЕРМ

## ГЛАВНЫЙ ПО РЕ-Ха\*

60 МЛН М  
ПРОИЗВОДИМ В ГОД



[pex.rostherm.ru](http://pex.rostherm.ru)

\* По данным исследования «Литвинчук Маркетинг» компания РОСТерм занимает первое место среди российских производителей трубы РЕ-Ха и пятое место среди российских производителей в сегменте полипропиленовых труб.



# РОСТЕРМ

КРУПНЕЙШИЙ РОССИЙСКИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ  
ТРУБ И ФИТИНГОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ В СЗФО

# 18 лет – 18 линий

Количество линий по выпуску труб  
PE-Xa/PE-Xb/PE-RT/PP-R/PVC/LDPE  
на производстве РОСТерм  
на февраль 2024 года

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

Санкт-Петербург  
Волхонское шоссе, д. 112  
+7 (812) 425 39 30



Где купить?



**Учредитель и издатель**

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

**Главный редактор**

Александр Николаевич Гудко

**Технические редакторы**

Сергей Брух, Александр Говорин

**Руководитель отдела рекламы**

Татьяна Пучкова

**Ответственный секретарь**

Ольга Юферева

**Дизайн и верстка**

Роман Головкин

**Редакционная коллегия**

Председатель:

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

Сопредседатели:

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

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

Заместитель председателя:

И. Я. Редько, д.т.н., проф., ИБХФ РАН

Секция «Сантехника»

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

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

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

Секция «Отопление и ГВС»

М. В. Бодров\*, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «ННГАСУ»

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

П. И. Дячек, д.т.н., проф., БНТУ (Республика Беларусь)

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

Секция «Кондиционирование и вентиляция»

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

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

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

Секция «Энергосбережение»

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

О. А. Сотникова, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «ВГТУ»

С. К. Шерязов, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «ЮрГАУ»

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

Секция «Энергетические системы и комплексы»

В. В. Елистратов\*, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «СПбГПУ»

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

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

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

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

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

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

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

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

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

\* 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

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

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС77-56668.

Подписной индекс: П1895.

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

**Адрес в Интернете**

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

**Отпечатано в типографии**

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

Тираж 15 000 экз. Цена свободная.

Выпуск № 264 (12/2023). Дата выхода: 20.01.2024.

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

ISSN 1682-3524

**Новости**

2

**ВМ-проектирование**

[Инструменты проектирования в образовательных программах  
Московского архитектурного института \(МАРХИ\)](#)

4

**Сантехника и водоснабжение**

[Полипропиленовые трубы: особенности конструкции  
и классы эксплуатации](#)

6

[«Альтерпласт» — 22 года вместе с вами](#)

10

[Определение углекислотного баланса воды](#)

12

**Отопление и ГВС**

[Проекты года. ВАХ! инновации в действии](#)

14

[Проекты года. Инженерное обустройство для завода  
по переработке пластиковой тары](#)

16

[Пеллетные и твердотопливные котлы Kiturami](#)

18

[Радиаторы RIFAR Base — 21 год](#)

20

[Проекты года. «Флексален», «Термафлекс» и я — спортивная семья!](#)

24

[Проекты года. Аутлет «Архангельское»: премудрости снеготаяния](#)

28

[Методика расчёта теплоступлений через остекления  
с заданными характеристиками пропускания солнечной энергии](#)

32

**Кондиционирование и вентиляция**

[Лучшие винтовые компрессоры от Hanbell Precise Machinery](#)

42

[Осевые вентиляторы-крыльчатки HasconWing от «ВЕНТКО»:  
просто и надёжно](#)

44

[Проекты года. Оснащение вентиляционной установкой  
ледовой арены в Омске](#)

46

[Новый завод центральных кондиционеров в России —  
бренд YALCA. новое качество кондиционеров SGK](#)

48

**Энергосбережение и ВИЭ**

[85-летие д.т.н., профессора Института гидроэнергетики и ВИЭ  
Национального исследовательского университета «МЭИ» В. В. Харченко](#)

51

[«Зелёный» проект: «БиоДом» и его особенности](#)

52

[Об истинных причинах срыва заданий Правительства РФ  
по повышению энергоэффективности зданий](#)

54

[Предложения по безопасным и прибыльным «усовершенствованным  
геотермальным системам» в горячих сухих породах](#)

66

[Идеи и перспективы поиска свободного природного водорода](#)

78

## Одной строкой

•• В городе Москве реализован масштабный проект по снижению вредных выбросов. Снижение эмиссии вредных выбросов достигается за счёт перевода тепловых нагрузок с крупных котельных на ТЭЦ ПАО «Мосэнерго», который «МОЭК» проводит как в отопительный период, так и в ходе летней ремонтной кампании на источниках и тепловых сетях столичной системы теплоснабжения.

•• В преддверии выставки CES 2024 концерны Tesla и Samsung объявили, что объединяются в области управления энергопотреблением для «умных» домов. Пользователи платформы Samsung SmartThings смогут подключаться к домашнему аккумулятору Powerwall, чтобы отслеживать производство энергии и её использование. Кроме Powerwall, SmartThings Energy сможет работать с другими продуктами Tesla.



•• РФ к концу десятилетия намерена занять 20% мирового рынка водорода. Об этом заявил первый заместитель главы Минэкономразвития России Илья Торосов. «Мы развиваем экспортный сектор по производству водорода и намерены к 2030 году занять пятую часть мирового рынка», — сказал замминистра на 28-й Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата (COP28).

•• Предприятие Meteor Thermo (ранее ООО «Бош Отопительные Системы», с апреля 2023 года входит в многопрофильный холдинг S8 Capital) выиграло открытый конкурс Минпромторга России на субсидирование разработки газового регулятора для бытового газового оборудования, в том числе отопительных котлов настенного исполнения. На сегодняшний день подобные компоненты на рынке РФ представлены только зарубежными аналогами.

•• Примерно треть возводимого сегодня в России жилья строится с учётом энергоэффективных технологий. В 2024 году прогнозируется рост этого сегмента. Экологичные дома привлекают внимание потребителей, активно строятся деревянные загородные дома. Но пока экологический тренд не подкрепляется реальным платёжеспособным спросом на квартиры и осознанным пониманием реальной заботы о будущем планеты, отмечают эксперты.

## «Русклимат»

### ТПХ «Русклимат» инвестирует в жилищное строительство Владимирской области

Торгово-производственный холдинг «Русклимат» заключил трёхстороннее инвестиционное соглашение о развитии жилищной инфраструктуры Киржачского района Владимирской области.

Восьмого декабря в Суздале, в рамках Владимирского инвестиционного конгресса, документ о взаимовыгодном партнёрстве подписали глава региона Александр Авдеев, и.о. главы администрации Киржачского района Елена Карпова и директор по корпоративным и правовым вопросам ТПХ «Русклимат» Павел Симонов.

По соглашению в 2024–2026 годах холдинг начнёт реализовывать проект по строительству жилищной инфраструктуры общей жилой площадью 90 тыс. м<sup>2</sup>. К ним относятся как 30 тыс. м<sup>2</sup> в многоквартирных домах, так и 60 тыс. м<sup>2</sup> в ИЖС. Общий объём инвестиций в проект составит порядка 4 млрд руб. Правительство области и администрация района



окажут инвестору содействие в решении всех необходимых вопросов.

Новые жилые дома, которые ТПХ «Русклимат» уже начал строить, являются частью социальной инфраструктуры особой экономической зоны (ОЭЗ) «Владимир». Массовое развитие производств в преференциальной зоне обязывает регион обеспечить проживание трудников и членов их семей. В Киржачском районе это становится возможным благодаря партнёрству с ТПХ «Русклимат».

## «ИЗТТ»

### В Киржаче запустили крупнейший в России проект роботизации производства



«Ижевский завод тепловой техники» («ИЗТТ») завершил проект по роботизации штамповочного участка филиала в городе Киржаче Владимирской области и перезапустил производство конвекторов и водонагревателей. Суммарные инвестиции в проект модернизации «ИЗТТ» в Ижевске и Киржаче превысили 135 млн руб., из которых 106,3 млн руб. предоставил федеральный Фонд развития промышленности (ФРП) Министерства промышленности и торговли Российской Федерации в виде льготного займа по программе «Производительность труда».

В рамках модернизации часть ручного и механизированного труда была заменена на полуавтоматический и роботизированный, увеличена производственная мощность пред-

приятия. Для этого было приобретено 14 промышленных роботов-манипуляторов, станок лазерной резки металла, оборудование для автоматической сварки.

Обновление промышленного оборудования на киржачской площадке позволит «Ижевскому заводу тепловой техники» после выхода на проектную мощность нарастить выпуск продукции на 32% — свыше 1,8 млн изделий в год, а также снизить дефектность готовой продукции до 0,5%.

Уровень локализации продукции «ИЗТТ» составляет до 85%: при производстве используются преимущественно сырьё и комплектующие российского производства.



«Дорогобужкотломаш»

## Завод «Дорогобужкотломаш» открыл студенческое конструкторское бюро



21 декабря 2023 года Национальный исследовательский университет «МЭИ» и ООО «Дорогобужкотломаш» («ДКМ») открыли студенческое конструкторское бюро (СКБ) на базе вуза. В церемонии открытия приняли участие ректор НИУ «МЭИ» Николай Роголёв и генеральный директор ООО «Дорогобужкотломаш» Александр Борцов.

Главной задачей СКБ «ДКМ», как и у других студенческих конструкторских бюро Московского энергетического института, является подготовка профильных высококвалифицированных кадров для организации-партнёра. Студенты получают навыки проектирования и моделирования тепломеханического оборудования с использованием современного программного обеспечения, а также бу-

дут участвовать в создании уникального оборудования для энергоснабжения миллионов людей совместно со специалистами «ДКМ». Российский завод «Дорогобужкотломаш» работает в сфере энергетического машиностроения с 1962 года. Рынки сбыта «Дорогобужкотломаш» охватывают все регионы России. Предприятие «Дорогобужкотломаш» является самым крупным по тепловой мощности в стране. Предприятием взят курс на форсированную реализацию программы импортозамещения. В настоящее время «Дорогобужкотломаш» технологически независим, что способствует укреплению энергетической безопасности страны. Продукция завода не уступает зарубежным аналогам.



Ballu

## Ballu признан самым успешным брендом 2023 года



В Москве состоялась VIII торжественная церемония вручения TroutPrize — ежегодной премии лучших торговых марок с успешным позиционированием на рынке. Собственный бренд ТПХ «Русклимат» Ballu стал победителем 2023 года.

Экспертное жюри оценивало актуальность бренда, его айдентику, соответствие целевой аудитории и ценность, а также смысловую нагрузку и корректность её восприятия.

Ведущие специалисты в области рекламы и продвижения из десятков номинированных брендов отдали своё предпочтение Ballu. Организатором премии выступает компания Trout & Partners, основанная выдающимся стратегом маркетинга, автором концепции позиционирования Дженком Траутом (1935–2017). Представительства компании находятся в десятках странах на пяти континентах. Её клиентами являются всемирно известные бренды, такие как Apple, Audi, IBM, Master Card, HP и Xerox.

Лауреатами премии TroutPrize в разные годы становились World Class, «Буквоед», Simple Group, «Адамас», Harat's и другие драйверы рынков, занимающие ведущие позиции в своих индустриях и отраслях.

В 2023 году Ballu исполнилось 20 лет, и за это время бренд стал одним из самых узнаваемых на рынке климатической техники не только в России, но и в мире. Продукция Ballu поставляется более чем в 50 стран.

Одной строкой

:: Китайский производитель поликремния, солнечных элементов и модулей GCL Group объявил о своих планах построить «первую в мире крупномасштабную линию» по производству перовскитных солнечных панелей мощностью 2 ГВт в городе Куньшань, провинция Цзянсу. GCL Optoelectronics, дочернее предприятие GCL Group, подписало соответствующее соглашение с муниципальными властями, пишет Renen.ru.



:: Производство отечественных лопастей для ветрогенераторов будет запущено в Ульяновске в третьем квартале 2024 года. Об этом сообщил журналистам в нулуарах объединённого заседания Губернаторского совета по инвестициям и Совета по промышленной политике региона генеральный директор АО «Русатом ветролопасти» Сергей Федченко, сообщает Energo-News.ru.



:: Восточный водородный кластер на Сахалине получит поддержку Минпромторга России. Данная договорённость была достигнута по итогам рабочей встречи вице-премьера, главы Минпромторга Дениса Мантурова и губернатора Сахалинской области Валерия Лимаренко. Об этом сообщила пресс-служба министерства. «Водородный кластер позволит обеспечить технологическую независимость Российской Федерации в области водорода и низкоуглеродных технологий, масштабирование этих технологий и выход на экспорт водорода и сопутствующей продукции в страны Азиатско-Тихоокеанского региона», — заявил Мантуров.

:: В современный электромобиль уже заложен функционал, благодаря которому автомобиль может не только забирать энергию, но и отдавать. А «отдавать энергии» — это значит стать частью сети распределённой энергетики. Именно на эту тему китайская Национальная комиссия по развитию и реформам (NDRC) составила и опубликовала соответствующее «Руководство по усилению интеграции транспортных средств на новых источниках энергии (NEV) с энергосистемой».



# АРХИТЕКТУРА

ВИМ-ПРОЕКТИРОВАНИЕ

## Инструменты проектирования в образовательных программах МАРХИ

Архитектор — это человек, который создаёт внутреннее и внешнее пространство, пользуясь современными инструментами проектирования.

Сегодня архитектор, как и много веков назад, планирует, проектирует и контролирует строительство зданий и сооружений. Главная задача современного архитектора — создать комфортную и безопасную среду обитания для человека.

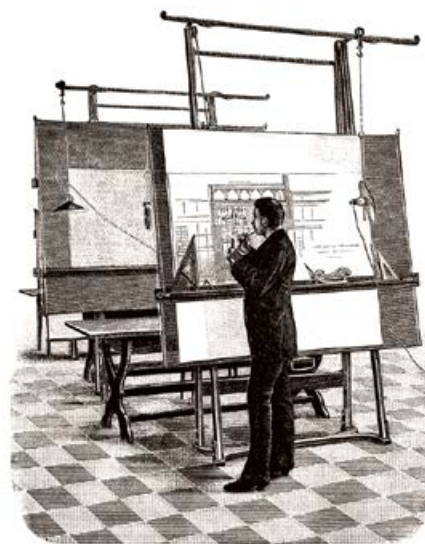
Важную роль архитекторы сыграли в развитии инженерных систем и инженерного оборудования. Архитектор Александр Николаевич Львов (1753–1803) не только занимался проектированием зданий, но и разрабатывал новые способы их отопления и вентиляции.

В XIX веке инженер-архитектор Алексей Маркович Салько (1838–1918) публикует альбом типовых решений для строительства жилых домов и православных храмов.

Архитектор Василий Иванович Соболевский (1813–1872) в первые в середине XIX века разрабатывает внутреннюю систему водостоков.

В XIX веке архитектор работал не только над архитектурой зданий и сооружений, он стремился создать комфортное пространство, используя инженерное оборудование и инженерные системы и выполняя необходимые инженерные расчёты.

В XX веке архитектор при проектировании зданий и сооружений работал совместно с конструктором и инженером, задача которых заключалась не только в разработке чертежей, но и выполнении множества необходимых инженерных проекторочных расчётов.



❖ «Архитектор за чертёжной доской». Гравюра на дереве. Опубликовано в инженерном журнале Teknisk Ukeblad (Норвегия) в 1893 году



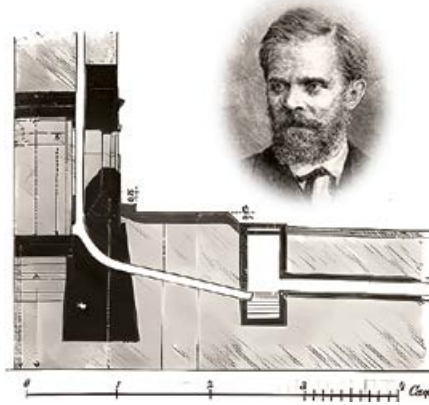
❖ «Устройство жилых домов» (1902) и «Руководство к устройству каменных и деревянных церквей» (1892). Автор — инженер-архитектор А. М. Салько

Автор: А.Н. ЧЕБАН, старший преподаватель, Московский архитектурный институт (государственная академия) [МАРХИ]

К сожалению, в этот период архитектура теряет свою индивидуальность, она становится безликой, но приобретает функциональность.

В связи с этим возникает интересный вопрос, кто же такой современный архитектор XXI века? И должен ли современный архитектор владеть инженерными и конструктивными навыками, чтобы создать инновационное и функциональное здание и сооружение?

Отвечая на поставленные вопросы, хочется отметить важную роль образования в формировании современного архи-



●● Внутренний водосток по проекту архитектора В. И. Соболевича, середина XIX века

Для создания энергоэффективного и долговечного здания и сооружения студенты МАРХИ изучают правила проектирования внутренних инженерных систем и наружных инженерных сетей. Для разработки проектов для студентов были разработаны расчёты в MS Excel:

- теплотехнической расчёт наружной ограждающей конструкции;
- расчёт мощности системы отопления (определение теплототерь здания или сооружения);
- подбор отопительных приборов;
- гидравлический расчёт системы отопления здания;
- аэродинамический расчёт механической системы вентиляции.

Данные расчётные листы позволяют студентам МАРХИ на стадии разработки проекта осуществить следующие действия, опираясь на климатические особенности района строительства:

- выбрать оптимальные наружные ограждающие конструкции, которые будут отвечать требованиям конкретного района строительства;
- определить необходимое количество тепла, требуемое для систем отопления и вентиляции;
- подобрать инженерное оборудование, которое будет соответствовать архитектурному образу здания или сооружения, не нарушая его целостности.

Подводя итог, мы можем сказать, что современный архитектор — это человек, который не только умеет рисовать, но и может выполнить сложные конструктивные и инженерные расчёты здания и сооружения. ●



●● «Русская пиростатика в двух частях, или Употребление испытанных уже воздушных печей и каминов». Автор — архитектор А. Н. Львов (часть первая — год издания 1793, часть вторая — 1799)

тектора XXI века. Кафедра «Инженерного оборудования зданий» в Московском архитектурном институте (государственная академия) готовит архитекторов, которые могут не только создавать инновационные и функциональные здания и сооружения, они также могут выполнить необходимые инженерные расчёты, которые позволяют определить энергоэффективность и увеличить долговечность здания и сооружения.

**Кафедра «Инженерного оборудования зданий» Московского архитектурного института готовит архитекторов, которые в том числе могут выполнить необходимые инженерные расчёты, которые позволяют определить энергетическую эффективность и увеличить долговечность здания и сооружения**



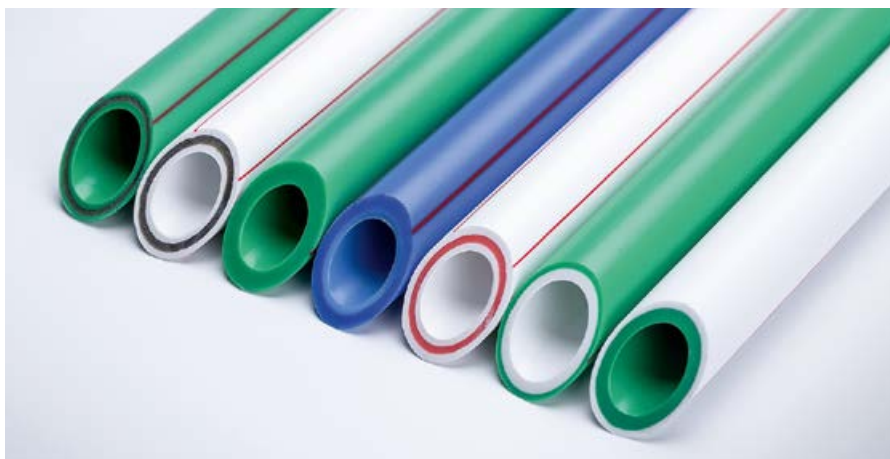
●● Архитектура Санкт-Петербурга в гравюре М. И. Махаева и Г. А. Качалова «Проспект по реке Фонтанке от Грота и Запасного дворца на полдень» (после 1753 года)



# Полипропиленовые трубы: особенности конструкции и классы эксплуатации

Благодаря своей прочности, надёжности, долговечности и сравнительно небольшой стоимости трубы из полипропилена постепенно заменяют металлические аналоги. Решающим фактором, влияющим на длительность эксплуатации трубопровода, наравне с температурным пределом оказывается давление. В статье речь пойдёт о том, какие рабочие нагрузки способны выдерживать полипропиленовые изделия и что нужно учитывать при выборе полипропиленовых труб.

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



## Виды труб

Полипропилен (PP) — это термопластичный синтетический полимер, то есть вещество, состоящее из мономерных молекулярных звеньев, соединённых в длинные макромолекулы химическими связями. Для выполненных из полипропилена труб и фитингов характерны стойкость к коррозии, высокая прочность и эластичность. Характеристики конкретной полимерной трубы зависят от свойств исходного сырья, из которого она изготовлена:

1. **Гомо-полимер PP-H** (ПП-Г или ПП тип 1) используется для технической воды и агрессивных сред, а благодаря своей абразивной стойкости также подходит для перемещения взвесей и суспензий.
2. **Блок-сополимер PP-B** (ПП-Б или ПП тип 2) предназначен для систем водоснабжения, водоотведения, устройства тёплых полов, изготовления ударопрочных труб и фитингов.
3. **Рандом-сополимер PP-R** (ПП-Р или ПП тип 3) предназначен для систем холодного и горячего водоснабжения и отопления в жилых и промышленных зданиях, а также может использоваться для прокладки технических трубопроводов.

Приобретаемые потребителем полипропиленовые трубы должны соответствовать параметрам планируемой им инженерной системы по ГОСТ Р 52134–2003

«Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним...» [1]. ГОСТ Р 52134–2003 разрешает применять в производстве труб для водоснабжения и отопления сырьё всех трёх видов, однако в настоящее время предпочтение отдаётся PP-R. Это наиболее универсальный материал, главное достоинство которого — температурная устойчивость.

**Для изделий из полипропилена характерны стойкость к коррозии, высокая прочность и эластичность. Производители выпускают различные виды труб, рассчитанные на работу в разных температурных режимах и с различным давлением**

В целом ГОСТ Р 52134–2003 «...регламентирует размеры труб, а также параметры, определяющие срок их службы: длительную прочность материалов (в виде графиков зависимости «время — напряжение в стенке трубы — температура»); условия эксплуатации (классы), определяемые комплексом температур и временем их воздействия, а также величинами давлений; коэффициенты запаса прочности» [1].





Важной характеристикой материала трубы является «минимальная длительная прочность» (Minimal Required Strength, MRS). Она показывает, при каком внутреннем напряжении (с учётом коэффициента запаса прочности) в [МПа] данный материал при температуре +20 °С гарантированно не разрушится в течении 50 лет. Обычно MRS указывается в маркировке полипропилена, например: PP-R 63 (6,3 МПа), PP-R 80 (8 МПа), PP-R 100 (10 МПа). Чем выше MRS материала, тем прочнее выполненная из него труба.

В целом, среди показателей труб всех видов также выделяют параметр «стандартное размерное отношение» (Standard Dimensional Ratio, SDR). Он обозначает отношение номинального наружного диаметра трубы к номинальной толщине стенки и обычно является частью маркировки труб. Для индекса SDR характерна обратная пропорциональность, то есть трубы, имеющие большую величину SDR, обладают достаточно тонкими стенками, а трубы с меньшим индексом SDR имеют более толстые стенки. Толстостенная труба более устойчива к внутренним и внешним воздействиям. Индекс SDR позволяет узнать толщину стенки и учесть, какое давление она сможет выдержать.

Самое большое давление выдерживают полимерные трубы с показателем SDR 6 — допустимое давление для труб такого типа составляет 25 атм. Остальные величины: SDR 7,4 — 20 атм, SDR 9 — 16 атм, SDR 11 — 12 атм, SDR 13,6 — 10 атм, SDR 17 — 8 атм, SDR 17,6 — 7 атм, SDR 21 — 6 атм, SDR 26 — 5 атм. Трубы, имеющие индексы SDR 33 и SDR 41, способны выдерживать давление до 4 атм. Исходя из этих цифр, нужно учитывать, трубы с каким показателем SDR можно применять в требуемых условиях.



Например, изделия с индексом SDR от 6 до 9 используются в напорных системах, где есть высокое давление. Трубы с SDR от 11 до 17,6 можно применять в системах орошения или водоснабжения с меньшим напором. Изделия с SDR от 21 до 26 могут устанавливаться в малоэтажных домах для подводки воды. Трубы с индексом SDR 33 и SDR 41 обычно применяют в безнапорных системах (например, в канализационных отводах).



### Армирование полипропиленовых труб

Современная трубная продукция подразделяется на цельную (однослойную) и композитную. Цельные полипропиленовые трубы имеют большой коэффициент линейного удлинения — до 0,15 мм/(м·К), поэтому при нагреве они могут «пойти волнами», создать «заломы», вырвать крепления из стен, а также способствовать скоплению воздуха в верхних точках трубопроводов, что критически уменьшит расход в системе отопления или напор в системе горячего водоснабжения. Поэтому применение цельных полипропиленовых труб в основном ограничено системами холодного и горячего водоснабжения.

**Цельные полипропиленовые трубы имеют большой коэффициент линейного удлинения, поэтому при нагреве они могут деформироваться, а также способствовать скоплению воздуха в верхних точках трубопроводов, что критически уменьшит расход или напор в системе**



Особенностью композитных изделий, напротив, является наличие дополнительного армирующего слоя. Армирование полипропиленовых труб обычно выполняется следующими способами:

- наружное армирование перфорированным или цельным слоем фольги из алюминия;
- внутреннее армирование алюминиевой фольгой;
- армирование стекловолокном;
- армирование специальной композитной смесью, состоящей из фиброволокна и полипропилена.



Вопреки распространённому заблуждению, армирование полипропиленовых труб не повышает их прочностные характеристики — оно необходимо прежде всего для того, чтобы сократить линейное удлинение материала и тем самым обеспечить больше возможностей для использования труб данного вида в инженерных системах зданий. Температурное удлинение трубы со стекловолоконным армирующим слоем примерно в два раза меньше, чем у цельной полипропиленовой трубы, а у армированной алюминием трубы — в четыре раза.

Следует отметить, что армирование стекловолокном полипропиленовых труб предназначено только для уменьшения величины линейного удлинения. Армирование стекловолокном никак не защищает от кислорода, и армированные стекловолокном трубы нельзя использовать в системах отопления, где из-за проникновения в теплоноситель кислорода неминуемо пострадают металлические элементы системы. В свою очередь, алюминиевое армирование полипропиленовых труб служит как для компенсации удлинения, так и для защиты от кислорода, и только такие трубы допускаются для применения в отопительных системах.

Тип армирования напрямую влияет и на другие особенности монтажа и эксплуатации. К примеру, армированные алюминием трубы крайне чувствительны к минусовым температурам — они могут промёрзнуть уже при  $-5^{\circ}\text{C}$ . Следовательно, если на их основе выполнена система отопления в частном доме, её категорически запрещается отключать на зиму.

Важно учитывать, что армирование фольгой допускает несколько конструктивно разных вариантов исполнения: слой алюминия может быть расположен близко к наружной поверхности трубы



не расслаиваются, характеризуются устойчивостью к химическим воздействиям. При этом коэффициент их линейного удлинения практически не отличается от аналогичного показателя у фольгированных труб —  $0,035$  против  $0,03$  мм/(м·К).

### PN и классы эксплуатации полипропиленовых труб

Маркировка PN на полипропиленовых трубах указывает на рабочее давление, которое изделие сможет выдерживать на протяжении 50 лет эксплуатации при температуре транспортируемой жидкости  $+20^{\circ}\text{C}$ . Единицей измерения давления в этой классификации выступает [бар].

При выборе номинального давления производители ориентируются на обще-



или в середине её стенки. И если в первом случае зачистку труб перед сваркой выполняют практически все специалисты, то во втором этой процедурой нередко пренебрегают. Это является грубым технологическим нарушением. Если не зачистить алюминиевый слой, выступающий с торца трубы, то металл будет контактировать с водой и разрушаться. Результатом может стать попадание жидкости в пространство между фольгой и наружным слоем полипропилена с последующим выходом трубы из строя.

Трубы со стекловолоконным армированием, за исключением невозможности их использования в системах отопления, имеют меньше ограничений по части эксплуатации. Они сохраняют целостность при кратковременном повышении температуры до  $+95^{\circ}\text{C}$ , имеют более высокую морозостойкость (обычно до  $-20^{\circ}\text{C}$ ) и обладают хорошей теплопроводностью,

принятые значения: PN10, PN16, PN20 и PN25 (то есть, соответственно, 10, 16, 20 и 25 бар). Эти значения указываются для холодной воды, и важно учитывать, что с повышением температуры воды рабочее давление сокращается, равно как и снижается срок службы труб.

Для того чтобы точнее определить свойства трубы при транспортировке горячей воды, следует ориентироваться на классы эксплуатации изделия и соответствующие им температуры. ГОСТ Р 52134–2003 устанавливает классы эксплуатации труб, а области их применения определяет следующим образом (п. 5.2.1) [1]: «Трубы и фитинги из термопластов следует применять в системах водоснабжения и отопления с максимальным рабочим давлением  $p_{\text{max}} = 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$  и  $1,6$  МПа и температурными режимами, указанными в табл. 26». Данная таблица представлена нами как табл. 1.



Классы эксплуатации труб и фитингов по ГОСТ Р 52134–2003 [1]

табл. 1

Класс эксплуатации (материалы труб)	Рабочая температура $t_{\text{раб}}$ , °С	Время службы при $t_{\text{раб}}$ , лет	Макс. температура $t_{\text{max}}$ , °С	Время службы при $t_{\text{max}}$ , год	Аварийная температура $t_{\text{авар}}$ , °С	Время службы при $t_{\text{авар}}$ , ч	Область применения
1 (для PP-H, PP-B, PP-R, PE-X, PB, PVC-C)	60	49	80	1	95	100	Горячее водоснабжение (+60 °С)
2 (для PP-H, PP-B, PP-R, PE-X, PB, PVC-C)	70	49	80	1	95	100	Горячее водоснабжение (+70 °С)
3 (для PVC-C, PP-H, PP-B, PP-R, PE-X, PB)	30 / 40	20 / 25	50	4,5	65	100	Низкотемпературное напольное отопление
4 (для PP-H, PP-B, PP-R, PE-X, PB)	20 / 40 / 60	2,5 / 20 / 25	70	2,5	100	100	Высокотемпературное напольное отопление. Низкотемпературное отопление отопительными приборами
5 (для PP-H, PP-B, PP-R, PE-X, PB)	20 / 60 / 80	14 / 25 / 10	90	1	100	100	Высокотемпературное отопление отопительными приборами
XB (для PE и PVC-U)	20	50	–	–	–	–	Холодное водоснабжение

В таблице приняты следующие обозначения:  $t_{\text{раб}}$  — рабочая температура или комбинация температур транспортируемой воды, определяемая областью применения;  $t_{\text{max}}$  — максимальная рабочая температура, действие которой ограничено по времени;  $t_{\text{авар}}$  — аварийная температура, возникающая в аварийных ситуациях при нарушении систем регулирования [1].

ГОСТ Р 52134–2003 также декларирует, что (п. 5.2.2): «Максимальный срок службы трубопровода для каждого класса эксплуатации определяется суммарным временем работы трубопровода при температурах  $t_{\text{раб}}$ ,  $t_{\text{max}}$  и  $t_{\text{авар}}$  и составляет [увы, только максимально, а не номинально. — Прим. авт.] 50 лет».

Классы эксплуатации конкретных изделий указываются на маркировке или в прилагающейся технической документации. Несмотря на заявляемые производителями предельные нагрузки, которые способны выдерживать полипропиленовые трубы, категорически не рекомендуется эксплуатировать их в условиях максимальных значений, поскольку это существенно сократит срок службы изделий.

### Особенности монтажа

Правильно спроектированный и смонтированный полипропиленовый трубопровод способен выдержать предельное давление, заявленное производителем труб и фитингов, в течение всего гарантийного срока службы. Но это возможно только в случае кратковременного повышения до максимальных показателей.

Перед проведением монтажа необходимо провести предварительные расчёты, опираясь на нормативные документы (СП 30.13330.2020, СП 60.13330.2010, СП 40-102–2000 и СП 40-101–96 [2–5]): назначение и режим работы трубопровода, рабочее давление и температура транспортируемой среды определяют выбор конкретного вида труб (с учётом специфики изделий из полипропилена).

Соединять полипропиленовые трубы можно двумя способами: с помощью фитингов или сварки встык. Сварка необходима для создания монолитной конструкции, а фитинги используются в тех случаях, когда требуется проложить магистраль с резкими поворотами и многочисленными ответвлениями.

Фасонные части могут быть изготовленными полностью из полипропилена (в этом случае соединение осуществляется посредством пайки), так и иметь комбинированную конструкцию, когда внешняя часть детали выполнена из полипропилена, а внутренняя — из металла. Металлическая часть фитинга должна обязательно иметь резьбу. Фитинги с металлическими вставками используются для соединения полипропилена с металлическими трубами, кранами и другими элементами трубопроводной системы. Но следует учитывать, что замоналичивать такие соединения в строительные конструкции нельзя, поскольку существует вероятность протечки и необходимость в последующем ремонте. Маркировка фитингов должна соответствовать маркировке труб, с которыми они будут использоваться (например, PN10 или PN25).

Для компенсации линейного удлинения в полипропиленовых трубопроводах применяются специальные компенсирующие устройства. Они могут иметь разную конструкцию (Г-, П-, Z-образные или

кольцевые упругие элементы, компенсатор Козлова), но общей для них является способность подстраиваться под возникающие нагрузки. Их принцип действия схож с пружинным механизмом: при повышении давления и температуры компенсатор сжимается, принимая нагрузку на себя и тем самым предохраняя трубы от недопустимых напряжений и деформаций, не позволяя температурным скачкам и гидравлическим ударам воздействовать на разводку труб, а при снижении — возвращается в исходную форму. Такие компенсаторы обеспечивают сохранность не только трубопроводов, но и арматуры, которая была использована при монтаже.

### Выводы

Помимо высоких качественных характеристик, полипропиленовые трубы обладают важными преимуществами: простота монтажа (по сравнению с изделиями из другого материала), удобная транспортировка (малый вес), устойчивость к загрязнениям и коррозии (не требуют покраски), малая теплопроводность, поглощение шумов, безопасность, возможность замены повреждённых участков, отсутствие конденсата. Всё это делает полипропиленовые изделия хорошим решением для различных трубопроводных систем. С возникшими вопросами обращайтесь за консультацией в строительный магазин. ●

**Правильно спроектированный и смонтированный полипропиленовый трубопровод способен выдержать предельное давление, заявленное производителем труб и фитингов, в течение всего гарантийного срока службы**



1. ГОСТ Р 52134–2003. Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия (с Изм. №1) / Дата введ.: 01.03.2004.
2. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий [СНиП 2.04.01–85] (с Изм. №1 и №2) / Дата введ.: 01.07.2021.
3. СП 60.13330.2010. Отопление, вентиляция и кондиционирование [СНиП 41-01–2003] (с попр.) / Дата введ.: 01.01.2004.
4. СП 40-102–2000. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования / Одобр.: 16.08.2000.
5. СП 40-101–96. Проектирование и монтаж трубопроводов из полипропилена «рандом сополимер» / Дата введ.: 04.09.1996.





**АЛЬТЕРПЛАСТ**  
ВОДОСНАБЖЕНИЕ • ОТОПЛЕНИЕ • КАНАЛИЗАЦИЯ



На правах рекламы.

САНТЕХНИКА  
И ВОДОСНАБЖЕНИЕ

## «Альтерпласт» — 22 года вместе с вами

Компания «Альтерпласт», один из ведущих российских поставщиков комплектующих для систем водоснабжения, отопления и канализации, успешно работает и развивается на отечественном рынке более 22 лет. За это время компания заслужила репутацию надёжного поставщика и партнёра.

Успешному развитию и уверенному росту компании способствовало следование законам и традициям честного цивилизованного бизнеса, а также выпуск качественной и востребованной продукции. За время работы ассортимент компании расширился в несколько раз и на данный момент включает более 15 тыс. наименований продукции.

Накопленный опыт позволяет компании комплексно подходить к вопросам подбора и поставки продукции. Постоянное расширение ассортимента привело к тому, что «Альтерпласт» в настоящее время представляет собой «оптовый гипермаркет», где у клиента есть все возможности комфортно выбирать и приобретать необходимую продукцию под определённый проект.

Компания «Альтерпласт» предлагает своим клиентам приобрести все основные типы трубопроводов, используемые в современном строительстве:

- **пластиковые трубы и фитинги** (PP-RC, PE-RT, PE-X, ПНД, внутренняя и наружная канализация);
- **металлопластиковые трубы и фитинги к ним;**
- **трубы и фитинги для наружной канализации из ПВХ;**
- **напорные трубопроводы из ПВХ.**

Всегда имеется в наличии весь необходимый ассортимент для комплектации систем водоснабжения, отопления и канализации — резьбовые латунные фитинги, аксиальные фитинги, запорная и терморегулирующая арматура, смесительные узлы и коллекторные группы, монтажный инструмент, крепёж, гибкая подводка, насосное оборудование, оборудование для котельной, теплоизоляция и др.

В качестве универсальных решений в области отопления компания предлагает своим клиентам алюминиевые секционные и биметаллические радиаторы Radena.

Особое внимание в рамках своей технической политики «Альтерпласт» уделяет комплексу мероприятий, направленных

на улучшение качества и повышение надёжности продукции. Для производства используется только высококачественное, экологически безопасное сырьё, а вся продукция проходит полный пооперационный контроль качества — от проверки применяемого сырья до тщательного тестирования готового продукта.

Одной из основ развития компании «Альтерпласт» являются собственные испытания, разработки и ноу-хау. Например, система сварных фитингов PE-RT — это инновация в технологии монтажа трубопроводов отопления и водоснабжения (патент №117355U1), улучшенная оригинальная конструкция пресс-фитингов ALTSTREAM, которая обеспечивает полную герметизацию соединения и предотвращает срыв трубы с хвостовика фитинга, — собственные разработки «Альтерпласт». Компания имеет более 30 патентов в сфере инженерных систем.

«Альтерпласт» уделяет особое внимание предоставлению клиентам полной технической и рекламной поддержки. Технические специалисты компании регулярно проводят обучение: технические семинары, презентации и консультации.

«Альтерпласт» предлагает своим клиентам европейский уровень сервиса. Один из основных принципов компании — отгрузка со склада на следующий день после получения заказа от клиента с полным отсутствием очереди.

Быстрота и точность поставок обеспечивается постоянной поддержкой большого товарного запаса на складе компании и хорошо организованной складской логистикой.

Доставка продукции осуществляется во все города России.

Компания «Альтерпласт» стремится к тому, чтобы работать с ней было удобно и выгодно. С нами вы всегда на шаг впереди: профессиональное качество без компромиссов. Компания «Альтерпласт» — это команда профессионалов, которая работает для профессионалов. ●



**АЛЬТЕРПЛАСТ**  
ВОДОСНАБЖЕНИЕ • ОТОПЛЕНИЕ • КАНАЛИЗАЦИЯ

**TEBO**  
technics

**AltStream**  
надежно, всегда.

**Radena**

+7 495 287-96-96

info@alterplast.ru

www.alterplast.ru

alterplast\_official

alterplast\_official

альтерпласт

RealAlterplast

# ТЕВО®

t e c h n i c s

С НАМИ ВЫ ВСЕГДА НА ШАГ ВПЕРЕДИ:  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ КАЧЕСТВО БЕЗ КОМПРОМИССОВ

 **РОССИЙСКОЕ  
ПРОИЗВОДСТВО**

**ПОЛИПРОПИЛЕН**

**ПНД**

**PE-RT**

**PE-X**

**КАНАЛИЗАЦИЯ**



[www.alterplast.ru](http://www.alterplast.ru)

**+7 (495) 287 96 96**





## Определение углекислотного баланса воды

В статье показано, как можно определить все формы углекислоты в воде, произведя только один анализ.

Углекислота, растворённая в воде, во многом определяет её коррозионные свойства. В результате растворения углекислого газа в воде образуется угольная кислота ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), поэтому вода приобретает коррозионные свойства. Если такая вода будет контактировать с металлами, то возможно протекание коррозии с водородной деполяризацией.

Вся природная вода содержит углекислоту. При этом выделяют три формы углекислоты: свободную, полусвязанную и связанную. Свободная форма углекислоты — это газообразный диоксид углерода, который, растворяясь в воде, обеспечивает её кислотные свойства. То есть при растворении газообразного диоксида углерода в воде образуется избыток ионов водорода ( $\text{H}^+$ ). Полусвязанная углекислота — это бикарбонат-анион ( $\text{HCO}_3^-$ ). Связанная углекислота — это карбонат-анион ( $\text{CO}_3^{2-}$ ).

Если в воде существуют только связанные и полусвязанные формы углекислоты, то такая вода не содержит «свободных» ионов водорода, и коррозия с водородной деполяризацией в такой воде не протекает. Данное обстоятельство важно понимать для того, чтобы избежать коррозии в системах водоснабжения, тепловых сетях, питающих трактах паровых и водогрейных котлов, в самих котлах, а также в различном водоиспользующем оборудовании.

Для определения углекислотного баланса воды достаточно произвести всего один анализ. То есть формально это два анализа, но их довольно просто можно совместить в один.

### Давайте рассмотрим пример.

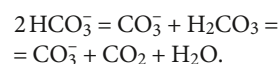
Имеется тепловая сеть с максимальной температурой воды  $+95^\circ\text{C}$ . Подпитку данной сети следует производить умягчённой, обескислороженной и декарбонизированной водой. В данном случае нас интересует, насколько декарбонизирована вода тепловой сети и вода подпитки тепловой сети. Или, по-другому, полностью ли из неё удалена свободная форма углекислоты?

Углекислота растворяется в воде в две стадии (процесс гидролиза  $\text{CO}_2$ ):

#### 1. Первая стадия —



#### 2. Вторая стадия —



На первой стадии углекислый газ образует углекислоту в воде, которая диссоциирует на катион водорода ( $\text{H}^+$ ) и бикарбонат-анион ( $\text{HCO}_3^-$ ). На второй стадии в воде образуются карбонат-анионы ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) и углекислота ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Протекание процесса по второй стадии возможно при удалении или нейтрализации полученной углекислоты.

**Для определения углекислотного баланса воды достаточно произвести всего один анализ. Формально это два анализа, но их довольно просто можно совместить в один. Это анализ воды на щёлочность по фенолфталеину и метилоранжу и анализ на свободную углекислоту**

Наша цель в том, чтобы определить, есть ли в воде свободная углекислота, которая обеспечивает протекание процесса гидролиза по первой стадии. Если свободная углекислота присутствует, то такая вода для данных условий тепловой сети — коррозионно-активна и поэтому опасна, и потребуются полное удаление свободной углекислоты из данной воды, прежде чем она попадёт в тепловую сеть. То есть углекислотный баланс такой воды смещён в сторону растворения (и, соответственно, коррозии).

Для определения углекислотного баланса воды или определения значений всех трёх форм углекислоты в данной воде необходимо провести один анализ, состоящий из двух существующих активно применяемых анализов.

Это анализ воды на щёлочность по фенолфталеину и метилоранжу и анализ на свободную углекислоту. Данные анализы чётко связаны между собой. При этом, в отличие от стандартного анализа на щёлочность, будет требоваться ещё один реагент (титрующий раствор). Это раствор едкого натра (NaOH) концентрацией 0,1 мг-экв/л (0,1 н).

Последовательность производства анализа такова.

Сначала отбираем пробу воды объёмом 100 мл. Затем добавляем в воду индикатор — фенолфталеин. Если проба воды окрасилась, то это означает, что в воде нет свободной углекислоты. Водородный показатель такой воды составляет более чем 8,3 рН. Далее производим стандартный анализ воды на щёлочность. Титруем пробу раствором соляной кислоты (0,1 н) до полного обесцвечивания. Количество ушедшей на титрование соляной кислоты равно концентрации в пробе карбонатов (плюс гидратов при определённых условиях) в мг-экв/л.

Затем в пробу добавляем индикатор метиловый оранжевый и продолжаем титровать соляной кислотой до изменения цвета. Количество ушедшей на титрование раствора соляной кислоты в [мл] будет равно концентрации бикарбонатов в пробе в [мг-экв/л]. Таким образом, в данной пробе отсутствует свободная углекислота (CO<sub>2</sub>), но присутствует полусвязанная (бикарбонат) и связанная (карбонат). Данная вода не вызывает коррозии с водородной деполаризацией. Углекислотный баланс такой воды смещён в сторону выпадения осадка.

Если проба не окрасилась после добавления фенолфталеина, то начинаем её титровать раствором едкого натра до появления устойчивой розовой окраски. Количество едкого натра в [мл], ушедшее на титрование, будет равно количеству свободной углекислоты в пробе в [мг-экв/л]. К примеру, на титрование ушло 0,3 мл 0,1 н раствора NaOH. Тогда концентрация свободной углекислоты в пробе будет равна CO<sub>2</sub> = 0,3 мг-экв/л или 0,3 × 44 = 13,2 мг/л. Далее в пробу добавляется индикатор метиловый оранжевый и производится стандартный анализ на щёлочность.

В такой воде уже будет содержаться свободная углекислота, и в ней будет наблюдаться коррозия с водородной деполаризацией в условиях тепловой сети. Для данной воды будет требоваться либо отгонка углекислоты, либо добавление щелочных реагентов для связывания свободной углекислоты в полусвязанную — бикарбонат.

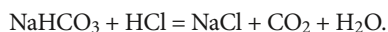
При данном анализе проходят следующие химические реакции:

**1. Первый вариант** — если в воде присутствует свободная углекислота. Титрование раствором едкого натра в присутствии фенолфталеина:



После того, как вся свободная углекислота перейдёт в полусвязанную, проба окрасится. Значение рН такой пробы — 8,3.

Титрование раствором соляной кислоты в присутствии метилоранжа:



После того, как весь бикарбонат разложится с выделением CO<sub>2</sub>, изменится цвет пробы. Значение рН такой пробы — 4,5.



**2. Второй вариант** — если в воде отсутствует свободная углекислота. В этом случае производится обычный анализ на щёлочность по фенолфталеину и метилоранжу.

Необходимо учесть тот факт, что после добавления раствора едкого натра количество бикарбоната в пробе увеличится на количество свободной углекислоты. Поэтому при расчёте бикарбоната по количеству ушедшего на титрование раствора соляной кислоты в присутствии метилоранжа необходимо от полученного значения потраченного раствора в [мл] вычесть значение потраченного на титрование раствора едкого натра.

К примеру, для нашей тепловой сети. После добавления фенолфталеина в пробу её цвет не изменился. После добавления в пробу 0,3 мл 0,1 н раствора едкого натра проба приобрела устойчивый розовый окрас. Значит в пробе содержится 0,3 мг-экв/л (13,2 мг/л) свободной углекислоты. Затем пробу начали титровать раствором соляной кислоты. Изменение цвета произошло после добавления в пробу 2,3 мл раствора кислоты. Это означает, что концентрация бикарбонатов в пробе равна 2,3 – 0,3 = 2,0 мг-экв/л. Именно в этом есть отличие от обычного анализа на щёлочность.

Давайте рассмотрим ещё один пример, в котором ингибирование коррозионных процессов идёт несколько другим путём.

**Пример.** Имеется система питьевого водоснабжения, использующая стальные трубопроводы. В качестве источника водоснабжения — полноводная река. Исходная речная вода имеет следующий химический состав по формам углекислоты:

- рН = 7,8;
- [HCO<sub>3</sub>]<sup>-</sup> = 2,5 мг-экв/л;
- [CO<sub>2</sub>] = 0,1 мг-экв/л (0,1 × 44 = 4,4 мг/л).

При этом данная вода находитесь в углекислотном равновесии. Условия в реке таковы, что CO<sub>2</sub> в воде находится в равновесии с окружающей средой (CO<sub>2</sub> в воздухе, CO<sub>2</sub> от различных процессов окисления органики и т.д.). При этом не наблюдается ни растворения твёрдого карбоната кальция, ни его образования. То есть при таких условиях для речной воды коррозионные процессы будут незначительны. Однако речная вода проходит водоподготовку методом коагуляции сернокислым алюминием. В результате гидролиза алюминия в воде появляется дополнительная свободная углекислота, что приводит к уменьшению значения рН. После водоподготовки вода имеет значение рН = 7,0 и значение бикарбоната — 2,1 мг-экв/л. Часть бикарбонатов разлагается с образованием гидрата для осуществления процесса гидролиза алюминия.

Получается, что 2,5 – 2,1 = 0,4 мг-экв/л бикарбоната разложилось с образованием гидрата и свободной углекислоты. Гидрат ушёл на алюминий, а свободная углекислота растворилась в воде и вызвала уменьшение значения рН. Причём количество образовавшейся в процессе гидролиза алюминия углекислоты равно 0,4 мг-экв/л или 0,4 × 44 = 17,6 мг/л. Всего, с учётом начальной свободной углекислоты, в воде после водоподготовки содержится 4,4 + 17,6 = 22 мг/л CO<sub>2</sub>.

Теперь углекислотный баланс воды смещён в сторону протекания коррозии. В данном случае будет происходить коррозия стальных трубопроводов с кислородной деполаризацией. Как правило, данные коррозионные процессы протекают достаточно медленно из-за низкой температуры воды, но они всё равно протекают. При этом сама вода формально соответствует всем нормативным требованиям на выходе после водоподготовки.

Производство анализа на определение углекислотного баланса воды по представленной в статье методике позволяет довольно просто отследить смещение углекислотного равновесия и понять, будут ли наблюдаться коррозионные процессы или осадкообразующие.

Данная методика довольно проста, но при этом позволяет оценить углекислотное состояние воды для любых целей. ●



ПРОЕКТЫ ГОДА:  
ОТОПЛЕНИЕ И ГВС

## BAXI: инновации в действии

В 2023 году котельная сырзавода «Пречистое» пережила значительные преобразования. Чугунные котлы 2010 года выпуска заменили на современные энергоэффективные котлы BAXI, что позволило увеличить мощность установленного оборудования и обеспечить повышение общей мощности котельной с 180 до 640 кВт.



### Задачи проекта

Российская компания ОАО «Пречистенский сыродельный завод» — один из ведущих производителей натуральных сыров моцарелла, чеддер и пицца-топпингов. Завод «Пречистое» был введён в эксплуатацию в 1957 году и продолжает динамично развиваться. К концу 2023 года плановый выпуск продукции завода составил 1800 тонн в месяц.

В котельной завода были установлены атмосферные чугунные котлы, которые бесперебойно работали в течение 12 лет. Но в связи с расширением производства потребовалась увеличенная тепловая мощность, причём приоритетным условием заказчика стало сокращение затрат на природный газ. Руководство компании приняло решение о модернизации заводской котельной с применением современного энергосберегающего оборудования.

### Повышенная эффективность от BAXI

На котельные промышленных предприятий приходится существенная доля потребляемых энергоресурсов. За счёт применения энергосберегающих технологий решаются наиважнейшие задачи: повышение эффективности производства, экономия значительного количества электроэнергии и уменьшение нагрузки на окружающую среду.

Переоборудование котельной сырзавода «Пречистое» состояло в замене неэкономичных чугунных котлов на современные энергоэффективные конденсационные котлы BAXI, которые вырабатывают большее количество тепла, сжигая при этом меньше газа.

Для обеспечения комфортной температуры в производственных помещениях

**На котельные промышленных предприятий приходится существенная доля потребляемых энергоресурсов. За счёт применения энергосберегающих технологий можно сэкономить как газ, так и электроэнергию**

завода технические специалисты «БДР Термия Рус» подобрали два напольных котла повышенной эффективности BAXI Power HT-A 1.320 мощностью по 320 кВт каждый. Котлы установлены в каскаде и оснащены погодозависимым регулированием, которое гарантирует заданный температурный режим.



Сложностей с монтажом нового котельного оборудования не возникло, так как котлы BAXI Power HT-A 1.320 обладают более компактными размерами и меньшей массой по сравнению с заменённым оборудованием. Тем не менее, для установки конденсационных котлов потребовалось заменить дымоход на газоплотный, соответствующий требованиям конденсационной техники, а также поменять автоматику на современную с каскадным управлением и регулированием по датчику уличной температуры.



#### Выбор в пользу конденсационных котлов

Конденсационные отопительные котлы, обладающие повышенной эффективностью, с каждым днём набирают всё большую популярность на российском рынке отопительной техники. Это обусловлено рядом преимуществ, которые выгодно отличают конденсационные котлы от традиционных теплогенераторов конвекционного типа:

1. Экономия газа в системах с низкотемпературными контурами достигает 35% по сравнению с обычным конвекционным котлом.
2. Малые габариты и вес котлов позволяют комфортно разместить котёл малой мощности в небольшом частном доме или поставить промышленный котёл в крышную блочно-модульную котельную многоквартирного жилого дома.
3. Содержание вредных веществ в продуктах сгорания у конденсационных котлов существенно снижено (NO<sub>x</sub> на 80%, СО на 90%) благодаря полному предварительному смешению газа и воздуха и специальной горелке из нержавеющей стали.



**Котлы BAXI Power HT — это оптимальная стоимость, высокое качество изготовления, широкие возможности автоматики, простота эксплуатации, адаптация к российским условиям**



4. Низкая температура отходящих газов позволяет использовать фирменные пластиковые дымоходы.
5. Низкий уровень шума повышает уровень комфорта жильцов и гостей дома.
6. Высокое удобство и простота сервисного обслуживания.

#### Инновации в действии

Power HT (HT-A) — котлы нового поколения итальянского производства, которые уже успели получить высокие оценки от европейских пользователей. Котлы серии Power HT (HT-A) являются продолжением передовой линейки напольных конденсационных котлов и достигают максимальной единичной мощности 650 кВт.

Котлы Power HT (HT-A) — эффективные и компактные, они оптимально подходят для систем отопления производственных помещений, многоэтажных домов, торговых центров и офисных зданий. Особая конструкция и геометрия теплообменника обеспечивают равномерную и чрезвычайно эффективную передачу тепла. Эти котлы — идеальный вариант для использования в каскаде. Электронная плата и автоматика позволяют соединить в каскад до 16 котлов.

#### Технические характеристики котлов BAXI Power HT (HT-A)

Приведём основные характеристики напольных газовых конденсационных котлов BAXI Power HT (HT-A): электронное зажигание, электронная модуляция пламени, погодозависимая автоматика, самодиагностика, режим «тёплые полы», защита от замерзания, низкие выбросы NO<sub>x</sub>.

#### Преимущества котлов BAXI Power HT (HT-A)

##### Оптимальная стоимость

- гибкая ценовая политика;
- система регистрации и защиты проектов с оборудованием BAXI.

##### Высокое качество

- европейские комплектующие.

##### Монтаж и пуск

- широкие возможности и функционал автоматики;
- простота установки и эксплуатации, лёгкость в обслуживании;
- котлы адаптированы для работы в российских условиях.

Применение высокотехнологичных инновационных котлов BAXI Power HT-A 1.320 позволило ОАО «Пречистенский сыродельный завод» решить основные задачи проекта: повысить мощность в рамках существующего помещения котельной и сократить расходы на топливо. ●



ПРОЕКТЫ ГОДА:  
ОТОПЛЕНИЕ И ГВС

## Инженерное обустройство для завода по переработке пластиковой тары

Каждый из объектов требует собственного технического решения для того, чтобы максимально точно выполнить заказчиком поставленную задачу. Одним из таких заказчиков стало предприятие в городе Братислава (Республика Словакия) по переработке пластиковых бутылок для напитков Renviro. И это очень интересный опыт, которым было бы полезно поделиться...

**Автор:** Виктория ВРАНСКА,  
исполнительный директор ADRIAN Group  
(Республика Словакия)

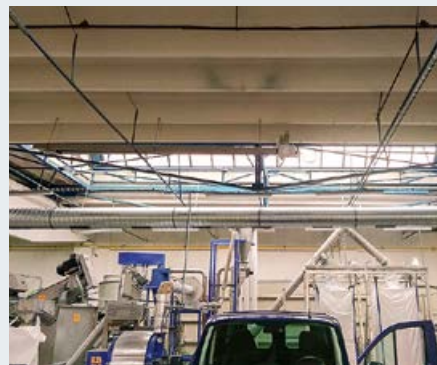
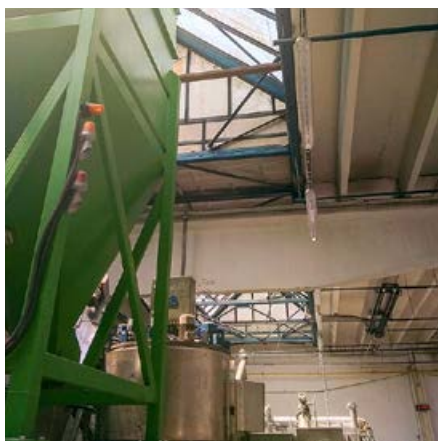


На правах рекламы.

Торговая марка ADRIAN в 2023 году отметила своё 30-летие на рынке инженерных систем больших зданий промышленного и гражданского назначения. За это время мы столкнулись с огромным количеством самых разнообразных объектов, как у себя в Словакии, так и за рубежом. В основном это производственные цеха заводов и фабрик различных отраслей промышленности: машино-, станко-, судно- и автомобилестроение, авиапром, металлообработка, нефтехимическая и оборонная промышленность, производство стройматериалов и товаров народного потребления, логистические склады, депо, объекты сельского хозяйства, спортивные и культовые сооружения и многое другое, что можно обобщить как объекты промышленного и гражданского назначения с помещениями большого объёма и высотой более 4 м.

Каждый из объектов требует собственного технического решения для того, чтобы максимально точно выполнить поставленную заказчиком задачу. Одним из таких заказчиков стало братиславское предприятие по переработке пластиковых бутылок для напитков Renviro. И это очень интересный опыт, которым было бы полезно поделиться.

В связи с предполагаемым наращиванием мощности переработки с 4500 до 25 тыс. тонн компания Renviro переехала в цех промышленной зоны бывшего Трнавского автомобильного завода (TAZ). Объект площадью около 4000 м<sup>2</sup> и высотой 7,8 м отапливается пятью единицами «тёмных» (температура излучающей поверхности до 400°C) газовых инфракрасных обогревателей ADRIAN-RAD AL502 линейного исполнения с подключением к резервуару с пропан-бутановой смесью.



⊞ Газовое инфракрасное отопление на предприятии Renviro

На правах рекламы.



●● Газовые инфракрасные обогреватели ADRIAN-RAD AL502 на предприятии Renvigo

Обогреватели номинальной мощностью 50 кВт и длиной более 16 м оптимально подходят для данных технологических линий. Необходимость увеличения объёма переработки более чем в 5,5 раз вызвано новой государственной программой словацкого правительства, вступившей в силу 1 января 2022 года.

Словакия давно пыталась решить вопрос утилизации отходов и особенно упаковки для безалкогольных и слабоалкогольных напитков в ПЭТ-бутылках и жестяных банках. Разноцветные контейнеры долгое время красовались во дворах микрорайонов. Однако только системные меры, принятые на государственном уровне, позволили практически полностью решить эту задачу. С 1 января 2022 года, покупая банку или бутылку с водой, лимонадом или пивом, житель Словакии автоматически оплачивает на кассе дополнительные 15 центов в качестве залога за упаковку (они входят в стоимость товара). Такая упаковка обозначается латинской

буквой Z, что, собственно, и означает «залог». Возвращая тару в специальный автомат, он получает чек с суммой возврата, которая отнимается от суммы покупок. Легко и просто, а главное — эффективно.

Анализ эксперимента, действующего всего два года, показал уникальные результаты. До введения залога ПЭТ-бутылки составляли около 30 % объёма отходов в жёлтых контейнерах, предназначенных для пластиковых отходов.

То, что исследование показало ещё год назад, теперь подтвердилось. В рассортированном мусоре значительно уменьшилось количество возвратной тары, то есть ПЭТ-бутылок и банок.

Результаты подтвердил администратор системы залога упаковки Natur-Pack. «Доля тары из-под напитков в жёлтых контейнерах для рассортированного мусора значительно снизилась, как по весу, так и по объёму», — говорится в их пресс-релизе.

Расчёты, направленные на долю упаковки для напитков, проводились до на-

чала действия системы залога в 2021 году, затем вскоре после её начала в переходный период (до июня 2022 года) и теперь в 2023 году, когда депозитная система уже демонстрирует чрезвычайно высокую возвратность упаковки. «Мы можем анализировать отходы и получать важную информацию об уровне сортировки и возврата благодаря отличному сотрудничеству с компаниями по сбору мусора», — говорит администратор системы залога.

До введения системы залога в среднем 21,58 % веса контейнеров раздельного сбора составляли пластиковые бутылки. В анализе 2022 года их количество снизилось до менее чем 3 %, а в 2023 году — до 2 %. Таким образом, сокращение массы пластиковой упаковки для напитков составляет более 90 %.

Если же выразить долю ПЭТ-бутылок в объёме, который они занимают в контейнерах для сортировки, то падение будет ещё более значительным. Если в 2021 году пластиковая тара для напитков занимала в среднем до 30,4 % объёма контейнеров и пакетов для раздельного сбора, то к середине 2022 года этот показатель снизился до 3,9 %, а в 2023-м, как показывает анализ, составляет всего 2,38 %. В целом это означает снижение более чем на 92 %.

Ещё более значительное сокращение было обнаружено для банок из-под напитков, где снизилось почти 95 % их первоначального веса и более 97,5 % объёма, который они занимали при сортировке.

Тара, которая «исчезла» из сортированного мусора, была собрана с помощью системы залога. На сегодняшний день с начала действия системы в 3250 пунктах сбора было собрано более 1,8 млрд упаковок для напитков.

«В настоящее время мы подводим итоги второго года работы системы залога и наслаждаемся большим успехом, который подтверждается не только высоким процентом возврата самой упаковки или недавним опросом населения с позитивным откликом, но и результатами анализа раздельного сбора мусора», — резюмирует менеджер компании Deposit System.

Цель системы залога — достичь к 2025 году 90 % возврата упаковки проданных напитков, переработать её и использовать в производстве новых пластиковых бутылок и жестяных банок.

С учётом тепловыделения технологии переработки и непрерывного режима работы, установленное оборудование обеспечило необходимые климатические условия, а также сэкономило не менее 68 % энергозатрат. ●

[www.adriangroup.sk/ru](http://www.adriangroup.sk/ru)



### Раздельный сбор мусора в Словакии

Раздельный сбор мусора появился в Словакии в 2016 году после принятия Закона об отходах №79/2015, который в том числе установил сортировку мусора на стороне источника, то есть домохозяйств и предприятий. Были введены контейнеры с цветовой маркировкой: синие для бумаги, жёлтые — для пластика и металла, зелёные — для стекла, коричневые — для органических отходов и серые — для прочего мусора. Такой стандартизированный подход повысил ясность и способствовал последовательной практике сортировки отходов.



## Пеллетные и твёрдотопливные котлы Kiturami

Компания Kiturami Co., Ltd. («Китурами»), один из ведущих мировых производителей отопительного оборудования, отметила в 2022 году своё 60-летие. На российском рынке компания завоевала сердца потребителей широким ассортиментом, высоким качеством «Сделано в Корее», доступной ценой и универсальным дизайном. В основе работы котлов Kiturami лежит точная автоматика и новейшие системы компьютерной самодиагностики. Компания постоянно совершенствует свою продукцию — технологии в котлах Kiturami улучшаются год от года.

### Пеллетные котлы Kiturami серии KRP

Котлы Kiturami на топливных гранулах представлены на российском рынке серией KRP. Линейный ряд включает в себя две модели: KRP-20A мощностью 24 кВт и KRP-50A производительностью 58 кВт.

**Kiturami KRP-20A** — это оптимальное решение для бытового применения. Эти котлы наиболее востребованы среди владельцев частных домов. Данная модель способна обеспечить теплом и горячей водой дома площадью до 300 м<sup>2</sup>.

**Kiturami KRP-50A** — это мощный напольный котёл, идеально подходящий для теплоснабжения промышленных, административных и торговых зданий и помещений. Если использовать его на полную мощность, он способен обеспечить комфортные температурные условия в зданиях площадью до 600 м<sup>2</sup>.

В этой статье мы подробно остановимся на младшей модели этой линейки.

Kiturami KRP-20A представляет собой двухконтурный пеллетный котёл с трёхходовым трубчатый теплообменником. Помимо стандартных блоков, входящих в каждый типовой пеллетный котёл, Kiturami KRP-20A в комплекте поставки «Премиум» оснащён дополнительными блоками, облегчающими его использование и делающими его более комфортным. Ниже разберём его устройство.

**1. Бункер.** Как и любой пеллетный котёл, KRP-20A оснащён бункером. Наличие последнего продиктовано необходимостью хранения запаса пеллет для обеспечения длительной работы котла в автономном режиме. Хранилище вмещает 150 кг топливных гранул. Такого запаса хватит на семь-восемь суток в весенне-осеннее время и на трое-четыре суток при использовании в зимний период. Высота бункера

**Котёл Kiturami KRP-20A — это оптимальное решение для бытового применения. Котёл Kiturami KRP-50A — мощный напольный котёл, идеально подходящий для теплоснабжения промышленных, административных и торговых зданий и помещений**

1,2 м позволяет комфортно пополнять его без дополнительных приспособлений в виде лестниц и т.п.

**2. Подающий шнек.** Со дна конусообразного бункера топливные гранулы с помощью жёсткого шнека поднимаются на высоту, откуда затем скатываются в горелку. Размеры шнекового транспортера позволяют доставлять пеллеты в целом виде, избегая их перемалывания в процессе доставки. Плавность и бесперебойность подачи осуществляется надёжным электродвигателем.

**3. Встроенная горелка.** Котёл оборудован горелкой с керамическим ТЭНом. После засыпки стартовой дозы топливных гранул запускаются нагреватель и вентилятор, и происходит розжиг горелки. Подача воздуха в слой пеллет происходит по всей площади колосника, что позволяет равномерно насытить кислородом весь слой топливных гранул, тем самым обеспечив высокую степень сжигания.

**4. Трёхходовой теплообменник.** Конструкция теплообменника выполнена таким образом, что позволяет раскалённым газам трёхкратно проходить сквозь него, обеспечивая максимальный теплосъём внутри котла.

**5. Контур ГВС.** Наличие контура ГВС позволяет организовать горячее водоснабжение в доме.



❖ Напольный пеллетный двухконтурный котёл серии KRP с бункером для пеллет

**6. Автоматическая очистка колосника горелки.** Механический привод автоматически удаляет спёкшийся шлак с поверхности колосника горелки. Данный процесс запрограммирован и происходит циклически в ходе работы котла.

**7. Блок управления.** Наличие блока управления позволяет устанавливать режимы работы котла, а также регулировать процесс очистки колосника горелки, турбулизаторов и продувки теплообменника. Выносной пульт управления позволяет управлять котлом в режиме работы по температуре воздуха в помещении.

### Достоинства и недостатки котла KRP-20A

Как и любое другое устройство, котёл Kiturami серии KRP имеет свои достоинства и недостатки. Мы постараемся выделить основные плюсы и минусы этого устройства, о которых пойдёт речь далее.

#### Основные достоинства модели KRP-20A

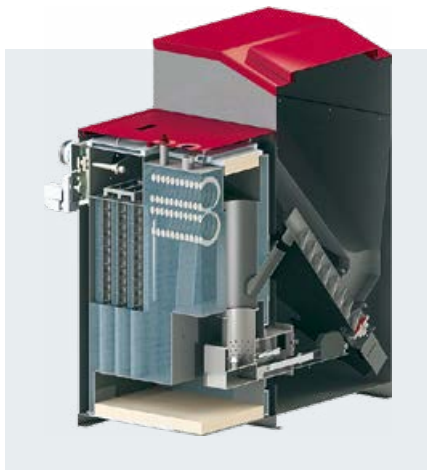
**1. Экономичность.** В среднем за отопительный сезон длительностью семь месяцев для отопления площади 100 м<sup>2</sup> котёл потребляет от 3,5 до 4,0 тонн пеллет. Это является очень хорошим показателем среди аналогичных по мощности моделей других производителей.

**2. Высокий КПД.** Благодаря конструктивным особенностям пеллетного котла внутри него происходит максимальный теплоём, о чём свидетельствует низкая температура дымовых газов. КПД при этом достигает 92–94%.

**3. Контур ГВС.** Котёл Kiturami KRP-20A на пеллетах — двухконтурный. Наличие контура горячего водоснабжения позволяет сэкономить на бойлере косвенного нагрева или электробойлере. Котёл способен производить санитарную горячую воду для системы ГВС температурой +60 °С в объёме 9 л/мин.

**4. Система пожаротушения.** В конце линии подачи пеллет, на входе в горелку, для предотвращения возникновения пожара установлен датчик температуры. При превышении температуры в +95 °С открывается электромагнитный клапан, и возгорание заливается водой из специального резервуара.

**5. Большой объём теплоносителя.** Объём теплоносителя в теплообменнике пеллетного котла Kiturami составляет 160 л. Это примерно в два раза больше, чем у аналогичных моделей других производителей. За счёт большого объёма исключается негативное влияние низкой температуры теплоносителя на «обратке» на работу котла. Также это позволяет сократить время прогрева всей системы отопления.



❖ Конструкция напольного пеллетного двухконтурного котла Kiturami серии KRP

**6. Пневмоочистка теплообменника.** Для очистки поверхности теплообменника от оседающей на нём золы, сажи, копоти и смол пеллетный котёл дополнительно оборудован системой автоматической очистки. Она производится электроприводом, который создаёт вибрацию турбулизаторов в дымовых каналах теплообменника. Периодичность этого процесса контролируется блоком управления. В зависимости от зольности пеллет очистка котла может производиться от одного раза в неделю до одного раза в месяц.

**7. Выносной терморегулятор.** Наличие данного устройства позволяет контролировать и управлять режимами работы и устанавливать параметры пеллетного котла, находясь на удалении от котельной.

#### Недостатки KRP-20A

**1. Энергозависимость.** Как и все разновидности пеллетных котлов, Kiturami KRP-20A энергозависим. Электропитание необходимо для работы вентилятора горелки, двигателя шнека, привода очистки, блока управления и электрического ТЭНа. Однако котёл потребляет незначительное количество электроэнергии. Самое большее потребление создаёт электрический ТЭН. В режиме розжига пеллет он «забирает» порядка 320 Вт.

**2. Образование шлака.** Использование пеллетного топлива низкого качества приводит к образованию так называемых «коржей» из шлака на колосниках горелки. Они представляют собой спёкшиеся при высокой температуре частицы пеллет. Этот процесс мешает нормальной работе пеллетного котла и является причиной возникновения копоти, увеличения расхода топлива на 20–30%, а следовательно, уменьшения КПД отопительного прибора. Для борьбы с этим явлением в состав модели Kiturami KRP-20A включён блок механической очистки колосника от запёкшихся топливных гранул.

### Котлы Kiturami серии KF

Единственный представитель своей серии, автоматический двухконтурный твёрдотопливный агрегат KF-35A пиролизного типа обладает мощностью 29 кВт и способен согреть помещение до 240 м<sup>2</sup>.

Модель Kiturami KF-35A известна своей исключительно комфортной эксплуатацией: котёл сжигает древесину длительное время при одной закладке и позволяет сэкономить на топливе. Одна полная закладка топлива, в свою очередь, даёт возможность непрерывной работы агрегата в течение дня. Производительность нагрева хозяйственной воды — 14,7 л/мин. КПД составляет 91,5%.

Преимущества конструкции: вместительная камера загрузки на 50 кг; нержавеющий теплообменник; керамическая форсунка между первой и второй зонами



❖ Напольный твёрдотопливный двухконтурный котёл серии KF

сгорания способствует полному дожигу топлива и пиролизных газов; большой загрузочный люк; возможность закладки длинных дров; вентилятор наддува поддерживает стабильный очаг в топке; вторичная камера сгорания оснащена устройством отвода пиролизной жидкости; золоприёмник в виде ящика.

Управление котлами Kiturami серии KF осуществляется через блок управления CTC-3550, для дистанционной настройки сжигания применяется термостат-регулятор CTR-6070.

**Компания Kiturami долгие годы является признанным лидером производства отопительного оборудования в Южной Корее. Со дня своего основания в 1962 году компания наработала огромную базу знаний и технологий для изготовления отопительного оборудования высочайшего качества.** ●





## Радиаторы RIFAR Base — 21 год

В 2002 году сложно было представить, что сегодня радиатор отопления станет объектом пристального внимания профильных лабораторий и обязательного сертифицирования на соответствие ГОСТу. В то самое время и появился биметаллический радиатор RIFAR Base — модель, которая сегодня по праву может называться одной из самых распространённых в России.

В начале 2000-х годов все литые белые радиаторы называли «итальянскими», а технологически развивающиеся российские компании скорее рисовали планы, нежели влияли на статистику в пользу отечественного производства. В период с 2000 по 2010 годы на рынок РФ было импортировано огромное количество продукции в виде алюминиевых и в то время набирающих популярность биметаллических радиаторов. Потребитель мог узнавать об их характеристиках лишь из рекламных буклетов, а отраслевого или законодательного регулирования для формирования цивилизованного рынка в России практически не было. При этом нельзя не отметить, что, невзирая на отсутствие какого-либо регуляторного воздействия со стороны российских органов сертификации, подавляющее большинство отопительных приборов европейского производства эксплуатируются и по сей день в самых различных системах отопления нашей страны.

В 2002 году сложно было представить, что сегодня радиатор отопления станет объектом пристального внимания профильных лабораторий и обязательного сертифицирования на соответствие отечественному ГОСТу. В то самое время и появился биметаллический секционный

радиатор RIFAR серии Base — модель, которая сегодня по праву может называться одной из самых распространённых в РФ. Ведь только две компании в мире смогли полноценно освоить технологию производства биметаллических радиаторов с алюминиевым коллектором — это Sira Group (Италия) и компания RIFAR (Россия). За период с 2002 по 2023 годы RIFAR произвёл более 50 млн секций модели Base, и именно с появления этого радиатора началась история завода компании в Оренбургской области.



В 2022 и 2023 годах по итогам общенационального голосования «Народная марка» радиаторы отопления RIFAR признаны Маркой №1 в России.

**Биметаллические секционные радиаторы RIFAR Base** уже более 20 лет широко используются при строительстве новых и модернизации существующих систем отопления по всей РФ. Каждая секция радиатора RIFAR Base состоит из стальной трубы, залитой под высоким давлением высококачественным алюминиевым сплавом, обладающим высокими прочностными и антикоррозионными свойствами. Надёжность межсекционного соединения достигается за счёт фрезерования торца коллектора под прокладку типа O-ring из EPDM. Полученное изделие с развитым оребрением обеспечивает эффективную теплоотдачу при максимальном запасе прочности.



Спустя 21 год от начала производства этот прибор претерпел около 40 технологических корректировок и ни одного существенного принципиального изменения, по-прежнему оставаясь в модельном ряду компании. За столь длительный период времени изменились и отраслевое законодательство, и структура потребления рынка, но радиатор Base по-прежнему производится, продаётся и надёжно работает. Почему?

RIFAR Base — российский радиатор, дважды перешагнувший свой десятилетний гарантийный период и при этом продолжающий функционировать в огромном количестве различных систем отопления по всей нашей стране.

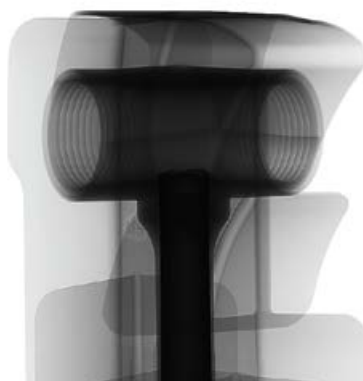
Модель RIFAR Base — одна из самых массовых в России, а технические решения, воплощённые в данном изделии, нашли своё отражение в целой плеяде как самостоятельных моделей завода, так и в контрактной продукции крупных DIY-сетей. Таким образом, конструктивно идентичные приборы с разным дизайном увеличили тираж этого технического решения в несколько раз, а теплотехнические параметры и прочностные показатели данной конструкции позволили ей уверенно завоевать своё место среди большого количества биметаллических радиаторов, производимых и импортируемых другими компаниями.

Техническое решение по герметизации межсекционных соединений радиатора Base во многом и стало тем моментом, благодаря которому этот отопительный прибор производится и сегодня. Ведь основным преимуществом радиатора Base является точное соответствие стандартам для высоконагруженных гидравлических изделий, что обеспечивает надёжность прибора и его высокие эксплуатационные характеристики.

**RIFAR Base — российский радиатор, дважды перешагнувший свой десятилетний гарантийный период и при этом продолжающий функционировать в огромном количестве различных систем отопления в стране**

### История создания модели Base

В компании RIFAR очень внимательно относятся к проектированию и производству своей продукции, поэтому биметаллический радиатор Base проектировался с применением современных программ инженерного моделирования. Если точнее, то он создавался по математическим моделям с предварительными расчётами заполнения литейной формы и с изучением как структурных, так и физико-механических свойств макета изделия ещё до момента его появления в металле. Такие методы проектирования в 2002 году были свойственны скорее самым крупным автомобильным концернам мира, нежели отрасли радиаторов отопления. В модели радиатора Base были сразу применены многие прогрессивные и запатентованные технические решения, касающиеся как технологии литья под высоким давлением, так и методов обработки поверхности. Конструкция секции при этом состояла из стальной трубы с оребрением из алюминиевого сплава.



### Металлургия процесса

Благодаря богатому технологическому опыту инженеров-металлургов RIFAR параллельно с освоением общей технологии производства были применены нестандартные решения для радиаторов, а именно — увеличение толщины стенки горизонтального коллектора секции из алюминиевого сплава и изменения в конструкции пресс-форм. Также очень важным фактором для коррозионной стойкости и, следовательно, для долговечности радиатора было распределение примесей и легирующих компонентов сплава в объёме. Специальная технология обработки жидкого расплава с добавлением модификаторов позволила добиться впечатляющих стабильных результатов по стойкости радиаторов в различных условиях эксплуатации.

На тот момент другими участниками рынка это воспринималось как излишнее расточительство, ведь для формирования коллектора с толщиной стенки от 5 до 8 мм был необходим и большой расход очень недешёвого сплава АК12М2. Изделие встретилось с разногласиями «околопромышленных экспертов» по поводу такой конструкции. Позиция некоторых из

них формировалась под действием старых советских технологических шаблонов ещё 1980-х годов, и эти специалисты, будучи заложниками традиционного восприятия толстостенных изделий, полученных методом литья под давлением, заявляли о якобы ненадёжности такой конструкции из-за возможной пористости алюминиевого сплава.

Но, как это бывает практически всегда, точность расчётов, математика и грамотно подобранные технологии взяли верх над мифами и домыслами. Производство было подготовлено с непосредственными металлографическим и рентгенографическим методами контроля качества. Опасения, связанные с повышенной пористостью алюминиевого сплава при большой разности отливки, не нашли своего подтверждения, поскольку технологи компании смогли обеспечить ряд мер и приёмов, направленных на получение плотности металла в отливке практически в табличных значениях. Безусловно, это стало интересной задачей для команды металлургов и технологов RIFAR. Исследования и отработка технологии, как в части подготовки расплава, так и в способах его формирования в пресс-форме с заданной структурой, — это то, в чём специалисты компании превзошли самих себя. Ключевую роль в достижении успеха сыграли не только точные расчёты моделей и пресс-форм, литниковых систем, объёма металла и его скорости в форме, температурных полей и методов кристаллизации расплава, но и тщательное соблюдение технологических циклов.

В итоге при оценке пористости сплава в коллекторе, как по российскому, так и по международным стандартам, оценку ставить было нечему — пористости не было.





Высокая плотность сплава в совокупности с его гомогенизированным состоянием были также необходимы для формирования ещё двух очень важных элементов секции радиатора Base. Первый — это надёжная и точно соответствующая стандартам трубная резьба в коллекторе. Второй — паз в торце секции, необходимый для использования прокладки типа O-ring. Оба технологических решения были воплощены, при этом одно из них запатентовано.

В итоге такая конструкция позволила получить ряд весомых преимуществ:

- существенное увеличение тепловой мощности изделия относительно аналогичных по габаритам изделий, ведь удельная теплопроводность алюминиевого сплава вдвое выше, чем у стали;

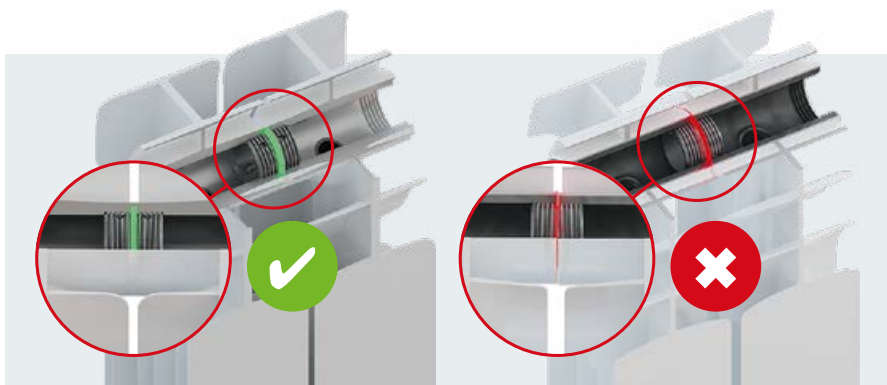
**Компания RIFAR создала радиатор с выдающимися теплотехническими и крайне высокими прочностными характеристиками. Конструкция изделия была технически обоснована, а её надёжность подтверждена многолетней эксплуатацией**

- обеспечение стабильной герметичности изделия в сборе благодаря конструкции секций и применению колец O-ring из EPDM для замкового соединения их между собой, а не усилию стягивания секций ниппелями, как это было принято у других производителей;

- кратное увеличение скорости производства и повторяемости изделий, что позволило автоматизировать технологические процессы;

- соответствие геометрии изделия после сборки конструкторской документации, в отличие от изделий других производителей с закладным элементом с горизонтальными стальными коллекторами.

Таким образом, RIFAR как производитель достиг самого главного — высокой точности изготовления и повторяемости изделия, технологически адаптированного под автоматическую сборку. Автоматизация процесса производства для периода 2003–2018 годов была важной и прогрессивной задачей для компании. RIFAR создал радиатор с самыми выдающимися теплотехническими и крайне высокими прочностными характеристиками. Конструкция изделия была технически обоснована, а её надёжность подтверждена многолетней эксплуатацией радиатора Base практически во всех населённых пунктах нашей страны.



**Герметизация межсекционного стыка**

В вопросах герметизации межсекционного стыка есть два основных «бытовых» вопроса. Первый — почему остальные производители радиаторов отопления не делают как RIFAR или наоборот? Второй — в чём преимущество использования прокладок O-ring из EPDM в сравнении с плоской прокладкой?

Что касается первого вопроса, то это и сложно технически, и недёшево финансово, так как архаичная технология использования плоских прокладок существенно дешевле — от этого она, правда, не становится надёжнее. При массовом производстве биметаллических радиаторов с полным стальным закладным элементом производители часто выбирают путь попроще.

Возьмём для примера торец секции радиатора со стальным закладным коллектором после литья. В этот момент производителю нужно работать с двумя металлами — это сталь и алюминий. Что будем обрабатывать?

Обработать стальной коллектор можно, но положение его в отливке неизвестно из-за смещения в момент заливки или в момент установки в пресс-форму, и сформировать в нём проточку с точностью  $\pm 0,1$  мм под прокладку типа O-ring невозможно, поскольку любое базирование отливки для обработки производится от геометрии её фасонной части. А если даже попытаться, то резкой придётся обрабатывать два металла сразу, что является крайне затруднительной задачей и не подходит для массового производства.

Можно сделать всё заранее — и резьбу, и проточку, но положение, которое займёт в форме такой закладной элемент, будет в том числе зависеть от допуска на металлопрокат, из которого сделана труба. Итого нет никакой гарантии, что секции при таком способе производства соберутся в ровный и герметичный радиатор.

Иными словами, «классическая» технология производства радиаторов с полным закладным элементом из стали и сборкой на ниппель с плоской прокладкой наделена целым рядом проблем:

- смещение закладного элемента, определяемое допусками на толщину стенки трубы, а также её диаметром и длиной, которые являются случайными и переменными величинами;

- допуски горячекатаного проката, из которого сделана труба закладного элемента, составляют  $\pm 0,17$  мм, то есть здесь изначально, уже на уровне конструкторской документации невозможно гарантировать геометрическую точность и, следовательно, герметичность;

- присутствие на торце коллектора слоя алюминиевого сплава, что делает неопределённым, какой металл в итоге зажмёт прокладку и с каким усилием;

- допуски по толщине самой прокладки (тоже переменная величина).

В итоге всё, что может сделать такой производитель, — это отторцевать секцию, поставить плоскую прокладку, затянуть покрепче ниппель и молиться, чтобы она не потекла при испытаниях.

О геометрической точности таких изделий и ровности прибора в целом рассуждать сложно. Как правило, резьбу формируют на закладных элементах перед операцией заливки. Положение, которое будет занято закладным элементом после «удара» порции алюминия в литейной машине, неизвестно. Секции при сборке таких приборов «встают» по осям ниппелей, и в итоге финишная геометрия такого радиатора становится технологически неконтролируемой величиной.

Всё это было исключено в радиаторе Base уже на этапе разработки. Результатом усилий команды инженеров-конструкторов, технологов и специалистов на производстве стал надёжный, проверенный временем и разнообразными условиями эксплуатации радиатор отопления, заслуженно пользующийся доверием потребителей. В настоящее время во многих городах России уже есть целые жилые кварталы, где при строительстве были установлены радиаторы модели Base.

**В 2022 и 2023 годах по итогам общенационального голосования «Народная марка» радиаторы отопления RIFAR признаны Маркой №1 в России.** ●



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

# aqua THERM MOSCOW

6–9.02.2024  
Москва, Крокус Экспо

Забронируйте стенд  
[aquathermmoscow.ru](http://aquathermmoscow.ru)



Реклама



Специализированный раздел



Одновременно с выставкой  
оборудования и технологий  
для вентиляции  
и кондиционирования





ПРОЕКТЫ ГОДА:  
ОТОПЛЕНИЕ И ГВС

## «Флексален», «Термафлекс» и я – спортивная семья!

Вышло на финишную прямую строительство первого в Подмоскovie специализированного регбийного стадиона в городе Монино Щёлковского района Московской области. Эта самая большая арена в ЦФО будет вмещать более 7500 болельщиков, стадион предназначен для проведения тренировок и соревнований международного уровня.

Автор: А.В. МАКСИМЕНКО,  
руководитель направления Flexalen  
ООО «Термафлекс Изоляция+»,  
российского производственного отделения  
Thermaflex International Holding b.v.



❖ Регбийный стадион в городе Монино Щёлковского района Московской области

Главная игровая часть стадиона состоит из западной и восточной трибун на 3150 и 3300 мест, соответственно, северной и южной трибун на 888 и 822 мест и игрового поля (68 × 120 м) с натуральным покрытием и подогревом. Также предусмотрены зоны питания и отдыха, просторные раздевалки команд, конференц-зал... Почему именно Монино? Не все знают, что в посёлке Авиаторов в 1967 году при Военно-воздушной академии (ВВА) имени Ю. А. Гагарина была основана команда «ВВА-Подмосковье» — сильнейшая регбийная команда СССР и России. Без преувеличения можно сказать, что регби — это спорт для настоящих мужчин. Людям со слабым характером в этом спорте не выдержать. Но так сложилось, что в Щёлковском районе Подмоскovie расположена не только сильнейшая регбийная команда страны, но и российское производственное подразделение международного холдинга Thermaflex International Holding — одного из ведущих мировых производителей технической теплоизоляции и производителя уникальных гибких предварительно теплоизолированных трубопроводов для систем теплоснабжения, холодного и горячего водоснабжения наружных инженерных сетей. Так получилось, что лидеры спорта и лидеры производства оказались рядом и не могли не взаимодействовать. При строительстве

этого без преувеличения особенного сооружения в системах теплоснабжения и ГВС нашли своё применение не менее уникальные гибкие предварительно теплоизолированные полибутиленовые трубопроводы Flexalen («Флексален»).

**Трубопроводы Flexalen выполнены из полибутилена, имеют теплоизоляцию из вспененного материала полиолефиновой группы с закрытой ячеистой структурой, не подверженного воздействию влаги и грунтовых вод, и помещены в прочный гибкий внешний гофрированный защитный кожух**

Их уникальность заключается в каждой детали, начиная от напорных трубопроводов, выполненных из современного материала — полибутилена PB-1, продолжая теплоизоляцией из вспененных материалов полиолефиновой группы с закрытой ячеистой структурой, не подверженных воздействию влаги и грунтовых вод, и заканчивая гибким, но прочным внешним гофрированным защитным кожухом, выполненным с добавлением карбона, призванного защитить теплоизоляцию от механического воздействия грунта.



❖ Гибкие предварительно теплоизолированные трубопроводы Flexalen предназначены для наружных инженерных сетей теплоснабжения (отопления), систем горячего и холодного водоснабжения и могут содержать до шести напорных труб из полибутилена PB-1

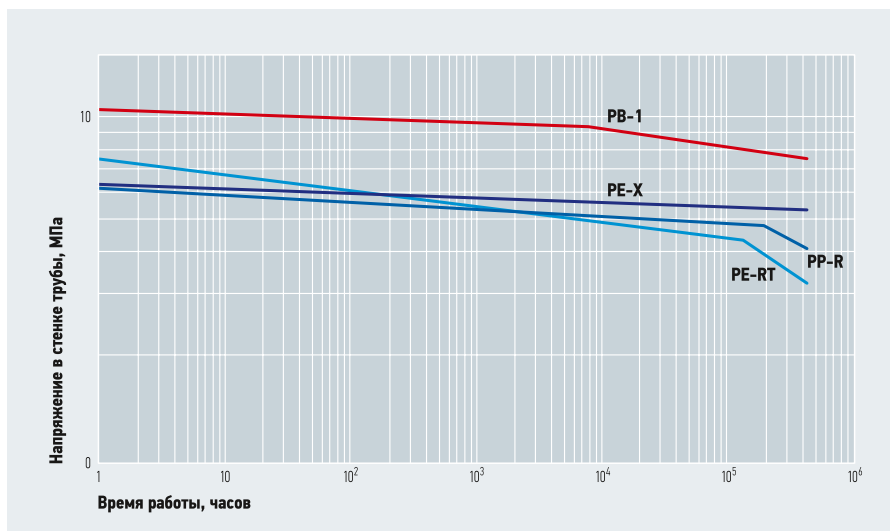


Рис. 1. Кривые регрессии материалов PB-1, PE-X, PP-R и PE-RT (согласно европейским стандартам ISO: PE-X — ISO 15875-2; PB-1 — ISO 15876-2; PP-R — ISO 15874; PE-RT — ISO 22391-2)

Но, конечно, основное внимание стоит уделить сердцу системы — напорным трубопроводам. Трубы из полибутилена PB-1 соединили в себе преимущества таких полимерных материалов, как сшитый полиэтилен (PE-X), полипропилен (PP), полиэтилен повышенной термостойкости (PE-RT), и в то же время они лишены их недостатков. Нельзя не отметить тот факт, что трубопроводы из полибутилена PB-1 обладают наибольшей прочностью и, что особенно важно, наибольшей долговременной прочностью (Minimum Required Strength, MRS), что позволяет эксплуатировать инженерную систему на основе полибутилена на протяжении многих десятков лет (рис. 1).

Выдающиеся свойства труб из полибутилена нашли своё отражение в отечественном ГОСТ Р 56730–2015 «Трубы полимерные гибкие с тепловой изоляцией для систем теплоснабжения» [1] (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что при одинаковой толщине стенки (см. значение SDR) трубопроводы из полибутилена выдерживают существенно большее рабочее давление, то есть максимальное напряжение в стенке трубы. В то же время трубы из полибутилена можно соединять не только компрессионными механическими фитингами, но и высоконадёжными сварными фитингами, которые при соединении

Стандартное размерное отношение SDR (серия S) изолированной напорной полимерной трубы и соответствующее рабочее давление\* [1]

Материал напорной трубы	Рабочее давление, МПа (бар)		
	0,6 (6)	0,8 (8)	1,0 (10)
PE-X	SDR 11 (S 5)	SDR 9 (S 4)	SDR 7,4 (S 3,2)
PB	<b>SDR 13,6 (S 6,3)</b>	<b>SDR 11 (S 5)</b>	<b>SDR 9 (S 4)</b>
PE-RT тип II	SDR 9 (S 4)	SDR 7,4 (S 3,2)	SDR 6 (S 2,5)

\* Данная таблица является копией табл. 3 из п. 4.3.2 ГОСТ Р 56730–2015 [1]. Указанные в ней значения приведены для температурного режима по табл. 2 из того же ГОСТ Р 56730–2015 [1]. Значения SDR (серия S) в табл. 3 [1] установлены на основе эталонных графиков и уравнений длительной прочности для PE-X, PB, PE-RT тип II, которые указаны в ГОСТ 32415–2013 [2] (Приложение В).

с трубой образуют прочное гомогенное (однородное) неразъёмное соединение, характерное тем, что не заужает внутренний диаметр трубопровода, и за счёт этого инженерная система имеет меньшие гидравлические потери.

Также появляется возможность собрать полностью полимерную систему, полностью исключив металлические соединения. Трубопроводы из полибутилена PB-1 обладают наилучшим значением модуля эластичности и самым низким коэффициентом теплопроводности среди перечисленных выше материалов.

Совокупность всех этих факторов повлияла на выбор трубопроводов из полибутилена PB-1 для прокладки наружных инженерных коммуникаций столь современного объекта, как специализирован-

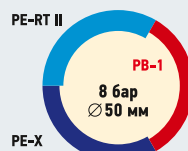


Трубопроводы Flexalen сертифицированы по экостандарту Cradle-to-Cradle Silver

### Трубы из полибутилена PB-1 — трубы с более высоким классом SDR

«Стандартное размерное отношение» трубы (Standart Dimension Ratio, SDR) определяется как «отношение номинального наружного диаметра трубы  $d_n$  к её номинальной толщине стенки  $e_n$ » [2]. Трубы из полибутилена (полибутена) PB-1 (ПБ-1) обладают более высоким классом SDR, что обеспечивает следующие преимущества:

- меньшая толщина стенки при высоких показателях прочности;
- меньше материала (меньшая масса трубопровода);
- больший внутренний диаметр и, соответственно, увеличенная площадь проходного сечения трубы, что улучшает условия течения транспортируемой жидкости (уменьшается гидравлическое сопротивление трубы и снижается общая скорость потока).



Материал трубы	SDR	Внешний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Сечение трубы, мм <sup>2</sup>	Масса метра трубы, кг/м
PE-RT II	7,4	50	6,9	1,029	0,934
PE-X	9,0	50	5,6	1,182	0,780
<b>PB-1</b>	<b>11</b>	<b>50</b>	<b>4,6</b>	<b>1,307</b>	<b>0,666</b>

ный регбийный стадион в городе Монино. Основными критериями для выбора материала были: высокая надёжность инженерных систем, высокая энергоэффективность, простота и скорость монтажа, минимизация эксплуатационных затрат в будущем и, конечно же, адекватная цена.

Гибкие предварительно теплоизолированные полибутиленовые трубопроводы Flexalen полностью соответствовали выдвинутым критериям. Ускорению процесса монтажа способствовало то, что трубы поставляются на объект бухтами длиной до 300 м, в зависимости от диаметра напорной трубы и внешнего кожуха. Это позволяет прокладывать протяжённые участки трубопроводов и трассы сложной конфигурации без единого соединительного элемента, что многократно повышает надёжность системы.



Но не только напорные трубы выгодно отличают трубопроводы Flexalen от аналогов. Отдельно стоит выделить уникальные свойства тепловой изоляции, используемой в трубопроводах Flexalen, — тепловая изоляция выполнена из материалов полиолефиновой группы на основе вспененного полиэтилена с закрытой ячеистой структурой — 99% закрытых ячеек, влагопоглощение которого составляет всего 0,8%, то есть менее 1%. Это крайне важно для трубопроводов, прокладываемых под землёй, так как при подземной прокладке есть риск контакта с грунтовыми водами, а вода прекрасно аккумуля-



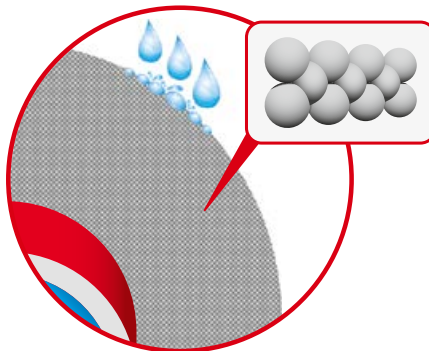
лирует и проводит тепло. Если тепловая изоляция намочнет, она потеряет свои теплоизоляционные свойства. Но при использовании предварительно теплоизолированных трубопроводов Flexalen этой проблемы не существует, данная тепловая изоляция практически не подвержена воздействию влаги, более того — она является ещё и пароизолятором, что позволяет использовать гибкие трубопроводы Flexalen также в системах централизованного холодоснабжения (кондиционирования) зданий и сооружений, то есть в чиллерах и фанкойлах.

Коэффициент паропроницаемости тепловой изоляции из вспененного полиэтилена составляет всего 0,001 мг/(м·ч·Па), что почти в 300 раз меньше, чем у минераловатных утеплителей, и в 20 раз ниже, чем у пенополиуретановой изоляции (ППУ). Это очень важно, так как с течением времени теплоизоляция сохраняет свои теплоизоляционные свойства, а значит и высокую энергоэффективность всей системы в целом, что минимизирует затраты на теплоснабжение объекта.

Конечно, гибкие предварительно теплоизолированные трубопроводы Flexalen применяются не только при строительстве спортивных объектов и сооружений, они широко используются как в частном коттеджном домостроении, так и в муниципальном строительстве в городах, как

при новом строительстве, так и при реконструкции систем теплоснабжения и горячего водоснабжения.

В предыдущих номерах журнала мы рассказывали о других важных проектах, в которых нашли своё применение гибкие теплоизолированные трубы Flexalen, — это самый большой аквапарк в Европе «Золотая бухта» в Геленджике на юге России, здание консульства Японии во Владивостоке, уникальный архитектурный комплекс около города Ермолино (Калужская область), инженерные коммуникации спортивной базы ФК «Зенит» и многие другие. Теперь ими оснащён и такой выдающийся спортивный объект, как регбийный стадион в Монино.



•• Тепловая изоляция гибких трубопроводов Flexalen обладает закрытой на 99% ячеистой структурой, а размер пор в стенках ячеек меньше размера молекулы воды. Данная теплоизоляция является, по сути, пароизолятором

Всего же по всему миру проложены тысячи километров гибких теплоизолированных труб Flexalen. В России трубопроводы Flexalen нашли своё применение на всей территории страны — от Карелии до Владивостока. Опыт практического применения трубопроводов Flexalen составляет уже более 42 лет, что свидетельствует об отличном качестве продукции и её высоких эксплуатационных свойствах.



Но мы не планируем останавливаться на достигнутых результатах и надеемся и дальше рассказывать об уникальных объектах, где использованы гибкие теплоизолированные трубопроводы Flexalen. Всего же с теплоизоляционными материалами Thermaflex смонтировано свыше 1500 объектов на территории РФ.

Более подробную информацию о применении труб из полибутилена в мире можно получить, посетив международный портал Ассоциации производителей трубопроводных систем из полибутилена (PBPSA) или в российском производственном подразделении концерна Thermaflex International Holding — компании ООО «Термафлекс Изоляция+».

1. ГОСТ Р 56730–2015. Трубы полимерные гибкие с тепловой изоляцией для систем теплоснабжения. Общие технические условия / Дата введ.: 01.06.2016.
2. ГОСТ 32415–2013. Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия / Дата введ.: 01.01.2015.



# СИЛЬФОННЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ И ОПОРЫ

для инженерных систем



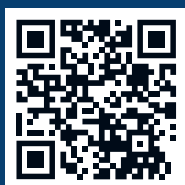
+ 7 (495) 142-48-23

e-mail: [info@altezza-com.ru](mailto:info@altezza-com.ru)

сайт: [altezza-com.ru](http://altezza-com.ru)

Продукция соответствует:  
ГОСТ 51571-2000, ПНСТ 790-2022,  
ГОСТ 32935-2014, ГОСТ 9.005-72  
и рекомендациям АВОК 6.4.2-2021

Произведено в России 





ПРОЕКТЫ ГОДА:  
ОТОПЛЕНИЕ И ГВС

## Аутлет «Архангельское»: премудрости снеготаяния

Когда за окном снег, а на тротуарах гололёд, актуальным становится вопрос уборки снега и борьбы с наледью. Эти вопросы решаются системой снеготаяния. В Подмоскowie в аутлете «Архангельское» заказчиком было принято решение реализовать систему снеготаяния на внутренней территории. Подробнее рассказать о технических особенностях этой системы мы попросили главного инженера аутлета Алексея ШЕШУКОВА.

Интервью подготовлено редакцией журнала ССК



❖ Алексей, расскажите, пожалуйста, как появилось решение установить систему снеготаяния?

— Аутлет был открыт летом 2020 года. Отопительный сезон начали запуском системы обогрева тротуаров от собственной газовой котельной. Благодаря этому сейчас в аутлете все пешеходные дорожки сухие, всё готово к приёму посетителей. К системе снеготаяния сейчас не подключена только парковка — на ней лежит снег, который убирается техникой.

Причина запуска системы снеготаяния заключается в получаемых преимуществах. Благодаря нагретой поверхности пешеходных дорожек уже нет никакой необходимости:

- привлекать уборочный персонал и специальную технику;
- посыпать реагентами, а значит не повреждается мощение, не тратятся дополнительные средства на оплату клининга, техники, топлива;
- поддерживать мощение плиткой в убранным состоянии к открытию аутлета, потому что можно не успеть.

Поскольку система инерционная, она всегда подогрета. И даже в случае снегопадов дорожки всегда остаются чистыми, сухими — готовыми к открытию аутлета и приёму посетителей.

❖ И класс, и концепция такого объекта, как аутлет под открытым небом, подразумевает комфорт покупателей в любое время года...

— Да, особенно надо учитывать тот нюанс, что шоппинг рассчитан на девушек, которые даже зимой могут выйти из машины на мощение в лёгкой обуви и спокойно пойти по магазинам. Наличие системы снеготаяния, конечно, повышает нашу репутацию, мы можем спокойно конкурировать с зарубежными аутлетами. Такой вид шоппинга сейчас становится всё более популярным в России.

❖ Расскажите, каким образом организована система снеготаяния у вас?

— Под поверхность всех обходных дорожек уложено порядка 28 километров труб из сшитого полиэтилена PE-Xa с шагом 250 мм. Общая площадь мощения, которая обогревается системой снеготаяния, составляет примерно 7000 квадратных метров. Объём пропиленгликоля — около 30 кубических метров. Теплоноситель, циркулируя в системе, подогревается от автономной газовой котельной.

Система построена так: центральные магистральные трубопроводы проложены в изоляции в технических коридорах по зданиям. Это упрощает эксплуатацию,



❖ Одна из архитектурных 3D-моделей аутлета «Архангельское»



потому что ответвления к коллекторам, к греющим поверхностям оснащены балансирующими вентилями и запорной арматурой. Она должна быть эксплуатируемой, и к ней есть доступ персонала. Коллекторы, расположенные по фасаду здания, размещены в специальных коробах, отсыпаны, и от них смонтированы петли системы снеготаяния.

**:: Каковы наиболее существенные особенности монтажа системы?**

— Мы придерживались шага укладки 250 мм, максимум — 300 мм. Петли снеготаяния в районе водосточных лотков посреди мощения мы старались укладывать максимально близко к нащельнику, для того чтобы не образовывалась наледь. Талые воды спокойно стекают в лоток и отводятся в систему канализации.

**:: Сейчас мы находимся в котельной — в «сердце» системы. Расскажите, что является источником теплоснабжения системы снеготаяния?**

— Вы правильно отметили, что это «сердце» нашего аутлета. Отсюда происходит теплоснабжение всех систем, поддерживающих тепловой режим во всём торговом комплексе. Теплоснабжение обеспечивается водогрейными котлами, которые работают на сжиженном газе (на смеси пропана и бутана), который нам поставляется отдельно.

Параметры теплоносителя для системы снеготаяния — 55/40 °С (55 °С на подаче и 40 °С в обратной линии) при температуре наружного воздуха -15 °С. Если температура воздуха становится ниже -15 °С, система автоматически переходит на режим энергосбережения 30/10 °С. Таким образом поддерживается инерционность системы, и её не приходится каждый раз заново подогревать.

**:: На какую удельную мощность была спроектирована система?**

— Наша система была спроектирована на удельную мощность 250–300 Вт/м<sup>2</sup>. Это обеспечивает необходимую температуру на поверхности для плавления снега, то есть +4 °С.

В качестве теплоносителя применена смесь пропиленгликоля и воды (концентрация пропиленгликоля 47%), что обеспечивает циркуляцию жидкости при температуре воздуха до -30 °С.

**:: Как происходит нагрев теплоносителя во вторичном контуре?**

— Теплообмен осуществляется в пластинчатом теплообменнике между котловым и сетевым контурами.



**:: Как происходит регулировка температуры на подаче?**

— Для регулировки температуры в системе мы используем двухходовый клапан, который установлен на подаче. Его работоспособность обеспечивается путём установки уставки через контроллер котельной. Оператор прогнозирует погоду на улице, например, температуру и осадки,

через специализированные метеорологические сайты (Gismeteo, «Яндекс.Погода») и задаёт уставку температуры уже на конкретный период.

**:: Интегрирована ли эта система снеготаяния в общую систему диспетчеризации объекта?**

— Да, интегрирована. Контроллер общей котельной управляет системой снеготаяния, и всю информацию о состоянии системы мы видим на рабочем месте оператора системы диспетчеризации.

**:: Вы упомянули, что в качестве теплоносителя в этой системе выступает смесь воды с пропиленгликолем. Скажите, что в этой связи необходимо учесть в комплектации котельной?**

— Первое и самое главное — должна быть обеспечена расходная ёмкость, в которой подготавливается смесь либо в которую заливается уже подготовленная жидкость. Она так и называется — расходная ёмкость. Из неё насос закачивает пропиленгликоль в демпферную ёмкость, которая поддерживает рабочее давление системы. В случае его превышения происходит сброс теплоносителя в ёмкость отработанного гликоля.

Рабочие параметры давления в системе обеспечивает отдельная насосная станция поддержания давления, которая подкачивает пропиленгликоль в систему, если давление упало, и, соответственно, сбрасывает излишки теплоносителя в демпферную ёмкость, если давление превышает нужный уровень.

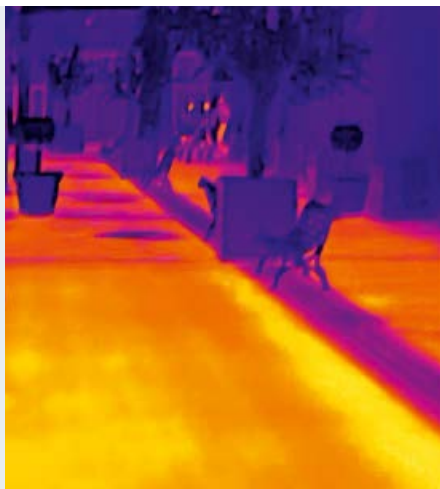
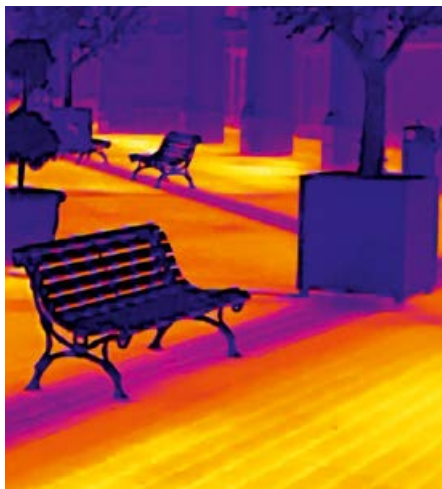




**❖ С какими особенностями эксплуатации вы столкнулись? Какие мероприятия необходимо провести в начале отопительного сезона для запуска системы?**

— Система на самом деле проста в эксплуатации, если она хорошо и точно настроена и отбалансирована. Перед началом снеготаяния выполняем следующий комплекс работ:

- ❑ проверяем воздухоотводчики на магистральных трубах, удаляем воздух;
- ❑ корректируем расходы на балансировочных вентилях и повышаем давление до рабочего, загоняя подготовленный пропиленгликоль;



**❖ Результаты осмотра греющих поверхностей с помощью тепловизора**

❑ далее запускаем систему и затем, с наступлением холодов и появлением первых осадков в виде снежного покрова, на мощении отслеживаем «слепые пятна».

«Слепыми пятнами» называются места, где происходит слабый прогрев мощения. Для их выявления мы проводим визуальный осмотр при наличии осадков или осматриваем греющие поверхности с помощью тепловизора. Далее производим донастройку греющих поверхностей до расчётной температуры. Это необходимо для обеспечения надёжного режима плавления снега.

**❖ Как оценить стоимость данной системы за отопительный сезон?**

— Вопрос комплексный. Его надо рассматривать исходя из нескольких факторов. Во-первых, это зависит от площади мощения. Во-вторых, от того, насколько снежная зима, то есть следует учитывать толщину снежного покрова. В-третьих, зависит от источника тепла. Если это, допустим, городская тепловая сеть, то там калории гораздо дороже. Либо это будет автономная газовая котельная, работающая на природном газе, а может быть — автономная котельная, работающая на

дизельном топливе. Либо на сжиженном газе, как в нашем случае, — и тогда ценник другой.

**❖ Каковы преимущества для вас в применении системы снеготаяния?**

— Очевидные плюсы, конечно же, в том, что поверхность готова к эксплуатации 24 часа в сутки. Не нужно среди ночи, когда пошёл снег, вызывать кучу народа с лопатами, «бобкэты», чтобы к открытию аутлета обеспечить сухую поверхность для комфорта и безопасности клиентов.



Кроме того, естественно, решается проблема клининга, при котором люди работают шанцевым инструментом на мощении. При такой уборке снега есть риск повреждения керамогранитной плитки и брусчатки.

Россыпь реагентов, хотя и избавляет от скользкой поверхности, но ухудшает внешний вид территории, реагенты всегда попадают на обувь, на которой они заносятся в помещение, в магазины. А это добавляет нагрузку на клининг.



Использование системы снеготаяния USYSTEMS позволяет нам размещать, например, новогодние декорации и другой декор, и при этом быть уверенным в том, что они не будут повреждены снегоуборочной техникой. Фасады все у нас стеклянные, и они тоже могут пострадать. Поэтому плюсы очевидны. Снеготаяние открывает массу возможностей для того, чтобы сделать новогоднее торжество более весёлым, чтобы посетители были довольны, приходили к нам и ощущали настоящую праздничную атмосферу.

**❖ Можно ли говорить о надёжности такого решения при его использовании на других объектах?**

— Инженеры компании USYSTEMS выполнили сотни таких проектов по всей России, начиная с коттеджных посёлков и заканчивая складскими комплексами и аэропортами. Точность расчётов обеспечена специализированным программным обеспечением и многолетним опытом специалистов компании. ●





# МИР КЛИМАТА

EXPO 2024

## EXPO КОНГРЕСС HVAC/R ИНДУСТРИЯ

27 февраля – 1 марта 2024  
Москва, ЦВК «Экспоцентр»

### ЗДЕСЬ ВЫ НАЙДЕТЕ НОВЫХ КЛИЕНТОВ

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

ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР «ЕВРОЭКСПО»



ОРГАНИЗАТОРЫ /  
Organizers:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР /  
General Partner:



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР /  
Official Partner:



ПАРТНЕР  
ДЕЛОВОЙ ПРОГРАММЫ /  
Business Programme Partner:



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ /  
Supported by:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР /  
General Internet Partner:







# Методика расчёта теплопоступлений через остекления с заданными характеристиками пропускания солнечной энергии

Рецензия эксперта на статью получена 28.12.2023 [The expert review of the article was received on December 28, 2023]

Современные виды стеклопакетов обладают широким диапазоном характеристик пропускания, отражения и поглощения солнечной энергии. Обоснованный выбор модели стеклопакета позволяет значительно повлиять на расчётные значения теплопотоков, что особенно важно при проектировании систем комфортного кондиционирования жилых и общественных зданий.

Отечественная методика расчёта почасовых теплопоступлений через остекления была разработана ещё в 1970-х годах [1] и в усовершенствованном виде [2] до сих пор является основным расчётным вариантом. В то же время в методике [2] не учитываются энергетические характеристики современных стеклопакетов, что не позволяет провести корректный выбор и сравнение различных вариантов для выбора оптимального остекления.

При разработке СП 370.1325800.2017 и проектов изменений к нему были предприняты попытки адаптировать методику [2] для решения задачи расчёта современных стеклопакетов, но, на наш взгляд, сделано это было некорректно, без деталь-

ного анализа существующих методик и их адаптации к современной российской нормативной базе.

В данной работе выполняется анализ существующих методик расчёта теплопоступлений через остекление и предлагается адаптированный для практического использования вариант расчётной методики, учитывающий характеристики современного остекления.

## Введение

В данной работе рассмотрены четыре методики расчёта теплопоступлений через остекление.

**Методика 1.** Приведена в СНиП II-33-75, Приложение 12 [1]. Это одна из первых методик расчёта, позволяющих рассчитывать теплопоступления через остекление для каждого часа суток и для различной широты расположения объекта, с учётом индивидуальных характеристик остекления. В некоторых справочниках данная методика называется «Упрощённый графоаналитический метод». До появления этой методики в основном использовались расчёты на базе фиксированных

УДК 697.92. Научная специальность: 05.23.03.

## Методика расчёта теплопоступлений через остекления с заданными характеристиками пропускания солнечной энергии

**В. А. Волков**, к.т.н., старший преподаватель, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»); **А. В. Герасимов**, аспирант, кафедра информационных технологий, искусственного интеллекта и общественно-социальных технологий цифрового общества, факультет политических и социальных технологий, Российский государственный социальный университет (РГСУ, г. Москва); **А. Я. Шелгинский**, д.т.н., профессор, кафедра промышленных теплоэнергетических систем, НИУ «МЭИ»

Рассмотрены методики расчёта теплопоступлений через остекление зданий, применяющиеся в Российской Федерации. Выполнен анализ переменных и коэффициентов для различных методик. Предложены варианты учёта стандартных заводских характеристик современного стекла в расчёте теплопоступлений на основе формул существующих методик. Выполнены примеры расчётов и даны рекомендации по условиям применения предложенных расчётных формул.

**Ключевые слова:** характеристики стёкол и стеклопакетов, светопрозрачные конструкции, солнечный фактор, солнцезащитные устройства, теплопоступления через остекление, расчёт теплопоступлений для систем кондиционирования воздуха, теплопоступления солнечной радиацией, теплопоступление теплопередачей.

UDC 697.92. The number of scientific specialty: 05.23.03.

## Methodology for solar heat gain calculation through glazing with specified solar energy transmission characteristics.

**V. A. Volkov**, PhD, Senior Lecturer, National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (NRU "MPEI"); **A. V. Gerasimov**, postgraduate student, the Department of Information Technology, Artificial Intelligence and Socio-Social Technologies of Digital Society, the Faculty of Political and Social Technologies, Russian State Social University (RSSU, Moscow); **A. Ya. Shelginsky**, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Industrial Thermal Power Systems, NRU "MPEI"

Main methodologies for calculation heat gain through the glazing of buildings, used in the Russian Federation, are considered. An analysis of variables and coefficients for various methods is done. Ways of specified solar energy characteristics considering are proposed on the base of main methodologies' equations. Calculation examples performed and general recommendation about application of proposed equations are given.

**Key words:** characteristics of glasses and double-pane units, glazed surfaces structures, solar factor, shading devices, heat gains through glazing, calculation of solar heat gain for air conditioning systems, heat gain by solar radiation, heat gain by heat transfer.

табличных значений поступления тепла от солнечной радиации, с учётом стороны света и широты, и поправочных коэффициентов, например [5, 6].

**Методика 2.** Появилась в пособии 2.91 к СНиП 2.04.05–91 [2]. В методике предлагается «более обоснованный подход» по методике д.т.н. В.Н. Богословского, чем в применяющейся ранее в Методике 1.

**Методика 3.** Приведена в книге «Системы вентиляции и кондиционирования» Ю. С. Краснова [3] (глава 19, стр. 111).

**Методика 4.** Изложена в справочнике проектировщика «Внутренние санитарно-технические устройства» [4] (на стр. 49 под заголовком «Полный аналитический метод расчёта» со ссылкой на материалы Б. А. Крупнова).

### Общие принципы рассматриваемых методик

В общем случае количество тепла, поступающего через световой проём в помещение, состоит из двух слагаемых:

$$Q_o = Q_c + Q_t, \tag{1}$$

где  $Q_o$  — теплоступления через остекление;  $Q_c$  — теплоступления от солнечной радиации через световой проём (солнечные лучи);  $Q_t$  — теплоступления за счёт теплопередачи через световой проём.

Рассмотрим методики определения теплоступлений  $Q_c$  и  $Q_t$  более подробно. Теплоступления от солнечной радиации  $Q_c$  состоят из теплоступлений за счёт прямой и рассеянной солнечной радиации. Теплоступления от рассеянной солнечной радиации происходят через всю поверхность остекления. Теплоступления от прямой солнечной радиации осуществляются только через облучённую поверхность.

Соответственно, вертикальные и горизонтальные откосы остекления и различные конструктивные навесы увеличивают площадь затенённой поверхности остекления, что учитывается во всех рассматриваемых методиках.

При определении теплоступлений от солнечной радиации в Методике 1 [1] выделяют две площади на поверхности остекления — площадь, облучаемую прямой солнечной радиацией, и площадь, не облучаемую прямой солнечной радиацией, как указано в табл. 1:

$$F_o = F'_o + F''_o.$$

Количество теплоты  $q'$  для облучаемой площади остекления учитывает тепло прямой  $q_n$  и рассеянной  $q_p$  солнечной радиации, а количество теплоты для необлучаемой (затенённой) площади остекления  $q''$  учитывает только рассеянную солнечную радиацию  $q_p$ .

Обозначения площади остекления в различных методиках

табл. 1

Параметр	Методика 1	Методика 2	Методика 3	Методика 4
Площадь остекления, м <sup>2</sup>	$F_o = F'_o + F''_o$	$A_{oc}$	$F_{ок}$	$F_{п}$

Обозначения коэффициентов\*

табл. 2

Параметр	Методика 1	Методика 2	Методика 3	Методика 4
Коэффициент облучённости прямой солнечной радиацией	–	$K_1$	$K_{инс}$	$K_{инс}$
Коэффициент для учёта теплопоступлений рассеянной радиации	–	$K_2$	$K_{обл}$	$K_{обл}$

\* Для учёта теплового потока через затенённую и незатенённую поверхности остекления.

Размеры площадей остекления определяют графически, что затрудняет применение данного метода для компьютерных расчётов.

В итоге тепловой поток солнечной радиации по Методике 1 рассчитывается как:

$$Q_c = (q'F'_o + q''F''_o)C. \tag{2}$$

Формулу (2) можно записать в виде:

$$Q_c = [(q_n + q_p)F'_o + q_p F''_o] C K_1^{M1} K_2^{M1}.$$

**Примечание: подробные расшифровки коэффициентов будут приведены далее, также с ними можно ознакомиться в оригинале указанного источника; индекс «M1» добавлен в рамках статьи для того, чтобы различать коэффициенты с одинаковыми обозначением в оригинале в Методиках 1 и 2.**

### Основные различия используемых методик

Во всех других методиках нет непосредственного разделения площади остекления. Используются различные коэффициенты для учёта прямой и рассеянной солнечной радиации, например, в Методике 2 эти коэффициенты обозначены как  $K_1$  и  $K_2$ .

Для определения  $K_1$  в Методике 2 вводятся ещё два коэффициента для горизонтального и вертикального затенения, а в методиках 3 и 4 даются готовые формулы, которые обеспечивают практически



идентичные результаты. В общем случае учитывается горизонтальное и вертикальное затенение для прямой и рассеянной солнечной радиации:

$$K_1 = K_{пг} K_{пв}.$$

Для полностью затенённого светового проёма  $K_1 = 0$ , а если тень не доходит до остекления, то  $K_1 = 1,0$ .

Определение коэффициента  $K_2$  также идентично:

$$K_2 = K_r K_b.$$

Определение коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$  имеет важный практический смысл при расчётах остекления с большими затеняющими поверхностями. Для «стандартных» окон без предварительных расчётов допустимо принимать коэффициенты  $K_1 = 0,9$ ,  $K_2 = 1,0$  [3].

Тепловой поток солнечной радиации по Методике 2 рассчитывается как:

$$Q_c = (q_n K_1 + q_p K_2) K_3 K_4 A_{oc}. \tag{3}$$

Тепловой поток солнечной радиации по Методике 3 рассчитывается как:

$$Q_c = (q_n K_{инс} + q_p K_{обл}) K_{отн} \tau_2 F_{ок}. \tag{4}$$

Тепловой поток солнечной радиации по Методике 4 рассчитывается так:

$$Q_c = (SK_{п} K_{инс} + 0,75 DK_{обл}) \times K_{отр} K_{пер} K_{загр} K_{отн.п}. \tag{5}$$

Обозначим как  $J_v$  значение, записанное в скобках формул (2)–(5), и назовём его «интенсивность проникающего потока солнечной радиации через стандартное остекление» (индекс «в» обозначает вертикальное остекление, рассматриваемое в данной статье как основной вариант).

Тогда формулы для расчёта теплового потока солнечной радиации будут выглядеть так:

**Методика 1:**  $Q_c = J_v C K_1^{M1} K_2^{M1}. \tag{2.1}$

**Методика 2:**  $Q_c = J_v K_3 K_4 A_{oc}. \tag{3.1}$

**Методика 3:**  $Q_c = J_v K_{отн} \tau_2 F_{ок}. \tag{4.1}$

**Методика 4:**  
 $Q_c = J_v F_{п} K_{отр} K_{пер} K_{загр} K_{отн.п}. \tag{5.1}$

В табл. 2 приведено соответствие коэффициентов учёта теплового потока при определении  $J_v$  в различных методиках.



### Коэффициенты учёта влияния различных факторов на поступление тепла солнечной радиации в помещении

Рассмотрим используемые в формулах (2.1)–(5.1) коэффициенты и их влияние на расчётное значение теплоступлений от солнечной радиации, поступающих через остекление.

В формуле (2.1) по Методике 1:  $K_1^{M1}$  — коэффициент, учитывающий затемнение остекления световых проёмов переплётными и загрязнение атмосферы (принимается по табл. 4 Приложения 12 [1]);  $K_2^{M1}$  — коэффициент, учитывающий загрязнение стекла (принимается по табл. 5 Приложения 12 [1]);  $C$  — коэффициент солнцезащиты (принимается по табл. 1 Приложения 12 [1]), учитывающий тип светового проёма и материал солнцезащитного устройства (для материалов солнцезащитных устройств указаны коэффициенты отражения и поглощения прямой солнечной радиации плоским образцом материала).

В формуле (3.1) по Методике 2:  $K_3$  — коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств, таких как шторы, маркизы, жалюзи (принимается по Приложению 8 СНиП II-3-79\*);  $K_4$  — коэффициент теплопропускания остеклением световых проёмов (принимается по табл. 2 [2]).

В формуле (4.1) по Методике 3:  $K_{отн}$  — коэффициент относительного проникновения солнечной радиации (табл. 22.5 — усечённая версия (по табл. 1 Приложения 12 [1]));  $\tau_2$  — учёт затемнения окна переплётными (Приложение 22.6).

В формуле (5.1) по Методике 4:  $K_{отр}$  — коэффициент, учитывающий тепло отражённой солнечной радиации от земной и других поверхностей перед фасадом (в основном  $K_{отр} = 1,0$ , но в некоторых случаях принимается 1,15), этот коэффициент исчез из большинства методик;  $K_{пер}$  — коэффициент, учитывающий затемнение переплётными остекления световых проёмов (который принимается по табл. 7 СНиП II-A.8-72 «Естественное освещение. Нормы проектирования», но в источнике это «коэффициент, учитывающий потери света»);  $K_{загр}$  — коэффициент, учитывающий загрязнение остекления и атмосферы;  $K_{отн.п}$  — коэффициент относительного проникновения солнечной радиации через заполнение светового проёма, отличающегося от «стандартного» остекления, то есть от одинарного остекления толщиной 2,5–3,5 мм.

Все приведённые выше коэффициенты учитывают различные физические факторы, которые влияют на поступление тепла солнечной радиации через световой проём.

### Учёт факторов, определяющих поступление тепла через остекление\*

табл. 3

Факторы, определяющие поступления тепла	Методика 1	Методика 2	Методика 3	Методика 4	СП23	СП370	Итоги
Теплопропускание солнцезащитных устройств	$C$	$K_3$	$K_{отн}$	$K_{отн.п}$	–	$g_{сзу}$	$K_3 (g_{сзу})$
Тип остекления светового проёма	$C$	$K_4$	$K_{отн}$	$K_{отн.п}$	$k$	–	$X$
Затенение/затемнение переплётными	$K_1^{M1}$	$K_4$	$\tau_2$	$K_{пер}$	$\tau$	–	$\tau_2 (\tau)$
Загрязнение атмосферы	$K_1^{M1}$	–	–	$K_{загр}$	–	–	–
Загрязнение стекла	$K_2^{M1}$	–	–	$K_{загр}$	–	–	–
Тепло отражённой солнечной радиации	–	–	–	$K_{отр}$	–	–	–

\* Для различных методик и в нормативной литературе.

В различных методиках эти коэффициенты имеют различное название и различный физический смысл. Табл. 3 показывает взаимное соответствие различных коэффициентов.

Рассмотрим коэффициент  $K_4$  — коэффициент теплопропускания заполнения светового проёма. В отличие от Методик 1 и 3, этот коэффициент на первый взгляд учитывает только тип заполнения светового проёма, но внизу табл. 2 [2] указано, что коэффициент теплопередачи остекления  $R$  приведён с учётом неполного заполнения остекления световым проёмом, то есть при наличии переплётных. Для одинарных переплётных без солнцезащитных устройств  $K_4 = 0,75$  и  $K_3 = 1,0$ , и, если сравнить это значение со значением  $\tau_2 = 0,75$  и  $K_{отн} = 1,0$  (в Методике 3), получается, что  $K_4 K_3 = \tau_2 K_{отн}$ , то есть затемнение переплётными в Методике 2 учитывается в составе коэффициента  $K_4$ .

Коэффициент  $K_3$  (по Приложению 8 СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника» или его современной редакции в виде СП 50.13330.2012 [12]) — коэффициент теплопропускания защитных устройств. В нормативных документах приводится достаточно ограниченное количество значений для этого коэффициента, в основ-

ном для жалюзи и штор из светлой или темной ткани. В СП 50.13330.2012 [12] коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств вообще не указан, но приведено только нормируемое значение солнцезащитного устройства — для районов со среднемесячной температурой июля это выше 21 °С.

В более современных нормах СП 370.1325800.2017 в табл. Г.1 приведены характеристики некоторых солнцезащитных устройств, этот коэффициент теплопропускания защитных устройств называется «солнечный фактор солнцезащитных устройств» —  $g_{сзу}$ , который по содержанию соответствует коэффициенту  $K_3$  Методики 2.

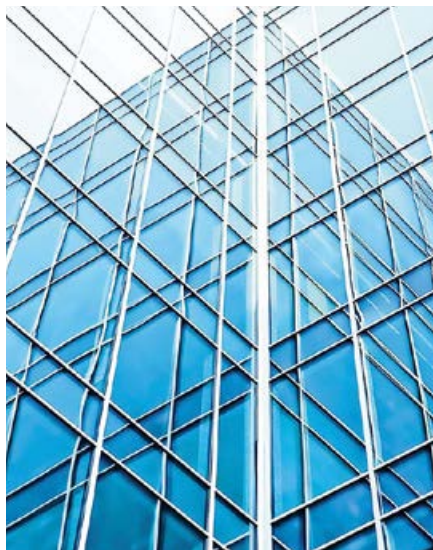
Обновлённые справочные значения коэффициентов относительного пропускания солнечной радиации и коэффициента затемнения непрозрачными элементами приведены в Приложении Л СП 23-101-2004. По логике таблицы из СП 23-101-2004, коэффициенту  $K_4$  из Методики 2 будет соответствовать произведение двух коэффициентов  $\tau k$ .

В итоге в табл. 3 показано, что для того, чтобы учесть все основные факторы снижения теплоступлений солнечной радиации, достаточно использовать следующую формулу:

$$Q_c = J_b g_{сзу} X \tau F_c \quad (6)$$

Согласно полученной формуле (6), влияние характеристик конкретного типа остекления на поступление солнечной радиации определяется коэффициентом  $X$ . Как видно из табл. 3, в рассмотренных методиках нет коэффициента, являющегося полным эквивалентом  $X$ . Вместе с тем тот коэффициент напрямую определяется свойствами отдельных стёкол и современных стеклопакетов, предлагаемых производителями.

Далее рассмотрим основные характеристики, которые должны предоставлять производители стёкол, и то, как их можно использовать для расчёта теплоступлений солнечной радиации.



### Характеристики современных стёкол и стеклопакетов

В современных нормативных документах [7] приводятся подробные характеристики, связанные с пропусканием солнечной энергии стёклами и стеклопакетами различной конфигурации.

Падающий на рассматриваемое остекление поток солнечного излучения  $\Phi_e$  делится на три части:

- пропущенная часть —  $\tau_e \Phi_e$ ;
- отражённая часть —  $\rho_e \Phi_e$ ;
- поглощённая часть —  $\alpha_e \Phi_e$ ,

где  $\tau_e$  — коэффициент пропускания солнечного излучения;  $\rho_e$  — коэффициент отражения солнечного излучения;  $\alpha_e$  — коэффициент поглощения солнечного излучения, при этом:

$$\tau_e + \rho_e + \alpha_e = 1.$$

Коэффициент поглощения солнечного излучения можно определить как:

$$\alpha_e = 1 - (\tau_e + \rho_e).$$

Поглощённая часть  $\alpha_e \Phi_e$ , в свою очередь, делится на две части — количество энергии, переданной внутрь помещения и наружу в окружающую среду:

$$\alpha_e = q_i + q_e,$$

где  $q_i$  — коэффициент вторичной теплопередачи в помещение (этот коэффициент характеризует теплопередачу за счёт конвекции и длинноволнового инфракрасного излучения части солнечного излучения, которая была поглощена остеклением);  $q_e$  — коэффициент вторичной теплопередачи наружу в окружающую среду.

В стандарте [7] вводится «коэффициент общего пропускания солнечной энергии» (Total Solar Energy Transmittance) или «солнечный фактор» (Solar Factor) — это общее количество солнечной энергии, пропускаемой стеклом в помещение:

$$g = \tau_e + q_i.$$

Именно эти данные могут предоставить производители остекления для своей сертифицированной продукции (табл. 4). В документации производителей [10] некоторые коэффициенты могут отсутствовать, но их можно определить по приведённым выше формулам.

### Коэффициент проникания прямой солнечной радиации через одинарное остекление, значение которого приведено в табл. 2.3 [4], учитывает как характеристику самого стекла, так и угол падения солнечного излучения к поверхности стекла, в зависимости от ориентации по сторонам света и географической широты

Далее рассмотрим, будет ли корректно использовать именно значение солнечного фактора  $g$  при расчётах по формуле (6). Для этого для формул (2.1)–(5.1) проанализируем расчёт значения «интенсивности проникающего потока солнечной радиации через стандартное остекление»  $J_b$  более подробно.

### Использование характеристик стёкол и стеклопакетов для расчёта теплопоступлений солнечной радиации

Например, для формулы (3.1) по Методике 2:

$$J_b = q_n K_1 + q_p K_2,$$

где  $q_n$  — поверхностная плотность теплового потока прямой солнечной радиации через остеклённый световой проём, Вт/м<sup>2</sup>;  $q_p$  — поверхностная плотность теплового потока рассеянной солнечной радиации через остеклённый световой проём, Вт/м<sup>2</sup>.

Значения  $q_n$  и  $q_p$  приведены в различных справочниках и нормативных документах, в том числе в [2–4] и в новом [10]. Именно на этих базовых значениях основаны все расчёты по Методикам 1–3. Важным моментом является то, что значения плотности теплового потока, указанные в таблицах, относятся именно к одинарному остеклению со стеклом толщиной 2,5–3,5 мм (далее будем называть такое стекло «стандартным») и по факту являются пересчитанными значениями интенсивности прямой  $S$  и рассеянной  $D$  радиации.

В Методике 4 этот вопрос показан подробнее, где для формулы (5.1) определено:

$$J_b = SK_n K_{инс} + 0,75DK_{обл};$$

$$q_n = SK_n;$$

$$q_p = 0,75D,$$

здесь  $K_n$  — коэффициент проникания прямой солнечной радиации через одинарное остекление, значение коэффициента приведено в табл. 2.3 [4]. Этот коэффициент учитывает как характеристику самого стекла, так и угол падения солнечного излучения к поверхности стекла, в зависимости от ориентации по сторонам света и географической широты. Именно с учётом этого коэффициента  $K_n$  пересчитаны значения интенсивности прямой солнечной радиации  $S$  в значения теплового потока  $q_n$  через «стандартное» остекление. Аналогично значения рассеянной солнечной радиации  $D$  пересчитаны в тепловой поток  $q_p$  с постоянным коэффициентом 0,75. Максимальное значение коэффициента проникания  $K_n$  согласно [4] составляет 0,88, что соответствует облучению стекла под углом, близким к прямому (90°) к его поверхности.

С другой стороны, согласно данным [7], коэффициент общего пропускания солнечной энергии (солнечный фактор) для стандартного бесцветного стекла толщиной 3–4 мм составляет 0,87. Это значение практически совпадает с максимальным значением  $K_n$ .

В стандарте [7] вводится понятие — коэффициент общего затенения  $SC$  (вернее, Solar Heat Gain Coefficient, SHGC), который определяется по формуле:

$$SC = g/0,87.$$

В стандарте не даётся пояснений относительно назначения и применения коэффициента  $SC$ . Согласно приведённым выше обоснованиям, именно этот коэффициент и позволяет использовать значения солнечного фактора  $g$ , указанные в технических характеристиках остекления, в сочетании с рассматриваемыми методиками расчёта, основанными на данных о тепловом потоке прямой и рассеянной солнечной радиации, проходящем через стандартное остекление.

Характеристики характеристик современных стеклопакетов, определяющие пропускание тепла солнечной радиации табл. 4

№	Тип стеклопакета	Свето-пропускание	Коэффициент пропускания солнечного излучения $\tau_e$ , %	Коэффициент отражения солнечного излучения $\rho_e$ , %	Коэффициент поглощения солнечного излучения $\alpha_e$ , %	Солнечный фактор $g$ , %	Теплопередача в помещении $q_i$ , %	Теплопередача на улицу $q_e$ , %	Термическое сопротивление $R_o$ , (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт
Стекло 1	4M1-8-4M1	80	68	11	21	78	10	11	0,28
Стекло 2	4M1-16-4M1-16-K4	68	50	16	34	72	22	12	0,65
Стекло 3	4M1-8-4M1-8-И4	66	34	31	35	50	16	19	0,61
Стекло 4	Стеклопакет Suncool 0.70	70	34	35	31	37	3	28	1,00
Стекло 5	Стеклопакет Optifloat 0.75	75	61	16	23	72	11	12	0,67



•• Коэффициенты теплопропускания внутренних СЗУ\*

табл. 5

Внутреннее солнцезащитное устройство	$g_{СЗУ}$
Штора-жалюзи с металлическими пластинами, повернутыми под углом 45°	0,60
Штора-жалюзи с металлическими пластинами, повернутыми под углом 90°	0,70
Штора из светлой ткани	0,40
Штора из темной ткани	0,80

\* По данным Приложения 8 СНиП II-3-79\*.

В этом случае итоговая расчётная формула примет вид:

$$Q_c = J_B g_{СЗУ} \frac{g}{0,87} \tau F_o. \quad (6.1)$$

И, принимая вариант определения  $J_B$  на базе Методик 2 и 3, получаем расчётную формулу для определения поступлений тепла солнечной радиации через остекление с заданным значением солнечного фактора:

$$Q_c = (q_n K_1 + q_p K_2) g_{СЗУ} \frac{g}{0,87} \tau F_o, \quad (7)$$

где  $q_n$ ,  $q_p$ ,  $K_1$  и  $K_2$  — то же, что и в Методике 2 [2], для предварительных расчётов остекления без конструктивных элементов затенения можно принимать  $K_1 = 0,9$ ,  $K_2 = 1,0$  [3];  $F_o$  — площадь светового проёма, аналогично Методикам 2–4;  $g_{СЗУ}$  — солнечный фактор солнцезащитных устройств, принимаемый по табл. Г.1 СП 370.1325800.2017 {для других типов солнцезащитных устройств можно использовать дополнительные справочные данные, например, из Приложения 8 СНиП II-3-79\* (табл. 5), а для объектов, расположенных в районах со среднемесячной температурой июля более 21°С, следует использовать нормативное значение коэффициента теплопропускания солнцезащитных устройств по табл. 8 [12]};  $g$  — коэффициент общего пропускания солнечной энергии (солнечный фактор) остекления, согласно [7] принимается по данным производителя стекла или стеклопакета;  $\tau$  — коэффициент затемнения переплётами (наиболее актуальные значения коэффициента  $\tau$  можно принять по данным табл. Л.1 СП 23-101-2004, однако данный коэффициент справедливо применять для «традиционных» оконных стёкол, например, таких, какие используются в типовых жилых домах традиционных типовых серий П-44 и др., однако для современных панорамных стёкол больших размеров, стёкол встраиваемого остекления и т.п. данный коэффициент будет приближаться к 1,0, поэтому вопрос использования корректных значений коэффициента затемнения переплётами  $\tau$  требует дополнительно проработки и уточнения).

**Учёт показателя поглощения теплового потока солнечной радиации внутренними ограждающими конструкциями, оборудованием, материалами**

Ещё один момент, который вызывает вопросы и на который нужно обратить внимание при обзоре методик, — это коэффициент  $a_n$ , то есть так называемый «показатель поглощения теплового потока солнечной радиации».

В Методике 2 расчётное количество тепла солнечной радиации должно определяться по формуле:

$$Q_{л}^p = Q_{л} a_n. \quad (8)$$

Как указано в [2], показатель поглощения учитывает поглощения ограждениями и оборудованием теплового потока прямой и рассеянной солнечной радиации, передаваемого воздуху помещения конвективными потоками. Значения показателя зависят от коэффици-

**При расчёте переходных процессов аккумуляция тепла должна быть учтена, но для инженерного расчёта системы комфортного кондиционирования такой подход может существенно снизить расчётную производительность оборудования, что подтверждается практическим опытом**

ентов теплоусвоения стен и покрытий и согласно табл. 5 [2] находятся в диапазоне 0,1–0,6 единиц. Это означает, что найденное, например, по формуле (3) значение  $Q_c$  следует ещё умножить на коэффициент  $a_n$ , а это существенно занижает итоговый результат.

В Методике 1 также учитывается аккумуляция тепла внутренними ограждениями и приводится расчётная формула. Но в этой методике дано чёткое указание о том, что аккумуляцию тепла внутренними ограждениями следует учитывать для проникания тепла через световые проёмы без средств солнцезащиты в помещении или межстёкольном пространстве, что выглядит более обоснованно. В Методике 2 таких указаний нет, и это вызывает ряд вопросов у специалистов. Также и в Методиках 3 и 4 показатель поглощения не используется.

Несомненно, что при расчёте переходных процессов аккумуляция тепла должна быть учтена, но для инженерного расчёта системы комфортного кондиционирования такой подход может существенно снизить расчётную производительность оборудования, что подтверждается практическим опытом.

**Тепловой поток теплопередачей**

Вторая составляющая в формуле (1) — это  $Q_T$ , то есть «теплопоступления за счёт теплопередачи через световой проём». При этом для всех рассматриваемых методик момент наступления максимальной суточной температуры соответствует 15:00 по среднесолнечному (гражданскому) времени.

Для корректного расчёта  $Q_T$  по всем рассматриваемым методикам очень важным является то, какие значения температуры воздуха и амплитуды колебаний температуры будут применены в формулах (табл. 6 и 7).





Методика 1 предлагает наиболее простую формулу:

$$Q_T = \frac{t_n - t_b}{R_o} F_o, \quad (9)$$

где  $t_n$  — принимается по приложению «Расчётные параметры наружного воздуха» к соответствующей главе [2].

Методика 2 предлагает формулу, которая учитывает суточные колебания наружного воздуха и лучше подходит для расчёта почасового теплопоступления:

$$Q_T = \frac{t_{нар} + 0,5\theta_1 A_{м.с} - t_n}{R_{oc}} F_{oc}, \quad (10)$$

где  $A_{м.с}$  — максимальная суточная амплитуда температуры наружного воздуха в июле, принимаемая по СНиП 2.01.01–82

«Строительная климатология и геофизика»;  $\theta_1$  — коэффициент гармонического изменения температуры (принимается по табл. 6 [2]), для остекления определяется при  $\epsilon = \epsilon + 15$  и  $\theta_1 = 15$  часам;  $t_{нар}$  — средняя за сутки температура наружного воздуха в июле, принимается по графе 8 таблицы «Температура наружного воздуха» из СНиП 2.01.01–82;  $A_{oc}$  — площадь остекления.

В Методиках 3 и 4 вводится понятие условная наружная температура, значение которой увеличивается за счёт добавки, которая учитывает дополнительный нагрев стекла за счёт прямой и рассеянной солнечной радиации, поглощаемой объёмом стекла и/или внутренними солнцезащитными устройствами.

Методика 3:

$$Q_T = \frac{t_{н.усл} - t_b}{R_{ок}} F_{ок}; \quad (11)$$

$$t_{н.усл} = t_{н.ср} + 0,5A_{t_n}\beta_2 + \frac{S_b K_{инс} + D_b K_{отн}}{\alpha_n} \rho \tau_2, \quad (12)$$

где  $t_{н.ср}$  — средняя температура июля по СНиП 23-01–99\*;  $A_{t_n}$  — среднесуточная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха по СНиП 23-01–99\*;  $\rho$  — приведённый коэффициент поглощения солнечной радиации, который принимается по Приложению 22.5 [3] и приводится для окон без солнцезащитных устройств и для окон с внутренними жалюзи, то есть данный коэффициент учитывает наличие внутренних солнцезащитных устройств;  $\tau_2$  — учёт затемнения окна переплётами, который принимается из Приложению 22.6 [3] и зависит от типа оконного переплёта;  $\beta_2$  — коэффициент учёта гармонического изменения температуры наружного воздуха [3];  $\alpha_n$  — коэффициент теплоотдачи, зависящий от скорости ветра  $v_b$ :  $\alpha_n = 5,8 + 11,6\sqrt{v_b}$ .

**Примечание:** очевидно, что в оригинале в формуле (12) опечатка, так как по тексту  $K_{отн}$  — это коэффициент относительно проникания солнечной радиации, а в формуле должен быть  $K_{обл}$  — коэффициент облучения, как и в аналогичной формуле по Методике 4, что также подтверждается в приведённом примере.

Методика 4 предлагает аналогичную формулу, учитывающую гармоническое изменение температуры наружного воздуха следующим образом:

$$Q_T = \frac{t_{н.усл} - t_b}{R_{oII}} F_{II}; \quad (13)$$

$$t_{усл} = t_{н0} + A_{t_n}\beta_2 + \frac{S_b K_{инс} + D_b K_{обл}}{\alpha_n} \rho_{II} K_n, \quad (14)$$

где  $t_{н0}$  — средняя за сутки температура;  $A_{t_n}$  — половина полного перепада суточной температуры, взятого по СНиП II-A.6–72 «Строительная климатология»;  $\rho_{II}$  — приведённый коэффициент поглощения солнечной радиации, который учитывает тип остекления и наличие внутренних солнцезащитных устройств ([4], стр. 43, табл. 2.3);  $K_n$  — коэффициент пропускания тепла солнечной радиации наружной солнцезащитной конструкции, при отсутствии наружной солнцезащитной конструкции  $K_n = 1,0$  ([4], стр. 54), при горизонтальном выступе, полностью затеняющем окно,  $K_n = 0,25$ , при брезентовом навесе или тенте  $K_n = 0,3$ .

•• Выбор расчётных значений температуры

табл. 6

Параметр	Методика 1	Методика 2	Методика 3	Методика 4
Температура наружного воздуха	$t_n$	$t_{нар}$	$t_{н.ср}$	$t_{н0}$
Пояснения в оригинале методики	По Приложению 4 к главе 12 «Расчётные параметры наружного воздуха» СНиП II-33–75	Средняя за сутки температура наружного воздуха в июле, по графе 8 табл. «Температура наружного воздуха» СНиП 2.01.01–82	Средняя температура июля по СНиП 23-01–99*	Средняя за сутки температура*
Соответствующее значение в актуальных нормах	Температура для расчёта систем кондиционирования, п. 10, табл. 10.1 СП 131.13330.2020, данные из графы 4 табл. 4.1	Среднемесячная температура для июля приведена в табл. 5.1 СП 131.13330.2020	Среднемесячная температура для июля приведена в табл. 5.1 СП 131.13330.2020	$A_{t_n}$ — табл. 11.1 СП 131.13330.2020, среднее значение амплитуды в июле месяце — 9,9 °С $t_{н,макс}$ — п. 10, табл. 10.1 СП 131.13330.202, данные из графы 4 табл. 4.1
Актуальное значение для г. Москвы	26 °С	19,1 °С	19,1 °С	21,1 °С

\*  $t_{н0} = t_{н,макс} - A_{t_n} = 26 - 9,9/2 = 21,1$  °С, где  $t_{н,макс}$  — температура по параметрам Б;  $A_{t_n}$  — половина перепада суточной температуры по СНиП II-A.6–72.

•• Выбор расчётных значений амплитуды температуры наружного воздуха

табл. 7

Параметр	Методика 1	Методика 2	Методика 3	Методика 4
Амплитуда	Не использ.	$A_{м.с}$	$A_{t_n}$	$A_{t_n}$
Пояснения в оригинале методики	—	Максимальная суточная амплитуда температуры наружного воздуха в июле СНиП 2.01.01–82	Среднесуточная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха СНиП 23-01–99*	$A_{t_n}$ — половина перепада суточной температуры по СНиП II-A.6–72
Соответствующее значение в актуальных нормах	—	Максимальное значение суточной амплитуды из табл. 11.1 СП 131.13330.2020	$A_{t_n}$ — табл. 11.1 СП 131.13330.2020, среднее значение амплитуды в июле месяце (столб. VII)	$A_{t_n}$ — табл. 11.1 СП 131.13330.2020, среднее значение амплитуды в июле месяце (столб. VII)
Актуальное значение для г. Москвы	—	18,9 °С	9,9 °С	4,95 °С



В табл. 8 представлены факторы, которые определяют значение условной температуры и, соответственно, расчётное поступление тепла теплопередачей через остекление. Отметим, что в табл. 8 добавлены две дополнительные графы: в графе «ГОСТ EN 410–2014» показано, что влияние типа остекления определяется одной из нормативных характеристик стекла — коэффициентом вторичной теплопередачи в помещении  $q_i$ , и этот коэффициент может быть учтён при определении поступлений тепла теплопередачей.

Наибольшую сложность представляет задача корректного учёта внутренних солнцезащитных устройств типа внутренних штор и жалюзи. Именно этот тип солнцезащитных устройств наиболее доступен и наиболее часто используется в жилом секторе и офисных зданиях.

В табл. 9 приведены значения приведённого коэффициента поглощения солнечной радиации  $\rho_{\Pi}$  для случаев использования штор. Табл. 9 составлена по данным табл. 2.3 [4].

Согласно справочным данным различных источников, для одинарного остекления коэффициент вторичной теплопередачи в помещении  $q_i$  составляет 0,02–0,07. Для солнцезащитных стеклопакетов с низкими коэффициентами пропускания прямого солнечного излучения  $\tau_e$  коэффициент поглощения прямого солнечного излучения  $\alpha_e$  находится в диапазоне 0,2–0,3, а коэффициент вторичной теплопередачи в помещение  $q_i$  — в диапазоне 0,1–0,2. Однако, исходя из анализа данных в табл. 9, можно считать, что наличие внутренних солнцезащитных устройств (штор и жалюзи) является определяющим фактором, а приведённый коэффициент поглощения солнечной радиации для расчётов может применяться без дополнительных поправок на реальное значение  $q_i$  рассчитываемого стеклопакета для двойного и тройного остекления.

Факторы, определяющие поступление тепла теплопередачей

табл. 8

Факторы, определяющие поступления тепла	Методика 3	Методика 4	ГОСТ EN 410–2014	СП 370.1325800.2017
Тип переплётов	$\tau_2$	нет	–	–
Тип остекления	$\rho$	$\rho_{\Pi}$	$q_i$	–
Внутренние солнцезащитные устройства	$\rho$	$\rho_{\Pi}$	–	$g_{C3Y(вн)}$
Наружные солнцезащитные устройства	нет	$K_{\Pi}$	–	$g_{C3Y(нар)}$

Приведённый коэффициент поглощения солнечной радиации со шторами и жалюзи

табл. 9

Шторы и жалюзи		Одинарное остекление (2,5–12 мм)	Двойное остекление (2,5–6 мм)	Тройное остекление (2,5–6 мм)
Внутренние шторы из тонкой ткани	светлые	1,2*	0,4	–
	средней окраски	1,45	1,3	–
	тёмные	1,7	1,7	–
Внутренние шторы из плотного непрозрачного материала	светлые	0,5	0,4	–
	тёмные	1,25	1,3	–
Внутренние жалюзи	светлые	1,2	1,2	1,2
	средней окраски	1,7	1,7	1,6
	тёмные	2,1	2,0	1,9

\* Предположительно в табл. 2.3 [4] содержится опечатка для светлых тонких штор при одинарном остеклении, так как для светлых плотных штор и для жалюзи нет резкого скачка значения в зависимости от типа остекления. Однако авторы допускают возможность учёта дополнительных особенностей теплопередачи, о которых не удалось найти поясняющей информации.

Таким образом, расчёт количества тепла, поступающего в помещение за счёт теплопередачи, с учётом сопоставления с табл. 2, может быть предложен в виде:

$$Q_T = \frac{t_{н,усл} - t_{в}}{R_o} F_o; \quad (13)$$

$$t_{усл} = t_{н0} + A_{тн} \beta_2 + \frac{S_B K_1 + D_B K_2}{\alpha_n} \rho_{\Pi} \tau g_{C3Y,нар}, \quad (14)$$

где  $t_{н0}$  и  $A_{тн}$  определяются аналогично, как для Методики 4 (табл. 6 и 7);  $\rho_{\Pi}$  — приведённый коэффициент поглощения солнечной радиации, который принимается равным  $\rho$  по табл. 8 для остекления с внутренними шторами и жалюзи или равным  $q_i$  по данным производителя остекления для штор без внутренних солнцезащитных устройств;  $\tau = \tau_2$  — коэффициент затемнения переплётами, аналогично формуле (7).

### Итоги

В результате есть две альтернативных формулы (10) и (13) для расчёта тепла, поступающего за счёт теплопередачи, которые могли бы использоваться совместно с формулой расчёта тепла солнечной радиации (7) для определения количества тепла, поступающего через световой проём, по формуле:

$$Q_o = Q_c + Q_T. \quad (1)$$

Формула (10) более простая и не учитывает в своём составе поглощение тепла внутренними солнцезащитными устройствами (шторами), также в этой формуле не учитывается влияние реальных характеристик конкретного типа остекления.

Если рассмотреть формулу (7):

$$Q_c = (q_n K_1 + q_p K_2) g_{C3Y} \frac{g}{0,87} \tau F_o, \quad (7)$$

то можно обратить внимание на то, что, согласно подходу, изложенному в [7], при определении коэффициента общего пропускания солнечной энергии (солнечного фактора)  $g = \tau_e + q_i$  в его составе уже учитывается коэффициент вторичной теплопередачи в помещение, который учитывает конвекционную составляющую теплопоступлений от нагретого стекла. В этом случае остаётся только учесть тепло первичной теплопередачи, что и происходит при расчёте по формуле (10).

Таким образом, для расчёта по формуле (1) может быть рассмотрен вариант совместного использования формулы (7) и (10), и формула может быть записана в виде:

$$Q_o^{вар1} = Q_c^{(7)} + Q_T^{(10)}. \quad (10.1)$$





С другой стороны, в формуле (14) уже учитывается такая характеристика стекла, как коэффициент вторичной теплопередачи, и тогда эта составляющая не должна повторно учитываться в формуле (7). В этом случае в формуле (7) следует использовать только коэффициент прямого пропускания солнечного излучения  $\tau_c$ , и формула будет иметь вид:

$$Q_c = (q_n K_1 + q_p K_2) g_{СЗУ} \frac{\tau_c}{0,87} \tau F_0, \quad (7.1)$$

Это позволяет предложить второй вариант совместного использования формул (7.1) и (14), который также выглядит вполне корректным и обоснованным:

$$Q_0^{вар2} = Q_c^{(7.1)} + Q_T^{(14)}. \quad (10.2)$$

В итоге получилось два варианта обновлённой методики расчёта теплопоступлений через остекления (табл. 10).

Варианты обновлённой методики расчёта теплопоступлений через остекление табл. 10

Вариант 1	Вариант 2
$Q_0^{вар1} = Q_c^{(7)} + Q_T^{(10)}$ (10.1)	$Q_0^{вар2} = Q_c^{(7.1)} + Q_T^{(13)}$ (10.2)
$Q_c = (q_n K_1 + q_p K_2) g_{СЗУ} \frac{g}{0,87} \tau F_0$ (7)	$Q_c = (q_n K_1 + q_p K_2) g_{СЗУ} \frac{\tau_c}{0,87} \tau F_0$ (7.1)
$Q_T = \frac{t_{нар} + 0,5 \theta_1 A_{м.с} - t_{в}}{R_0} F_0$ (10)	$Q_T = \frac{t_{н.усл} - t_{в}}{R_0} F_0$ (13)
	$t_{усл} = t_{н0} + A_{тн} \beta_2 + \frac{S_B K_1 + D_B K_2}{\alpha_n} \rho_n \tau g_{СЗУ,нар}$ (14)

Теплопоступления [Вт], рассчитанные по формулам Варианта 1 и Варианта 2 табл. 11

Вариант	Характеристики стеклопакета				Светлые шторы		Тёмные шторы		Без СЗУ	
	$\tau_c$	$g$	$q_i$	$R$	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 1	Вар. 2
Стекло 1	0,68	0,78	0,1	0,28	136	164	265	359	330	306
Стекло 2	0,50	0,72	0,22	0,65	122	105	241	223	301	222
Стекло 3	0,34	0,50	0,16	0,61	86	80	169	174	210	154
Стекло 4	0,34	0,37	0,03	1,00	63	71	124	150	155	150
Стекло 5	0,61	0,72	0,11	0,67	122	123	241	258	301	263

Рассмотрим три варианта остекления: окно со шторами из плотной светлой ткани, окно со шторами из плотной тёмной ткани и окно без внутренних солнцезащитных устройств.

В расчётах применяются следующие значения и коэффициенты:

- $F_0 = 1 \text{ м}^2$  — расчётная площадь остекления;
- $q_n = 398 \text{ Вт/м}^2$  — табл. 1 [2];
- $q_p = 92 \text{ Вт/м}^2$  — табл. 1 [2];
- $S_B = 479 \text{ Вт/м}^2$  — табл. 8а [2];
- $D_B = 124 \text{ Вт/м}^2$  — табл. 8а [2];
- $K_1 = 0,9$  — значение принято для оценочного расчёта, определяется по Методике 2 или 3;
- $K_2 = 1,0$  — значение принято для оценочного расчёта, определяется по Методике 2 или 3;

### В проведённых расчётах все стекла имеют различные характеристики пропускания и поглощения солнечной энергии

- $g_{СЗУ,нар} = 1,0$  — наружные солнцезащитные устройства отсутствуют;
- $\tau = 0,8$  — двухкамерный или однокамерный стеклопакет в однокамерном переплёте по табл. Л.1 СП 23-101-2004;
- $g_{СЗУ} = 0,4$  для штор из светлой ткани и  $0,8$  для штор из тёмной ткани, поскольку в табл. Г.1 СП 370.1325800.2017 данные для внутренних штор отсутствуют, и в этом случае данные приняты из Приложения 8 СНиП II-3-79\*;
- $\rho_n = 0,4$  для плотных штор из светлой ткани и  $\rho_n = 1,3$  для плотных штор из тёмной ткани по табл. 10;
- $\rho_n = q_i$  — для остекления без внутренних солнцезащитных устройств;
- $t_{нар} = 19,1 \text{ °C}$  (табл. 6);
- $t_{н0} = 21,1 \text{ °C}$  (табл. 6);
- $A_{м.с} = 18,9 \text{ °C}$  (табл. 7);
- $A_{тн} = 9,9 \text{ °C}$  (табл. 7);
- $\theta_1 = \beta_2 = 0,72$  для времени 12:00 дня;
- $v_B = 1 \text{ м/с}$ ;
- $t_B = 24 \text{ °C}$  — расчётная температура внутреннего воздуха для систем комфортного кондиционирования в тёплый период года.

Результаты расчётов для стёкол из табл. 4 представлены в табл. 11. В проведённых расчётах все стекла имеют различные характеристики пропускания и поглощения солнечной энергии. По табл. 11 нельзя сказать, что во всех случаях расчёта по Вариантам 1 или 2 теплопоступления получаются больше или меньше. В обоих случаях расчётное значение зависит от характеристик конкретного стекла.





Наиболее показательным является сопоставление результатов Стекло 2 и Стекло 5, которые имеют одинаковый солнечный фактор  $g = 0,72$ , но различные коэффициенты пропускания тепла. Как видно из табл. 11, при расчёте по Варианту 1 результаты для обоих стёкол совпадают, то есть формулы не учитывают то, что Стекло 5 пропускает значительно больше прямой солнечной энергии. При этом при расчёте по Варианту 2 эта разница отражается в результате, как для стёкол

с внутренними шторами, так и для остекления без штор. При расчёте остекления по Варианту 2 поступления тепла через Стекло 5 с большим коэффициентом пропускания получается выше, что соответствует физике процесса и ожиданиям.

При расчёте остекления без внутренних солнцезащитных устройств (шторы или жалюзи), в помещение будет попадать вся солнечная энергия, проникающая как за счёт солнечной радиации, так и в результате вторичной теплопередачи.

В этом случае получается, что Вариант 1 более точно отражает физику процесса, и при отсутствии внутренних солнцезащитных устройств теплопоступления через различные стекла (с одинаковым солнечным фактором и одинаковым термическим сопротивлением) действительно будут одинаковыми.

### Заключение

В итоге для определения теплопоступлений через современные стеклопакеты предложены расчётные формулы, которые позволяют объективно учитывать все характеристики и особенности стеклопакетов.

В предложенной методике для расчёта теплопоступлений через остекления без внутренних солнцезащитных устройств предлагается использовать расчётные формулы по Варианту 1.

Для остекления с внутренними солнцезащитными устройствами рекомендуется использовать Вариант 2, который наиболее полно учитывает все характеристики и свойства современных стеклопакетов различных производителей. ●

1. СНИП II-33-75. Часть II: Нормы проектирования. Глава 33: Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха / Дата введ.: 01.07.1976.
2. Пособие 2.91 к СНИП 2.04.05-91. Расчёт поступления теплоты солнечной радиации в помещения. — М.: Промстройпроект, 45 с.
3. Краснов Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий. — М.: Техносфера; Термокул, 2006. 288 с.
4. Внутренние санитарно-технические устройства (справочник проектировщика). В 2-х ч. Ч. II: Вентиляция и кондиционирование воздуха. Изд. 2-е, перераб. и доп. / В.Н. Богословский, И.А. Шепелев, В.М. Эльтерман [и др.]; под ред. И.Г. Старовойтова. — М.: Стройиздат, 1977. 502 с.
5. Серебницкий Б.Н. Примеры расчёта систем кондиционирования воздуха. — Киев: Будівельник, 1970. 157 с.
6. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Изд. 3-е, перераб. и доп. / В.А. Ананьев, Л.Н. Балуева, А.Д. Гальперин [и др.]. — М.: Евроклимат, 2000. 416 с.
7. ГОСТ EN 410-2014. Стекло и изделия из него. Методы определения оптических характеристик. Определение световых и солнечных характеристик (с попр.) / Дата введ.: 01.04.2016.
8. СП 370.1325800.2017. Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования (с Изм. №1) / Дата введ.: 06.06.2018.
9. СП 131.13330.2020. Строительная климатология [Пересмотр СП 131.13330.2018 «СНИП 23-01-99». Строительная климатология»] (с Изм. №1 и №2) / Дата введ.: 25.06.2021.
10. СП 345.1325800.2017. Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты (с Изм. №1 и №2) / Дата введ.: 15.05.2018.
11. Каталоги производителей стёкол и стеклопакетов Pilkington и Vseokna.
12. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализ. ред. СНИП 23-02-2003 (с Изм. №1 и №2) / Дата введ.: 01.07.2013.

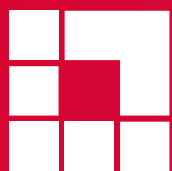
### HEATING, HOT WATER AND GAS SUPPLY

### REFERENCES ●●●

#### Methodology for solar heat gain calculation through glazing with specified solar energy transmission characteristics

Vitaly A. Volkov, PhD, senior lecturer, National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (NRU "MPEI"); Andrey V. Gerasimov, postgraduate student, the Department of Information Technology, Artificial Intelligence and Socio-Social Technologies of Digital Society, the Faculty of Political and Social Technologies, Russian State Social University (RSSU, Moscow); Alexander Ya. Shelginsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Industrial Thermal Power Systems, NRU "MPEI"

1. SNiP II-33-75 [Building Rules & Regulations of Russia No. II-33-75]. Otoplenie, ventiljatsija i konditsionirovanie vozdukh [Part II: Construction Standards. Chapter 33: Heating, ventilation and air conditioning]. Date of impl.: July 1, 1976.
2. Posobie 2.91 k SNiP 2.04.05-91 [Manual No. 2.91 to Building Rules & Regulations No. 2.04.05-91]. Raschet postuplenija teploty solnechnoj radiatsii v pomeshhenija [Calculation of solar radiation heat gain into premises]. Moscow. Promstrojproekt ["Promstroyproject"]. 45 p.
3. Ju.S. Krasnov. Sistemy ventiljatsii i konditsionirovanija. Rekomendatsii po projektirovaniju dlja proizvodstvennykh i obshhestvennykh zdaniy [Ventilation and air conditioning systems. Design recommendations for industrial and public buildings]. Moscow. Tekhnosfera ["Technosphere" Advertising and Publishing Center], CJSC; Termokul [Thermocool Group]. 2006. 288 p.
4. V.N. Bogoslovsky, I.A. Shepelev, V.M. Elterman et al. Vnutrennie sanitarno-tekhnicheskie ustrojstva (spravochnik projektirovshhika) [Internal sanitary installations (designer's guide)]. V 2-h ch. Ch. II: Ventiljatsija i konditsionirovanie vozdukh [In two parts. Part II: Ventilation and air conditioning]. 2nd edition, rev. and exp. Edited by I.G. Staroverov. Moscow. Stroizdat [Publishing House of Literature on the Construction and Architecture ("Stroizdat" Publishers)]. 1977. 502 p.
5. B.N. Serebnitsky. Primery rascheta sistem konditsionirovanija vozdukh [Examples of calculation of air conditioning systems]. Kiev. Budivelnik ["The builder" Publishers]. 1970. 157 p.
6. V.A. Ananyev, L.N. Balueva, A.D. Galperin et al. Sistemy ventiljatsii i konditsionirovanija. Teorija i praktika [Ventilation and air conditioning systems. Theory and practice]. 3rd edition. Moscow. Evroklimat [Euroclimate Group]. 2000. 416 p.
7. GOST EN 410-2014 [State Industry Standard of Russia No. 410-2014]. Steklo i izdelija iz nego. Metody opredelenija opticheskikh kharakteristik. [Glass and products made from it. Methods for determining optical characteristics. Determination of light and solar characteristics (with an amend.)]. Date of impl.: April 1, 2016.
8. SP 370.1325800.2017 [The Code of Practice on Design and Construction of Russia No. 370.1325800.2017]. Ustrojstva solntsezashhitnye zdaniy. Pravila projektirovanija (s Izm. №1) [Solar protection devices for buildings. Construction rules (with Amend. No. 1)]. Date of impl.: July 6, 2018.
9. SP 131.13330.2020 [The Code of Practice on Design and Construction of Russia No. 131.13330.2020]. Stroitel'naja klimatologija (s Izm. №1 i №2) [Construction climatology. Building Rules & Regulations of Russia [Rev. of the Code of Practice on Design and Construction of Russia No. 131.13330.2018 "Building Rules & Regulations of Russia No. 23-01-99". Construction climatology]] (with Amend. No. 1 and No. 2)]. Date of impl.: June 25, 2021.
10. SP 345.1325800.2017 [The Code of Practice on Design and Construction of Russia No. 345.1325800.2017]. Zdaniya zhilye i obshhestvennyye. Pravila projektirovanija teplovoj zashhity (s Izm. №1 i №2) [Residential and public buildings. Rules for designing thermal protection (with Amend. No. 1 and No. 2)]. Date of impl.: May 15, 2018.
11. Katalogi proizvođitelej stekol i steklopaketon "Pilkington" i "Vseokna" [Catalogs of glass and insulating glass manufacturers "Pilkington" and "Vseokna"].
12. SP 50.13330.2012 [The Code of Practice on Design and Construction of Russia No. 50.13330.2012]. Teplovaja zashhita zdaniy. Aktualiz. red. SNiP 23-02-2003 (s Izm. №1 i №2) [Thermal protection of buildings. Updated edition of Building Rules & Regulations of Russia No. 23-02-2003 (with Amend. No. 1 and No. 2)]. Date of impl.: July 1, 2013.



# MosBuild

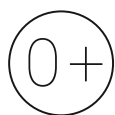
29-я Международная  
выставка строительных  
и отделочных материалов

**2—5 апреля 2024**

Москва, Крокус Экспо

**80 000 +**  
посетителей

**1 000 +\***  
участников



ОРГАНИЗАТОР  
ORGANISER

Забронируйте  
стенд на сайте  
**mosbuild.com**



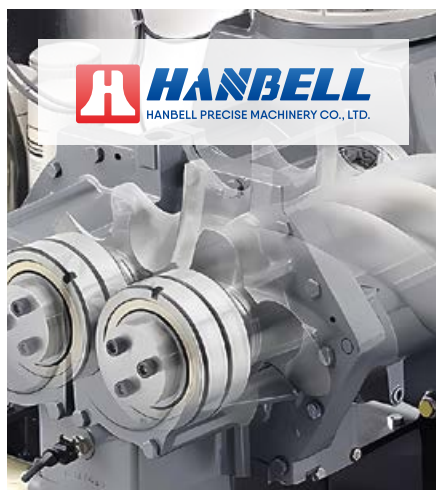
\* MosBuild – самая крупная в России выставка строительных и отделочных материалов во всех номинациях Общероссийского рейтинга выставок 2017–2018 гг.



КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ  
И ВЕНТИЛЯЦИЯ

## Лучшие винтовые компрессоры от Hanbell Precise Machinery

Одним из основных типов компрессоров, применяемых в холодильных установках, является винтовой компрессор. Его основные конкурентные преимущества: уменьшенные габаритные размеры, отсутствие клапанов и высокая холодопроизводительность.



На правах рекламы.

Компания Hanbell Precise Machinery Co. — один из широко известных на глобальном рынке производителей винтовых компрессоров. Они экономически эффективны благодаря низким эксплуатационным затратам и конкурентоспособным ценам. Ныне компрессоры этой компании используются в различных вариантах холодильных установок — низкотемпературных системах холодоснабжения, чиллерах с водяным или воздушным охлаждением конденсатора, тепловых насосах, системах кондиционирования воздуха.

При этом должны быть обеспечены как оптимальная производительность, так и энергетическая эффективность системы. Они же в первую очередь зависят от таких факторов, как величины перегрева и переохлаждения.

При фиксированной температуре конденсации по мере снижения производительности системы охлаждения давление всасывания винтового компрессора падает, а эффективность снижается. Отсюда и возникает необходимость регулирования его объёмной производительности.



❖ Винтовой компрессор Hanbell RC2

В публикации [1] в журнале СОК были подробно представлены винтовые компрессоры производства этой тайваньской компании. Сегодня мы расскажем об особенностях управления производительностью холодильных систем с винтовыми компрессорами Hanbell.

### Как управлять производительностью компрессоров

Сокращение потребления электроэнергии — одна из основных задач компаний, использующих системы охлаждения. Компрессоры являются элементом, расходующим около 70% от всего электропотребления холодильной системы.

Для большинства систем охлаждения, особенно для систем с переменной тепловой нагрузкой, огромное значение имеет возможность регулирования производительности компрессора в соответствии с профилем изменения тепловой нагрузки.

Например, водоохлаждающие машины с винтовыми компрессорами Hanbell в течение всего своего срока службы отличаются эксплуатационной надёжностью, широким рабочим диапазоном и стабильной производительностью и имеют два способа управления производительностью винтовых компрессоров: механический и электрический.

В первом случае используется золотниковый клапан, который ограничивает количество газа, проходящего через компрессор. В другом — подача сжатого хладагента изменяется с помощью частотно-регулируемого электропривода. Оба эти варианта обеспечивают оптимальное регулирование производительности системы охлаждения в диапазоне от 25 до 100%, обеспечивая при этом высокую эффективность системы. Данная возможность имеет первостепенное значение при неполной тепловой нагрузке.

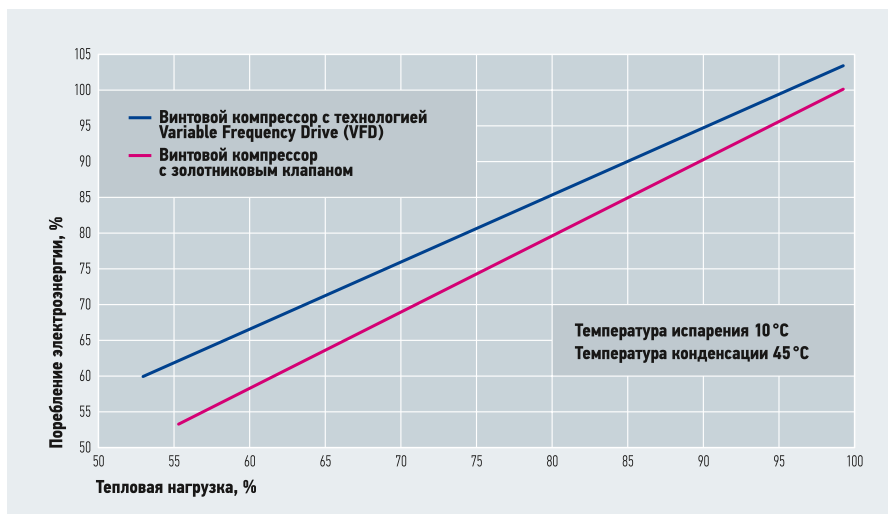


Рис. 1. Потребление электроэнергии винтовым компрессором при различных методах регулирования его производительности — механическом (посредством золотника) и электронном (VFD)

### Механическое регулирование производительности

Механическое управление производительностью винтового компрессора осуществляется с помощью золотника. Он, в свою очередь, управляется электромагнитным клапаном, который регулирует объём газа, поступающего на всасывание. При этом изменяется объёмная производительность компрессора путём смещения начала процесса сжатия. Ползунок золотника позволяет плавно регулировать давление нагнетания и производительность компрессора во всём рабочем диапазоне.

При регулировании производительности компрессора золотниковым клапаном увеличивается коэффициент объёма  $V_i$ , а эффективность машины снижается. С помощью золотникового клапана можно обеспечить высокую энергоэффективность компрессора при его загрузке в диапазоне от 85 до 100 %.

Однако при малой загрузке компрессора его эффективность снижается, тогда как потребляемая мощность привода существенно не изменяется.

### Регулирование частоты вращения вала

В этой конструкции для регулирования производительности компрессора используются асинхронный двигатель и преобразователь частоты, который изменяет частоту поданного на электродвигатель напряжения. Тем самым увеличивается или уменьшается частота вращения вала компрессора. Кроме того, частотный преобразователь обеспечивает защиту компрессора от перегрузки.

Таким образом, частота вращения роторов компрессора и расход хладагента через него постоянно соответствуют фактической потребности в охлаждении, что позволяет избежать излишнего потребления энергии.

### Сравнение способов регулирования производительности компрессора – вопрос выбора

Применение частотного регулирования электропривода и использование золотникового клапана обеспечивают адаптацию загрузки винтового компрессора к требуемой холодопроизводительности.

Выбирать один из двух вариантов следует на основе профиля тепловой нагрузки. При этом также следует учитывать затраты электроэнергии, производительность системы охлаждения и её энергоэффективность при заданных условиях эксплуатации (рис. 1).

### Выбирать способ регулирования производительности винтового компрессора следует на основе профиля тепловой нагрузки

Приведём перечень положительных и отрицательных факторов, которые следует учитывать при принятии решения о том, какой принцип регулирования производительности наиболее оптимален для конкретной системы охлаждения:

- 1. Стоимость.** Регулирование производительности с помощью золотникового клапана является более экономичным решением по сравнению с регулированием частоты вращения вала компрессора.
- 2. Компрессоры с преобразователем частоты электропривода имеют наилучшие показатели энергоэффективности в условиях малых тепловых нагрузок.** При полной нагрузке компрессоры с механическим регулированием производительности демонстрируют более высокую энергоэффективность.
- 3. Холодильный коэффициент (EER) компрессоров с частотным регулированием привода ниже по сравнению с ком-**

прессорами с прямым питанием от электрической сети, поскольку в инверторе происходит потеря до 4% электрической мощности.

**4. Диапазон рабочих температур.** Системы с преобразователями частоты ограничены более узким диапазоном рабочих температур, в частности, более низким значением максимальной температуры конденсации.

**5. Системы с частотно-регулируемыми приводами имеют возможность увеличить производительность с помощью работы на более высокой (свыше 50 Гц) частоте электросети, питающей компрессор.**

**6. Ограничения сети электропитания.** Применение приводов с частотным регулированием предпочтительнее, если есть какие-либо ограничения по значениям пусковых токов.

При выборе системы управления производительностью винтового компрессора также необходимо учитывать стратегию управления всей системой холодоснабжения: например, сезонные или дневные изменения тепловой нагрузки, а также количество холодильных контуров и компрессоров в каждом контуре. Компания Hanbell производит две серии винтовых бессальниковых компрессоров:

**1. Серия RC2-A(B)** с регулированием производительности с помощью золотника. Компрессоры этой серии обычно применяются для систем холодоснабжения различных технологических процессов, где тепловая нагрузка практически не зависит от сезонности и времени суток.

**2. Серия RC2-AV** с системой управления производительностью с помощью частотного регулирования электропривода. Эта серия компрессоров разработана специально для применения в системах кондиционирования воздуха, которые имеют значительные колебания тепловой нагрузки, зависящей не только от внешних факторов окружающей среды, но и от изменения тепловыделения внутри помещений.

Для заказа компрессоров и запасных частей к ним, а также для получения более подробной информации об оборудовании компании Hanbell обращайтесь к её авторизованному представителю в России — ООО «Фреско».

1. Понятие избыточного и недостаточного сжатия в винтовом компрессоре // Журнал СОК, 2023. №7. С. 48–51.

### ООО «Фреско»

Россия, 140000, Московская обл., г. Люберцы, Котельнический пр-д, д. 4/1  
Тел.: +7 (495) 554-72-73,  
+7 (495) 557-16-67  
E-mail: fresco@fresco.ru  
www.fresco.ru



КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ  
И ВЕНТИЛЯЦИЯ

## Осевые вентиляторы-крыльчатки HasconWing от «ВЕНТСО»: просто и надёжно

Среди разных типов вентиляторов — канальных и радиальных, крышных и стеновых — именно осевые вентиляторы занимают первое место на мировом рынке систем вентиляции. Качественная замена импортного или отечественного аналога намного проще, чем может казаться. Разработка нового осевого вентилятора или ремонт существующего доступны любой монтажной и производственной фирме с крыльчатками системы HasconWing от фирмы «ВЕНТСО».

**ВЕНТСО**

**Автор:** Кирилл Евгеньевич КОРОТАЕВ,  
технический директор ООО «ВЕНТСО»

Тел. +7 (499) 948-23-17  
E-mail: kirill.korotaev.77@mail.ru  
www.ventso.ru

### Осевые вентиляторы – популярность и конструкция

Рассмотрим три главные причины большой популярности осевых вентиляторов:

**1. Компактность и высокий КПД.** Осевой вентилятор (при работе до 600 Па) выигрывает у любого другого типа вентиляторов, поскольку у него меньше масса и габариты, а также пониженный расход энергии, при этом параметры расхода и напора воздуха — такие же.

**2. Крайне простая и компактная конструкция осевого вентилятора.** Это круглый корпус + «стандартный» мотор + «правильная» модульная крыльчатка. Все эти части вентилятора позволяют проводить сборку воздуховодов в условиях цеха или ремонтной мастерской монтажной фирмы. Специальные станки не требуются. Вентилятор собирается строго под заказ от одной штуки. Очень низкие затраты на покупные компоненты, мотор и модульная крыльчатка. Цена готовой крыльчатки вентилятора обычно ниже цены электромотора, корпус представляет собой фактически «кусочек» воздуховода.

**3. Высокая стабильность и диапазон параметров работы осевого вентилятора на модульных крыльчатках системы HasconWing.** Диапазон давлений от 5 до 1500 Па, расход от 500 до 150 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Температуры перемещаемого воздуха от -60 до +400 °С.

В Европе, США и Китае 90% осевых вентиляторов имеют единое конструктивное решение — модульная крыльчатка с поворотными лопатками, зажатая между двух половинок алюминиевых ступиц. Наиболее известные производители — компании Woods, London Fan, Flact, Trox, Aerovent.

В России модульная система осевых вентиляторов FTDA-Axiral известна более 30 лет по продукции фирмы «Ладафлект» из Тольятти. Все параметры осевых вентиляторов разных изготовителей в разных странах — фактически одинаковые.



❖ Стеновые вентиляторы Breeze

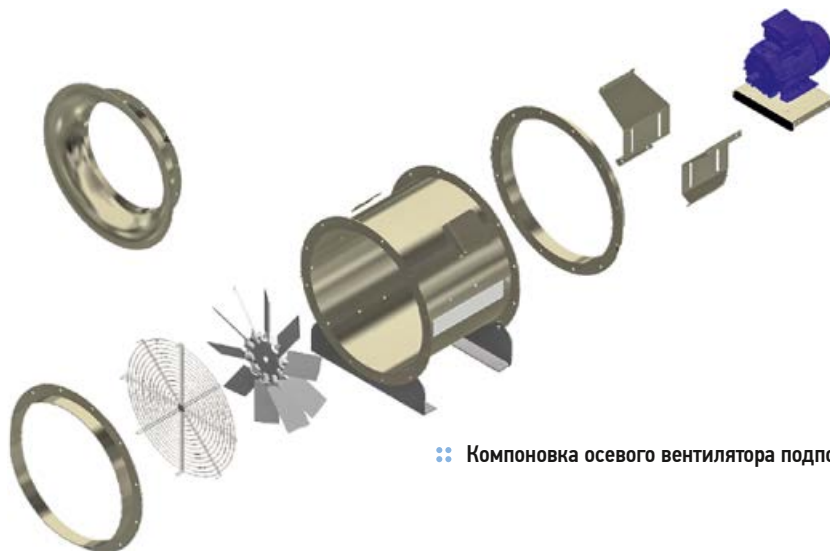
Габариты корпусов также одинаковые: 315–55–400–450–500... 1000–1120–1250 мм (как круглые воздуховоды).

Теперь проанализируем причины того, что осевые вентиляторы на модульных крыльчатках не захватили рынок в Российской Федерации до 2023 года. На это есть тоже три главные причины:

**1. Крайняя консервативность российских производителей вентиляторов,** за исключением отдельных ведущих заводов, которые уже применяют систему модульных осевых крыльчаток. Нежелание лидеров рынка вентиляции делиться информацией с конкурентами. Стереотипное мнение, что осевые вентиляторы дают низкое давление (фактически — до 2000 Па).

**2. Поздний приход на рынок европейских поставщиков крыльчаток и отсутствие онлайн-программ подбора,** невозможность самостоятельного расчёта вентилятора и крыльчатки. Собственных кадров у малых и средних фирм нет, что не позволяет им осуществлять разработку и даже простое копирование чужой продукции.

**3. Недостаток информации о системе HasconWing от «ВЕНТСО»,** поставляющей крыльчатки многим ведущим российским вентиляторным заводам. Опасения клиентов насчёт якобы высокой стоимости крыльчатки или длительных сроков поставок (по факту — два-три дня).



❖ Компоновка осевого вентилятора подпора

## Немного истории

Модульная система осевых крыльчаток с наборными поворотными литыми лопатками была разработана более 80 лет назад в Англии фирмами Woods и London Fan, позднее она многократно дублировалась в Америке компаниями Loren Cook, Aerovent и многими другими. В Европе система модульных крыльчаток используется 99% производителей.

В 2000-е годы в Европе появились узкоспециализированные производители модульных крыльчаток для осевых вентиляторов, в том числе итальянская компания HasconWing.

Осевые вентиляторы с импортируемыми модульными крыльчатками были заявлены в России в 2008 году фирмой HasconWing, а в 2012-м систему HasconWing применила фирма «ВЕЗА» в составе вентиляторов «ОСА-501» и «ОСА-300». Крыльчатки осевых вентиляторов системы HasconWing проектируются и собираются под заказ в Москве компанией «ВЕНТСО» с 2015 года.



❖ Взрывозащищённая крыльчатка (Al)

## Компания «ВЕНТСО»

«ВЕНТСО» производит анализ задачи, осуществляет инженерное проектирование осевых вентиляторов и даёт консультации производителям вентиляторов. Компания проводит реверс-инжиниринг импортных и «советских» моделей. Кроме стандартных проектов по вентиляции, «ВЕНТСО» решает технологические задачи, связанные с автономными электростанциями, холодильными машинами, камерами сушки, системами пожаротушения, взрывозащищёнными вентиляторами и кондиционерами. Компания «ВЕНТСО» помогает заменить любой импортный вентилятор на систему HasconWing.



❖ Осевые вентиляторы подпора компаний «Неватом» (слева) и NED

С 2019 года «ВЕНТСО» является эксклюзивным представителем HasconWing в России. Склад комплектующих компании постоянно содержит более 100 вариантов лопаток, ступиц, втулок и специальных деталей, необходимых для сборки модульных крыльчаток. «ВЕНТСО» не производит вентиляторы и не конкурирует со своими заказчиками.



❖ Готовые к отгрузке крыльчатки «ВЕНТСО»

Разнообразие задач клиентов компании «ВЕНТСО» требует применения разных типов лопаток и ступиц в модульной системе. Склад деталей компании обеспечивает собственный цех сборки — свыше 1000 штук крыльчаток в месяц.

Сборка крыльчаток HasconWing имеет массу технологических сложностей. «ВЕНТСО» проверяет 100% крыльчаток собственным ОТК, что позволяет скомплектовать, изготовить, проверить, упаковать и отправить логистам компании готовую крыльчатку клиенту без организационных ошибок. Клиент получает 100%-но готовый продукт системы HasconWing для «отвёрточной» сборки осевого вентилятора своими руками, без специального инструмента и дополнительной проверки, регулировки и балансировки.

Благодаря работе «ВЕНТСО» организация отдельного цеха любым заводом вентиляторов — ради трёх-пяти крыль-

чаток в день (1000 штук вентиляторов в год) — уже не имеет смысла.

Клиенты «ВЕНТСО» подтверждают оперативность и качество поставок компании. Это фирмы «Лиссант», «Тепломаш», «Ровен», KORF и NED, «Аэрван», «КВМ», «ТД-Вентз», «Воздухотехника» и другие вентиляторные заводы.

Число осевых лопаток в системе HasconWing может быть 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16 и 20 штук. Угол может меняться в диапазоне от 20 до 50°С с шагом в 0,5°С. Точность изготовления диаметра крыльчатки ±0,5 мм, варианты крепления на вал мотора: прямая посадка, Taper Bush, фланец.



Диаметр колеса, число и тип лопастей, угол установки и материал лопасти, направление потока и диаметр вала мотора — всего доступно более 10 тыс. вариантов для выбора конфигурации. Все расчёты крыльчаток HasconWing проводятся в программе QvalyFan.

Материал лопаток модульных крыльчаток HasconWing: алюминиевый сплав (AC-46100); полипропилен (PP-G) или полиамид (PAG), армированные стекловолокном; полифениленсульфид (RYT) — термостойкий и морозостойкий (от -50 до +200°С); антистатический полиамид (PAA, PAX и PAM), применяемый во взрывоопасных средах. Разные материалы позволяют решить любые задачи, включая общепромышленные, связанные с взрывозащитой, а также дымоудаление до +400°С и морозостойкое — до -60°С.

Сертификация вентиляторов дымоудаления на +300°С и на +400°С успешно проведена клиентами «ВЕНТСО». Сертификация вентиляторов с крыльчатками HasconWing на взрывозащищённость или воздействие низких температур проходит без проблем, так как материал лопаток и ступиц — алюминиевый сплав AC46100, принимаемый по ГОСТ Р 55026-2012.

Более 400 клиентов воспользовались услугами «ВЕНТСО», а общее число поставленных крыльчаток превысило 30 тыс. штук. Все клиенты компании получили квалифицированную инженерную поддержку и успешно решили свои задачи, как в ремонте импортных вентиляторов, так и в разработке собственного продукта. ●



## Оснащение вентиляционной установкой ледовой арены в Омске

Развивающийся строительный рынок в совокупности с растущими потребностями в импортозамещении требуют от производителей климатической техники высокотехнологичных решений. Строительство ледовых арен — одна из ниш этого рынка. Сложность объектов данного типа заключается в необходимости одновременно обеспечить технологический процесс и комфортное пребывание людей внутри единого объёма. Множество проектировщиков и производителей оборудования совместно пытаются решить эту задачу оптимальным способом.

### Требования к климату помещения

Проектирование любого помещения и оборудования, его обслуживающего, подразумевает понимание технологического процесса внутри. Для ледовых арен можно выделить следующие базовые критерии оценки воздушной среды помещения. Первый критерий наиболее очевиден — параметры внутреннего воздуха должны исключать возможность образования тумана. Второй критерий не так легко диагностируется, но прямым образом влияет на целостность конструкций здания. Температура внутренних поверхностей должна быть выше точки росы внутреннего воздуха, что позволит избежать конденсации и последующих негативных последствий. Третий критерий, а точнее ряд критериев, связан с участниками мероприятий ледовой арены. Тренировки, соревнования и работа персонала требуют поддержания приемлемой для человека температуры и качества воздуха.

Проектным отделом были приняты рабочие параметры внутреннего воздуха: +15°C, 63% отн. влажности, что соответствует влагосодержанию 6,7 г/кг с.в. Эти значения — максимально возможные для помещения арены, они не должны превышать. Параметры приточного воздуха: 20°C, 21% отн. влажности (3 г/кг с.в.). Теплопотери помещения компенсируются тепловентиляторами.

В данной ледовой арене планируется проводить три типа мероприятий: тренировка хоккейной команды (50 спортсменов); игра со зрителями (численность: 251 зритель, 50 спортсменов); массовые катания (численность: 120 человек).

### Требования к вентустановке

Помещение арены сложнее в обслуживании со стороны климатической системы именно в летний и тёплый переходный периоды. По данным СП 131.13330.2020 «Строительная климатология», параметры температуры и влажности воздуха летом в Омске составляют +27°C и 49%, соответственно, а влагосодержание — 10,9 г/кг с.в. Осушить объём арены исключительно за счёт ассимиляции наружным воздухом не получится.



❖ Ледовая арена в городе Омске

Для лучшего понимания приведём среднемесячные дневные параметры воздуха за 2022 год (табл. 1). Более полугодя осушение только наружным воздухом невозможно, так как влагосодержание выше требуемого притока — 3 г/кг с.в.

Задача для оборудования осложняется ещё и тем, что для массового катания (120 человек) вентиляционная машина должна обеспечивать осушение при минимальном проценте рециркуляции из-за большого потребления кислорода.

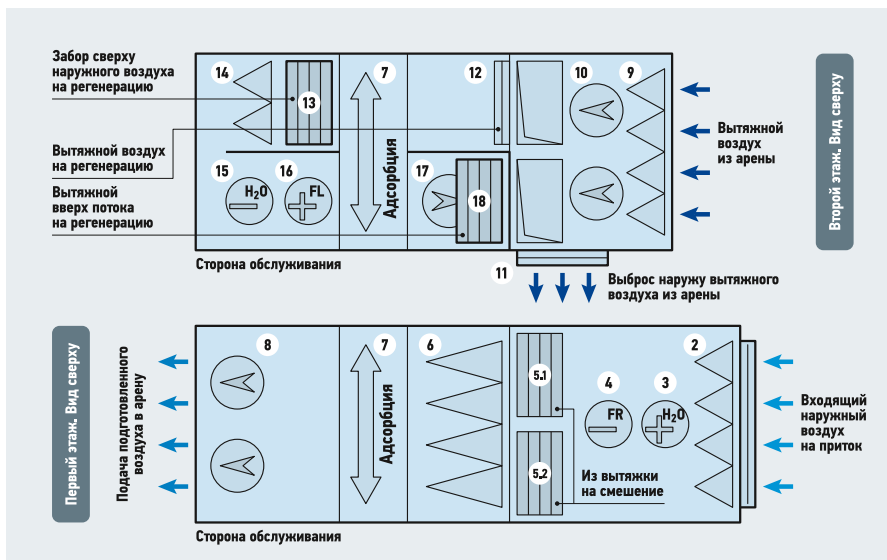
Из сказанного выше понятно, что установка должна предусматривать контур осушения и охлаждения. На рис. 1 представлена схема использованной установки SWAER-Ice с базовыми функциональными блоками. Совместное использование контура фреонового охлаждения и адсорбционного осушения позволяет получить ряд преимуществ относительно схем, где используется только один из этих блоков. Данная связка компенсирует недостатки друг друга.

Фреоновый испаритель может в достаточной степени осушить воздух только в случае глубокого переохлаждения, значительно ниже первоначальной температуры точки росы. Для ледовых арен конденсационное осушение в индивидуальном представлении практически неосуществимо. Если мы подразумеваем кипение фреона в рамках положительных температур +2°C и выше, то лучшее, на что можно рассчитывать, — это приближение к влагосодержанию на выходе 4,5 г/кг с.в.

❖ Параметры дневной температуры и влажности в городе Омске, 2022 год

табл. 1

Месяц	Температура, °C	Влажность, %	Влагосодержание, г/кг с.в.	Месяц	Температура, °C	Влажность, %	Влагосодержание, г/кг с.в.
Январь	-14	82	0,91	Июль	+23	68	11,96
Февраль	-12	82	1,1	Август	+20	66	9,62
Март	-7	78	1,62	Сентябрь	+17	62	7,46
Апрель	+11	56	4,54	Октябрь	+7	69	4,27
Май	+19	45	6,13	Ноябрь	-7	81	1,69
Июнь	+20	59	8,59	Декабрь	-15	80	0,81



❖ **Рис. 1.** Установка SWAER-Ice с базовыми функциональными блоками (3 — водяной нагреватель притока; 4 — фреоновый испаритель притока; 5.1 и 5.2 — клапаны рециркуляции; 7 — адсорбционный роторный осушитель; 15 — водяной нагреватель регенерации; 16 — электронагреватель регенерации)

Отдельное использование адсорбционного осушителя возможно в случаях, когда учтены избыточные теплопритоки в помещении. Высокий КПД осушения достигается при высоких температурах регенерации — порядка 90–120 °С, при этом приточный поток будет достигать температуры в 40 °С и выше. Даже в случае Омска это условие ограничивает использование арены в летний период и соседние тёплые месяцы.

Совместная работа охладителя и адсорбера позволяет предварительно охладить воздух и исключить из него некоторую часть влаги, а после нагреть и одновременно досушить. Эксплуатации арены становится круглогодичной.

### Условия достижения требуемого качества воздушной среды

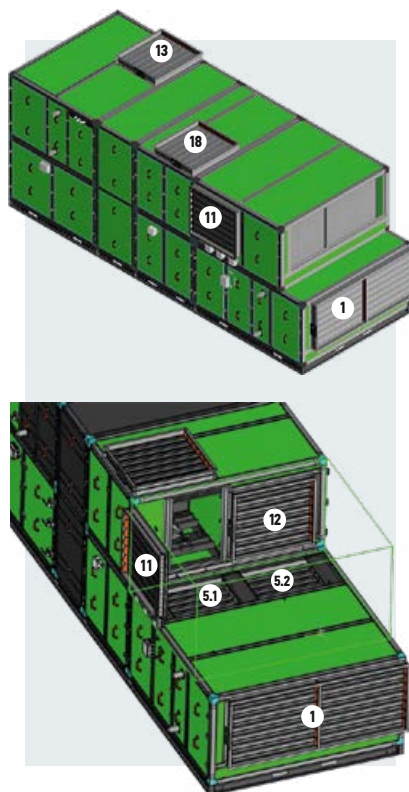
Сам по себе подбор оборудования на правильные параметры не гарантирует их обеспечения. Приходится предъявлять широкий ряд требований к автоматической системе управления (АСУ), датчикам контроля и их монтажу на конкретном объекте.

Для ледовой арены наружный воздух является условно негативным фактором. Его нужно нагревать, охлаждать и осушать, что складывается в затраты электроэнергии. Однако мы должны поддерживать минимальное количество забираемого наружного воздуха для соблюдения санитарных норм и сохранения требуемого качества воздушной среды, что очень важно во время массового пребывания людей.

Комплект АСУ предусматривает датчик углекислого газа (CO<sub>2</sub>). В зависимости от качества уличного воздуха уставка концентрации может быть до 1000 ppm, что

обеспечивает допустимое качество воздушной среды. Датчик порекомендовали установить в месте скопления людей, но с обязательным условием, что уличный воздух не будет попадать непосредственно в зону дыхания человека.

В качестве второго критерия оценки воздушной среды мы указали конденсацию на поверхности строительных ограждений как строго негативный и неочевидный в обнаружении фактор. К сожалению, использования датчиков температуры и влажности внутри помещения и в вытяжном канале будет недостаточно



❖ **Рис. 2.** 3D-виды с коннекторами/с клапанами

для понимания, станет ли происходить конденсация или нет. Помещение может иметь локальные холодные места, каждое из которых обнаружить невозможно. Однако есть зона, которая наиболее подвержена конденсации, — нижняя часть металлоконструкции кровли. Эта область находится под влиянием ледового поля, которое активно поглощает лучистое тепло. Туда устанавливается контактный датчик температуры. Показания последнего сравниваются с вычисленной температурой точки росы воздуха помещения и вытяжного канала. Таким образом, пропадает необходимость контролировать конденсацию по косвенным признакам температуры и влажности, корректируя и подгоняя значения этих уставок. Это прямой критерий, позволяющий понять, когда следует задействовать механизмы осушения или нагрева.

### Сложности реализации

Любой проект ледовой арены уникален своими задачами и регионом, в котором он реализуется. На данных объектах вентиляция, в её базовом определении, глубоко переплетается с особым климатом помещения, что позволяет реализовывать уникальные сложные решения.

На ледовой арене в Омске для установки разработана секция рециркуляции с возможностью использования вытяжного воздуха как в качестве рециркуляционного потока, так и на нужды регенерации (рис. 2). Подобное решение за счёт более сухого и постоянного по температуре воздуха арены позволяет как выиграть в осушающей способности, так и получить более стабильное и прогнозируемое поведение со стороны автоматики.

Данное решение — достаточно сложное в реализации, так как одновременно создаёт дополнительные подзадачи:

- ❑ смоделировать поведение группы клапанов 1, 5.1, 5.2, 11, 12 в рамках общей логики работы АСУ;

- ❑ организовать возможность выхода на статический режим с учётом автоматического поддержания расходов воздуха по датчикам дифференциального давления.

Отказ от автоматического поддержания производительности вентиляторов возможен, однако потребовал бы более детальной проработки алгоритмов открытия и закрытия клапанов, вплоть до индивидуальных графиков зависимости аналоговых сигналов от процента рециркуляции по точкам. Соответственно, стало бы невозможным поддержание постоянного расхода с учётом засорения фильтра. ●



## Новый завод центральных кондиционеров в России — бренд YALCA, новое качество кондиционеров SGK

Известная российская компания «ЯЛКА» работает на рынке вентиляции более десяти лет. «ЯЛКА» производит оборудование для систем вентиляции, кондиционирования, холодоснабжения и дымоудаления. Рост продаж центральных кондиционеров и развитие компании привели к закономерному решению о расширении производства и строительстве нового завода для производства вентиляционных установок.



На правах рекламы.

❖ Центральный кондиционер YALCA серии SGK — новая российская установка премиум-класса, соответствующая самым высоким требованиям Eurovent

Рынок производителей центральных кондиционеров в России крайне насыщен — в 2023 году на нём работало более 100 отечественных компаний. Однако остаётся проблема с поставками высококачественного вентиляционного оборудования из Европы с качеством, соответствующим стандарту Eurovent. Сроки реальных поставок приточных установок от российских производителей, включая крупнейших («ВЕЗА», «Техногрупп», «Русклимат»), также значительно увеличились в 2022–2023 годах, что усложняет реализацию новых проектов для заказчиков.

Прекрасно понимая потребность современных российских компаний в качественном оборудовании с невысокими сроками поставок и разумной ценой, коллектив компании «ЯЛКА» разработал решения, столь необходимые сегодня для нашего рынка. Для этого специалистами компании была создана конструкция премиум-класса, соответствующая самым высоким требованиям Eurovent. Внешний вид систем YALCA выгодно выделяет продукцию компанию в сравнении с отечественными конкурентами. Для этого при изготовлении панелей для приточных



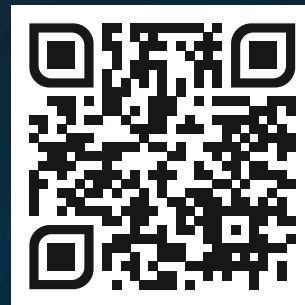
В 2022 году руководство «ЯЛКА» приняло стратегическое решение о покупке земельного участка и инвестициях в строительство нового завода по производству вентиляционного оборудования и расширению команды конструкторов. Для ускорения запуска нового производства компанией «ЯЛКА» в деревне Дятловка Московской области в 2023 году был арендован отдельный промышленный корпус площадью более 3000 м<sup>2</sup>, включая офисные, складские и цеховые помещения, с подведённой мощностью более 400 кВт. Одновременно ведётся строительство собственного здания завода «ЯЛКА» по соседству с арендованным корпусом на купленном участке земли.

установок используется самая сложная технология — «закрытая кромка» с двойным уплотнением и герметичными углами. Панели вентиляционных систем SGK имеют жёсткую закрытую структуру — резка готового сэндвича не применяется, внешний лист сэндвич-панели — оцинкованный металл с полимерным покрытием, цветные плёночные покрытия не применяются, заполнение панелей минеральной ватой или заливной ППУ производится по требованию заказчика.

Для удобства эксплуатации, а также повышения надёжности применяются самые современные решения, такие как крепление сервисных дверей к профилю при помощи алюминиевых петель и установка



Производство оборудования  
для систем вентиляции и  
холодоснабжения



[www.yalca.ru](http://www.yalca.ru)



Москва, ул. Рабочая, д. 93, стр. 2  
+7 (495) 215-50-15 | [info@yalca.ru](mailto:info@yalca.ru)





Производство оборудования  
для систем вентиляции и  
холодоснабжения



[www.yalca.ru](http://www.yalca.ru)



Москва, ул. Рабочая, д. 93, стр. 2  
+7 (495) 215-50-15 | [info@yalca.ru](mailto:info@yalca.ru)

механизма отпирания в виде поворотных ручек. На российском рынке большинство компаний — производителей приточных установок вообще не предлагает это решение, вместо него ставят обычные фиксаторы панели, даже на установках большой производительности, однако такое решение крайне неудобно в эксплуатации и может привести к травме обслуживающего персонала.

Установка смотровых окошек и LED-освещение внутри секции вентилятора и секции фильтров позволяют произвести первичный осмотр без остановки системы.

Интегрированные в корпус центрального кондиционера патрубки для системы мониторинга разницы давления значительно облегчают монтаж необходимого реле, установлены коммутационные коробки для подключения двигателей.

Для правильного размещения центрального кондиционера в помещении в системах SGK используется полноразмерная рама, а не ножки, как у других производителей. Гладкий, абсолютно ровный пол в наших установках не позволяет пыли забиваться в улах. Также нами применено множество других решений, благодаря которым установки SGK соответствуют строгим нормам ЕС.

В вентиляторных секциях, помимо стандартной схемы «свободное колесо» с АС-двигателем, «ЯЛКА» применяет вентиляторы с ЕС-двигателем (компоновка fanwall).

Необходимым решением при размещении центрального кондиционера в стеснённых условиях являются правильно выбранные габариты установки. Специалисты компании «ЯЛКА» могут разработать индивидуальную установку с нужными размерами для размещения системы в небольших помещениях.

Центральные кондиционеры YALCA серии SGK производятся в следующих модификациях:

- в общепромышленном исполнении;
- в подвесном исполнении;
- в уличном исполнении;
- для чистых помещений;
- для медицинских объектов;
- бесканальные крышные моноблочные Т-системы;
- системы осушки воздуха для бассейнов с тепловым насосом;
- во взрывобезопасном исполнении.

Установки SGK соответствуют следующим стандартам Eurovent EN 1886:

- тепловые мостики — ТВ2;
- теплоизоляция — Т2;
- механическая прочность — D2 (опционально D1);
- воздухопроницаемость — L2.



❖ **Центральные кондиционеры YALCA серии SGK** предназначены для организации систем вентиляции и кондиционирования с повышенными требованиями к надёжности, ресурсу и эксплуатационным характеристикам оборудования. Серия SGK включает 21 типоразмер (расход воздуха 500–110 тыс. м<sup>3</sup>/ч). Корпус центральных кондиционеров серии SGK представляет собой рамную алюминиевую конструкцию с трёхслойными сэндвич-панелями с алюминиево-цинковым покрытием и с наполнителем из минеральной ваты толщиной 50 и 70 мм. Это позволяет использовать оборудование в различных климатических зонах (от –70 °С до +60 °С) и в различных исполнениях. Исполнение установок: общепромышленное, уличное, гигиеническое, взрывозащищённое, с газовым нагревом, для метрополитена. Установки komponуются из отдельных унифицированных секций (блоков).

### Системы автоматики YALCA с контроллером Yaplс

До начала СВО компания «ЯЛКА» активно применяла на российском рынке контроллеры CAREL, за счёт продуманного и удобного конфигуратора которых специалист мог создать любую схему управления вентиляторными установками и холодильными машинами. В 2023 году оказалось, что неопределённость сроков поставок основных контроллеров CAREL с рСО mini, используемых «ЯЛКА» для своих щитов управления, фактически не позволяет компании устойчиво выпускать свою продукцию. Простая замена контроллера из Евросоюза на аналог из РФ или Китая была невозможна из-за проблем с надёжностью и удобством пользования. Поэтому необходимость заменить привычный всем CAREL на доступный и удобный контроллер потребовала полного импортозамещения.

Компания «ЯЛКА» заключила соглашение с российским производителем о выпуске программируемого контроллера YALCA Yaplс (фото 1) по своему техническому заданию. Под этот контроллер специалистами «ЯЛКА» было написано собственное программное обеспечение Yamp.

Конечно, пользователи оборудования «ЯЛКА» — службы эксплуатации, монтажники и наладчики, а точнее все внешние подрядчики, работающие с контроллером шкафа вентиляции, — имеют свои привычки, а к хорошему привыкаешь быстро... Стандарт Human Machine Interface (HMI) интерфейса контроллера CAREL с рСО mini можно считать эталоном — он удобный и интуитивно понятный, с массой документации на русском языке.

Разработчики компании «ЯЛКА» применили многолетний опыт работы с контроллером с рСО mini для создания качественного и недорогого аналога.



❖ **Фото 1.** Контроллеры YALCA Yaplс (слева) и CAREL с рСО mini



В компании разработали собственный удобный интерфейс, максимально похожий на интерфейс с.pCO mini, то есть фактически «ЯЛКА» создала «русский аналог» для замены CAREL. Наладчику и пользователю щитов управления с контроллером Yarpс привыкать не нужно, поскольку всё знакомо, удобно и понятно.

Оба контроллера имеют габаритный размер в четыре DIN-модуля и совмещают в себе основной контроллер + жидкокристаллический экран + кнопки.

Контроллер YALCA, в отличие от изделия CAREL, имеет более удобные кнопки с чётким и ясным откликом на нажатие. CAREL с.pCO mini использует плёночные кнопки, которые нужно нажимать с заметным усилием, при этом отклик не всегда бывает адекватным.

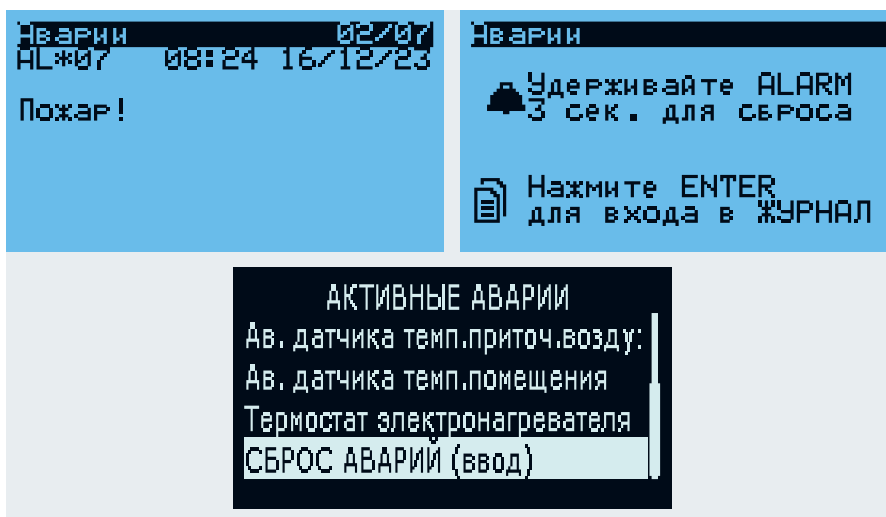
Примеры сравнения управления двух контроллеров приведены на рис. 1–3.

Контроллер CAREL отображает активные аварии списком. Оператор должен пролистать все аварии, и в конце появится экран, находясь на котором нужно нажать кнопку для сброса. Специалисты «ЯЛКА» реализовали аналогичное решение. Нужно пролистать весь список, в конце выбрать строку «Сброс аварий» и нажать «Ввод». Это и есть команда на сброс. Отметим, что это правильно, так как оператор сначала понимает, что с системой, и только потом производит сброс. В некоторых контроллерах сторонних компаний даётся возможность сброса нажатием кнопки на щите или посредством трёхсекундного удержания кнопки ESC, или же имеется соответствующий пункт на главном экране. Специалисты «ЯЛКА» против таких решений, однако иногда в проекте указано «иметь кнопку “Сброс” на щите», и в таком случае компания создаёт требуемое решение под заказ.

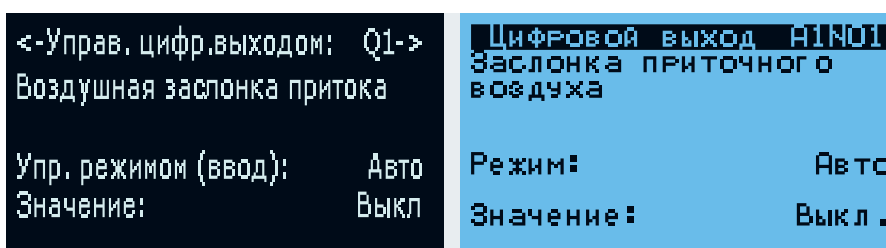
В контроллере YALCA Yarpс предусмотрен отдельный экран для каждого входа/выхода контроллера. В правом верхнем углу экрана располагается наименование и номер (№) входа/выхода.

Указание номера (№) выхода позволяет пользователю искать элемент в контроллере, не заглядывая в схему щита. Значение позволяет контролировать процесс в автоматическом режиме, а также управлять в ручном режиме.

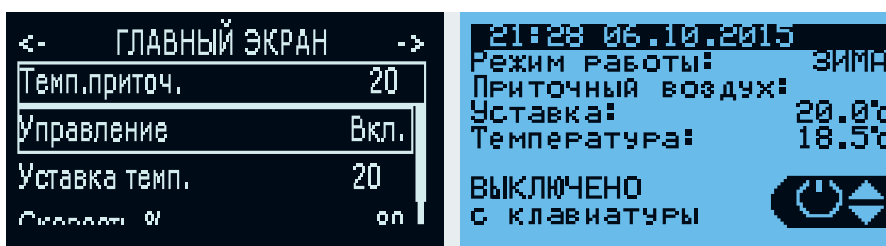
При пусконаладке часто бывает ситуация, когда нужно проверить работу отдельного элемента. Например, правильность установки привода воздушного клапана. В этом случае на контроллере YALCA Yarpс предусмотрено, что каждый отдельный выход можно перевести в ручной режим и в ручном режиме его включить или выключить.



•• Рис. 1. Активные аварии и их сброс: экраны с меню CAREL с.pCO mini (сверху) и YALCA Yarpс



•• Рис. 2. Управление цифровым входом: экраны с меню YALCA Yarpс (слева) и CAREL с.pCO mini



•• Рис. 3. Главные экраны: с меню YALCA Yarpс (слева) и с меню CAREL с.pCO mini

На главном экране CAREL показывается «Температура» и «Состояние». Для управления и смены уставки в правом нижнем углу есть «Быстрое меню» (Quick Menu), через которое можно включать/выключать систему, менять уставку.

На главном экране контроллера YALCA также показывается температура, а ниже строки управления — включить/выключить, смена уставок. Если в системе есть контроль влажности, то в контроллере Yarpс поочередно показывается температура и влажность, то есть строка «Температура» динамически меняется на «Влажность» и обратно с показом соответствующего значения.

Центральные кондиционеры SGK также комплектуются системой автоматического управления. На данный момент в системе автоматизации вентиляции крайне востребовано решение с использованием центрального пульта управления (ЦПУ) вентиляционными системами. ЦПУ представляет из себя металлический щит управления с интегрированным

в переднюю дверцу сенсорным экраном размером 10". Преимуществом данного места управлять всеми вентиляционными системами на объекте, более выгодная цена по сравнению с классическим автоматизированным рабочим местом (АРМ) на базе SCADA и простота управления.

Понимая потребности проектных организаций в быстром и, главное, правильном подборе оборудования, компания «ЯЛКА» значительно увеличила штат своего технического отдела, чтобы выдавать решения в течение одного-двух дней.

Производство «ЯЛКА» полностью укомплектовано персоналом и всем необходимым оборудованием. Ведётся отгрузка вентиляционного оборудования, соответствующего самым высоким требованиям. •

**Познакомьтесь с продукцией и сотрудниками завода YALCA можно на выставке AirVent 2024 6–9 февраля 2024 года в Москве в МВЦ «Крокус Экспо»: павильон 3, зал 15, стенд D7078.**

# 85-летие В. В. Харченко

18 декабря 2023 года ведущий российский специалист в области ВИЭ и фотоэнергетики, д.т.н., почётный профессор кафедры «Возобновляемые источники энергии» Института гидроэнергетики и ВИЭ НИУ «МЭИ» **Валерий Владимирович ХАРЧЕНКО** отпраздновал юбилей — **85 лет**.

Доктор технических наук, профессор Валерий Владимирович Харченко, ведущий российский специалист в области ВИЭ и фотоэнергетики, родился 18 декабря 1938 года. Научную деятельность начал в 1962 году после окончания Ташкентского политехнического института в Физико-техническом институте Академии наук Узбекистана. В последующие 35 лет, до 1996 года, он работал в других ведущих учреждениях АН РУз: Институте электроники, Центральном проектно-конструкторском и технологическом бюро научного приборостроения (заместитель директора по науке), Институте экономики (заместитель директора по науке), Специальном конструкторском бюро аэрокосмического приборостроения (директор), Институте энергетики и автоматики (главный научный сотрудник).

В 1996–2002 годах Валерий Владимирович трудился в узбекских филиалах международных организаций: Программы развития ООН (ПРООН), Глобального экологического фонда (Global Environment Facility, GEF), участвовал в программе Technical Assistance to the Commonwealth of Independent States (TACIS) и ряде других международных проектов. В течение ряда лет возглавлял Ташкентский научный центр. С 2003 года В. В. Харченко работал во Всероссийском институте электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ — ВИМ).

В научном творчестве Валерия Владимировича можно выделить узбекский и российский этапы. В Узбекистане с 1961 по 2002 годы он опубликовал более 200 печатных работ, в том числе по основному направлению его тогдашней научной деятельности — монографию «Вопросы эпитаксиального осаждения кремния» (1976), и получил 12 авторских свидетельств СССР на способы и устройства для газофазного получения и измерения электрофизических параметров кремниевых структур, используемых в микроэлектронике и солнечной энергетике.

Во время работы в международных организациях он издал несколько брошюр по ВИЭ. Работая на руководящих должностях, В. В. Харченко активно продвигал не только проекты и разработки в рамках своих научных интересов, но и труды в смежных областях науки и техники. В частности, по предложению члена-корреспондента Академии наук СССР А. Ю. Малинина, курировавшего в те годы союзные работы по микроэлектронике, в Центральном проектно-конструкторском и технологическом бюро (ЦПКТБ) — научном предприятии АН УзССР — был выполнен комплекс работ по разработке и выпуску специальных и крайне востребованных предприятиями электронной промышленности и цветной металлургии приборов и установок по оценке электрофизических параметров полупроводниковых структур.

Специалистам хорошо известны результаты разработок, проведённых с участием В. В. Харченко для производства кремния, приборы на их основе, фотоэлектрические модули, приборы для космической техники. Рентгенорадиометрические спектрометры «ИФП» и счётчики частиц «ЛСА» успешно функционировали на космических кораблях «Вега-1» и «Вега-2» при исследовании планеты Венера. Эти разработки были отмечены медалями ВДНХ СССР и Премиями Ленинского комитета Узбекской АССР.

Потенциал Валерия Владимировича полностью раскрылся на российском этапе его научной деятельности в институте ВИЭСХ — ВИМ в творческом содружестве с академиком Д. С. Стребновым.



За двадцать лет В. В. Харченко в высокорейтинговых журналах было издано более 250 печатных работ, тематика которых включает: фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии; применение фотоэлектрических модулей; комплексное использование фотоэнергетики и других ВИЭ; источники электрогенерации микросетей; термофотоэлектрические модули PVT; использование теплоты окружающей среды; общие проблемы ВИЭ; тепловое преобразование солнечной энергии. Наибольшее число публикаций юбиляра (21) по применению фотоэлектрических модулей отражает его уникальные знания технологий

создания фотоэлектрических преобразователей. Он является одним из немногих современных российских учёных, занимающихся исследованием гибридных (PVT) солнечных коллекторов.

Для российской науки в целом и возобновляемой энергетики в частности большим событием был выпуск в США издательством IGI Global в 2018–2020 годах под редакцией В. В. Харченко и д.т.н. Пандиана Васанта (Малайзия) серии «Справочников по проблемам ВИЭ» (пять книг, всего 2643 стр.). При этом Валерий Владимирович участвовал в написании 18 глав этих справочников и оказал неоценимую помощь своим российским коллегам при переводе их текстов на английский язык. В качестве соредактора он опубликовал ряд книг в различных издательствах (EAI / Springer Innovations in Communication and Computing, Advances of Machine Learning in Clean Energy and the Transportation Industry, New York и др.).

Всего с 1961 по 2022 годы В. В. Харченко подготовил более 450 печатных работ, четыре монографии, создал 24 новых технических решений, защищённых патентами.

В разные годы В. В. Харченко состоял членом Международного общества солнечной энергетики (Inter Solar Energy Society, ISES), членом Комитета ВИЭ СНИО, членом Научного совета РАН по ВИЭ; членом редколлегии и журналов «Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика», «Енергетика і автоматика НУБіП України»; Industrial Technology and Engineering, Shimkent (Kazakhstan). Несколько лет он выполнял функции управляющего редактора журнала International Journal of Energy Optimization and Engineering, являлся официальным рецензентом журналов Solar Energy, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Renewable and Sustainable Review, соредактором журнала Applied Sciences (Швейцария) и др.

Наряду с научной деятельностью В. В. Харченко активно стремится передать свой богатый и разносторонний опыт молодым специалистам. Его циклы лекций отличаются глубиной рассмотрения вопросов, образностью, конкретикой примеров и доступностью для восприятия. Он удостоен высокого звания «Почётный профессор кафедры «Возобновляемые источники энергии» Института гидроэнергетики и ВИЭ НИУ «Московский энергетический институт». В Узбекистане им подготовлено три кандидата технических наук, а за период работы в ВИЭСХ-ВИМ — семь кандидатов и два доктора технических наук.

**Редакция журнала СОК, российская научно-техническая общественность, гелиотехники и материаловеды Республики Узбекистан и ряда других стран СНГ, соратники, коллеги и ученики искренне поздравляют Валерия Владимировича с юбилеем, желают ему долгих лет жизни и плодотворной творческой деятельности! ●**



## «Зелёный» проект: «БиоДом» и его особенности

«БиоДом» состоит из автономного жилого модуля, «умной теплицы» и биоветеринария и расположен в городе Тимашевске Краснодарского края. Об этом объекте мы уже писали в [журнале СОК \[1\]](#). Сегодня автор предоставил данные о затратах и окупаемости проекта, в рамках которого, как мы помним, были внедрены практически все существующие технические решения на основе ВИЭ, а также собственные разработки и «ноу-хау». Стоимость содержания здания снижена в 12 раз в сравнении с «традиционным» энергообеспечением.

**Автор:** Андрей ТЕМЕРОВ, председатель Ассоциации специалистов ВИЭ «Зелёный Килловатт», «Инженер года 2018» в номинации «ВИЭ», директор ООО «АльтЭнергия»



### Инженерные системы

Инженерная «начинка» объекта — экологического комплекса «БиоДом» — состоит из следующих систем:

- 1. Пассивного отопления/охлаждения.** Работает на принципе перемещения теплоты из-под земли в помещение (патент №137793 [2]) с низкотемпературной системой отопления/охлаждения (фанкойлы).
- 2. Нагрева воды и поддержки водяного отопления от различных источников энергии.** Работает от солнечных коллекторов, солнечных батарей.
- 3. Воздушного отопления.**
- 4. Электроснабжения.** Работает с подключением к сети общего пользования и от солнечных батарей. Гарантированные потребители электроэнергии подключены к гибриднему инвертору с АКБ.
- 5. Автоматизации освещения, полива, контроля температур, уровня углекислого газа (CO<sub>2</sub>).**
- 6. Видеонаблюдения.**
- 7. Контроля доступа.**



### Затраты на строительство «БиоДома»

Строительство «БиоДома» было начато в июле 2019 года. В декабре этого же года построили и ввели в действие биоветеринарий, и продолжилась работа над жилым модулем и по остальному обустройству. Затраты составили около 700 тыс. руб. (в ценах 2019 года).

На этом этапе в открытый грунт были высажены перец, лимоны, салат, помидоры и в мягких горшках — ежевика, клубника и малина. Это был первый опыт размещения растений в биоветеринарии. Впоследствии, а именно в феврале 2020 года, в биоветеринарии разместили из экзотики — папаю, маракуйю, нони. Из «простых» — укроп, лук, реган, петрушку, салат, огурцы, помидоры.

В апреле 2020 года были завершены работы по полному обустройству жилого модуля и всех коммуникаций систем жизнеобеспечения. На этом этапе затраты составили 1,55 млн руб.







Большинство технических решений производились владельцами «БиоДома» и не приобретались на рынке — это гелиосистема (полностью), воздуховоды для отопления, фанкойлы. Всё остальное — солнечные батареи, аккумуляторные батареи (АКБ), инвертор, насосы — было приобретено у поставщиков по «специальным» ценам, не в розницу. Конечно, были затраты и на обустройство территории, но они оказались незначительными.

В итоге в июне 2020 года строительство было завершено, затраты составили 1,8 млн руб. (в ценах 2020 года).

### Расчёты окупаемости

Затраты на строительство 48 м<sup>2</sup> жилой и подсобной площади и 100 м<sup>2</sup> биовегетария, а также «умной» теплицы составили 1,8 млн руб. Тариф на 1 кВт·ч электроэнергии (из сети общего пользования) составлял 3,67 руб. На 24 марта 2022 года общее потребление «БиоДома» было 11 380 кВт·ч, что в денежном эквиваленте составило 41 764,6 руб.

С января 2020 года по апрель 2022 года на строительство и содержание «БиоДома» было затрачено примерно 41 800 руб. А это значит, что за 27 месяцев, то есть

810 дней, в «БиоДоме» в среднем в день потребляли по 14 кВт·ч или по 51,38 руб.

По усреднённым расчётам (0,5 кВт·ч на 10 м<sup>2</sup>), на содержание «БиоДома» площадью в 148 м<sup>2</sup> за год эксплуатации понадобилось бы примерно 177 кВт·ч в сутки. За 810 дней — 143 370 кВт·ч или 526 168 руб.

### Проведённые расчёты показали, что все затраты на строительство «БиоДома» полностью вернулись за счёт снижения стоимости содержания объекта в течение 3,7 года

Экономия средств на содержание в год составила 484 404 руб. Получается, что было потрачено в 12,6 раз меньше или всего 7,9% от «полной» суммы.

В итоге все затраты на строительство «БиоДома» полностью вернулись за счёт снижения стоимости содержания объекта в течение 3,7 года. И это — без учёта выращенной и реализованной продукции. После подключения СЭС (15 кВт) было решено зарабатывать на продаже излишков в сеть по закону «О микрогенерации», что дополнительно ускорило окупаемость объекта в целом. ●

1. Темеров А.В. «БиоДом». Жилой модуль и «умная» теплица // Журнал СОК, 2020. №12. С. 14–18.
2. Патент RU 137793 U1. МПК F24F 5/00. Система пассивного охлаждения/отопления помещения / А.В. Темеров. Патентообл.: А.В. Темеров. Заявл.: 25.09.2013; опубл.: 27.02.2014.







## Об истинных причинах срыва заданий Правительства РФ по повышению энергоэффективности зданий

По убеждению автора срыв заданий Правительства РФ по повышению энергоэффективности зданий связан не с невозможностью исполнения, а с нежеланием изменений. Вернуться к этой теме, уже поднимавшейся им на страницах [журнала СОК](#), побудил Указ Президента РФ от 26 октября 2023 года № 812 «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации» [1]...

В упомянутой во вступлении к статье Климатической доктрине РФ [1] ставится задача: «Ключевой долгосрочной целью климатической политики с учётом национальных интересов и приоритетов социально-экономического развития является достижение не позднее 2060 года баланса между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением».

В пунктах 39, 41 Доктрины в качестве «мер, обеспечивающих эту цель», на первое место ставится: «а) **повышение энергетической эффективности во всех отраслях экономики**», а затем уже «б) развитие использования возобновляемых и альтернативных источников энергии с низким уровнем выбросов парниковых газов...» И эта цель особенно актуальна для строящихся и капитально ремонтируемых зданий, потому что среди других секторов экономики в секторе зданий и жилищно-коммунального хозяйства заложены наибольшие возможности не только физического снижения потребления энергии, но и достижения полной углеродной нейтральности.

### Состояние нормативно-технической базы в области энергоэффективности зданий

Согласно Постановлению Правительства РФ № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности зданий и требований к правилам определения класса энергоэффективности многоквартирных домов» [2], предполагалось повысить энергоэффективность зданий путём снижения годового теплопотребления на отопление и вентиляцию не менее чем на 15% с 2011 года, на 30% с 2016-го и на 40% — с 2020 года по отношению к базовому уровню, но эти

задания были сорваны, как и принятое взамен Постановление Правительства РФ № 603 [3], по которому намечалось снижение теплопотребления зданий на 20% с 2018 года (по отношению к тому же базовому году) и с 2023-го — на 40%, но они тоже не были выполнены. На смену им вышло новое ППРФ № 1628 [4] с тем же названием, по которому вообще не предусмотрена динамика повышения энергоэффективности зданий — она остаётся на уровне требований СНиП 23-02-2023 «Тепловая защита зданий» [5], который был отменен, а вместо него появился новый СП 50.13330.2012 [6], актуализирующий этот СНиП, да так, что при его реализации, по словам исследователей [7]: «до 1 марта 2028 года для выполнения требований по классам энергоэффективности снижение удельного расхода теплоты на отопление и вентиляцию не требуется».

Это при том, что в странах Евросоюза — после того, как мы в начале этого века сравнивались с ними по уровню энергоэффективности зданий, — уже прошли три волны повышения энергоэффективности, а у нас она не только осталась на том же уровне, но и скатилась до показателей прошлого века [8]. И связано это не с тем, что в России невозможно исполнить эту важнейшую задачу, которая способствует сокращению выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>), а с нежеланием изменений со стороны Минстроя России и подведомственных ему ещё сохранившихся по названию научных институтов.

Одним из примеров бюрократической волокиты, приносящей вред нашей стране, была история с моим предложением о включении поправок в Изменения № 2 к СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [9],

### Об авторе

**Вадим Иосифович ЛИВЧАК** — к.т.н., вице-президент НП «АВОК» в 2000–2012 годах, начальник отдела «Энергоэффективность зданий и систем их инженерного обеспечения» Мосгосэкспертизы при правительстве города Москвы в 1998–2010 годах.

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

подготавливаемые обновлённым авторским коллективом под эгидой НИИ строительной физики РААСН. Моё предложение было опубликовано в [журнале СОК \[10\]](#), продолжение — также в [СОК в \[11\]](#).

Суть его вкратце заключалась в следующем: в Приложении А (к этому СП 60 [9]) «Расчёт тепловых нагрузок на системы отопления и вентиляции» приводится общая формула (А.1) расхода теплоты (тепловая нагрузка) на нужды отопления и вентиляции  $Q_{об}^p$ , где правильно представлены все составляющие теплового баланса отапливаемых помещений здания, в том числе и бытовые теплопоступления  $Q_{быт}$ , но после этого текст Приложения А, поясняющий формулу (А.1), заканчивается, как будто его кто-то оборвал, и не разъясняется, как определять эти теплопоступления, что позволяет проектировщику не учитывать внутренние теплопоступления при определении тепловой нагрузки системы отопления зданий. Я предлагал дополнить Приложение А текстом, поясняющим, как определять величину бытовых теплопоступлений в зависимости от плотности заселения квартир либо офисов и других общественных зданий с табл. А.1 «Исходные данные для расчёта удельной величины среднечасовых бытовых теплопоступлений за рабочее время в течение отопительного периода и впервые для периода охлаждения» (основание показателей данной таблицы приведено в [журнале СОК \[12\]](#)).

### **Во избежание перегрева всего здания необходимо пересчитать с учётом выявленного запаса тепловой мощности новые расчётные параметры теплоносителя по формулам, предложенным нами в дополнении к Приложению А.1**

Кроме этих публикаций, я отправил письма с моими предложениями ответственному секретарю ТК 465 «Строительство» ФАУ «ФЦС» А.Ю. Неклюдову (10 и 16 января 2021 года), заместителю директора Департамента градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и ЖКХ Российской Федерации А.Ю. Степанову (15 февраля 2021 года) и заместителю министра Минстроя России Д.А. Волкову (17 февраля 2021 года). Ответа либо не было, либо письма советовали послать по другому адресу. 16 и 22 марта 2023 года я возобновил переписку с ведущим по этому направлению специалистом в авторском

коллективе СП 60.13330.2020, после этого 11 апреля послал ему же своё удивление, что не увидел в сводке замечаний к изменениям СП 60 [9] моих предложений к основному тексту документа (четыре замечания) и отдельных замечаний по пунктам к Приложению А. 17 апреля 2023 года я предложил повторно прочитать каждый предлагаемый пункт данного Приложения А и объяснить его назначение и необходимость.



После получения очередного письма-ответки 19 мая 2023 года я отправил предложения к Изменениям №2 СП 60 директору ФАУ «ФЦС», осуществляющего надзор за нормативно-техническими документами в строительстве. 23 мая был получен ответ, что ФАУ «ФЦС» направляет директору НИИСФ для учёта в работе над второй редакцией проекта Изменений №2 к СП 60 замечания и предложения [В.И. Ливчака](#), поступившие по результатам публичного обсуждения проекта первой редакции указанного документа.

После этого были мои очные выступления перед представителями авторского коллектива СП 60 в АВОКе, перед подкомитетом ТК 14 в НИИСФ и ещё одно с участием представителя ФАУ «ФЦС». В результате мои предложения были отклонены под предлогом «более прогрессивного решения» об исключении из текста СП 60 предложений учёта бытовых теплопоступлений в расчётах как «устаревшего положения»?!. Об этом мне было объявлено устно, хотя и были отдельные положительные отзывы и предложения разместить заявленные изменения в СП 510.1325800.2022 «Тепловые пункты зданий» [13], но никакого протокола обсуждения с заключением я не получил. 9 августа 2023 года Изменения №2 к СП 60 были утверждены приказом Минстроя №573 [14] без изменений текста Приложения А к СП 60.13330.2020 [9] (без указания величин бытовых теплопоступлений в жилых и общественных зданиях).

Следует иметь в виду, что неучёт или занижение величин бытовых теплопоступлений при расчёте тепловой нагрузки приводят к запасу тепловой мощно-

сти системы отопления, а нереализованный запас вызывает перерасход теплоты, подаваемой на отопление. Поэтому, даже если при расчёте тепловой мощности вводится запас на удаление влаги из бетонных конструкций в первый год эксплуатации после окончания строительства или предусмотрен запас при подборе поверхности нагрева отопительных приборов для возможности компенсации каких-то локальных недостатков увеличенным

расходом теплоносителя путём открытия клапана терморегулятора, установленного на отопительных приборах, следует всё равно учитывать бытовые теплопоступления, потому что они никак не связаны с указанными причинами. А чтобы созданный запас не приводил к перегреву здания после удаления влаги из ограждающих конструкций или из-за того, что локальные недостатки — это явление исключительное (встречается в одном либо в ограниченном количестве помещений, но на стадии проектирования неизвестно в каком), запас вводится на все отопительные приборы.

Во избежание перегрева всего здания необходимо пересчитать с учётом выявленного запаса тепловой мощности новые расчётные параметры теплоносителя по формулам, предложенным нами в дополнении к Приложению А.1. Например, чтобы устранить запас тепловой мощности системы отопления в 20%, параметры теплоносителя, циркулирующего в системе отопления, должны быть в расчётных условиях 84/63 °С вместо 95/70 °С. Но для выявления этого запаса мощности необходимо в разделе проекта, посвящённого энергоэффективности, определить ожидаемую тепловую нагрузку системы отопления по соответствующей методике с учётом бытовых теплопоступлений и нормируемого воздухообмена и сравнить её с определённой в разделе «Отопление и вентиляция» (ОВ) проекта. Эта методика изложена в предлагаемых мной дополнениях к СП 60. Здесь же приведём результаты моих расчётов, показывающие, к чему приводит пренебрежение этими теплопоступлениями.





### Влияние бытовых теплопоступлений при расчёте систем отопления

а) В отношении многоквартирных домов (МКД). Выполненные мною расчёты показывают, что для 12-этажного 84-квартирного дома московской типовой серии П-18-01/12 с плотностью заселения 20 м<sup>2</sup> площади квартиры на человека (из чего по табл. А.1 следует, что удельные бытовые теплопоступления равны  $q_{\text{быт}} = 17$  Вт на 1 м<sup>2</sup> жилой площади квартиры, а вентиляционный воздухообмен составляет 30 м<sup>3</sup>/ч на человека) и расположенного в Центральном регионе (ГСОП = 4550 градусо-суток), наружные ограждения которого соответствуют базовому уровню теплозащиты по СП 50.13330.2012 [6] с Изменением № 1, доля бытовых теплопоступлений по отношению к расчётной тепловой нагрузке системы отопления составит:

$$Q_{\text{быт}}/Q_{\text{от}}^{\text{р}} = 42,4/169,2 = 0,25,$$

и отопление должно прекращаться при  $t_{\text{н.при } Q_{\text{от}}=0} = 11^{\circ}\text{C}$ .

Если же будет принята заниженная величина удельных бытовых теплопоступлений, например,  $q_{\text{быт}} = 10$  Вт/м<sup>2</sup>, то

$$Q_{\text{быт}}/Q_{\text{от}}^{\text{р}} = 25/188,4 = 0,13,$$

$$t_{\text{н.при } Q_{\text{от}}=0} = 14,7^{\circ}\text{C},$$

и возникнет запас тепловой нагрузки системы отопления по отношению к предыдущему решению:

$$Q_{\text{от.при } q_{\text{быт}}=10}^{\text{р}}/Q_{\text{от.при } q_{\text{быт}}=17}^{\text{р}} = 188,4/169,2 = 1,11.$$

Если вовсе не учитывать бытовых теплопоступлений, то  $Q_{\text{быт}}/Q_{\text{от}}^{\text{р}} = 0/215,9 = 0$ , и запас тепловой нагрузки возрастёт до

$$Q_{\text{от.при } q_{\text{быт}}=0}^{\text{р}}/Q_{\text{от.при } q_{\text{быт}}=17}^{\text{р}} = 215,9/169,2 = 1,28.$$

Если для тех же условий повысить теплозащиту несветопрозрачных ограждений в 1,5 раза выше базовых значений

и принять окна уже выпускаемой нашими изготовителями конструкции с сопротивлением теплопередаче  $R_{0}^{\text{ок}} = 1,2$  м<sup>2</sup>·°C/Вт, то, поскольку теплопотери наружных ограждений станут меньше, а бытовые теплопоступления практически не меняются по абсолютной величине, их доля в тепловом балансе дома возрастёт до:

$$Q_{\text{быт}}/Q_{\text{от}}^{\text{р}} = 38,9/110,4 = 0,35$$

(согласно намечаемой динамике повышения энергоэффективности такие здания начнут строить с 2030 года, когда плотность заселения квартир будет около 25 м<sup>2</sup> на одного человека, из-за чего величина удельных бытовых теплопоступлений снизится до 15,6 Вт/м<sup>2</sup>, а требуемый воздухообмен также сократится из-за уменьшения количества жителей), и отопление должно прекращаться/начинаться при  $t_{\text{н.при } Q_{\text{от}}=0} = 8,3^{\circ}\text{C}$ .

Если же будет принята заниженная величина удельных бытовых теплопоступлений, например,  $q_{\text{быт}} = 10$  Вт/м<sup>2</sup>, то

$$Q_{\text{быт}}/Q_{\text{от}}^{\text{р}} = 25/125,8 = 0,2,$$

$$t_{\text{н.при } Q_{\text{от}}=0} = 12,6^{\circ}\text{C},$$

и возникнет запас тепловой нагрузки системы отопления по отношению к предыдущему решению

$$Q_{\text{от.при } q_{\text{быт}}=10}^{\text{р}}/Q_{\text{от.при } q_{\text{быт}}=15,6}^{\text{р}} = 125,8/110,4 = 1,14.$$

Если вовсе не учитывать бытовых теплопоступлений, то  $Q_{\text{быт}}/Q_{\text{от}}^{\text{р}} = 0/153,3 = 0$ , и запас тепловой нагрузки возрастёт до

$$Q_{\text{от.при } q_{\text{быт}}=0}^{\text{р}}/Q_{\text{от.при } q_{\text{быт}}=17}^{\text{р}} = 149,2/110,4 = 1,35.$$

Для зданий, построенных до 2000 года, из-за их низкой теплозащиты (теплопотери через наружные ограждения и на нагрев наружного воздуха в нормативном объёме по сравнению с таким же домом, запроектированным на базовые значения

теплозащиты, выросли в  $334,9/196,2 = 1,7$  раза) доля

$$Q_{\text{быт}}/Q_{\text{от}}^{\text{р}} = 42,4/321,7 = 0,13,$$

$$t_{\text{н.при } Q_{\text{от}}=0} = 14,8^{\circ}\text{C},$$

и запас тепловой нагрузки системы отопления при  $q_{\text{быт}} = 10$  Вт/м<sup>2</sup> по сравнению с решением при  $q_{\text{быт}} = 17$  Вт/м<sup>2</sup> составит  $340,9/321,7 = 1,06$ , а если не учитывать бытовые теплопоступления, то  $368,4/321,7 = 1,15$ .

Такая же тенденция, только в ещё большей степени, наблюдается при расчёте удельного годового теплопотребления системой отопления здания, поверхность нагрева отопительных приборов которой определена без учёта бытовых теплопоступлений в сравнении с тем, когда эти теплопоступления учитываются.

### Если будет принята заниженная величина удельных бытовых теплопоступлений, то возникнет запас тепловой нагрузки системы отопления и здание будет перегрето

На примере той же серии МКД с тепловой защитой, соответствующей базовому уровню, ожидаемый удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, отнесённый к 1 м<sup>2</sup> площади квартир, без учёта бытовых теплопоступлений составит  $q_{\text{год,без.быт}}^{\text{от}} = 133$  кВт·ч/м<sup>2</sup>. То же с учётом бытовых теплопоступлений с удельной величиной  $q_{\text{быт}} = 17$  Вт/м<sup>2</sup> жилой площади при заселённости 20 м<sup>2</sup> площади квартир на человека —  $q_{\text{год}}^{\text{от}} = 76$  кВт·ч/м<sup>2</sup> (при нормируемом значении не более  $q_{\text{год,норм}}^{\text{от}} = 83,5$  кВт·ч/м<sup>2</sup> для ГСОП = 4550), что соответствует **нормальному классу энергоэффективности D**:

$$(76 - 83,5) \times 100/83,5 = -9\%,$$

**а без учёта бытовых теплопоступлений класс энергоэффективности упадёт до**

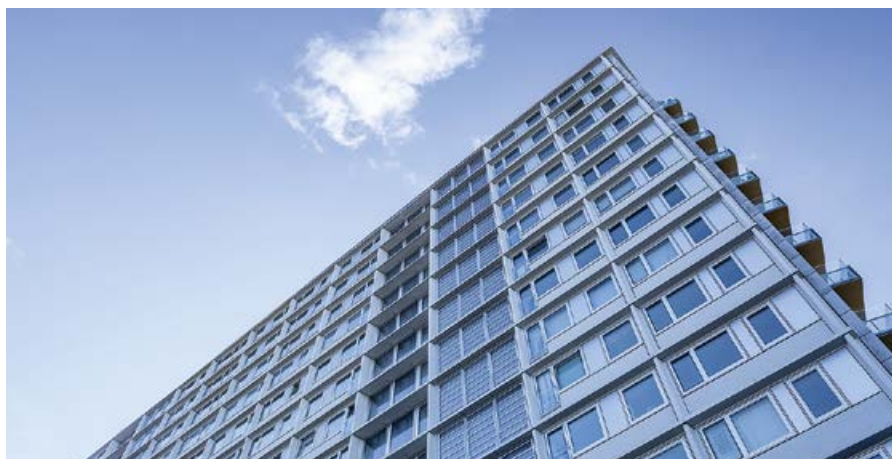
$$(133 - 83,5) \times 100/83,5 = +59\%,$$

что соответствует **низкому классу энергоэффективности F** и неприемлемо для нового строительства и при комплексном капитальном ремонте существующих МКД. При принятии для той же заселённости заниженной (предлагаемой в СНиП 2.04.05-91\* [15]) величины бытовых теплопоступлений в размере 10 Вт/м<sup>2</sup> удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания будет 99 кВт·ч/м<sup>2</sup>, это соответствует

$$(99 - 83,5) \times 100/83,5 = +18,6\%,$$

то есть **пониженному классу энергоэффективности E**, что также неприемлемо.

В условиях повышения теплозащиты по предыдущему примеру определения тепловой нагрузки МКД удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию составит 42 кВт·ч/м<sup>2</sup>, что соответствует требованиям энергоэффективности МКД с низким потреблением энергии (не менее чем в два раза меньше нормируемого базового значения 83,5 кВт·ч/м<sup>2</sup>). Это подтверждает, что уровень низкого потребления энергии достигается только за счёт применения наименее затратных энергосберегающих мероприятий — утепления здания и оптимизации автоматического регулирования подачи теплоты в систему отопления дома путём настройки контроллера регулятора, рекомендуемой в предложениях к Изменениям, отвергнутых авторами СП 60.13330.2020.



Ожидаемое годовое теплотребление системы отопления МКД с повышенной теплозащитой, но без учёта бытовых теплопоступлений превышает годовое теплотребление, определённое с учётом бытовых теплопоступлений, на  $(94 - 42) \times 100/42 = 124\%$ ; то же для зданий с тепловой защитой, соответствующей базовому уровню, превышение годового теплотребления будет  $(133 - 76) \times 100/76 = 75\%$ .

В обоих случаях демонстрируется колоссальный перегрев зданий при расчёте системы отопления без учёта бытовых теплопоступлений, и, тем не менее, моё предложение было отвергнуто.

В качестве альтернативы было заявлено, что на каждом отопительном приборе установлен автоматический терморегулятор, который автоматически снизит расход теплоносителя через прибор. В статье [16] показано, что на практике этого не получается, при наличии общедомового регулятора подачи теплоты в систему отопления терморегуляторы на отопительных приборах следует рассматривать

для удовлетворения поддержания желательной для жителя температуры внутреннего воздуха, в том числе в разных комнатах, и для повышения комфорта, предотвращая избыточные теплопоступления от солнечной радиации.

**б) В отношении общественных зданий офисного назначения.** По аналогии с многоквартирными домами годовой расход тепловой энергии на отопление офиса и других по назначению общественных зданий с механической приточной вентиляцией и периодическим режимом работы, из-за отдельного централизованного нагрева наружного воздуха в калориферах и исключения тем самым составляющей теплопотерь на нагрев воздуха для вентиляции в рабочий период в тепловом балансе системы отопления, будет в ещё большей степени способствовать

Удельные расчётные внутренние теплопритоки при принятой заселённости в 10 м<sup>2</sup> полезной площади помещений на одного работника составляют величину  $q_{вн.оф} = 22,02$  Вт/м<sup>2</sup> (получено интерполяцией из табл. А.1). Расчётный расход теплоты на отопление  $Q_{от}^{р.тр}$ , равный расчётным теплопотерям через наружные ограждения с базовым уровнем теплозащиты  $Q_{отр}^p$  с добавочными теплопотерями на ориентацию помещений по сторонам света и на угловые помещения, оцениваемые повышающим коэффициентом  $\beta_{доб} = 1,1$ , с учётом полезного использования внутренних теплопоступлений только в помещениях, относящихся к расчётной площади, составляющей в офисах  $A_{расч} = 0,8A_{пол}$ , будет:

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

Внутренние теплопоступления по отношению к тепловой нагрузке системы отопления составят:  $Q_{вн}^p / Q_{от.баз}^{р.тр} = 21,9/37,3 = 0,59$ , а температура наружного воздуха, при которой  $\bar{Q}_{от}=0$  будет:

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

Расчётная тепловая нагрузка системы отопления без учёта внутренних теплопоступлений составит:

$$\begin{aligned} Q_{от.баз.без.вн}^{р.тр} &= Q_{отр}^p \beta_{тп} = \\ &= 55,8 \times 1,1 = 61,4 \text{ кВт}, \end{aligned}$$

что превышает тепловую нагрузку с базовым уровнем теплозащиты и с учётом внутренних теплопоступлений на  $(61,4 - 37,3) \times 100/37,3 = 65\%$ .

Напомним, что превышение тепловой нагрузки многоквартирных домов без учёта внутренних теплопоступлений было всего на 28% или более чем в два раза ниже, чем в офисе. Для варианта с увеличенной на 15% тепловой защитой здания офиса относительный перерасход теплоты на отопление без учёта внутренних теплопоступлений будет ещё выше:

$$\begin{aligned} Q_{от.1,156аз}^{р.тр} &= [1,1 \times 0,407 \times 2146 \times \\ &\times (20 + 26) - 0,8 \times 1243 \times 22,02] \times \\ &\times 1,1 \times 10^{-3} = (44,2 - 21,9) \times 1,1 = 24,5 \text{ кВт}; \\ Q_{вн}^p / Q_{от.1,156аз}^{р.тр} &= 21,9/24,5 = 0,89; \\ t_{н.баз.при \bar{Q}_{от}=0} &= (20 - 26 \times 0,89) / \\ &(1 + 0,89) = -1,7^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

перегреву здания при неучёте внутренних теплопоступлений в расчёте тепловой нагрузки системы отопления.

Покажем это на примере четырёхэтажного офиса полезной площадью  $A_{пол} = 1243$  м<sup>2</sup> из [17] (количество работников  $m = 1243/10 = 124$  человека, то есть имеет место заполнение 10 м<sup>2</sup> полезной площади на одного работника), строящегося в Московском регионе, с теплозащитой в двух вариантах: с базовым уровнем сопротивления теплопередаче наружных стен {по табл. 3 СП 50 [6]:

$$\begin{aligned} R_{о.ст}^{нр} &= 2,68 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}; \\ R_{о.ок}^{нр} &= 0,54 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}; \\ K_{тр}^{нр} &= 0,514 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}) \end{aligned}$$

и соответствующим требованиям первого этапа повышения энергетической эффективности зданий по ППРФ № 18 [2] {на 15% превышающем базовый уровень, за исключением окон, где сопротивление теплопередаче принято по величинам, достигнутым промышленностью:

$$\begin{aligned} R_{о.ст}^{пр} &= 3,08 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}; \\ R_{о.ок}^{пр} &= 0,8 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}; \\ K_{тр}^{пр} &= 0,407 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}). \end{aligned}$$



Тогда **тепловая нагрузка системы отопления, определённая без учёта внутренних теплопоступлений, будет**

$$Q_{\text{от.баз.без.вн}}^{\text{Р.ТР}} = 44,2 \times 1,1 = 48,6 \text{ кВт},$$

что **превышает тепловую нагрузку с таким же уровнем теплозащиты и с учётом внутренних теплопоступлений на**

$$(48,6 - 24,5) \times 100 / 24,5 = 98 \%.$$

Приведённые результаты сопоставления и отношение ответственных за реализацию энергоэффективных решений в нормативные документы и в практику проектирования и эксплуатации энергоэффективных зданий вызывает удивление и сожаление, но утверждённая Президентом России «Климатическая доктрина Российской Федерации» [1] опять «посягла зёрна надежды».



При росте стоимости энергоносителей утепление зданий путём доведения их до уровня «зданий с низким потреблением энергии», как показали наши расчёты [10–12, 15], сокращает теплопотребление на отопление в новом строительстве как минимум в два раза, а при комплексном капитальном ремонте — в четыре раза (в два раза при доведении энергопотребления от уровня прошлого века до базового уровня и ещё в два раза от базового до уровня с низким потреблением энергии), а также снижает сроки окупаемости инвестиций в утепление зданий с заменой окон и в оборудование их систем отопления автоматикой регулирования подачи теплоты по оптимизированным графикам ещё в два-три раза по сравнению с принятыми в настоящее время. Не следует забывать, что реализация этих решений — это увеличение занятости (причём требуются работники не очень высокой квалификации), обеспечение здоровых, комфортных и уютных условий пребывания в жилищах, а ещё это создание архитектурно-привлекательной окружающей

среды путём эстетического улучшения фасадов утепляемых зданий. Такое направление энергосбережения остаётся наименее затратным по сравнению с использованием возобновляемых и альтернативных источников энергии, кроме того, для работы ветряков и солнечных панелей также требуются традиционные источники энергии с повышенным уровнем выбросов парниковых газов, а также существуют проблемы с утилизацией отработанного оборудования.

Следует отметить и положительные результаты в достижении на практике базового уровня энергоэффективности МКД в Москве и повышении энергоэффективности на 25% в новом строительстве в 2011 году. Так, по инициативе Мосгос-

повой серии П-18-01/12. В квартирах дома за весь период поддерживалась температура в комфортном диапазоне +20...+22°C. Жалоб со стороны жителей на недостаточную температуру воздуха в квартирах в управляющую компанию не поступало. В аналогичных домах, также оборудованных автоматизированными узлами управления системой отопления (АУУ), но контроллер которых был настроен на проектный режим без учёта перечисленных выше особенностей, годовое теплопотребление системой отопления по измерениям общедомовыми теплосчётчиками, полученными в трёх домах от ЕРЦ МОЭК, оказалось выше в среднем на 47%, чем в доме, контроллер регулятора подачи теплоты которого был перенастроен на оптимизированный график, впоследствии названный редакцией журнала «АВОК» «*графиком Ливчака*».

С моим участием были утверждены положения об энергоэффективных зданиях, включающие требования их систематического повышения, в том числе Постановлением Правительства Москвы № 900-ППМ [18], на 25% по отношению к базовому значению, достигнутому в 2000 году, в основном за счёт повышения теплозащиты наружных ограждений и интенсификации авторегулирования подачи теплоты в систему отопления. Постановлением Правительства Москвы № 460-ППМ [19] уже при новом мэре было подтверждено исполнение этого требования.

Намечалось повышение энергоэффективности зданий и в федеральном документе — Постановлении Правительства РФ № 18 [2], но оно было сорвано.

### Причины невыполнения требований повышения энергоэффективности зданий

Причина в том, что, во-первых, это решение Правительства РФ по повышению энергоэффективности зданий **не было учтено**, как это делалось ранее, в изданной и утверждённой приказом Минрегиона России № 265 [20] новой редакции СП 50.13330.2012 [6], в соответствие с которым в настоящее время выполняется раздел «Энергоэффективность зданий». Например, в предшествующем СНиП П-3-79\* [21], согласно постановлению Минстроя № 18-81 [22], было принято решение о повышении сопротивления теплопередаче наружных ограждений строящихся зданий, и тут же были внесены Изменения № 3 к действующему тогда СНиП П-3-79 с новыми нормируемыми значениями сопротивлений теплопередаче, а сам документ был переиздан с тем же обозначением, но с присвоением ему значка «\*».

экспертизы и поддержке мэра Москвы мы в отопительном сезоне 2009–2010 годов подтвердили испытаниями на эксплуатируемых домах после комплексного капитального ремонта, что с утеплением их до базового уровня теплозащиты и при перенастройке контроллера регулятора подачи теплоты в систему отопления по графику с учётом увеличивающейся доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе дома с повышением температуры наружного воздуха, а также с учётом выявленного 18%-го запаса тепловой нагрузки на отопление, был достигнут нормальный класс энергоэффективности, подтверждённый ранее экспертизой проекта капремонта 84-квартирного дома ти-

**Утепление зданий путём доведения их до уровня зданий с низким потреблением энергии сокращает теплопотребление на отопление в новом строительстве минимум в два раза, а при капремонте — в четыре раза**

Во-вторых, в СП 50 [6] **удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию**, отнесённый к единице площади квартиры в  $[\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2]$  или к её объёму  $[\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3]$ , **вопреки приведённому значению в актуализируемом этим сводом правил СНиП 23-02-2003 [5] и ранее подтверждённым ППРФ № 18 [2] в качестве показателя энергоэффективности зданий, заменён на удельную характеристику расхода тепловой энергии, принятую из той же табл. 9 СНиП 23-02 [5] (п. 10.1 СП 50 [6]), но отнесённую к отапливаемому объёму всего здания в размерности  $[\text{Вт}/(\text{м}^3\cdot\text{C})]$ . Но они не могут заменять друг друга, потому что удельный годовой расход характеризует работу в течение года, а удельная характеристика расхода в такой размерности означает единицу мощности. И потом, отапливаемый объём всего здания, представляющий сумму площадей отапливаемых этажей, умноженную на их высоту (см. СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные» [23]), включает, помимо квартир, лестнично-лифтовые узлы, внутренние перегородки и перекрытия, оказываясь как минимум на 35 % больше объёма квартир — это данные из реальных типовых проектов Московского научно-исследовательского и проектного института типологии, экспериментального проектирования (МНИИТЭП).**

Поэтому тот, кто не обратит внимание на указанные несоответствия заменяемых понятий, в результате **при определении расчётной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания** (п. Г.1 Приложения Г СП 50 [6]), отнеся годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию дома к большему объёму, получит настолько же меньшие искомые величины в сравнении с нормируемыми по табл. 14 СП 50 [6] (преобразованной из табл. 9 СНиП 23-02 [5]), что у него сразу же, без выполнения каких-либо энергосберегающих мероприятий, искомая величина удельной характеристики расхода в сопоставлении с нормируемой снизится на те же 35 % и более, и **в сравнении с требованиями ППРФ № 18 повышать энергетическую эффективность запроектированного по СП 50 здания не надо! Это полностью исключает возможность оценки истинного состояния энергоэффективности запроектированного здания.**

В-третьих, имеется отказ авторского коллектива СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» включить в Изменения №2 к этому СП мои предложения по величинам среднесуточных бытовых теплопоступлений за



рабочее время в течение отопительного и охлаждающего периодов для жилых и общественных зданий разного назначения, хотя это даёт возможность точнее установить тепловую нагрузку системы отопления здания, а также начало/окончание отопительного и охлаждающего периодов и определить годовые расходы теплоты на отопление и вентиляцию зданий, а также годовые расходы холода на кондиционирование воздуха в помещениях этих зданий.

При этом в [16] **было доказано, что пренебрежение учётом бытовых теплопоступлений или занижение предлагаемых величин при проектировании приводит к завышению поверхности нагрева отопительных приборов системы отопления и перегреву построенных по таким проектам зданий при их эксплуатации даже при наличии терморегуляторов в квартирах жильцов.**

**Оценка энергоэффективности таких зданий без перенастройки контроллера регулятора подачи теплоты системы отопления в АИТП или АУУ (при теплоснабжении от ЦТП) по методике, изложенной в предложениях к Изменению №2 к СП 60 [9], приводит к «сваливанию» с нормального класса энергоэффективности D для зданий (с учётом этих теплопоступлений) к низкому классу F, что неприемлемо для нового строительства и капитального ремонта существующих многоквартирных домов.**

Для общественных зданий это падение будет ещё больше из-за отдельного централизованного нагрева наружного воздуха в калориферах и исключения тем самым составляющей теплопотерь на нагрев воздуха для вентиляции в рабочий период в тепловом балансе системы отопления, что повышает долю бытовых теплопоступлений в этом балансе [17].

Также автоматическое регулирование подачи теплоты в систему отопления в процессе эксплуатации, не только в зависимости от изменения температуры наружного воздуха, но и с учётом увеличивающейся доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе дома, с повышением наружной температуры позволяет достигнуть экономии тепловой энергии на отопление от 15 до 40 % и более в годовом потреблении, по сравнению с настоящим состоянием, причём без дополнительных инвестиций, а путём перенастройки контроллера имеющегося регулятора.

Методика расчёта графиков регулирования подачи теплоты в системы отопления [11] изложена в пунктах А.17–А.22 отвергнутого авторами СП 60.13330.2020 [9] моего предложения к дополнению Приложения А этого СП, которое, как ничто другое, отвечает на призыв Постановления Правительства РФ № 963 «О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию...» [24]: «...распространить действие предлагаемого Положения» не только на строительство новых зданий, а также при их реконструкции и капитальном ремонте, но и «с расширением распространения принятых в проектной документации технических решений на возможность их реализации при эксплуатации объекта капитального строительства» (см. Изменения №2 к п. 3 Составы разделов). Для реализации этого необходимо в проектной документации рассчитать требуемые для каждой системы отопления индивидуальные графики изменения температуры теплоносителя, подаваемого в эту систему в зависимости от температуры наружного воздуха с учётом всех составляющих теплового баланса здания и выявленного запаса тепловой мощности системы отопления.



**Предлагаемые изменения в нормативных документах, устраняющие причины невыполнения требований повышения энергоэффективности зданий**

Исходя из изложенного следует исключить из СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [6] тексты, связанные с задачей определения энергетической эффективности зданий и расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию. Для этого надо исключить соответствующие термины из пункта 3 и следующие фразы из пунктов текста: 4.1 — «*эффективности расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию*»; 4.2 — «*расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий*»; 5.2 — «*Допускается снижение значения коэффициента  $t_p$  в случае, если при выполнении расчёта удельной характеристики расхода тепловой энергии на отоп-*



ление и вентиляцию здания по методике **Приложения Г** выполняются требования **пункта 10.1** к данной удельной характеристике. Значения коэффициента  $t_p$  при этом должны быть не менее:  $t_p = 0,63$  — для стен,  $t_p = 0,8$  — для остальных ограждающих конструкций (кроме светопрозрачных),  $t_p = 1,0$  — для светопрозрачных конструкций».

Следует также изъять раздел 10 «Требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий», исключённый из данного СП 50 [6] как обязательный по ППРФ №815 [25], и исключить **Приложение Г** «Расчёт удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий», **Приложение Д** «Форма для заполнения энергетического паспорта здания». Приложение П «При-

мер составления раздела «Энергоэффективность» проекта жилого дома», в котором показано, что при утеплении наружных ограждений проектируемого МКД до базовых значений приведённого сопротивления теплопередаче расчётная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию получилась равной 0,219 Вт/(м<sup>3</sup>·°C), что на 31 % ниже требуемой, уже заменён в редакции СП 50 [6] с Изменениями №1 от 14 декабря 2018 года.

В пользу такого решения в Постановлении Правительства РФ №963 [24] в подразделе 3 «Отопление, вентиляция, кондиционирование...» появились новые требования, закрепляющие наши предложения о необходимости включения в проектную документацию этого подраздела, а значит и в СП 60 [9], которые ранее излагались в СП 50 [6]:

«**0.3** сведений о показателях энергетической эффективности объекта капитального строительства, в том числе о показателях, характеризующих годовую удельную величину расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию в объекте капитального строительства», далее по тексту (здесь и в пункте 0.4 было ошибочно указано «расхода теплоносителей», а надо, конечно, «расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию», так как расход теплоносителя не нормируется, его изменения связаны с изменением потребности отопления, с чем согласился ФАУ «ФЦС»), и

«**0.4** сведений о нормируемых показателях удельных годовых расходов тепловой энергии на отопление и вентиляцию и максимально допустимых величинах отклонений от таких нормируе-

мых показателей (за исключением зданий, строений, сооружений, на которые требования энергетической эффективности не распространяются)».

Изложенное подтверждает наши предложения к Изменению №2 в СП 60 [9] о переносе рекомендаций по расчёту показателей энергетической эффективности зданий и сравнений с нормируемыми значениями удельных годовых расходов тепловой энергии на отопление и вентиляцию в СП 60 [9], благодаря которым в 2030 году в новом строительстве для всех строящихся зданий и в существующем жилищном фонде во всех МКД, построенных до 1980 года, можно достигнуть уровня с «низким потреблением энергии» (на 50 % ниже базового уровня) только за счёт повышения тепловой защиты наружной оболочки зданий (при условии выполнения утепления стен до  $R_{0}^{ст} = 3,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , как было рекомендовано в [26] для московского региона, а окон до  $R_{0}^{ок} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ) и **перехода на настройку контроллера регулятора подачи теплоты в систему отопления на оптимизированные графики.**

А к 2060 году, как заявлено в Указе Президента России №812 [1], требуется достигнуть для вновь строящихся зданий уровня с «энергосбережением, близкими к нулевым», и в существующем жилищном фонде — оставшихся МКД, построенных до 2000 года, также до уровня с «низким потреблением энергии», для чего, как и в предыдущие годы, необходимо выполнять комплексный капитальный ремонт (с утеплением и переностройкой регулятора подачи теплоты на отопление) ежегодно на площади, составляющей 2,5 % в год от площади жилищного фонда в 2020 году [27], что на сегодняшний день близко к объёмам нового строительства.

Возвращаясь к действующим федеральным документам, регламентирующим энергетическую эффективность зданий, следует отметить, что вместо нереализованных перечисленных выше Постановлений Правительства РФ №18 [2] и №603 [3] было принято новое (с тем же названием, как и предыдущие) ППРФ №1628 [4] — уже без требований повышения энергоэффективности зданий и с теми же ошибками, на которые я обращал внимание исполнителей и их руководителей в своих письмах к ним после рассмотрения первой редакции проекта данного постановления, с предложением альтернативной редакции, расширенной для определения класса энергоэффективности и для общественных зданий (проект будет представлен в следующем номере журнала СОК).






# ЭКВАТЭК 30 ЛЕТ

## ECWATECH

Юбилейная международная выставка технологий и оборудования для инженерной инфраструктуры, коммунальной и промышленной водоподготовки, водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод

**10-12 СЕНТЯБРЯ  
2024**

**МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО**




**МЕСТО ВСТРЕЧИ**  
ПРОФЕССИОНАЛОВ ВОДНОЙ ОТРАСЛИ  
С ПОСТАВЩИКАМИ ТЕХНОЛОГИЙ,  
ОБОРУДОВАНИЯ И УСЛУГ ДЛЯ РЕШЕНИЯ  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

Принять участие



ООО «ЭВР» | РЕКЛАМА

Организатор:  ExpoVision Rus

[WWW.ECWATECH.RU](http://WWW.ECWATECH.RU)





В новое ППРФ № 1628 [4], подготовленное Минстроем России, помимо отсутствия численных значений динамики повышения энергоэффективности зданий по годам строительства, как и численных показателей величин отклонений удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового в таблице рекомендуемых классов энергоэффективности МКД, **привнесены те же (отмеченные выше) неправильные положения из СП 50.13330.2012 [6], когда общепринятый в нашей стране и за рубежом показатель энергетической эффективности зданий в виде удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию заменён на удельную характеристику этого расхода, нигде не используемую, кроме как в СП 50 [6], и не отражающую удельного годового теплопотребления.**

Причём, рекомендуя этим постановлением такое видение показателя энергетической эффективности здания, оно вступает в противоречие с действующим приказом Минстроя России № 399 [28], утверждающим «Правила определения класса энергетической эффективности МКД», по которому, согласно пункту 2, «Класс энергетической эффективности МКД определяется исходя из сравнения значений показателя удельного годового расхода энергетических ресурсов, отражающего удельный расход энергетических ресурсов на отопление и вентиляцию...» (последующие расходы энергетических ресурсов на горячее водоснабжение и общедомовые нужды не приводим, так как на стадии проекта они отсутствуют). В пункте 3 требований к данным «Правилам...» в ППРФ № 1628 [4] указывается, что они «...устанавливаются... по отклонению показателя, характеризующего удельную величину расхода энергетических ресурсов...», а не удельного годового расхода по приказу, что, как говорят в Одессе, две большие разницы.

Минэкономразвития России пытается анализировать указанную проблему в ежегодных государственных докладах о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в РФ за 2018 и 2019 годы [29, 30], но внятности от этого не прибавляется. Параллельно в «Комплексном плане...», уже утверждённом ППРФ № 1473 [31], ставится задача к 2030 году повышения энергоэффективности жилищного фонда страны на 25% по отношению к базовому 2016 году, но эти планы также не реализуются.

Да они и не могут быть выполнены, потому что, как показано выше, нет правильной оценки показателя энергоэффективности и полностью отсутствует си-



стемность в подведении итогов деятельности субъектов Российской Федерации в области повышения энергетической эффективности зданий.

В результате в «Госдокладе 2020» уже указывается, что из переработанной в 2020 году «Энергостратегии 2035» (вместо действующей и ещё не выбранной своей срок «Энергостратегии 2030») **исключён важнейший индикатор «Повышение энергоэффективности зданий», что является отказом от продолжения работ в этом направлении.**

В моей статье [32] даны предложения по решению поставленной задачи реализации повышения энергоэффективности зданий. Для действенного контроля за реализацией этих решений субъектами РФ приводятся таблицы характеристик построенных и капитально отремонтированных в отчётном году МКД и показатели потребляемых ими удельных годовых расходов энергетических ресурсов региона, на основании которых будет наполняться искомая табл. Г8 «Удельные годовые расходы энергетических ресурсов субъектами РФ».

**В «Госдокладе 2020» Минэкономразвития России уже указывается, что из переработанной «Энергостратегии 2035» исключён важнейший индикатор «Повышение энергоэффективности зданий»**

### Ошибочные решения по методике расчёта классов энергоэффективности МКД

К сожалению, даже такой уважаемый исследователь в области энергоэффективности, как д.э.н. И. А. Башмаков, генеральный директор компании «Центр энергоэффективности — XXI век» («ЦЭНЭФ-XXI»), анализируя с коллегами сценарные оценки возможной реализации потенциала экономии энергии в МКД на перспективу до 2060 года в [7], ссылаясь на проект приказа Минстроя России, заменяющий действующий сейчас приказ № 1550 [33],

также использует в качестве показателя энергоэффективности зданий **удельную характеристику расхода тепловой энергии, а не удельный годовой расход этой энергии**, на основании которой констатирует: «Фактически проект приказа не требует повышения эффективности использования энергии на цели отопления и вентиляции. Согласно ему **все МКД, у которых удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию соответствует базовому уровню, получают класс энергоэффективности В вместо D**».

Как можно согласиться с тем, что зданиям, утеплённым до базового уровня по тепловой защите, **при отнесении полученного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию к площади квартир** присваивается класс энергоэффективности D (нормальный), а с другой стороны, таким же зданиям с такой же теплозащитой и, соответственно, с тем же годовым теплопотреблением, но путём манипуляций превращающих стандартный, принятый в нашей стране по СНиП 23-02-2003 и во всех евроазиатских странах **удельный годовой расход [кВт·ч/м<sup>2</sup>] или [кВт·ч/м<sup>3</sup>] в удельную характеристику расхода [Вт/(м<sup>3</sup>·°C)]**, согласно которой класс энергоэффективности этого здания поднялся до В (высокого) без выполнения каких-либо энергосберегающих мероприятий. Принимать такое — это не понимать того, о чём пишешь, думаю, это недосмотр руководителя коллектива!

Но, поскольку дальнейший текст свидетельствует о том, что «Сценарий «Действующие меры политики» базируется на положениях проекта приказа Минстроя России», не обращать внимание на последующие выводы нельзя: «График снижения нормативного удельного расхода тепла на отопление и вентиляцию для новых МКД при реализации только пакета 1 мер **повышения энергоэффективности** — установке автоматического регулирования подачи теплоты в систему отопления (АУУ) — определён исходя из того, что до 1 марта 2028 года для выполнения требований по классам энергоэффективности **снижение удельного расхода теплоты на отопление и вентиляцию не требуется, а с 1 марта 2028 года по 2060 год для выхода на параметры класса энергетической эффективности В (высокий) снижение удельного расхода теплоты на отопление и вентиляцию должно составить 10%**». На фоне невыполнения заданий Правительства РФ о повышении энергоэффективности, как говорил классик, «таких классов нам не надо!»

Во-первых, «установка АУУ, так же, как ремонт инженерного оборудования, прокладка циркуляционного трубопровода» (вероятно, системы ГВС), входящих в пакет 1 мер, как и установка общедомового прибора учёта тепловой энергии, даже при капитальном ремонте входит в объём этого ремонта и никакого отношения к повышению энергоэффективности не имеет. Во-вторых, замена АУУ на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (АИТП), предусмотренные пакетом 2 мер, связана больше с повышением качества и надёжности систем горячего водоснабжения МКД и, конечно, сопровождается экономией энергии и рекомендуется нами в [34] при плановых ремонтах ЦТП и внутриквартальных сетей ГВС от ЦТП до зданий, но вы же должны оценивать «класс энергоэффективности проекта МКД по снижению удельного годового расхода теплоты на отопление и вентиляцию». Почему-то «годового» на самом деле пропущено, а это принципиально, так как оценка класса энергоэффективности выполняется по годовому периоду теплотребления, а «удельная характеристика расхода», фигурирующая в предыдущем абзаце текста из [7], в такой размерности годовой быть не может.

Замечания к СП 510.1325800.2022 [13] в отношении того, как проектировать тепловые пункты зданий, подключённые к централизованному теплоснабжению, изложены в [35].

Другое дело — утепление оболочки здания, предусмотренное пакетами 3 и 4 мер, здесь в новом строительстве это должно быть обязательным до уровня, рекомендуемого большинством специалистов, в том числе упоминавшегося ранее в [26], но и при выполнении капитального ремонта следует также выполнять утепление и замену окон по максимуму до уровня, указанного в [26], так как непонятно, что это за «набор из десяти сравнительно дешёвых мер по утеплению оболочки многоквартирного дома». Неужели потом к капитально отремонтированному по пакету 3 мер дому надо ещё раз подходить, снимать покровный слой с наружных стен, доутеплять, менять окна и по-новому его восстанавливать?

Из сказанного следует, что «оценка потенциала экономии энергии в МКД по итогам капитального ремонта на основе анализа четырёх пакетов по повышению энергоэффективности» — надуманное, нереалистичное решение, а подмена в выполненных «ЦЭНЭФ-XXI» расчётах энергоэффективности зданий нормируемого показателя удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вен-

### Российская отрасль производства строительных материалов для утепления зданий и изготовления энергоэффективных оконных стеклопакетов позволяет превысить на 50% базовый уровень теплосащиты и выйти на уровень зданий с «низким потреблением энергии»

тиляцию на вымышленную в СП 50 [6] «удельную характеристику расхода» ставит под сомнение все последующие расчёты, как и вывод, что «до 1 марта 2028 года для выполнения требований по классам энергоэффективности снижение удельного расхода теплоты на отопление и вентиляцию не требуется». Таблица классов энергетической эффективности зданий отражает задание государственных органов по динамике повышения энергоэффективности нарастающим итогом в зависимости от года строительства, она не зависит от окупаемости того или иного энергосберегающего решения, эти решения должны выбираться для обеспечения того уровня энергоэффективности здания, который задан для текущего года. Созданная в России промышленная отрасль производства строительных материалов для утепления зданий и изготовления энергоэффективных окон позволяет, как в новом строительстве, так и при проведении комплексного капитального ремонта, превысить на 50% базовый уровень теплосащиты и выйти на уровень зданий с «низким потреблением энергии», как указано выше в моих предложениях, для нового строительства в 2030 году и для существующих МКД, построенных до 1980 года, к тому же году и на тот же уровень, а для остальных зданий жилищного фонда — также на уровень зданий с «низким потреблением энергии» к 2060 году.

Это достигается только за счёт повышения тепловой защиты наружной оболочки зданий и перехода на настройку контроллера регулятора подачи теплоты в систему отопления на оптимизированные графики, что является самыми низкочастотными из энергосберегающих мероприятий. После 2030 года в новом строительстве за счёт применения возобновляемых источников энергии и утилизации теплоты выбросов или поверхностного слоя земли предполагается постепенное повышение энергоэффективности до уровня потребления энергии близкого нулевому к 2060 году, а при капитальном ремонте следует оставаться на уровне с «низким потреблением энергии», пока не вывели на этот уровень все МКД жилищного фонда города, поскольку всегда выгодней выполнить капитальный ремонт двух зданий, снизив их теплотребление на отопление в четыре раза, чем одного здания, снизив его теплотребление в пять раз и доведя до уровня «энергосберегающего здания».

Следует отметить, что в [7] мало внимания уделено режимам подачи теплоты в систему отопления здания, на которые должен настраиваться контроллер регулятора. Они индивидуальны для каждого дома, в зависимости от степени заселённости квартир и правильности учёта всех составляющих теплового баланса при расчёте системы отопления. Как показывает практика, описанная выше, в новом строительстве и при выполнении комплексного (с утеплением) капитального ремонта экономия тепловой энергии за счёт оптимизации графиков подачи теплоты может достигать в год от 15 до 40% и более по сравнению с существующим проектном режимом, а не 17% для всех МКД, как записано в [7]. Ниже приводится предлагаемая АВОК таблица классов энергоэффективности зданий (табл. 1).

∴ Классы энергетической эффективности жилых и общественных зданий\*

табл. 1

Классы энергетической эффективности		Величина отклонения значения расчётного (фактического) удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %
Обозначение	Наименование	
с 2050 года А++++	Наивысший ++++	от -90 и ниже
с 2045 года А+++	Наивысший +++	от -80 до -90
с 2040 года А++	Наивысший ++	от -70 до -80
с 2035 года А+	Наивысший +	от -60 до -70
с 2030 года А	Очень высокий	от -50 до -60
с 2025 года В	Высокий	от -40 до -50
с 2024 года С	Повышенный	от -25 до -40
с 2000 года D	Нормальный	от 0 до -25
E	Пониженный	от +35 до 0
F	Низкий	от +70 до +35
G	Очень низкий	выше +70

\* Данная таблица является копией табл. 6 из [39].





### Предложения по уточнению таблицы классов энергетической эффективности

Установление класса энергетической эффективности проекта жилого или общественного здания выполняется согласно нижеприведенной таблице, в зависимости от величины отклонения (в [%]) **расчетного показателя тепловой энергоэффективности**, представляющего удельный (отнесенный к общей площади квартир жилого дома или полезной площади отапливаемых помещений общественного здания, либо к их отапливаемому объёму при высоте этажа от пола до потолка более 3,3 м) расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию за нормализованный отопительный период от нормируемого базового значения, приведенного в зависимости от назначения здания и его этажности в табл. 1, 2 и 3 Приложения 1 проекта «Правил установления требований энергетической эффективности для зданий...» (будет представлен в следующем номере *журнала СОК*).

Класс энергетической эффективности эксплуатируемых многоквартирных домов устанавливается согласно той же таблице по результатам энергетического обследования путём сопоставления величины отклонения (в [%]) фактического удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, приведенное к нормализованному отопительному периоду, а также суммированием его с расходом на горячее водоснабжение и электрической энергии на квартиры и общедомовые нужды от базового значения, приведенного в зависимости от этажности здания. При суммировании потребленных тепловой и электрических энергий на последнюю вводится коэффициент приведения электрической энергии

(с учётом сниженного ночного тарифа) к тепловой энергии, который принимается по данным Региональной энергетической комиссии (РЭК) или по соотношению стоимости 1 кВт·ч/м<sup>2</sup> электрической и тепловой энергии, пересчитанной с Гкал.



Приведённая в данной статье табл. 1 (таблица классов энергетической эффективности) составлена с учётом общемировой тенденции достичь не позднее 2060 года углеродной нейтральности в строящихся новых зданиях, подтверждённой «Климатической доктриной РФ», принятой Указом Президента России № 812 [1].

### Заключение с долей оптимизма

Таким образом, действующие в настоящее время федеральные документы, подтверждающие требования энергетической эффективности к проектируемым новым зданиям и капитально ремонтируемым, то есть ППРФ № 1628 [4], приказы Минстроя России № 399 [28] и № 1550 [33], не могут рассматриваться как способствующие повышению энергетической эффективности зданий.

Мною в АВОКе был предложен **проект альтернативной редакции Постановления Правительства РФ «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности и требований к правилам определения класса энергоэффективности многоквартирных и многоквартирных домов, а также общественных зданий»**, расширенный в части включения их по предложению Минэкономразвития в состав зданий для определения класса энергоэффективности и в показатель удельного годового расхода электрической энергии, потребляемой помимо расхода на общедомовые нужды, также и квартирами (п. 6б «Правил установления требований...»).

Ведь почему для МКД показатель удельного годового расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение включён, а расхода электроэнергии квартирами — нет? И как без него определять расход конечной и первичной энергии?

Данный проект постановления (находящийся всё ещё в разработке, цитируемый «ЦЭНЭФ-XXI» по отношению к Постановлению Правительства РФ №1628 [4]) не требует никаких интерпретаций со стороны Минстроя (выходивших в виде приказов спустя годы после ППРФ №18 [2] и только извращавших текст данного постановления), так как включает в приложение к Постановлению Правительства РФ все необходимые таблицы и пояснения, и *будет опубликован в следующем (январском) номере журнала СОК.*

Требуется только включение в текст данного постановления предложений по внесению изменений в СП 60.13330.2020 [9], СП 50.13330.2012 [6], изложенных мною в данной статье и в [36], и в СП 510.1325800.2022 [13], изложенные в [35], и **возобновление действия ГОСТ 31168–2003** [37]

## Предлагаемый автором проект Постановления Правительства РФ №1628 не требует никаких интерпретаций со стороны Минстроя России, включает все необходимые таблицы и пояснения

с одновременным *признанием ГОСТ 31168–2014* [38] *утратившим силу*, а также **возобновления действия ГОСТ 31427–2010** [39], *признав утратившим силу ГОСТ 31427–2020* [40] (обоснование в п. 3 Примечаний «Требований к правилам определения класса энергоэффективности» *будет приведено в отдельной статье в следующем номере журнала СОК.*)

Также необходимо утвердить на федеральном уровне разработанное АВОК (под руководством и при непосредственном

участии автора данной статьи) на базе требующего обновления стандарта СТО НОП 2.1–2014 *Методическое пособие (рекомендации) «Реализация требований повышения энергетической эффективности зданий и систем их инженерного обеспечения. Энергетический паспорт зданий. Примеры расчёта энергоэффективности проекта зданий»* [41], в котором собраны методики расчёта тепловой нагрузки систем отопления и вентиляции жилых и общественных зданий, удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию этих зданий и удельного годового расхода холода на их охлаждение и кондиционирование, и методики установления класса энергетической эффективности жилых и общественных зданий, а не только МКД, на стадии проекта и при эксплуатации. ●

- Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации: Указ Президента РФ от 26.10.2023 №812.
- Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: Постановление Правительства РФ от 25.01.2011 №18 (с изм. и доп.) [Утр. силу].
- О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 года №18: Постановление Правительства РФ от 20.05.2017 №603 [Утр. силу].
- Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: Постановление Правительства РФ от 27.09.2021 №1628.
- СНиП 23-02–2023. Тепловая защита зданий / Дата введ.: 01.10.2023.
- СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003 (с Изм. №1 и №2) / Дата введ.: 01.07.2013.
- Башмаков И.А., Башмаков В.И., Борисов К.Б., Дзедзичек М.Г., Лунин А.А., Лебедев О.В., Мышак А.Д. Потенциал экономии энергии в многоквартирных домах России и возможности его реализации. Часть 2: Оценка текущей ситуации и перспектив // Энергосбережение, 2023. №5. С. 8–12.
- Ливчак В.И., Горшков А.С. Почему приказ «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» — это движение назад, в прошлый век? // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад, 2017. №4. С. 54–68.
- СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха (с Изм. №1 и №2) / Дата введ.: 01.07.2021.
- Ливчак В.И. Новая редакция СП 60.13330.2020 не позволяет правильно рассчитать тепловую нагрузку и годовое теплопотребление системы отопления здания. Предложение к изменению СП 60.13330.2020 // Журнал СОК, 2021. №11. С. 64–73.
- Ливчак В.И. Методика расчёта графиков регулирования подачи теплоты в систему отопления. Предложение к изменению СП 60.13330.2020 // Журнал СОК, 2022. №1. С. 86–92.
- Ливчак В.И. Уточнение величин внутренних теплопоступлений в зданиях для периодов отопления и охлаждения // Журнал СОК, 2023. №5. С. 70–76.
- СП 510.1325800.2022. Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения / Дата введ.: 26.02.2022.
- О внесении изменений в некоторые своды правил, утверждённые приказами Министерства строительства и ЖКХ Российской Федерации: Приказ Минстроя России от 09.08.2023 №573/пр.
- СНиП 2.04.05–91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование (с Изм. №1–3) / Дата введ.: 01.01.1992.
- Ливчак В.И. О температурном графике центрального авторегулирования местных систем водяного отопления зданий // Журнал СОК, 2023. №1. С. 82–90.
- Ливчак В.И. Почему перегреваются офисные здания и что делать? // АВОК, 2014. №7. С. 4–10.
- О повышении энергетической эффективности жилых, социальных и общественно-деловых зданий в городе Москве и внесении изменений в постановление Правительства Москвы от 9 июня 2020 года №536-ППМ: Постановление Правительства Москвы от 05.10.2010 №900-ППМ.
- Об утверждении Государственной программы города Москвы «Фрагментальная политика» (с изменениями и дополнениями): Постановление Правительства Москвы от 03.10.2011 №460-ППМ [Утр. силу].
- Об утверждении свода правил «СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий»: Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30.06.2012 №265.
- СНиП П-3–79\*. Строительная теплотехника (с Изм. №1–4) / Дата введ.: 01.07.1979.
- О принятии Изменения №3 строительных норм и правил СНиП П-3–79 «Строительная теплотехника»: Постановление Минстроя России от 11.08.1995 №18–81.
- СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01–2003 / Дата введ.: 04.06.2017.
- О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию и признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 27.05.2022 №963.
- Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», и о признании утратившим силу Постановления Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 года №985 (с изменениями и дополнениями): Постановление Правительства РФ от 28.05.2021 №815.
- Ковалёв И.Н., Табунчиков Ю.А. Особенности оптимизации толщины утеплителя наружных стен зданий. Системные аспекты // Энергосбережение, 2017. №8. С. 22–32.
- Ливчак В.И. Какова фактическая энергоэффективность жилищного фонда города Москвы и тенденции её повышения к 2030 году // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад, 2020. №1. С. 46–59.
- Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: Приказ Минстроя России от 06.06.2016 №399/пр.
- Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации за 2018 год [Электр. текст]. Минэкономразвития России от 26.12.2019. Режим доступа: esopoty.gov.ru. Дата обрац.: 20.12.2023.
- Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации за 2019 год [Электр. текст]. Минэкономразвития России от 31.12.2020. Режим доступа: esopoty.gov.ru. Дата обрац.: 21.12.2023.
- Об утверждении количества государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности»: Постановление Правительства РФ от 09.09.2023 №1473.
- Ливчак В.И. Предложения по реализации повышения энергоэффективности зданий ЖКК в России вопреки действиям Минстроя и Минэкономразвития // Инженерные системы, 2021. №1. С. 28–38.
- Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений: Приказ Минстроя России от 17.11.2017 №1550/пр.
- Ливчак В.И. Вместо замены изношенного оборудования в ЦТП и перекадки сетей горячего водоснабжения — устройством ИТП в зданиях // Энергосбережение, 2008. №1. С. 36–39.
- Ливчак В.И. Новая редакция СП 510.1325800.2022 «Тепловые пункты...» нарушает принципы централизованного теплоснабжения и не нацелена на энергосбережение при их эксплуатации // Инженерные системы, 2022. №1. С. 14–24.
- Ливчак В.И. Предлагаемые изменения к новым решениям Минстроя России об энергоэффективности зданий и определении их теплопотребления // Журнал СОК, 2022. №11. С. 52–59.
- ГОСТ 31168–2003. Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление / Дата введ.: 01.07.2003 [Утр. силу].
- ГОСТ 31168–2014. Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление / Дата введ.: 01.01.2015.
- ГОСТ 31427–2010. Здания жилые и общественные. Состав показателей энергетической эффективности / Дата введ.: 01.01.2012. [Утр. силу].
- ГОСТ 31427–2020. Здания жилые и общественные. Состав показателей энергетической эффективности / Дата введ.: 01.06.2021.
- Реализация требований повышения энергетической эффективности зданий и систем их инженерного обеспечения. Энергетический паспорт зданий. Примеры расчёта энергоэффективности проекта зданий: Рекомендации АВОК (проект) [прил. к статье В.И. Ливчака «Последствия исключения учёта бытовых теплопоступлений из теплотехнического расчёта систем отопления зданий»] / В.И. Ливчак [Электр. текст]. Библиотека научных статей АВОК, раздел «Проектирование и нормативно-правовые документы». Ноябрь 2023.





## Предложения по безопасным и прибыльным «усовершенствованным геотермальным системам» в горячих сухих породах

«Усовершенствованные геотермальные системы» (EGS) наиболее перспективны в современной геотермии. Вниманию читателя предлагается адаптированный перевод исследования, содержащего оценку систем EGS для получения наиболее надёжных и экономически выгодных вариантов их конструкции.

**Перевод:** Г.Б. БАДАВОВ, старший научный сотрудник, Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики (ИПГВЭ) — филиал Объединённого института высоких температур (ОИВТ) РАН, г. Махачкала

Примечание: автор выражает искреннюю благодарность ведущему инженеру ИПГВЭ Светлане Ивановне Володиной за помощь в редактировании перевода.

Современный подход к разработке «усовершенствованных геотермальных систем» (Enhanced Geothermal Systems, EGS), предназначенных для извлечения тепловой энергии «горячих сухих пород» Hot Dry Rock (HDR, см. врезку №1), по сути, является всё тем же, который впервые был представлен в 1977 году для проекта Fenton Hill (см. врезку №2). В течение более 40 лет геотермальное сообщество разрабатывало всё более сложные модели связанных с «сухой геотермией» процессов и развернуло многочисленные пилотные проекты для количественной оценки и поиска решения многих проблем систем EGS. Однако эти усилия показали, что подход, принятый на сегодняшний день, не является экономически обоснованным и вряд ли станет таковым без появления технологических прорывов. Что наиболее важно, скорости потока геотермальной жидкости, достижимые на данный момент для предотвращения техногенной сейсмичности, слишком низки для рентабельного производства электроэнергии. Проблема усугубляется тем, что процессы течения относительно холодной напорной жидкости через закрытые неоднородные трещины, как правило, способствуют раннему «тепловому прорыву» и снижению производительности.

В этом исследовании используется программный комплекс Geothermal Design Tool (GeoDT), созданный коллективом авторов для физической и экономической

оценки альтернативных подходов к разработке современных технологий EGS и производства геотермальной энергии из петротермальных ресурсов.

Данная работа раскрывает перспективные многоскважинные подходы, которые могут использовать: **а)** «ограниченный вход» для зонального контроля потока в нагнетательной скважине; **б)** «запирание трещин» для контроля сейсмичности; **в)** высокоскоростное нагнетание под давлением для «гидрорасклинивания» трещин; **г)** проектирование систем, которые учитывают снижение энтальпии добываемой скважины со временем.

**В течение более 40 лет геотермальное сообщество разрабатывало всё более сложные модели связанных с «сухой геотермией» процессов и развернуло многочисленные пилотные проекты для оценки и поиска решений проблем систем EGS**

Авторские численные модели, основанные на данных проекта Utah FORGE (см. врезку №3), показывают, что этот новый взгляд на HDR-EGS обещает надёжное и экономически выгодное производство геотермальной энергии, однако требуется продемонстрировать его эффективность в полевых условиях.

### Авторы статьи-оригинала

Люк Филипп Фраш (Luke Ph. Frash)\*

Ахмад Бюльбюль (Ahmad Bulbul)\*

Мэн Мэн (Meng Meng)\*

Кей Си Биджей (K C Bijay)\*

Джеймс Уильям Кэри (J. William Carey)\*

Мэтью Суини (Matthew Sweeney)\*

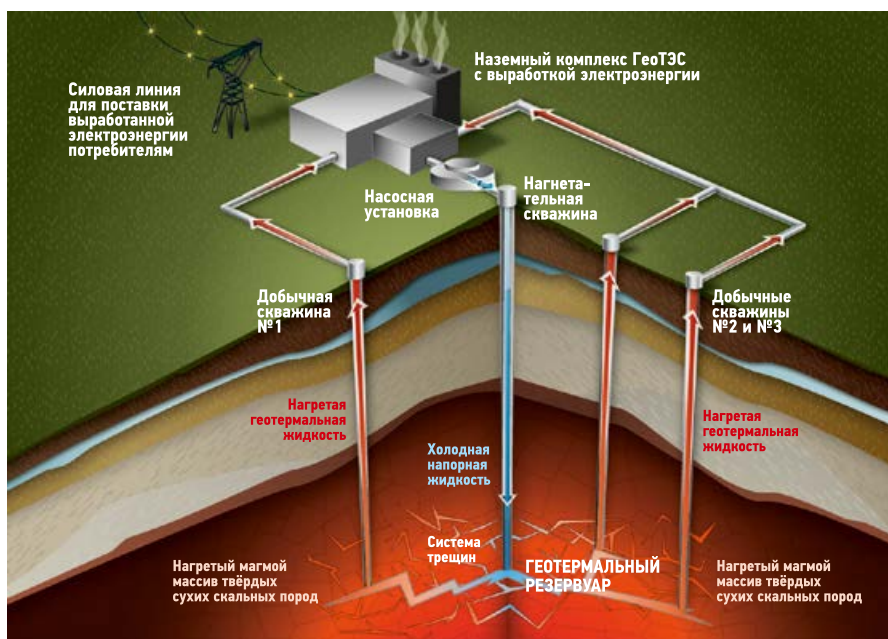
Вэньфэн Ли (Wenfeng Li)\*

Увайла Ияре (Uwaila Iyare)\*

\* Лос-Аламосская национальная лаборатория (Los Alamos National Laboratory, LANL), г. Лос-Аламос, штат Нью-Мексико, США.

### Оригинал данного материала (на англ. языке):

Frash L. Ph., Carey J. W., Bulbul Ah., Sweeney M., Meng M., Li W., Bijay K C, Iyare U. A proposal for safe and profitable Enhanced Geothermal Systems in Hot Dry Rock. Proc. of the 48<sup>th</sup> Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford, California, USA. February 6–8, 2023. 11 p.



## 1. Использование теплоты горячих сухих пород (HDR). Справка

Задача извлечения теплоты горячих сухих скальных пород, разогреваемых магмой на глубинах свыше 2 км, относится к петротермальной энергетике. Как известно, гидротермальная энергетика нацелена на добычу тепла подземных вод естественного происхождения, а петротермальная — на добычу тепла непосредственно самих горных пород, температура которых тем выше, чем глубже они расположены. Удельный тепловой поток изнутри Земли к её поверхности достигает  $0,05 \text{ Вт/м}^2$ , а полный тепловой поток изнутри нашей планеты оценивается в 26 ТВт (к слову, это в десять раз больше энергии, которую можно извлечь из всех предполагаемых запасов угля, нефти и природного газа; в то же самое время поток энергии солнечного излучения, принимаемый нашей планетой от Солнца, оказывается ещё более значительным — он в 8300 раз больше геотермального теплового потока изнутри Земли). Степень роста температуры пород с увеличением глубины характеризуется геотермическим градиентом: в среднем он составляет  $0,02 \text{ }^\circ\text{C/м}$ , и при таком градиенте температура земной коры достигает  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  на глубине 5 км. В настоящее время наиболее распространена значительно более простая гидротермальная технология, однако её реализация возможна лишь там, где имеются подходящие геотермальные воды, например, в зонах вулканизма. Поэтому из всех пригодных для использования геотермальных ресурсов Земли гидротермальные составляют лишь около 1%, тогда как остальные 99% приходятся на петротермальные.

Для извлечения петротермальной энергии используются «геотермальные циркуляционные системы» (ГЦС). Они включают подземный коллектор (как естественного, так и искусственного происхождения), нагнетательную скважину, добычную скважину и поверхностный комплекс, содержащий оборудование, обеспечивающее эксплуатацию системы и выработку электроэнергии. В случае «усовершенствованных геотермальных систем» (EGS) в непроницаемых породах, как правило, создаётся подземный коллектор именно искусственного происхождения при помощи гидравлического разрыва массива.

Основными достоинствами данного вида энергетике являются практическая неисчерпаемость и повсеместная доступность петротермальных ресурсов, а также безотходность, экологическая безопасность и сравнительно малая трудоёмкость создания и эксплуатации. К недостаткам относится низкий энергетический потенциал пород на глубинах до 3 км. Для создания теплоснабжающих станций достаточно температуры теплоносителя в пределах  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ . Однако в большинстве мест такая температура доступна лишь на глубине 6 км, и лишь в немногих — на 3 км. Для создания теплоэлектростанции необходима температура  $250\text{--}280 \text{ }^\circ\text{C}$ , что соответствует глубине 10 км, однако бурение таких скважин обходится слишком дорого и делает петротермальные ТЭС неконкурентоспособными. Среди других недостатков — сложность устройства коммуникаций и невозможность складирования добытого энергоресурса. Также стимулирование коллекторов геотермальных систем может спровоцировать техногенную сейсмичность, однако применение новых технологий уже сейчас позволяет существенно снизить сейсмическую активность при гидроразрыве.

Как заставить «усовершенствованные геотермальные системы» работать стабильно, устойчиво, надёжно и экономически выгодно? Выше уже было отмечено, что существующие тенденции в разработке EGS не изменились со времён проекта прошлого века Fenton Hill [1]. Имеющийся традиционный метод включает в себя:

- идентификацию и характеристику имеющегося геотермального ресурса;
- бурение нагнетательной скважины и воздействие на породу;
- охват стимулированного объёма породы одной или несколькими эксплуатационными скважинами;
- циркуляцию воды из нагнетательной скважины в добывающие для получения тепла и производства электроэнергии;
- мониторинг сейсмичности и снижение дебита, когда сейсмичность превышает заданные пороговые значения.

## Традиционный метод создания EGS сталкивается с проблемами неопределённости поведения скальных пород, в том числе с сейсмическими рисками

Несмотря на концептуально и интуитивно верный подход, этот способ предпочитает характеристику геологической среды недостижимо высокому уровню детализации и является «жертвой» неустрашимых неопределённостей в отношении прогнозирования сейсмических рисков [2, 3]. При создании искусственного геотермального коллектора непредсказуемость в ориентации внутрислоевых напряжений, влияние естественных трещин и разломов неизвестного расположения, а также неопределённость между микросейсмическими гипоцентрами и трещинами гидроразрыва приведут к плохой гидравлической связности и низким дебитам пробуренных скважин [4].

Также ожидается, что при циркуляции напорной жидкости разрушение пропант\* под действием тепла и химическое осаждение со временем снизят проницаемость трещины [5], в то время как химическое травление и термическое сжатие приведут к усилению образования каналов за счёт локального повышения проницаемости, и всё это со временем будет снижать эффективность коллектора [6].

\* Пропант («расклинивающий агент») — гранулообразный материал (размеры гранул  $0,5\text{--}1,2 \text{ мм}$ ), который используется в нефтедобывающей промышленности для повышения эффективности отдачи скважин с применением технологии гидроразрыва пласта (ГРП). Служит для закрепления (предупреждения смыкания под действием горного давления) трещин, создаваемых в ходе ГРП.



## 2. Геотермальный проект Fenton Hill – пионер усовершенствованных геотермальных систем. Справка



Проект Fenton Hill («Фентон Хилл») — геотермальный испытательный полигон Лос-Аламосской национальной лаборатории (LANL), расположенный в штате Нью-Мексико (США). Полигон работал с 1973 года как часть проекта LANL по созданию искусственного геотермального коллектора в виде обширных вертикальных трещин гидроразрыва в слабопроницаемом горячем массиве [1]. В 1977 году на полигоне Fenton Hill была создана первая в мире «усовершенствованная геотермальная система» (EGS) с гидроразрывом и даже был продемонстрирован фонтан пара, полученный из практически непроницаемого массива горячих сухих гранодиоритов (площадь пор от 10 до 18 мкм<sup>2</sup>, температура до 185 °С). Затем на полигоне была реализована вторая фаза проекта LANL — с углублением скважины до 4 км с температурой массива до 265 °С. При эксперименте в гранитном массиве образовалась

субвертикальная зона трещин высотой 1150 м, шириной 800 м и «толщиной» около 150 м, которая обеспечила поступление разогретого геотермального ресурса (пара). По мнению некоторых специалистов, полученная во время эксперимента тепловая энергия в восемь раз превзошла энергозатраты (в топливном эквиваленте) на циркуляцию [2], а за весь период исследований LANL в Fenton Hill (1970–1995 годы) извлечённая тепловая энергия составила 3–10 МВт [3], что продемонстрировало техническую осуществимость концепции EGS.

1. Дядькин Ю.Д. Извлечение и использование тепла Земли // ГИАБ, 2001. № 9. С. 228–241.
2. Edwards L.M., Chilingar G.V., Rieke H.H. Handbook of geothermal energy. Edited by W.H. Fertl. Gulf Publishing Co. Houston, Texas, USA. 1982. 360 p.
3. Kelkar Sh., WoldeGabriel G., Rehfeldt K. Lessons learned from the pioneering Hot Dry Rock project at Fenton Hill. Geothermics. 2016. Vol. 63. Pp. 5–14.

По материалам из открытых источников.

При этом обычные системы вида Traffic Light Protocol (TLP, см. врезку №4), предназначенные для управления сейсмическими рисками, бесполезны без метода точного и надёжного прогнозирования рисков. Содержащаяся в них информация в первую очередь помогает идентифицировать искусственные и естественные сейсмические события, но не предсказывать их. Кроме того, вводимые TLP снижения дебита приведут к потере экономической конкурентоспособности геотермальной системы [7, 8].

В целом усилия по улучшению характеристик EGS представляли собой поиск новых технологий для снижения затрат, более точное моделирование сложных связанных процессов, совершенствование инструментов для исследования недр

для более полного контроля стимуляции коллектора и потока [9, 10]. Тем не менее, большая часть неопределённости в недрах остаётся неустранимой даже при использовании самых лучших технологий, например, непредсказуемое критическое давление закачанной жидкости может вызвать сдвиг сейсмического разлома.

Для развития EGS, то есть для следующего шага к получению достаточного количества экологически безопасной энергии, следует задать вопрос: возможно ли сделать HDR-EGS надёжной и экономически выгодной, используя современные технологии? Необходимо подвергнуть сомнению действующие определения EGS и связанные с ними предположения о том, как EGS «должна» работать, многие из которых восходят к проекту Fenton Hill.

Если опираться на имеющийся опыт, то для того, чтобы геотермальный проект был успешным, то есть прибыль превзошла инвестиции и сопутствующие риски, двумя наиболее очевидными требованиями к EGS являются: а) заданные скорости потока для производства энергии должны быть более безопасны и достижимы, чем применявшиеся до сих пор; б) конструкции EGS должны быть терпимы к неопределённости событий в недрах и способны адаптироваться к ним.

Эти два требования подразумевают, что решения рассматриваемого вопроса должны охватывать неопределённость, учитывая множество возможных осложнений, которые могут произойти, и решение должно предлагать средства для оценки их вероятности.



## 3. Проект Utah FORGE. Справка

Комплексная геотермальная лаборатория Utah Frontier Observatory for Research in Geothermal Energy (FORGE) базируется на геотермальном месторождении, расположенном недалеко от города Милфорд (штат Юта, США) и включающем большой объём горячего кристаллического гранита, пробуренного двумя скважинами глубиной более 2,4 км. Учёные и инженеры проекта Utah FORGE работают над разработкой, тестированием и снижением рисков инновационных технологий и инструментов «усовершенствованных геотермальных систем» (EGS), включая задачи инициализации и направленного продления сетей трещин в скальных породах. Также задачей проекта является демонстрация пригодности и безопасности крупномасштабного развития геотермальной энергетики. Исследовательскую группу Utah FORGE возглавляет Институт энергетики и геофизики (EGI) Университета Юты (University of Utah). Проект финансируется Министерством энергетики США (U.S. Department of Energy, DoE).

По материалам из открытых источников.

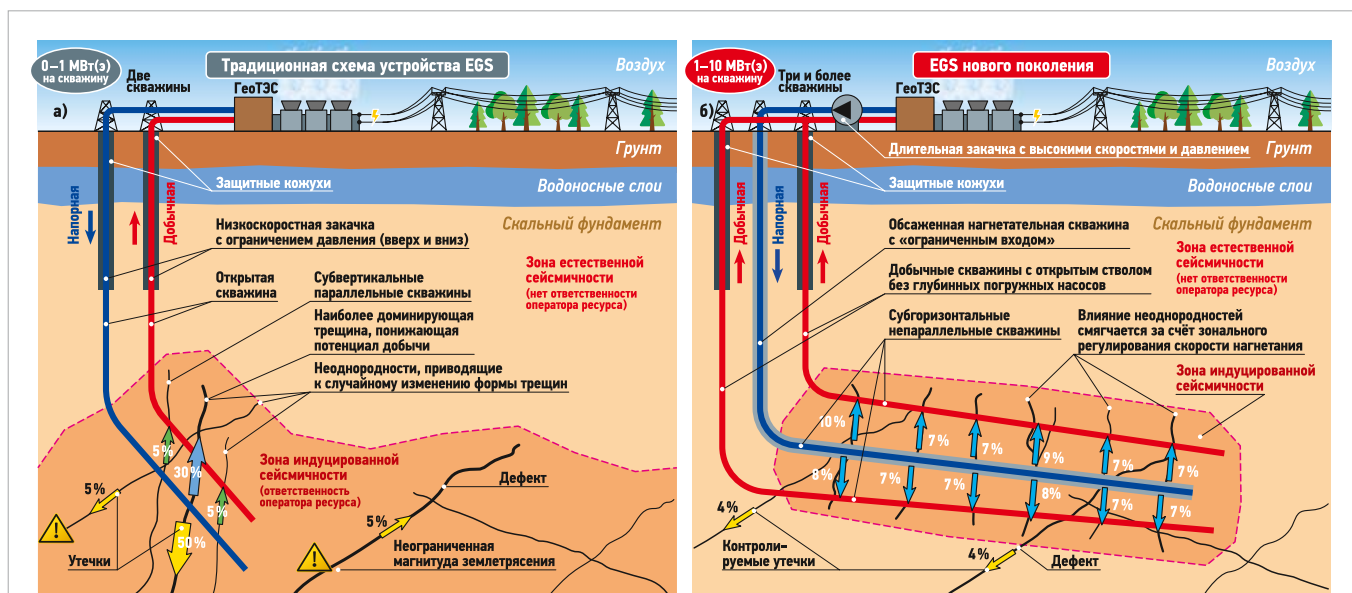


Рис. 1. Две концепции EGS: традиционная, исторически сложившаяся со времён проекта Fenton Hill система EGS (а) с двумя последовательно пробуренными скважинами и предлагаемая авторами система многоскважинной EGS нового поколения (б), в которой используются закачка с «ограниченным входом» для управления потоком, «запирание трещин» для ограничения сейсмических рисков, «гидрорасклинивание» для равномерного расширения трещин и модульная мощность для адаптации к переменной энthalпии и дебиту пласта

Основываясь на выводах из экспериментов и моделей, текущая гипотеза авторов о том, как рентабельно производить электроэнергию из горячей сухой породы, состоит из четырёх элементов (рис. 1):

1. Управление потоком в нагнетательных скважинах для равномерного распределения жидкости между несколькими зонами стимуляции.
2. Надёжный и прямой контроль сейсмического риска, вызванного закачкой, путём ограничения объёма стимулируемой породы.
3. Равномерное расклинивание трещины, не зависящее от пропантов или стимуляции сдвига.
4. Энергосистемы, способные обеспечить компенсацию уменьшения энthalпии добываемой жидкости со временем, которая может меняться от скважины к скважине.

Авторское видение формы этих ключевых элементов следующее:

1. Непрерывная закачка напорной жидкости с «ограниченным входом».
2. «Запирание трещин», подтверждённое трассерными испытаниями.
3. «Гидрорасклинивание», при котором раскрытие трещин поддерживается высоким давлением жидкости.
4. Применение электростанций модульной конструкции, которые смогут адаптироваться к уменьшению энthalпии скважины и переменному дебиту с минимальными потерями эффективности, либо использование последовательно разрабатываемого коллектора с продуктивной зоной, которая меняет расположение с течением времени для поддержания более стабильной общей энthalпии (возможно, за счёт бурения новых скважин).

В этом исследовании авторы используют собственный программное обеспечение Geothermal Design Tool (GeoDT) для изучения экономического потенциала систем EGS, использующих эти комбинированные концепции. Параметры исследования заимствованы из проекта Utah FORGE, но включают варианты большего количества скважин и большей глубины.

Чтобы оценить экономический потенциал каждой вариации системы RGS, требуется сначала определить чистую приведённую стоимость каждой смоделированной реализации, приняв во внимание капитальные затраты на обустройство скважин и электростанции, техническое обслуживание, выработку электроэнергии, насосы, а также создав грубую модель затрат на возникновение событий индуцированной сейсмичности. Целью настоящей работы является изучение потенциала EGS при принятии новых подходов к использованию энергии горячей сухой породы для выработки стабильной и экологичной электроэнергии.

**Чтобы оценить экономический потенциал, требуется сначала определить чистую приведённую стоимость каждой смоделированной реализации, приняв во внимание капитальные затраты на обустройство скважин и электростанции, техническое обслуживание, выработку электроэнергии, насосы, а также создав грубую модель затрат на возникновение крупных сейсмических событий**

Как показывает авторская модель, альтернативные тенденции в разработке EGS имеют значительный потенциал, однако требуются дополнительные исследования, чтобы уверенно подтвердить или опровергнуть сделанные прогнозы.

### Инструмент GeoDT

Для разработки экономически эффективной EGS авторский коллектив создал упрощённую (нетребовательную к вычислительным ресурсам) программную модель, объединяющую различные физические механизмы для оценки вариантов конструкции систем EGS в различных геологических формациях [11–13], назвав её Geothermal Design Tool (GeoDT).

Архитектура GeoDT достаточно эффективна в численном отношении для моделирования тысяч реализаций за несколько часов с использованием обычного ПК. Основные предположения, положенные в модель GeoDT, эмпирически основаны на лабораторных и полевых данных, так что сложные связанные процессы хотя бы частично учитываются без необходимости их прямого моделирования [14]. Цель модели состоит в том, чтобы запустить её в условиях полной неопределённости, основанной на широком массиве лабораторных и полевых измерений, и уменьшить эту неопределённость, выявив перспективные конструкции EGS.

Далее такие системы EGS можно исследовать более подробно и с большей точностью, используя более мощное (и дорогое) программное обеспечение для численного моделирования. Данное исследование не рассматривает использование ПО более высокой точности.



К основным функциям программного комплекса GeoDT относятся (рис. 2):

1. Прогноз давления и дебита для 3D-сетей пересекающихся скважин и трещин, которые моделируются как трубы и узлы.
2. Прогнозирование гидравлического воздействия с помощью механизмов сдвига и растяжения, когда раскрытие трещины зависит от эффективного напряжения.
3. Прогнозы нестационарного производства тепла, которые в зависимости от энтальпии флюида, электропроводности породы и накопленной энергии, изменяются с течением времени.
4. Выработка электроэнергии с использованием комбинированного цикла Ренкина с одной вспышкой и бинарного изобутанового цикла.
5. Прогноз чистой приведённой стоимости (NPV) на основе инструментов оценки стоимости геотермальной энергии, продаж электроэнергии и простой модели стоимости землетрясения.

### Оценка чистой приведённой стоимости

Рассмотрим экономический модуль, входящий в GeoDT и предназначенный для оценки чистой приведённой стоимости (Net Present Value, NPV) [или чистого дисконтированного дохода (ЧДД)] геотермального проекта HDR-EGS. В данном модуле учитываются капитальные затраты, затраты на техническое обслуживание, затраты на насосную систему, прибыль от продажи выработанной электрической энергии и сейсмические риски, вызванные закачкой напорной жидкости.

Экономический модуль GeoDT также использует упрощённые методы для оценки затрат, и основная цель состоит в том, чтобы дать консервативное представление об экономическом потенциале проекта. Кроме того, экономический модуль даёт чёткую объективную оценку для оптимизации конструкции EGS, которая способствует цели информирования при принятии решений по проектированию системы HDR-EGS.

Для оценки стоимости скважин была использована стоимость за длину бурения [\$/м] на основе общедоступных данных [15, 16]. Базовая оценка этой стоимости составляет  $2763 \pm 536$  \$/м (рис. 3) с использованием значений для «большой» скважины диаметром 0,31 м с горизонтальной частью из [16]. Чтобы получить это значение в виде цены за длину бурения, были исключены фиксированные затраты [16] в размере \$590 тыс. на оборудование площадки, аренду буровой установки и прочие расходы. Данные фиксированные затраты включены в капитальные затраты



Рис. 2. GeoDT стохастически прогнозирует параметры коллектора, сети потоков, гидравлическое воздействие, производство тепла и электрической энергии, сейсмический потенциал, вызванный закачкой, и, в конечном счёте, оценивает чистую приведённую стоимость

для экономической модели, используемой авторами. Кроме того, в рамках концепции многоскважинной EGS предполагается значительная экономия средств, поскольку все скважины планируется бурить с одной кустовой площадки в ходе развёртывания одной буровой установки с минимальным временем простоя. Этот метод бурения обеспечивает более высокую среднюю скорость бурения, повышает вероятность успешного контроля процесса образования трещин и позволяет использовать передовой отраслевой опыт для оптимизации затрат на бурение.

Чтобы подтвердить данную оценку, также были рассчитаны затраты на бурение в  $2690 \pm 651$  \$/м с использованием модели GETEM [15], предполагая сценарии EGS на глубине 2–5 км и температуры ресурсов в диапазоне 175–350 °С.

Что касается сейсмического риска, то любая количественная оценка будет неоднозначной, по своей сути ненадёжной и чувствительной к условиям конкретной площадки. Потенциальный ущерб от землетрясения будет зависеть от геологии региона (мягкий аллювий или твёрдая порода), близости к населённым пунктам (например, городам) и важной инфраструктуре (плотинам, железным дорогам, больницам) и несоответствию между историческим сейсмическим риском и повышенным сейсмическим риском, вызванным закачкой, в отношении строительных норм и правил (например, в штате Оклахома).

Оценка экономического риска, включающая это, выходит за рамки и цели GeoDT. Вместо этого авторами были изучены исторические данные о страховых выплатах от катастрофических землетрясений вблизи густонаселённых районов, чтобы получить оценку потенциальных затрат с высоким штрафом [17, 18] (рис. 3). Был осуществлён поиск самых дорогостоящих землетрясений в новейшей истории, чтобы получить «пессимистическую» оценку экономической опасности первого порядка, как функции сейсмической силы.

Чтобы оценить вероятность возникновения землетрясения высокой магнитуды, авторами использовался прогноз «максимально возможного землетрясения» из модели гидравлического воздействия GeoDT. Эта модель объединяет частотно-магнитудные распределения Гутенберга — Рихтера с предполагаемыми радиусами разломов, состоянием напряжения при ориентированном сдвиге, жёсткостью породы и падением напряжения для оценки самых сильных землетрясений, которые могут быть вызваны на смоделированной площадке EGS. Такой подход аналогичен оценке сейсмического риска по размерам известных активных разломов, но основной причинно-следственный механизм в модели авторов является закачка жидкости. Это делает их модель более подходящей для прогнозирования «запирания трещин» для ограничения сейсмической магнитуды [19].

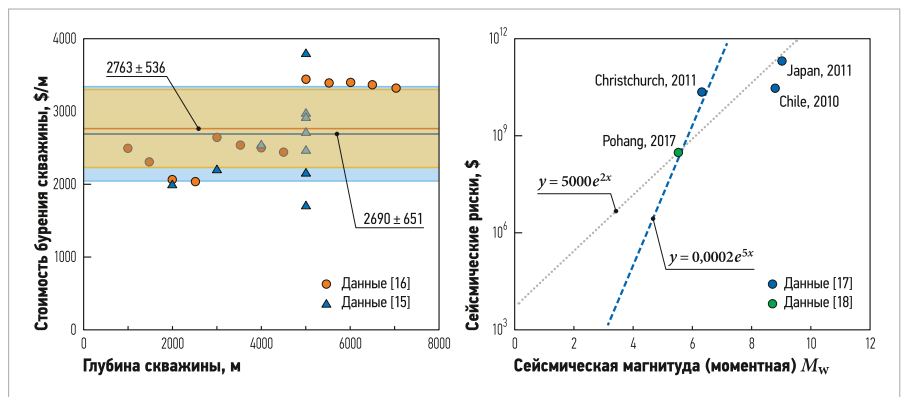


Рис. 3. Модели затрат (слева) для стоимости бурения на длину скважины на основе данных GeoVision [15] и GETEM [16] и (справа) для сейсмических рисков на основе требований страховых компаний в районах возможных сильных землетрясений [17, 18]

:: Сводка терминов затрат (стоимостей) в экономическом модуле GeoDT

табл. 1

Параметр	Стоимость	Неопределённость	Ссылка
Продажа электроэнергии, \$/кВт·ч	0,1372	-0,056 / +0,166	[21]
Стоимость бурения за длину, \$/м	2763	±536	[16]
Стоимость буровой площадки, тыс. \$	590	-590 / +2 000	[16]
Стоимость электростанции, тыс. \$	2026	±373	GETEM
Стоимость разведки на глубину, \$/м	2683	±472	GETEM
Эксплуатационные расходы, \$/кВт·ч	0,0365	±0,0079	GETEM
Коэффициент сейсмического риска, \$	0,0002	от 0,00000001 до 0,001	Эта статья с показ. степени 5,0
Показатель сейсмического риска, 1/МВт	5,0	2,0–5,5	Эта статья с коэфф. 0,0002

Эта структура привела нас к экспоненциальной модели стоимости с коэффициентом \$0,0002 и показателем степени 5,0 1/МВт. Здесь же следует отметить, что разрушительная сейсмичность на любой площадке EGS может навредить обще-

ственному признанию этой технологии, поэтому нужна модель, которая предполагает, возможно, крайне высокие «штрафы» за события магнитудой около 4,5 или выше, поэтому подобные события считаются недопустимыми.

Остальные термины экономического модуля GeoDT получены от [16] и GETEM [15], использующих аналогичный подход к оценке стоимости скважины на длину. Авторы суммируют эти факторы затрат в табл. 1. Продажи и затраты лучше всего отражают период с 2010 по 2020 годы, поэтому, вероятно, они будут ниже по сравнению с 2023-м из-за продолжающихся сбоев в цепочках поставок, инфляции и роста цен на энергию. В отличие от стохастической модели поведения геотермального коллектора и параметров проектирования в табл. 2, экономический анализ в этом исследовании использует только постоянную «модельную величину» из табл. 1 и игнорирует экономическую неопределённость, поскольку это невыгодно для оптимизации дизайна HDR-EGS.

:: Параметры, используемые в моделях данного исследования, на основе FORGE

табл. 2

Параметр	Значение	Распред.	Ссылка	Параметр	Значение	Распред.	Ссылка
Размер домена (длина сторона куба), м	1600	–	[22]	Глубина скважины, град.	0,438	равномер.	[23]
Номинальная глубина коллектора, м	от 2340 до 3860 ± 10	равномер.	[23]	Количество скважин	1–4	равномер.	перемен.*
Геотермический градиент, К/км	83,1–87,4	равномер.	[24]	Расположение скважин, град.	0,5–0,9	равномер.	перемен.*
Плотность породы, кг/м <sup>3</sup>	2550–2950	равномер.	[22]	Фаза скважины, град.	270	равномер.	верт. над 16A(78)–32
Теплопроводность скальной породы, Вт/(м·К)	1,78–3,32	равномер.	[22]	Интервалы между скважинами, зоны	1–60	равномер.	перемен.*
Температура окружающей поверхности, °С	0	равномер.	постоян.*	Система трещин 1: кол-во трещин	0–35	равномер.	[22]
Давление при низком паре, МПа	0,101	–	постоян.*	Система трещин 1: диаметр, м	150–1500	стандартн.	н.д.**
Теплопроводность цемента, Вт/м·К	2	равномер.	[25]	Система трещин 1: простираение, град.	96 ± 8	стандартн.	[22]
Объёмная удельная теплоёмкость цемента, кДж/(м <sup>3</sup> ·К)	2000	равномер.	[26]	Система трещин 1: погружение, град.	80 ± 6	равномер.	[22]
Эффективность турбомашин, %	85	равномер.	постоян.*	Система трещин 2: кол-во переломов	0–60	равномер.	[22]
Срок службы проекта, год	30	–	[27]	Система трещин 2: диаметр, м	150–1500	стандартн.	н.д.**
Температура закачки, °С	20–90	–	перемен.*	Система трещин 2: простираение, град.	185 ± 8	стандартн.	[22]
Давление на входе в установку, МПа	1,0	равномер.	постоян.*	Система трещин 2: погружение, град.	48 ± 6	равномер.	[22]
Этапы термоанализа, шаги	41	–	постоян.*	Система трещин 3: кол-во переломов	0–15	равномер.	[22]
Внутр. радиус обсадной колонны, м	0,0889	равномер.	[28]	Система трещин 3: диаметр, м	150–1500	стандартн.	н.д.**
Наружн. радиус обсадной колонны, м	0,1016	равномер.	[28]	Система трещин 3: простираение, град.	35 ± 8	стандартн.	[22]
Радиус скважины, м	0,1143	равномер.	[28]	Система трещин 3: погружение, град.	64 ± 6	равномер.	[22]
Коэффициент термической конвекции скважины, кВт/(м <sup>2</sup> ·К)	3	равномер.	[29]	Угол трения трещин, град.	20–45	равномер.	[22]
Коэффициент трения Хазена — Вильямса	80	равномер.	[30]	Сцепление трещин, МПа	1–6	равномер.	[22]
Анализ плотности потока, кг/м <sup>3</sup>	920–932	–	[31]	Гидравлическая апертура трещины, м	от 0,00000001 до 0,0001	стандартн.	[14]
Динамическая вязкость воды, сП	0,2	–	[32]	Гидравлическое отношение апертура/расширение, м/м	от 0 до 2	специальн.	[14]
Пластовое поровое давление, МПа	21,3	равномер.	[22]	Сжимаемость трещин, 1/МПа	от 0,000000002 до 0,00000001	нормальн.	[14]
Модуль упругости породы, ГПа	55–62	равномер.	[22]	Коэффициент смещения-расширения при сдвиге, м/м	от 0 до 0,8	нормальн.	[14]
Коэффициент Пуассона породы, м/м	0,26–0,4	равномер.	[22]	Коэффициент смещения-удлинения при сдвиге, м/м	от 0,001 до 0,0631	экспоненц.	[14]
Мин. азимут напряжения, град.	258–338	равномер.	[33]	Шероховатость излома	от 0,062 до 1,0	равномер.	[14]
Мин. градиент напряжения, град.	-20...+20	равномер.	[33]	Циркуляционный расход, м <sup>3</sup> /с	от 0,0005 до 0,1	экспоненц.	перемен.*
Напряжение вскрышных пород, МПа	58,6–67,0	равномер.	[33]	Границы повышения давления в скважине, МПа	от -10 до 2	равномер.	перемен.*
Промежуточное напряжение, МПа	34,1–52,6	равномер.	[33]	Гидравлическая апертура, м	от 0,0001 до 0,001	равномер.	перемен.*
Минимальное напряжение, МПа	31,9–46,9	равномер.	[33]	Сцепление трещин гидравлическое, МПа	от 0,1 до 0,4	равномер.	[14]
Расстояние между скважинами, м	30–747,8	равномер.	перемен.*	Угол трения гидравлического разрыва, град.	от 15 до 35	равномер.	[14]
Длина скважины, м	1113,9	лог. норм.	[23]				
Азимут скважины, град.	1,833	равномер.	[23]				

\* Для данного исследования. \*\* н.д. — нет данных.



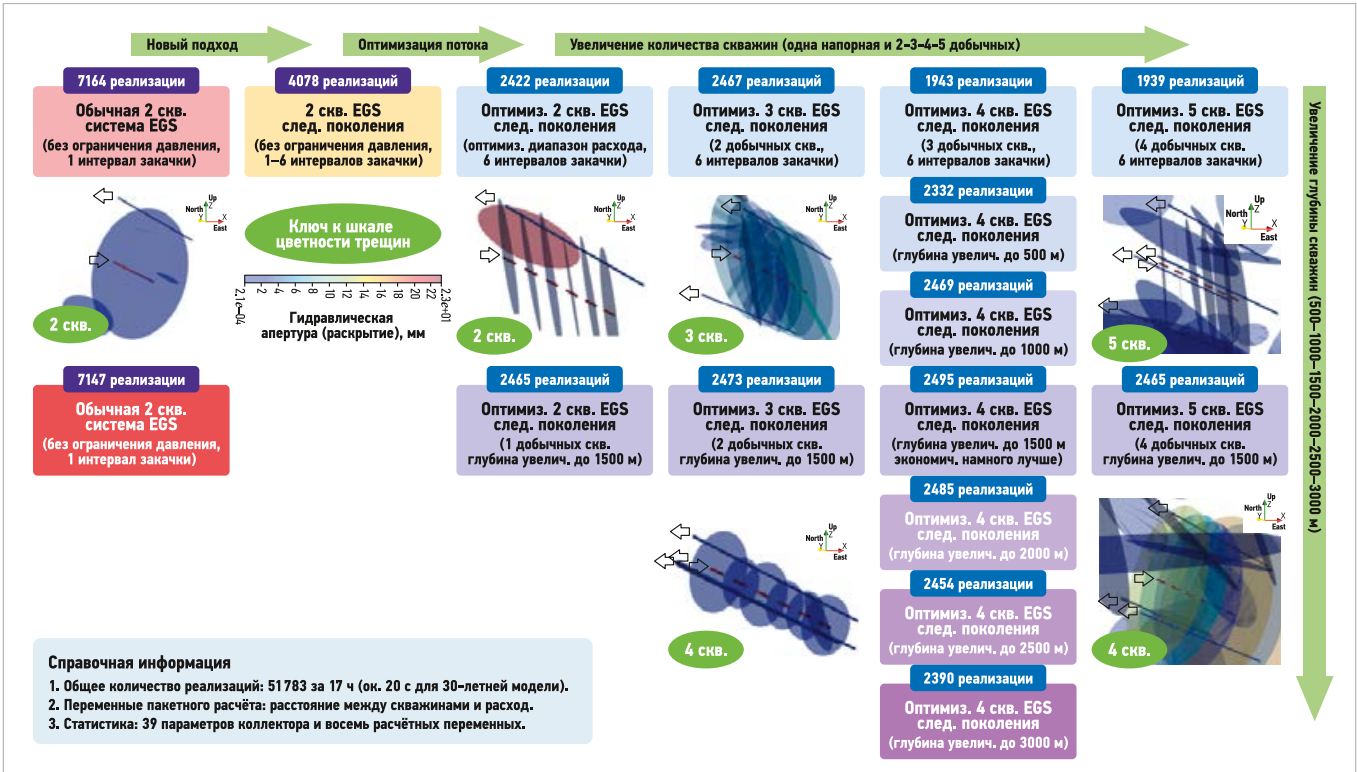


Рис. 4. Смоделированная матрица из 16 сценариев проектирования EGS на основе FORGE. Каждый сценарий получил более 2000 реализаций для статистической оценки жизнеспособности данного сценария для экономичного производства электроэнергии. Больше количество реализаций было произведено для сценариев, в которых учитывались большие диапазоны скорости закачки, чтобы иметь адекватные размеры выборки для стохастического анализа после оптимизации потока. Каждый сценарий включал в себя все этапы процесса моделирования от размещения естественных трещин до долгосрочной выработки тепла. Эта работа по моделированию была полностью выполнена за 24 ч

Соответствующие выходные данные каждой модели GeoDT, которые сочетаются с этими стоимостными факторами, включают в себя чистую выходную мощность  $P_{out}$  для каждого временного шага модели, параметры временного шага  $TimeSteps$  и  $LifeSpan$ , глубину коллектора  $ResDepth$  и длину скважины  $w\_length$ , количество добывающих скважин  $w\_count$ , отношение длины, нагнетательной и добывающей скважин  $w\_proportion$  и силу «максимально возможного землетрясения»  $Max\_Quake$  [все эти обозначения являются именами переменных в программном коде GeoDT, написанном на Python. — Прим. ред.]. Термин полезной выработки электроэнергии  $P_{out}$  аддитивно сочетает выработку мгновенного цикла  $F_{out}$ , выработку бинарного цикла  $B_{out}$  и потери при закачке нагнетательной скважины  $Q_{out}$ . Каждый параметр мощности содержит потери в термодинамическом цикле, потери жидкости и номинальный коэффициент полезного действия турбомашин 85%  $Gen\ Efficiency$  для насосов и турбин. Осложнения, возникающие из-за потери жидкости, неэффективности коллектора, плохой связности скважины, взаимодействия трещин и проницаемости трещин, зависящей от напряжения, — это лишь пример многих сложностей в масштабе месторождения, которые GeoDT будет прогнозировать и учитывать при оценке экономической стоимости.

### Пример на основе проекта FORGE

Авторы решили использовать проект Utah FORGE в качестве основы для оценки предлагаемого ими метода достижения рентабельного производства энергии с помощью HDR-EGS. Эта площадка хорошо охарактеризована общедоступными измерениями и наблюдениями. Геотермальный градиент этого участка составляет около 85°C/км, что намного выше, чем средний глобальный градиент 25°C/км, поэтому участок можно считать перспективным геотермальным объектом высокого качества. Полный список параметров для авторских моделей приведён в табл. 2. Ключевыми переменными для

данного исследования являются: расстояние между нагнетательной и добывающей скважинами и скорость закачки в каждый изолированный интервал пласта нагнетательной скважины. Кроме того, авторы использовали пакетные прогоны для номинально 2500 реализаций (рис. 4) на дискретных глубинах и для проектов геотермальных систем с двумя, тремя, четырьмя или пятью скважинами, включая одиночную нагнетательную скважину.

Во всех сценариях рассматривалась только одна нагнетательная скважина с геометрией и ориентацией, соответствующей реально пробуренной наклонной скважине FORGE №16A(78)-32.



Схема геотермального месторождения FORGE с указанием скважины № 16A(78)-32

Современная система TLP для EGS содержит ограничения по давлению нагнетания и дебиту для управления индуцированными сейсмическими рисками путём ограничения пластового давления, однако ни одна из моделей авторов не накладывает эти ограничения, поскольку они основаны на «запирании трещин» для контроля сейсмических рисков. В то время как GeoDT может накладывать современные ограничения на граничные условия по давлению и расходу, связанный поток в сценариях гидроразрыва всегда будет нерентабельным, поскольку в настоящее время в данной модели не реализованы трещины растяжения с расклиниванием.

С будущими обновлениями и улучшениями кода планируется добавить эффекты пропанга в трещинах растяжения, чтобы поддержать более высокие проницаемости, чем те, которые предполагает текущая трещинная модель GeoDT, возможная для закрытых трещин. Без этих изменений модель будет прогнозировать только экономические дебиты EGS в сценариях HDR, которые достаточно удачны для естественных проводящих или способных к стимуляции сдвиговых трещин, чтобы соединить скважины друг с другом через более чем одну трещину и без появления «теплового короткого замыкания» (см. врезку №5).

Добавление расклинённых трещин в качестве функции в GeoDT планируется для будущей работы, чтобы лучше представить предлагаемый авторами подход к разработке EGS по сравнению с существующими методами.

Иными словами, ожидается, что сценарии авторов с двумя скважинами с одним интервалом нагнетания будут наиболее схожи с современным подходом к разработке EGS, где высока вероятность «теплового замыкания», если только не будут успешно разработаны диверторы или внутрискважинные инструменты для смягчения проблемы «замыкания».

## 5. Проблема «теплового короткого замыкания». Справка

«Тепловым коротким замыканием» в геотермальных резервуарах EGS называется неожиданный быстрый переток закачиваемой напорной жидкости из нагнетательной скважины в эксплуатационную без её достаточного взаимодействия с горячими скальными породами, что резко снижает температуру добываемого ресурса. Для получения больших дебитов системы EGS требуют значительного объёма скального массива с высокой температурой и достаточной, но не слишком высокой проницаемостью. Избыточная скорость закачки напорной жидкости и термическое разрушение пород внутри массива могут нерасчётно увеличить пропускную способность системы трещин, создав несколько слишком широких трещин, изменив направление их роста или вообще задействовав существующие скрытые разломы. Это и приведёт к «короткому замыканию» — быстрому течению жидкости «в обход» намеченного пути внутри геотермального резервуара без эффективного теплосъёма.

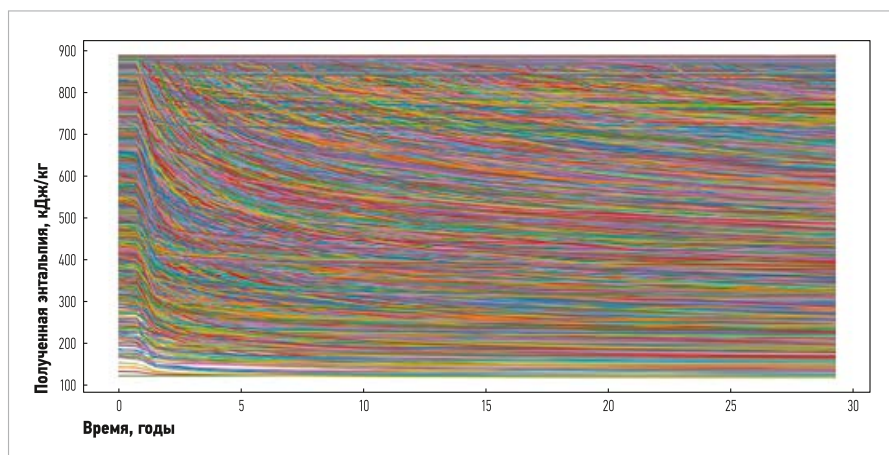


Рис. 5. Энтальпия добытой жидкости из 4078 реализаций двухскважинного сценария с интервалами закачки от одного до шести и скоростью закачки от 0,0005 до 0,10 м<sup>3</sup>/с. Номинальная глубина составила 2350 м, что соответствует скважине FORGE 16A(78)-32. Этот результат показывает временное поведение авторских моделей с предсказанным «тепловым прорывом»

## Результаты

Авторские модели дали 51 683 реализации, которые охватывают трёхмерную геометрию скважин и трещин (например, рис. 4), данные временных рядов для каждой реализации (например, рис. 2), а также сводные входные и ключевые выходные данные модели. В примере результатов, полученных в 3D (рис. 4), имеются стрелки, указывающие направление потока в нагнетательную (красные) и из добывающих скважин (синие).

Трещины гидравлического растяжения, расходящиеся наружу от нагнетательной скважины, были предсказаны почти для 100% реализаций. Гидросдвиговое воздействие с началом сдвиговой стимуляции хотя бы с одного из интервалов нагнетательной скважины прогнозировалось менее чем в 2,5% случаев реализации. Такая низкая вероятность стимуляции сдвига является следствием полученной разреженной сети естественных трещин и низкой вероятности перехвата

## 4. Системы управления сейсмическими Traffic Light Protocol. Справка

Разработка твёрдых и углеводородных месторождений может привести к техногенной (индуцированной) и техногенно-тектонической (триггерной) сейсмичности, причём очаги техногенных землетрясений имеют в основном небольшие глубины, что повышает их опасность. Для геотермальных месторождений данная проблема проявляется в меньшей степени, однако не может быть полностью исключена. Одним из методов снижения сейсмических рисков является Traffic Light Protocol (TLP) — откалиброванная система управления, обеспечивающая непрерывный мониторинг сотрясений грунта в режиме реального времени для конкретного объекта. Системы TLP устанавливают различные пороговые значения, при превышении которых операторы системы вносят изменения в рабочий процесс и формируют регулирующие органы или немедленно прекращают добычу ресурса. Система TLP была впервые внедрена в 2005 году на геотермальной установке EGS в США.

нагнетательной скважиной естественной трещины с критической величиной сдвига и умеренной проницаемостью [20]. Следует отметить, что на удалении от нагнетательной скважины естественный сдвиг трещины, вызванный трещинами гидроразрыва, был довольно распространённым явлением, происходящим примерно в 20% случаев реализации.

Чтобы пояснить данные, полученные авторами по временным рядам занятости (например, рис. 5), сначала было рассчитано среднее чистое производство электроэнергии, а затем оценена чистая приведённая стоимость (NPV).



Прежде чем сосредоточиться на NPV, сто́ит обсудить прогнозируемую чистую выходную мощность (рис. 6) с использованием приведённого выше сценария с двумя скважинами (рис. 5). В частности, необходимо исследовать среднюю чистую (нетто) выработанную мощность за 30-летний срок службы, поскольку временная выходная мощность, основанная на данных об энтальпии, со временем уменьшается в большинстве сценариев с высокой производительностью. Эффективные системы фактической мощности будут стремиться выравнять дебит скважины в режиме реального времени, чтобы максимально использовать наземное оборудование, и сочетать пиковую производительность с пиковым спросом для максимизации прибыли, но авторы не включили эту деталь в их анализ. Результаты авторов также показывают, что некоторое снижение энтальпии скважины, даже в течение первого года добычи, может быть чрезвычайно полезным для увеличения производства электроэнергии в целом. Во многих случаях пиковая мощность может быть достигнута при охлаждении добываемой жидкости более чем на 10%. Этот результат связан с механизмом большего теплового потока (то есть передачи мощности) рабочей жидкости в недрах, когда температурный градиент между породой и жидкостью (то есть тепловая депрессия) большой. Тем не менее, авторы признают, что заявление о полезной тепловой депрессии противоречит современному подходу EGS, где считается, что даже незначительная «тепловая депрессия» («тепловой прорыв») является проблемой, которую необходимо избегать. Авторские результаты последовательно демонстрируют, что ранний тепловой прорыв и допущение некоторой тепловой депрессии выгодно для увеличения выработки электроэнергии от EGS.

Как показывают результаты (рис. 6), произведённая мощность обычно увеличивается с увеличением расстояния между скважинами и увеличением скорости закачки, но разброс из-за неопределённости геологической среды преобладает в каждой отдельной реализации. Поведение, предсказанное этой моделью, согласуется с авторскими ожиданиями, когда естественные трещины могут сильно влиять на продуктивность коллектора — положительно или отрицательно. Прогнозируемая полезная мощность наиболее изменчива при скорости закачки более 0,020 м³/с на изолированный интервал закачки с соответствующей изменчивостью от менее чем -10 до +10 МВт (э)/год для тех же конструкций EGS.

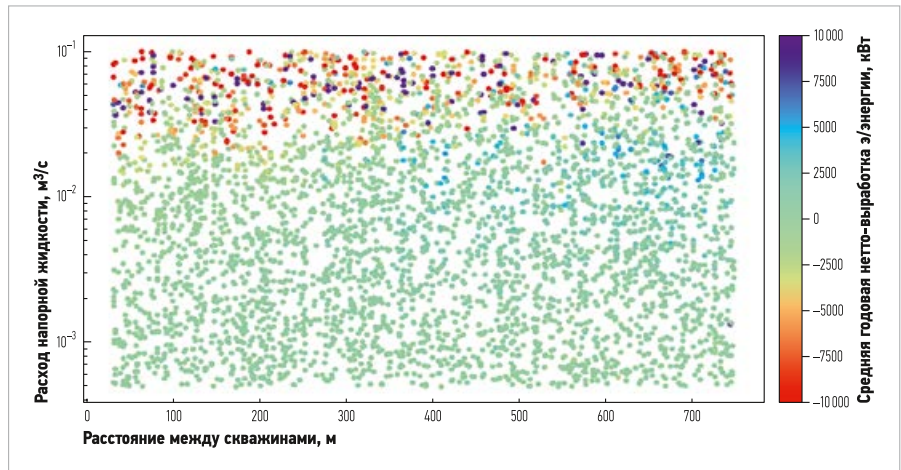


Рис. 6. Прогнозируемая полезная выходная мощность для той же реализации № 4078 как функция переменных первого порядка скорости закачки на интервал закачки  $Q_{inj}$  и расстояния между скважинами  $w_{spacing}$ . Этот результат показывает тенденцию низкой мощности при низких скоростях потока ( $< 0,001 \text{ м}^3/\text{с}$ ) и спорадической полезной выработанной мощности при высоких скоростях потока ( $> 0,020 \text{ м}^3/\text{с}$ ). Однако более важной является основная тенденция увеличения мощности при увеличении дебита и расстояния между скважинами

Проверка соответствующих 3D-реализаций показывает, что этот хаос при высоких скоростях закачки возникает из-за наличия в массиве естественных трещин и разломов, которые могут либо снизить производительность из-за «теплового короткого замыкания» или утечки жидкости, либо повысить производительность за счёт подключения к источникам горячей воды с большим расходом в дальней зоне. Какое из этих обстоятельств имеет место, определяется тем, где эти трещины находятся и являются ли они проницаемыми. Эти детали неизвестны до начала закачки, но влияние эффекта наличия естественных трещин заметно возрастает при высоких скоростях закачки.

Если же теперь исследовать тот же набор данных с точки зрения чистой приведённой стоимости (рис. 7), то станет яснее основная тенденция увеличения экономического потенциала с увеличением расстояния между скважинами и увеличением дебита. Отметим, что показатель NPV рассчитывает относительную выгоду от производства электроэнергии по сравнению с паразитными потерями, капитальными затратами и сейсмическим риском. Используя NPV, возможно определить кластер относительно стабильной и положительной NPV в центре справа на графике. Положительный NPV обычно прогнозируется при скорости закачки на интервал более 0,005 м³/с. Затем значения

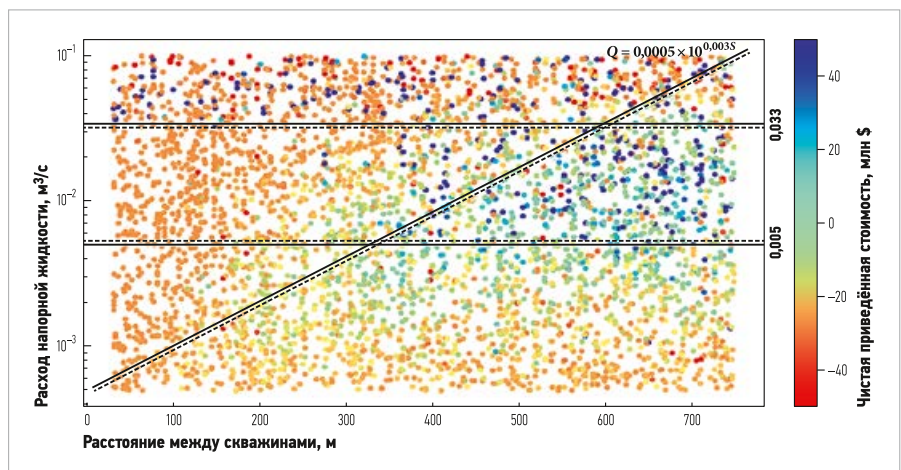


Рис. 7. Прогнозируемая чистая приведённая стоимость (NPV) двухскважинного проекта по базовому сценарию на Utah FORGE. Этот результат абстрактно показывает, что оптимальные скорости закачки для получения положительной чистой приведённой стоимости являются функцией расстояния между скважинами и дебита. Чтобы исключить явно плохие проектные решения по скорости потока и интервалу, были отфильтрованы все результаты только для реализации, имеющей скорость закачки за интервал больше 0,005 м³/с, меньше 0,033 м³/с и меньше функции  $0,0005 \times 10^{0,003S} \text{ м}^3/\text{с}$ , где  $S$  — расстояние между скважинами. Скорости закачки ниже нижнего предела не смогут реализовать весь потенциал ресурса. Закачка, осуществляемая быстрее, чем верхний предел, увеличивает вероятность отрицательной чистой приведённой стоимости из-за сейсмичности и/или потерь эффективности

становятся переменными и рискованными при расходах закачки на интервал более 0,033 м<sup>3</sup>/с. Кроме того, очевидна оптимальная скорость потока в зависимости от расстояния между скважинами, где увеличение потока выше оптимального приводит к чрезмерному охлаждению и снижению производительности.

Авторы визуально оценили верхний порог для этого оптимума как степенную функцию по основанию 10 от расстояния между скважинами с коэффициентом 0,0005 м<sup>3</sup>/с и показателем степени 0,003 м<sup>-1</sup>. Здесь имеет место стремление свести к минимуму влияние наиболее очевидных неудачных проектных решений на идентификацию наиболее перспективных сценариев HDR-EGS. Кроме того, авторы стремились свести к минимуму систематическую ошибку, которая может быть вызвана переобучением и использованием сложных многопараметрических алгоритмов оптимизации. Таким образом, все предстоящие анализы для сравнения сценариев конструкции скважины будут применять одни и те же пороговые значения в качестве фильтра для выделения более логичных конструкций EGS, которые с большей вероятностью будут иметь коммерческий успех.

**Стоимость скважины часто является самой большой статьёй расходов в проекте EGS, поэтому существует распространённое мнение, что сокращение количества скважин до минимума необходимо, чтобы сделать проект экономически выгодным**

Опираясь на основу NPV, теперь оценим показатели P95, P90, P50, P10 и P05 для каждого сценария после применения к каждому набору данных фильтра оптимизации дебита и размещения скважин. Эта фильтрация уменьшила каждый набор данных до номинальной совокупности в 1000 ± 500 подходящих реализаций. Термин «P95», заимствованный из бизнеса возобновляемых источников энергии, означает величину из совокупности, при которой 95% остальной совокупности имеют более высокую чистую приведённую стоимость. Точно так же 50% совокупности будет иметь величину больше, чем «P50». Был выполнен поиск схем EGS, которые статистически надёжно обеспечивают NPV больше нуля, но допустимость риска будет зависеть от точки зрения инвестора. На рис. 8 представлено несколько захватывающих тенденций.

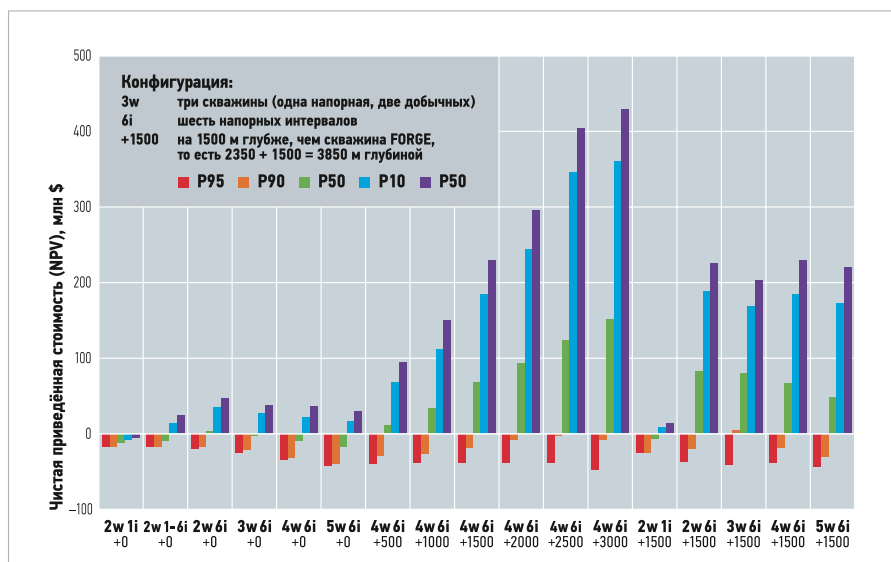


Рис. 8. Статистика по чистой приведённой стоимости (NPV) для каждого сценария, выраженная с использованием квантилей (например, P90). Геодезическая модель авторов, с учётом её ограничений и допущений, предсказывает, что участок FORGE может стать надёжно прибыльным на глубинах более 3850 м, где температура может составлять около 325 °С, при условии постоянного геотермального градиента 85 °С/км. Специалисты по моделированию также прогнозируют, что увеличение количества скважин с двух до трёх, четырёх или пяти увеличит добычу на участке настолько, чтобы эффективно компенсировать капитальные затраты на эти скважины

Во-первых, стоимость скважины часто является самой большой статьёй расходов в проекте EGS, поэтому существует распространённое мнение, что сокращение количества скважин до минимума необходимо, чтобы сделать проект экономически выгодным. Однако авторские результаты показывают, что это распространённое предположение может быть неверным. Вместо этого модели авторов предсказывают, что увеличение ко-

личества скважин имеет тенденцию к: 1) увеличению локализации закачиваемого флюида, 2) снижению сейсмориска (рис. 9), 3) увеличению общей выработки электроэнергии и 4) задержке снижения термического потенциала путём пропускания жидкости через больший объём горячей породы.

Эта тенденция видна при сравнении сценариев 2w, 3w, 4w и 5w на глубинах 2350 м (то есть +0) и 3850 м (+1500).

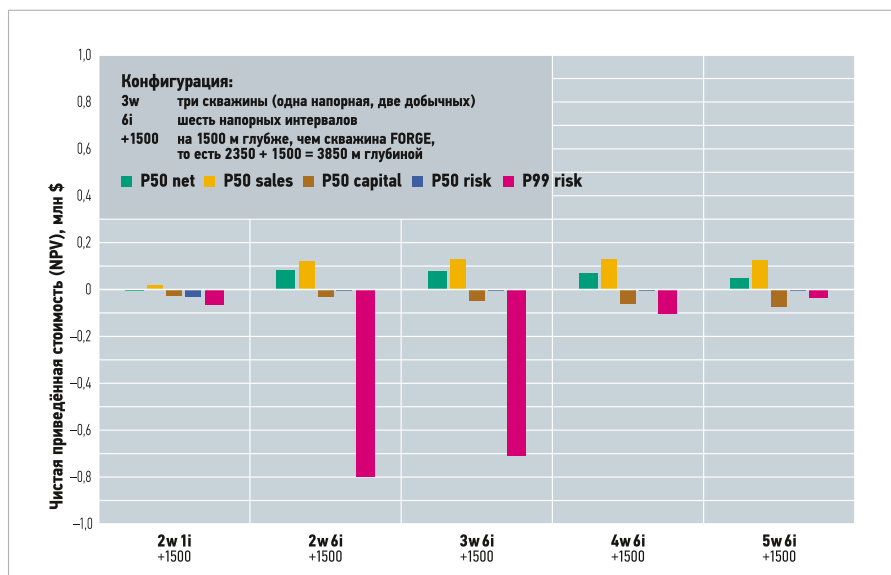


Рис. 9. Предполагаемые продажи, капитал, сейсмические риски и чистая приведённая стоимость в зависимости от количества скважин и количества интервалов закачки на глубине 3850 м. Увеличение количества интервалов закачки с одной до шести примерно совпадает с увеличением общего расхода закачки в шесть раз. Увеличение количества добывающих скважин по меньшей мере до четырёх увеличивает вероятность того, что сдерживание трещины успешно предотвратит ощутимую и/или разрушительную сейсмичность, вызванную закачкой. Примечание: данная диаграмма основана на очень высоких оценках сейсмического риска по новой непроверенной модели. Это не прогноз для FORGE, который будет иметь меньшие скорости и объёмы закачки и меры по снижению сейсмических воздействий, которые авторы не моделировали





Во-вторых, предполагается, что нагнетание закачиваемой жидкости в несколько изолированных интервалов закачки при почти равных скоростях потока будет иметь ключевое значение для увеличения общей выработки электроэнергии и достижения максимальной чистой приведённой стоимости. До этого исследования ожидалось, что такое поведение будет верным, но в исследовании ограничитель скорости закачки и давления были убраны из обычных конструкций EGS, вместо этого полагаясь на «запирание трещины» для ограничения сейсмических рисков, вызванных закачкой. Снятие ограничения по давлению позволяет развернуть систему скважин с «ограниченным входом», в которой поток блокируется при прохождении через обсадную колонну, создавая локальное падение давления.

Сложная динамика гидроразрыва и потока, вызванная этим перепадом давления на штуцере, может привести к гораздо более равномерному распределению закачиваемого флюида между несколькими интервалами закачки. В отличие от методов управления потоком с низким давлением и высокой температурой, эта проверенная технология «ограниченного входа» доступна уже сегодня.

В-третьих, этот график предсказывает, что чистая приведённая стоимость P50 может быть в значительной степени положительной, опережая капиталовложения в два или более раз. Если бы производство достигло пика во время максимального спроса, чистая приведённая стоимость могла бы быть выше, чем предсказывает эта модель. Если бы прямое использование отработанного тепла также применялось в экономических целях (например, в теплицах, спа или для отопления зданий), эта чистая приведённая стоимость, несомненно, возросла бы ещё больше.

Важно помнить, что эта модель задумана как «пессимистичная» и целостная, но более чем разумная. Этот результат даёт стимул к дальнейшему исследованию и подтверждению предложенных авторами концепций: 1) «ограниченного входа», 2) «запирания трещин», 3) «гидрорасклинивания» и 4) энергетических систем, разработанных для жидкости с переменной энтальпией или расширяющимся коллектором, как возможный подход к разработке HDR-EGS.

В-четвертых, в отношении сейсмического риска этот результат (рис. 9) показывает потенциальную ценность наличия большего количества скважин для минимизации сейсмического риска. Эти дополнительные скважины помогают исключить вероятность того, что естественные трещины и разломы перехватят поток, протекнут, а затем вызовут крупные сейсмические события за пределами предполагаемого коллектора HDR-EGS.

Авторы надеются, что в их модели увеличен «штраф» за сейсмические риски, используя авторскую модель стоимости (рис. 3), которая снижает вероятность событий с магнитудой 4,0 по по сейсмическому моменту  $M_w$ .

**Снятие ограничения по давлению позволяет развернуть систему скважин с «ограниченным входом», в которой поток блокируется при прохождении через обсадную колонну, создавая локальное падение давления. Сложная динамика гидроразрыва и потока может привести к гораздо более равномерному распределению закачиваемой жидкости между несколькими интервалами закачки**

## Выводы

В этом исследовании для изучения нового подхода к разработке усовершенствованных геотермальных систем (EGS) для горячих сухих пород (HDR) была применена программная модель Geothermal Design Tool (GeoDT). На настройку, запуск, визуализацию и анализ всех 51 683 моделей для этого исследования ушло примерно 24 ч. Данная работа включала изучение 16 различных сценариев с целью определения конструкции HDR-EGS, которая могла бы быть коммерчески жизнеспособной. Эти модели основаны на геотермальном месторождении FORGE в штате Юта (США) и его первой сильно наклонной скважине 16A(78)-32. Исполь-



зуемый авторами набор данных аналогичен общедоступному примеру PIVOT 2022 Datathon, но с упором на рассмотрение большего количества скважин, большей глубины и использования чистой приведённой стоимости (NPV) для цели оптимизации. В наиболее обещающих конструкциях HDR-EGS используются: 1) скважина с «ограниченным входом» для равномерного распределения потока закачиваемой жидкости между несколькими интервалами, 2) «запирание трещин» для ограничения риска повреждения сейсмическими событиями, вызванными закачкой, 3) «гидрорасклинивание» для поддержания проницаемых трещин растяжения без необходимости использования расклинивающего наполнителя и 4) адаптивная конструкция энергосистемы, которая может выдерживать снижение энтальпии флюида с течением времени из каждой добывающей скважины.

Для такого проекта авторами было предсказано, что 30-летняя чистая приведённая стоимость может превысить капиталовложения более чем в два раза, одновременно ограничивая сейсмические риски, вызванные закачкой жидкости в подземные пласты.



Наиболее перспективные проекты требуют как минимум четырёх скважин, при этом большее количество скважин обеспечивает большую устойчивость к неопределёностям геологической среды и снижает общий проектный риск. В основной части этой работы обсуждается больше идей, полученных в результате этих исследований, но которые выходят за рамки заключения.

Приведённые здесь модели и анализ представляют собой гипотетическую альтернативу проекту FORGE, целью которой является рентабельное производство электроэнергии за счёт геотермального месторождения с использованием доступ-

ных в настоящее время технологий. Тем не менее, требуется дополнительная работа для проверки концепций «запирания трещин» и «гидрорасклинивания», которые являются ключевыми компонентами надёжных конструкций HDR-EGS, как предсказывает настоящее исследование.

### Благодарности

Данная работа поддержана Программой по фундаментальным энергетическим наукам (Basic Energy Sciences, BES) Министерства энергетики США (U.S. Department of Energy, DoE) в рамках FWP LANL-E3W1. Дополнительная поддержка была оказана в рамках Программы лаборатор-

ных исследований и разработок (Laboratory Directed Research and Development — Exploratory Research program, LDRD-ER) Лос-Аламосской национальной лаборатории (Los Alamos National Laboratory, LANL) № 20220175ER.

Код на языке Python для этой работы был разработан с использованием компонентов Fat Crayon Toolkit и вдохновлён проектом EGS Collab Project (DoE-GTO). Авторы благодарят всех участников Fat Crayon Toolkit, особенно его ведущего разработчика Джозефа Морриса (Joseph P. Morris). Авторы также признательны за критические и конструктивные замечания Дж. Уильяму Кэри (J. William Carey), Пэнчэн Фу (Pengcheng Fu), Мэн Мэн (Meng Meng) и Вэньфэн Ли (Wenfeng Li) во время обсуждения разработки программного модуля GeoDT. ●

**Примечание.** В данной работе используются низкоточные методы для определения максимальных крупных событий. В проекте FORGE используются низкие скорости и небольшие объёмы закачки, малое расстояние между скважинами, малая глубина и многие другие меры по смягчению последствий и для минимизации сейсмического риска, вызванного гидроразрывом.

- Brown D.W., Duchane D.V., Heiken G., Hrisco V.T. Mining the Earth's heat: Hot dry rock geothermal energy. Springer Berlin. Heidelberg, Germany. 2012. 658 p.
- Majer E., Nelson J., Robertson-Tait A., Savy J., Wong I. Protocol for addressing induced seismicity associated with Enhanced Geothermal Systems. Geothermal Technologies Program. U.S. Department of Energy. Geothermal Technologies Office. EERE Information Center. 2012.
- Langenbruch C., Weingarten M., Zoback M.D. Physics-based forecasting of man-made earthquake hazards in Oklahoma and Kansas. Nature Communications. 2018. Vol. 9. No. 3946.
- Frash L.P., Gutierrez M., Hampton J., Hood J. Laboratory simulation of binary and triple well EGS in large granite blocks using AE events for drilling guidance, Geothermics. 2015. Vol. 55. Pp. 1–15.
- Mattson E., Neupane G., Plummer M., Jones C., Moore J. Long-term sustainability of fracture conductivity in geothermal systems using proppants. Proc. of the 41<sup>st</sup> Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford, California, USA. February 22–24, 2016.
- Guo B., Fu P., Hao Y., Peters C.A., Carrigan C.R. Thermal drawdown-induced flow channeling in a single fracture in EGS. Geothermics. 2016. Vol. 61. Pp. 46–62.
- Charl ty J., Cuenot N., Dorbath L., Dorbath C., Haessler H., Frogneux M. Large earthquakes during hydraulic stimulations at the geothermal site of Soultz-sous-For ts. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2007. Vol. 44. Issue 8. Pp. 1091–1105.
- Richter A. New seismic event puts longer pause on geothermal project in Alsace. France Think Geoenergy. 2020. Web-source: thinkgeoenergy.com. Access date: December 10, 2022.
- Tester J., Andersen B.J., Batchelor A.S. et al. The future of geothermal energy. Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21<sup>st</sup> century. Idaho National Laboratory; Massachusetts Institute of Technology (MIT). 2006. 372 p.
- Hamm S.G. et al. GeoVision: Harnessing the heat beneath our feet. Geothermal Technologies Office. U.S. Department of Energy. 2019. 218 p.
- Frash L.P. Geothermal Design Tool (GeoDT). Proc. of the 46<sup>th</sup> Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford, California, USA. February 16–18, 2021.
- Frash L.P. Optimized enhanced geothermal development strategies with GeoDT and fracture caging. Proc. of the 47<sup>th</sup> Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford, California, USA. February 7–9, 2022.
- Frash L.P., Li W., Meng M., Carey J.W., Sweeney M. Enhanced Geothermal System design using GeoDT and fracture caging — EGS Collab stimulation prediction study. Proc. of the 56<sup>th</sup> U.S. Rock Mechanics/Geomechanics Symposium. Santa Fe, New Mexico, USA. June 26–29, 2022.
- Frash L.P., Welch N.J., Meng M., Li W., Carey J.W. A scaling relationship for fracture permeability after slip. Proc. of the 55<sup>th</sup> U.S. Rock Mechanics/Geomechanics Symposium (online). June 18–25, 2021.
- Entingh D., Mines G., Mansure A., Petty S., Nix G., Augustine C., Camp E., Paster M., Seungwook M., Thodal E., Hanson S. GETEM: Geothermal Electricity Technology Evaluation Model. Geothermal Technologies Office. U.S. Department of Energy. 2012.
- Lowry T.S., Finger J.T., Carrigan C.R., Foris A., Kennedy M.B., Corbet T.F., Doughty C.A., Pye S., Sonnenthal E.L. GeoVision analysis supporting task force report: Reservoir maintenance and development. Sandia National Laboratories. Albuquerque, New Mexico, USA. 2017.
- Comparing claims from catastrophic earthquakes. Marsh Risk Management Research. Marsh & McLennan Co. 2014. 20 p.
- Westaway R. Extrapolation of populations of small earthquakes to predict consequences of low-probability high impact events: The Pohang case study revisited. Geothermics. Vol. 92. 2021.
- Frash L.P., Fu P., Morris J., Gutierrez M., Neupane G., Hampton J., Welch N., Carey J.W., Kneafsey T. Fracture caging to limit induced seismicity. Geophysical Research Letters. 2020. Vol. 48. Issue 1.
- Meng M., Frash L.P., Li W., Welch N.J., Carey J.W., Morris J., Neupane G., Ulrich C., Kneafsey T. Hydro-mechanical measurements of sheared crystalline rock fractures with applications for EGS Collab experiments 1 and 2. Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 2022. Vol. 127. Issue 2.
- U.S. Electricity Profile 2021: EIA report. U.S. Energy Information Administration. U.S. Department of Energy. 2022.
- Native State Modeling: Modeled Granitoid Parameters. Utah FORGE of 2022. Web-source: utahforge.com. Access date: November 10, 2022.
- Well 16A78-32 Points Depths.csv. Geothermal Data Repository. 2020.
- Allis R., Gwynn M., Hardwick C., Hurlbut W., Moore J. Thermal characteristics of the FORGE site. GRC Transactions. Millford, Utah, USA. 2018.
- Asadi I., Shafiq P., Hassan Z.F.B.A., Mahyuddin N.B. Thermal conductivity of concrete — A review. Journal of Building Engineering. 2018. Vol. 20. Pp. 81–93.
- Kodur V. Properties of concrete at elevated temperatures. International Scholarly Research Notices. Vol. 2014. 2014. 15 p.
- Vitaler A.V., Angst U.M., Elsener B. Laboratory tests simulating corrosion in geothermal power plants: Influence of service conditions. Geothermal Energy. 2020. Vol. 8. 17 p.
- Rassenfoss S. Drillers vs. granite: hard rock is losing its edge. Journal of Petroleum Technology of June 1, 2022. Web-source: jpt.spe.org. Access date: July 20, 2022.
- Kosky Ph., Balmer R.T., Keat W., Wise G. Exploring engineering. An introduction to the science and practice of engineering. 3<sup>rd</sup> ed. Elsevier; Academic Press. 2013. 462 p.
- Jeppson R.W. Steady flow analysis of pipe networks: An instructional manual. Utah State University; Reports. 1974. 87 p.
- Cooper J.R., Dooley R.B. Revised release on the IAPWS industrial formulation 1997 for the thermodynamic properties of water and steam. The International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS). Lucerne, Switzerland. 2007. 49 p.
- Huber M.L., Perkins R.A., Laesecke A., Friend D.G. New international formulation for the viscosity of H<sub>2</sub>O. Journal of Physical and Chemical Reference Data. 2009. Vol. 38. Pp. 101–125.
- Xing P., McLennan J., Moore J. In-situ stress measurements at the Utah Frontier Observatory for research in geothermal energy (FORGE) site. Energies. Vol. 13. Issue 21. 2020.



## Идеи и перспективы поиска свободного природного водорода

Успех в поиске и добыче свободного природного водорода в достаточно больших масштабах может стать своего рода «чёрным лебедем», который существенно и, может быть, принципиально изменит всю энергетическую картину мира, а также «обнулит» все сделанные ранее прогнозы развития мировой энергетики...

**Авторы:** К.С. ДЕГТЯРЁВ, к.г.н., научный сотрудник; М.Ю. БЕРЁЗКИН; О.А. СИНЮГИН; А.М. ЗАЛИХАНОВ, географический факультет, Научно-исследовательская лаборатория возобновляемых источников энергии (НИЛ ВИЭ), Московский государственный университет (МГУ) им. М.В. Ломоносова

Редакция журнала СОК, мнение которой основывается на классической научной школе, не берёт на себя ответственности за факты, изложенные в статье. Эту ответственность несут исключительно авторы размещённого материала. Редакция уведомляет читателей, что статья публикуется как дискуссионная.

Водородная энергетика — одно из направлений развития мировой энергетики, находящихся в последние годы в центре внимания. Проекты создания производства водорода заявлены или реализуются практически во всех ведущих странах [1, 2]. Прежде всего эти планы рассматриваются в контексте движения к углеродной нейтральности, поскольку использование водорода в качестве топлива не оставляет углеродного следа и, в дополнение к этому, водород сам по себе энергетически эффективен — в пересчёте на единицу массы он выделяет примерно втрое больше тепла, чем природный газ.

В то же время очевидна связанная с этим фундаментальная проблема — водород не является первичным энергоносителем, а его извлечение из химических соединений (из углеводородов посредством конверсии либо из воды путём электролиза) требует большого количества энергии и, в свою очередь, уже оставляет углеродный след, что, по сути, сводит на нет все экологические и энергетические преимущества водорода.

Теоретически, оптимальный способ производства водорода — электролиз воды с использованием электроэнергии, полученной исключительно на электростанциях, работающих на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также атомных станциях (АЭС). Параллельно таким образом решался бы и вопрос нестабильности самих ВИЭ — водород выступал бы в качестве аккумулятора энергии. Но в этом случае необходимо учитывать, что для производства одной тонны водорода требуется не менее 40 МВт·ч электрической энергии.

В качестве иллюстрации отметим, что если бы всё нынешнее производство электроэнергии в России (порядка 1 трлн кВт·ч) было направлено на производство водорода, удалось бы произвести всего около 20 млн тонн этого химического элемента, что эквивалентно примерно 60 млн тонн условного топлива или всего 6% общего энергопотребления в нашей стране.

Однако в России на данный момент нет столь грандиозных «водородных планов», в отличие, например, от Евросоюза, где к 2050 году планируется рост доли водорода в энергобалансе ЕС с нынешних 2% до 24%, что эквивалентно 2250 ТВт·ч энергии (примерно 50 млн тонн водорода) [3]. Отметим, что наряду с этим предполагается и снижение энергопотребления на 35% относительно текущего уровня — с 14 ПВт·ч до 9,3 ПВт·ч, что также вызывает вопросы. Тем не менее, производство 50 млн тонн «зелёного» водорода потребует более 2 ПВт·ч электроэнергии — это

более 50% всей электроэнергии, производимой в странах ЕС в настоящее время, и в полтора раза больше общего количества электрической энергии, производимой за счёт ВИЭ.

То же верно и в отношении Японии, где к 2050 году предполагается рост потребления водорода до 10 млн тонн в год [4]. При собственном производстве способом, не оставляющим углеродного следа, для этого потребуется более 400 ТВт·ч или 40% от всей производимой в Японии электрической энергии, что в два раза превышает всё производство электроэнергии за счёт ВИЭ в стране.

**В настоящий момент оптимальный способ производства водорода — электролиз воды с использованием электрической энергии, полученной исключительно на электростанциях, работающих на основе возобновляемых источников энергии, а также атомных станциях**

Реализация этих планов при сохранении существующих подходов к декарбонизации экономики потребует увеличения неуглеродных (ВИЭ и атомных) мощностей в энергетике в несколько раз относительно нынешнего уровня.

Если же наращивание потребления водорода предполагается за счёт импорта, это будет означать «перенос» углеродного следа в другие страны, но не принципиальное решение задачи его снижения. Один из характерных примеров — соглашение между Японией и Австралией об импорте водорода в Японию — при этом получение водорода в Австралии происходит в основном путём конверсии бурого угля и биомассы [5].

В связи с этим остаётся непонятным, насколько обоснованы заявленные планы развития водородной энергетике и как они согласуются с общим курсом на декарбонизацию экономики.

С водородом связан и фундаментальный природный парадокс. С одной стороны, это самый распространённый элемент во Вселенной. На него приходится 88,6% общего числа её атомов (которое оценивается в  $10^{81}$ ) и около 75% её массы — конечно, если не рассматривать гипотетический элемент «ньютоний», о котором писал ещё Д.И. Менделеев [6], либо «тёмную материю», которую, в свою очередь, иногда рассматривают как развитие или даже повторение идеи, высказанной Дмитрием Ивановичем.

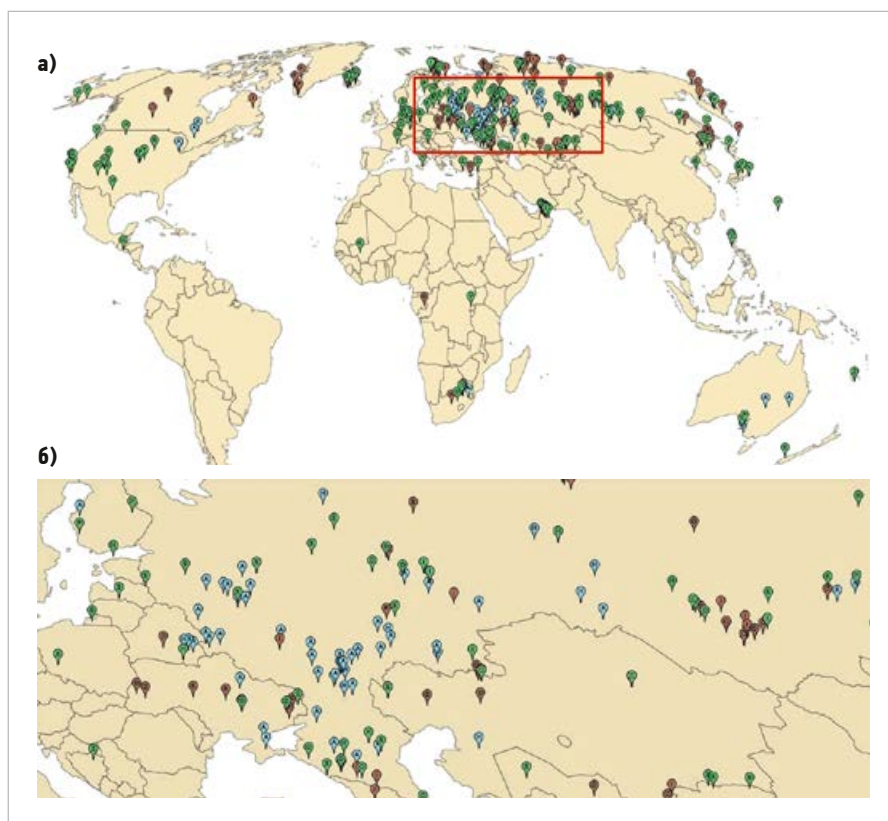


Рис. 1. Места обнаружения водорода в различных средах при концентрациях более 10 % объёма [а — в мире, б — на территории Евразии (обведено красным прямоугольником в «а»)] [16]

**H<sub>2</sub> как свободный газ обнаружен в местах залегания или расположения:**

- С угольных бассейнов;
- Ф геологических разломов;
- Б гейзеров, горячих источников и т.п.;
- Н углеводородных месторождений;
- И выхода магматических пород;
- К выхода кимберлитовых структур;
- О рудных месторождений;
- Р докембрийских пород;
- Р зон рифтогенеза;
- Д месторождений каменной соли;
- С осадочных или метаморфических пород;
- З серпентинитовых пород;
- В вулканических пород.

**H<sub>2</sub> в виде включений газа обнаружен в местах залегания или расположения:**

- С угольных бассейнов;
- И выхода магматических пород;
- К выхода кимберлитовых структур;
- О рудных месторождений;
- Р докембрийских пород;
- Д месторождений каменной соли;
- О осадочных или метаморфических пород;
- У ультраосновных пород;
- В вулканических пород.

**H<sub>2</sub> в виде растворённого газа обнаружен:**

- А в местах расположения водоносных слоёв;
- Н в воде углеводородных месторождений.

Однако в земной коре содержание водорода оценивается всего в 1 % по массе и около 17 % по общему количеству атомов. В земной атмосфере водорода ещё меньше — содержание H<sub>2</sub> оценивается как 0,00005 % её объёма и 0,0000035 % массы.

Тем не менее, и на Земле водорода теоретически более чем достаточно. Самый крупный его резервуар — Мировой океан, объём которого составляет 1,3 млрд км<sup>3</sup>, масса —  $1,3 \times 10^{18}$  тонн. На водород в массе воды приходится 11 %, то есть только в океанической воде его содержится примерно  $1,4 \times 10^{17}$  тонн. При теплотворной способности водорода, эквивалентной 40 МВт·ч на одну тонну, и текущем мировом потреблении энергии, составляющем менее 200 ПВт·ч в год (200 млрд МВт·ч или порядка 15 млрд тонн нефтяного экви-

валента, или около 20 млрд тонн условного топлива в год), для удовлетворения всех энергетических потребностей человечества потребовалось бы «всего» 5 млрд тонн водорода или пусть даже 10 млрд тонн (исходя из КПД его использования в 50 %), то есть 1010 тонн в год, что в 14 млн раз меньше количества водорода, содержащегося в водах Мирового океана. Но, возвращаясь к сказанному выше, затраты на извлечение водорода из воды путём электролиза практически равны или даже выше его энергетической ценности — это те же 40 МВт·ч на одну тонну.

При огромном количестве водорода как такового он наблюдается в географической оболочке Земли главным образом в связанном виде — прежде всего это вода и углеводородные соединения,

составляющие пока основу энергетики. Это связано с химической активностью водорода. Другой фактор — лёгкость водорода, из-за которой он плохо удерживается земным притяжением. Наконец, его свойства, мешающие обнаружению свободного водорода, например, отсутствие цвета, запаха и какого-либо воздействия на человека и окружающую среду.

Однако вопрос, есть ли на Земле свободный водород в больших количествах, можно ли его обнаруживать и добывать в больших масштабах, остаётся открытым. На положительный ответ может натолкнуть, собственно, большое количество водорода в различных его соединениях — отсюда, вероятно, следует, что где-то должен быть и его источник (рис. 1).

Такие идеи высказываются достаточно давно. Предположение, что с глубиной увеличивается количество гидридов (соединений водорода с металлами) и влияние водорода, высказывал ещё русский учёный-естествоиспытатель и мыслитель В.И. Вернадский [7]. Свою «концепцию гидридного ядра Земли» представляли швейцарские вулканолог Альфред Ритман и физико-химик Вернер Кун [8, 9].

Сходных идей придерживался академик РАН А.А. Маракушев, также создавший свою концепцию [10], и академик АН УССР Н.П. Семенов, предложивший кислородно-водородную модель Земли [11, 12]. Также «концепцию водородной дегазации Земли» разрабатывает и продвигает д.г.-м.н. В.Л. Сывороткин [13].

Вероятно, отдельного рассмотрения заслуживает концепция В.Н. Ларина [14], исследовавшего распределение различных химических элементов в фотосфере Солнца, во внешней геосфере Земли, на Луне и метеоритах. Анализ показал, что оно зависит от потенциала ионизации атомов химических элементов — чем дальше от Солнца, тем он оказывается выше, и, исходя из этого, водорода в Земле должно быть существенно больше, чем принято считать, а именно около 59 атомных процентов или 4,5 % массы планеты.

Отсюда также следует предположение В.Н. Ларина о гидридном ядре Земли и водороде, высвобождающемся из гидридов под действием распада радиоактивных элементов в глубинах Земли и затем мигрирующем к поверхности планеты.

Эта концепция была выдвинута ещё в 1970-е годы и детально изложена в докторской диссертации В.Н. Ларина «Земля: состав, строение и развитие (альтернативная глобальная концепция)», в её англоязычной версии [15] и в научно-популярной форме — в книге В.Н. Ларина «Наша Земля» 1993 года, вышедшей в Канаде [16].



Подтверждением этих концепций может быть только обнаружение выходов водорода на земную поверхность. Их целенаправленным поиском до конца XX — начала XXI веков практически не занимались, хотя случайные обнаружения отмечались с начала XX века, в частности, в Южной Австралии [17]. В 1987 году водород был обнаружен в Республике Мали (Западная Африка) у посёлка Буракебугу [18] — с этим связан один из первых примеров практического применения свободного природного водорода, который в данной местности используют для обеспечения посёлка электроэнергией.

По мнению экспертов [14], поиск свободного водорода в последние 15–20 лет облегчили два обстоятельства: открытие широкого доступа к космическим снимкам и появление компактных газоанализаторов водорода. К настоящему времени обнаружено несколько сотен выходов водорода по всему миру (рис. 1), включая Россию [19], в некоторых точках его содержание достигает 70–90%, хотя в большинстве случаев речь идёт о долях процента или первых процентах.

Концентрация и выходы водорода связаны, в частности, с рифтовыми зонами, разломами, гейзерами, горячими источниками, глубинными разломами земной коры, месторождениями углеводородного сырья, кольцевыми структурами и т.п. [20]. Обращает на себя внимание нередко встречающаяся сопряжённость выходов

водорода, зон геотермических аномалий и месторождений углеводородного сырья [21]. Это указывает на возможность комбинированной добычи и использования эндогенных источников энергии, включая водород, геотермальную энергию и углеводороды. Также концепция водородной дегазации Земли даёт своё объяснение, например, генезису месторождений углеводородов.

Нельзя не отметить, что общие оценки масштабов водородной дегазации Земли могут резко различаться. Так, д.г.-м.н. В.Л. Сывороткин даёт оценку примерно в 600 млн тонн в год [7], а по расчётам В.Н. Ларина эта величина может достигать 600 млрд тонн ежегодно [14]. Разброс в 1000 раз, конечно, говорит о том, что необходимы детальные и длительные дополнительные исследования; на данный момент ни одна из приведённых цифр не может считаться достоверной.

В настоящее время лидером в поиске свободного природного водорода является Австралия, где уже выдан ряд лицензий на разведку его месторождений, в частности, в штате Южная Австралия получено 18 лицензий [20]. Активные поиски свободного водорода ведутся в США, где также создан ряд стартапов по его разведке [22]. Поиск водорода в последние год-два обретает некоторое сходство с «золотой лихорадкой». В начале декабря 2023 года поступила информация, что первое разрешение на разведку месторо-

ждений природного («белого») водорода выдала Франция. Речь идёт о территории (225 км<sup>2</sup>) в департаменте Атлантические Пиренеи на юго-востоке страны [23].

Что касается России, то у нас в июле 2023 года водород был включён в список полезных ископаемых (Общероссийский классификатор полезных ископаемых и природных вод, изменение 5/2023) под номером «11102193 Водород природный» [24, 25]. Перспективы поиска свободного водорода, в частности, с оптимизмом оценивал генеральный директор ООО «Газпром-водород» К.В. Романов [26].

На данный момент о поисках свободного природного водорода известно сравнительно узкому кругу специалистов (многие из них воспринимают данную концепцию в качестве маргинальной). Широкого освещения рассматриваемая тема пока не получила, и в случае успехов в поиске и добыче свободного природного водорода в достаточном количестве это может стать своего рода «чёрным лебедем» в энергетике, который, может быть, принципиально изменит всю энергетическую картину мира и «обнулит» все сделанные ранее прогнозы развития мировой энергетики. Можно предположить и то, что в грандиозных планах создания водородной экономики, о которых говорилось выше, заложена и вероятность данного сценария. Тем не менее, на данный момент преждевременно было бы делать какие-то окончательные выводы. ●

- Борзенко В.И. Водородная энергетика — состояние и перспективы // Окружающая среда и энергетика, 2020. №3. С. 13–22.
- Детярёв К.С., Берёзкин М.Ю. О проблемах водородной экономики // Окружающая среда и энергетика, 2021. №1. С. 14–23.
- Hydrogen Roadmap Europe 2019: The report. A sustainable pathway for the European energy transition (Водородная дорожная карта Европы на 2019 год: отчёт. Устойчивый путь для европейского энергетического перехода) [Электр. текст]. Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking. Январь 2019. Режим доступа: clean-hydrogen.europa.eu. Дата обраш.: 05.10.2023.
- Hydrogen law, regulations & strategy in Japan. CMS Expert Guide to hydrogen energy law and regulation (Водородное законодательство, нормативные акты и стратегия в Японии. Экспертное руководство юридической компании CMS по законодательству и регулированию в области водородной энергетики) [Электр. текст]. CMS. Режим доступа: cms.law. Дата обраш.: 02.11.2023.
- Australia exports world's first shipment of liquefied hydrogen to Japan (Австралия экспортирует первую в мире партию сжиженного водорода в Японию) [Электр. текст]. The Australian Trade and Investment Commission (Australian Government's trade, Austrade). Режим доступа: globalaustralia.gov.au. Дата обраш.: 17.10.2023.
- Менделёв Д. Попытка химического понимания мирового эфира. С.-Петербург. Типо-литография М.П. Фроловой. Галерная ул., д. №6. 1905. 40 сь.
- Сывороткин В.Л. Водородная дегазация Земли и экологические проблемы // Окружающая среда и энергетика, 2021. №3. С. 75–90.
- Kuhn W., Rittmann A. Über den Zustand des Erdinnern und seine Entstehung aus einem homogenen Urzustand (О состоянии внутренней части Земли и её возникновении из однородного изначального состояния). Geologische Rundschau. 1941. Vol. 32. Ausg. 3. Pp. 215–256. [На нем. языке]
- Ритман А. Вулканы и их деятельность. Пер. с нем. — М.: Мир, 1963. 442 с.
- Маракушев А.А. Происхождение и эволюция Земли и других планет Солнечной системы. — М.: Наука, 1992. 203 с.
- Семенов Н.П. Кислородно-водородная модель Земли / Ин-т геохимии и физики минералов Академии наук УССР. — Киев: Наукова думка, 1990. 246 с.
- Скосарь В.Ю. Энергетические и экологические следствия из моделей Земли с флюидным металлическим ядром // Интернаука (Киев, Украина), 2018. №10. Т. 1. С. 15–23.
- Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. — М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. 250 с.
- Ларин В.Н. Строение Земли и водородная энергетика // Окружающая среда и энергетика, 2021. №3. С. 43–61.
- Larin V.N. Hydridic Earth: The new geology of our primordial hydrogen-rich planet (Гидридная Земля: новая геология нашей изначально богатой водородом планеты). Ed. on transl. by C.W. Hunt. Polar Publishing, Alberta, Canada. 1993. 248 p.
- Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). — М.: Изд-во «Агар», 2005. 242 с.
- Will natural hydrogen extracted from the ground be the next global gold rush? (Станет ли «природный» водород, добываемый из земли, следующей глобальной «золотой лихорадкой»?) [Электр. текст]. Hydrogen Insight от 05.06.2023. Режим доступа: hydrogeninsight.com. Дата обраш.: 15.10.2023.
- Prinzhofer A., Tahara Cissé C.S., Diallo A.B. Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakébougou (Mali) (Открытие большого скопления природного водорода в Буракебугу (Мали)). International Journal of Hydrogen Energy. 2018. Vol. 43. Issue 42. Pp. 19315–19326.
- Zgonnik V. The occurrence and geoscience of natural hydrogen: A comprehensive review (Возникновение и геофизика природного водорода: всесторонний обзор). Earth-Science Reviews. Vol. 203. 2020.
- Полеванов В.П. Природный водород. Предварительное руководство для поисков // Недра, 2022. №4. С. 4–11.
- Лукашов А.А. Перспективные геотермальные зоны на территории России // Окружающая среда и энергетика, 2022. №3. С. 25–38.
- Осман А. Бурят наудачу: почему стартапы бросились искать запасы природного водорода [Электр. текст]. Forbes от 08.06.2023. Режим доступа: forbes.ru. Дата обраш.: 20.09.2023.
- Франция впервые выдала лицензию на разведку месторождений «белого» водорода [Электр. текст]. Neftegaz.ru от 04.12.2023. Режим доступа: neftegaz.ru. Дата обраш.: 06.12.2023.
- ОК 032-2002. Общероссийский классификатор полезных ископаемых и подземных вод (с попр. и Изм. №№1/2011, 2/2012, 3/2014, 4/2017, 5/2023) / Утв. пост. Госстандарта России от 25.12.2002 №503-ст.
- Об утверждении Изменения 5/2023 ОКПИИПВ к Общероссийскому классификатору полезных ископаемых и подземных вод: Приказ Росстандарта от 07.07.2023 №490-ст.
- Водород в России можно будет разведывать и добывать [Электр. текст]. ИА «Нефть и Капитал» от 25.06.2023. Режим доступа: oilcapital.ru. Дата обраш.: 05.09.2023.

# Kiturami

НАДЕЖНЫЕ КОТЛЫ ИЗ КОРЕИ



НАСТЕННЫЕ  
И НАПОЛЬНЫЕ  
ГАЗОВЫЕ КОТЛЫ,  
ДИЗЕЛЬНЫЕ КОТЛЫ,  
ПЕЛЛЕТНЫЕ КОТЛЫ,  
ТВЕРДОТОПЛИВНЫЕ КОТЛЫ

ООО «КИТУРАМИ РУС»



8-800-707-25-02



info@kituramirus.com



www.kituramirus.com

117342, Россия, г. Москва, ул. Бутлерова, 17, БЦ «Нео Гео», офис 2010

РЕКЛАМА



**АРЕНДА  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ИНСТРУМЕНТА**



**БОЛЕЕ 23 000 SKU  
В НАЛИЧИИ НА СКЛАДЕ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОНТАЖ, СЕРВИС,  
ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ**

**ДОСТАВКА ГРУЗОВ  
ПО ВСЕЙ РОССИИ**



**53** ФИЛИАЛА

**36**  
ГОРОДОВ

**ПРОГРАММА ЛОЯЛЬНОСТИ  
ДЛЯ МОНТАЖНИКОВ**

- Особые условия и скидки в личном кабинете
- Начисление бонусов с каждой покупки
- Оплата товаров бонусами

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

