



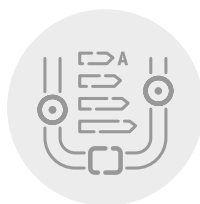
6

Промклиматика
на Форуме[®]
в Екатеринбурге



30

О нахождении
железа
в воде



32

Экономия
энергии в системе
теплоснабжения



62

Холод для
высотных
зданий

TUVOG[®]

ДОСТИЖЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



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 «СПбГГТУ»

В.И. Прохоров, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»

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, ИЭТ 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

E-mail: media@mediatechnology.ru

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС77-56668.

Подписной индекс: П1895.

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

Адрес в Интернете

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

Отпечатано в типографии

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

Тираж 15 000 экз. Цена свободная.

Выпуск № 260 (08/2023). Дата выхода: 25.09.2023.

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

ISSN 1682-3524

Новости

2

События

[Новые филиалы LUNDA в Казани и Великом Новгороде](#)

5

Интервью

[Форум по промышленному кондиционированию — место встречи профессионалов](#)

6

ВМ-проектирование

[Моделирование системы вентиляции насосной ПДВ обобщёнными элементами с помощью Model Studio CS Отопление и вентиляция](#)

10

[Завод внедряет «цифру»](#)

12

Сантехника и водоснабжение

[«РОСТерм» — с гордостью сделано в России! Новые рынки и новый бренд MIRKL продукции из полимерных материалов](#)

14

[Обратный клапан Теслы раскрыл свой секрет через 100 лет](#)

16

[Взгляд не математика на теорию электропроводности](#)

20

[водных растворов сильных электролитов](#)

20

[Применение стеклопластиковых труб в качестве ограждающих конструкций водопроводных сооружений](#)

26

[К вопросу о нахождении железа в воде](#)

30

Отопление и ГВС

[Разработка методов энергосбережения элементов теплоснабжения](#)

32

[Котлы «Лемакс» серий Prestige, Uno, Omega, Omega E — котлы нового поколения](#)

36

[Обязательная сертификация радиаторов отопления и полимерных труб в 2023 году](#)

38

[«Изотерм» развивает направление дизайна в приборах отопления](#)

44

[Промышленные котлы Kiturami](#)

46

[Автономное отопление для небольшого коммерческого помещения: нюансы расчёта и установки газовых котлов](#)

48

[Fondital: котлы и радиаторы для комфорта в доме](#)

52

[Проблемы межсекционного соединения биметаллических радиаторов отопления](#)

54

Кондиционирование и вентиляция

[17 лет инноваций ТИОН для здорового дыхания: решения, которые меняют жизни](#)

58

[Системы кондиционирования высотных зданий](#)

62

Энергосбережение и ВИЭ

[Направления снижения углеродного следа энергосистем Мурманской области](#)

66

[Использование возобновляемых энергоресурсов для теплоснабжения объектов и поселений в регионах РФ](#)

69

[Применение плавучих приливных электростанций в энергосистемах Арктической зоны России](#)

72

[Импортозамещение есть? Нет? А когда будет?](#)

74

References

78

Одной строкой

:: Ставропольский край стал лидером по установленной мощности объектов ВИЭ-генерации в России. Об этом сообщили агентству ТАСС в Ассоциации развития возобновляемой энергетики (АРВЭ). Общий объём установленной мощности на Ставрополье достиг 853 МВт, из которых 775 МВт приходится на объекты, функционирующие в рамках механизма поддержки ДПМ ВИЭ (договоров о предоставлении мощности возобновляемых источников энергии).



:: По данным Bloomberg New Energy Finance (BNEF), по всему миру устанавливается в среднем более 1 ГВт новых солнечных электростанций в день, при этом вклад Китая превышает половину этого объёма. Этой информацией поделился в сети LinkedIn европейский энергетический аналитик Джерард Рид (Gerard Reid), сообщает Renen.ru.

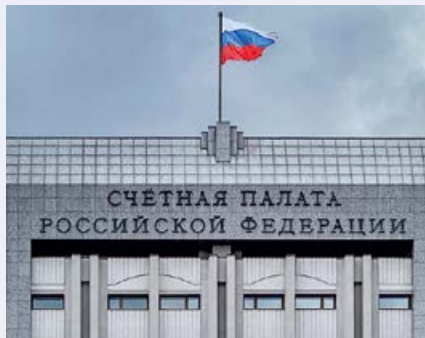


:: Правительство России и ПАО «АФК «Система» заключили соглашение о намерениях по развитию водородной энергетики. Документ подписали заместитель председателя Правительства РФ Александр Новак и президент АФК «Система» Тагир Ситдеков, сообщает Government.ru.

:: Учёные из Университета Стратклайда (Глазго) создали цифровой инструмент GOMap (Geospatial Opportunity Mapping — геопространственное картирование возможностей) для геопространственного картирования, который позволяет выбирать оптимальные участки для размещения ветровых и солнечных генераторов. Разработка может помочь муниципалитетам и генерирующим компаниям в поиске и согласовании локаций для строительства электростанций. Результаты исследования опубликованы в журнале SoftwareX.

Энергоэффективность

Счётная палата оценила работу по повышению энергоэффективности МКД



Меры, направленные на повышение энергоэффективности многоквартирных домов (МКД), пока недостаточны для достижения целей госполитики в сфере энергосбережения. Как показал проведённый Счётной палатой анализ, количественные показатели по снижению потребления энергоресурсов и выбросов парниковых газов в отношении суще-

ствующего жилищного фонда не установлены, соответствующие стимулирующие механизмы для застройщиков и собственников жилья не созданы, а действующие инструменты господдержки жилищного строительства не нацелены на возведение высокоэнергоэффективных домов.

Итоги реализации программных документов в сфере энергосбережения, действовавших в период с 2001 по 2022 годы, свидетельствуют о низком проценте выполнения контрольных показателей эффективности и запланированных мероприятий.

Так, например, из 44 целевых индикаторов и показателей, предусмотренных ГП «Энергоэффективность и развитие энергетики» от 2013 года, не достигнуты значения 18 показателей, из 15 основных мероприятий одной из ГП-2014 фактически финансировались и реализовывались только восемь (53%).

Источник: ash.gov.ru

Royal Thermo

Royal Thermo выпустил два миллиона стальных панельных радиаторов

На заводе стальных панельных радиаторов (СПР) промышленной группы Royal Thermo, резидента технопарка «Русклимат ИКСЭл» в городе Киржач Владимирской области, сошёл с конвейера двухмиллионный радиатор. Им стал радиатор Compact — самая популярная серия производителя.

Первый прибор завод СПР выпустил в середине 2019 года. В настоящее время ассортимент стальных панельных радиаторов под брендом Royal Thermo превышает 30 тыс. моделей в трёх дизайнерских цветах для всех типов объектов и технических решений. Завод СПР успешно реализует государственную программу импортозамещения. Локализация производства составляет 99%. Основные комплектующие поставляют отечественные компании.



Стальные панельные радиаторы под брендом Royal Thermo в настоящее время являются самыми прочными приборами на радиаторном рынке России. Они производятся в соответствии с ГОСТ 31311 и имеют рабочее давление 10 бар. Последние испытания на разрыв доказывают их устойчивость под давлением до 42 бар. На сегодняшний день это самые высокие значения, подтверждённые результатами тестов.

На заводе СПР используется специализированная сталь толщиной 1,2 мм от двух крупнейших евразийских металлургических комбинатов — ПАО «Северсталь» и ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Она выплавляется специально для Royal Thermo и обладает эксклюзивно подобранными физико-химическими свойствами и уникальным смазывающим составом.





Обратный клапан Теслы раскрыл свой секрет через 100 лет

Обратный клапан играет важную роль в водопроводной и отопительной системе. Его разные типы и модели представлены на рынке в большом ассортименте, но обратного клапана Николы Теслы среди них нет. Выдающийся учёный сербского происхождения больше известен изобретениями в области электро- и радиотехники, а его новшества в инженерной сантехнике остаются в тени. Клапан Теслы, изобретённый им в 1916 году, оказался настолько необычным, что разобраться в его конструкции и найти ему применение смогли совсем недавно.

Автор: Анар ГАСИМОВ, журналист,
автор проекта «Арматура из прошлого»

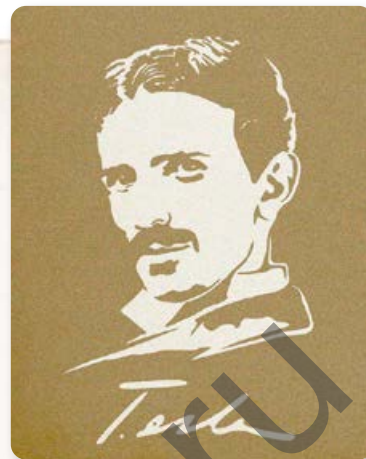
Простой и сложный клапан

На протяжении 100 лет обратный клапан Теслы (патент [1]) оставался загадкой для специалистов и производителей инженерной сантехники. Принцип работы устройства вызывал вопросы, поэтому найти ему применение и запустить в массовое производство никто не решался.

Ничего общего с классическими обратными клапанами творение Теслы не имеет. Теоретически монолитная конструкция клапана без встроенных и заменяемых внутренних деталей позволяет эксплуатировать изделие неограниченное время, поэтому в научных кругах его в шутку называли «вечным». Чем же отличается это изобретение от современных моделей и в чём его особенность?

Обратный клапан Теслы представляет собой канал сложной формы со множеством ответвлений и закруглённых боковых проходов. Внутренняя конструкция изделия в разрезе напоминает ёлку (рис. 1). Тесла установил, что «ёлочная» структура позволяет потоку двигаться по трубе только в одном направлении и не даёт ему развернуться в обратную сторону из-за возникающей в боковых проходах физической реакции.

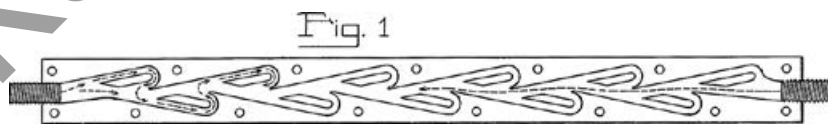
Это открытие опередило время и оказалось непонятым! Необычный клапан без пружин, дисков и других механических элементов не смог вызвать доверие и убедить производителей в своей эффективности и надёжности.



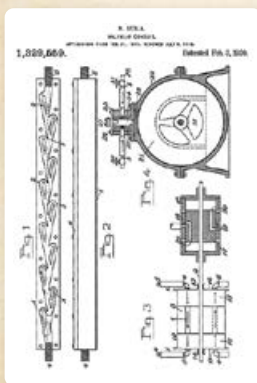
✚✚ Никола Тесла (1856–1943) — американский инженер, учёный-физик и изобретатель сербского происхождения и просто «Человек, который придумал XX век»

Изобретение Теслы на долгие годы ушло в забвение, пока учёные не нашли оригинальные чертежи. Они изготовили точную копию забытого клапана и даже протестировали её в лабораторных условиях. Через экспериментальную модель пропускали воду под разным давлением при малых, средних и высоких скоростях потока, и только после этого клапан раскрыл свой секрет [2].

Специалисты пришли к выводу, что «ёлочная» конструкция действительно может препятствовать потоку повернуть обратно за счёт нарастающей турбулентности воды, но, как оказалось, она появляется лишь при определённых условиях.



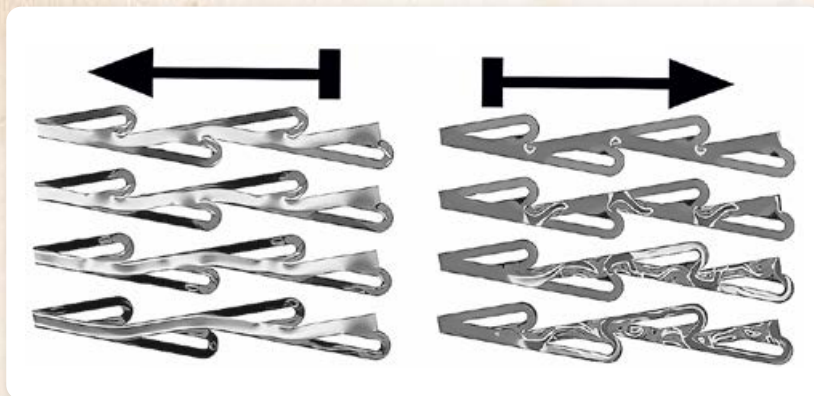
✚✚ Рис. 1. Структура проточной части обратного клапана Теслы из его патента [1]



Никола Тесла и его патент

«Да будет известно, что я, Никола Тесла, гражданин Соединённых Штатов, проживающий в Нью-Йорке, в графстве и штате Нью-Йорк, изобрёл некоторые новые и полезные усовершенствования клапанных каналов, полное описание которых приводится ниже...» Так начинается патент на «клапанный трубопровод» [1] — одно из самых необычных творений Теслы. Гениальный изобретатель критикует имеющиеся конструкции клапанов за наличие подвижных элементов и заявляет, что «...я первый открыл устройство, выполняющее функцию клапана без использования движущихся частей».

В своём патенте Тесла подчёркивает, что специфический профиль канала его клапана «...будет иметь полный эффект только тогда, когда [транспортируемая] жидкость подаётся импульсами». Он утверждает, что «высокая эффективность устройства... обусловлена двумя причинами: быстрым изменением направления течения и большой относительной скоростью сталкивающихся потоков жидкости».



⚡ Течение жидкости в обратном клапане Теслы — в одном направлении (справа налево) поток проходит свободно, однако в обратном направлении он успешно тормозится

«Клапан Тесла ведёт себя как своеобразный переключатель, чьё состояние зависит от того, насколько высок уровень турбулентности жидкости внутри него. В том случае, если жидкость течёт достаточно медленно и упорядоченным образом, изобретение Теслы почти не мешает её движению, пропуская её в обе стороны. Если же этот показатель повышается до некой критической отметки, то клапан перестаёт пропускать воду в обратную сторону», — отмечено в публикации [3].

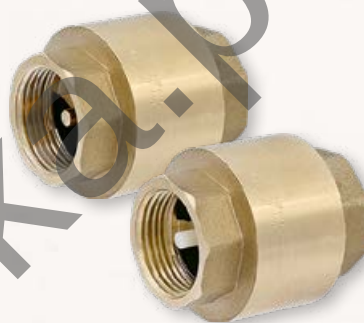
Изобретение Тесла и современные обратные клапаны

Особенностью клапана Теслы является отсутствие в монолитной конструкции пружин, дисков, кольцевых уплотнений и других деталей, которые выполняют роль запорных элементов в современных моделях (фото 1).

Можно ли без них обойтись? Давайте разберёмся! Вот, например, обратные клапаны с пружинным осевым пластиковым или латунным механизмом (фото 2).



⚡ Фото 1. Современные клапаны



⚡ Фото 2. Обратные клапаны с пружинным пластиковым или латунным механизмом

Внутри корпуса этих клапанов находится муфта с седлом, запирающий шток с диском, пружина и кольцевое уплотнение. Когда поток движется по трубопроводу, он давит на диск запирающего штока, преодолевая сопротивление пружины, и тем самым открывает клапан. Шток выдвигается из седла муфты в зависимости от напора воды, проходящей через клапан. Если потока нет или он разворачивается, то пружина вдавливает диск запирающего штока обратно в седло и герметично закрывает клапан, тем самым блокируя обратный поток.

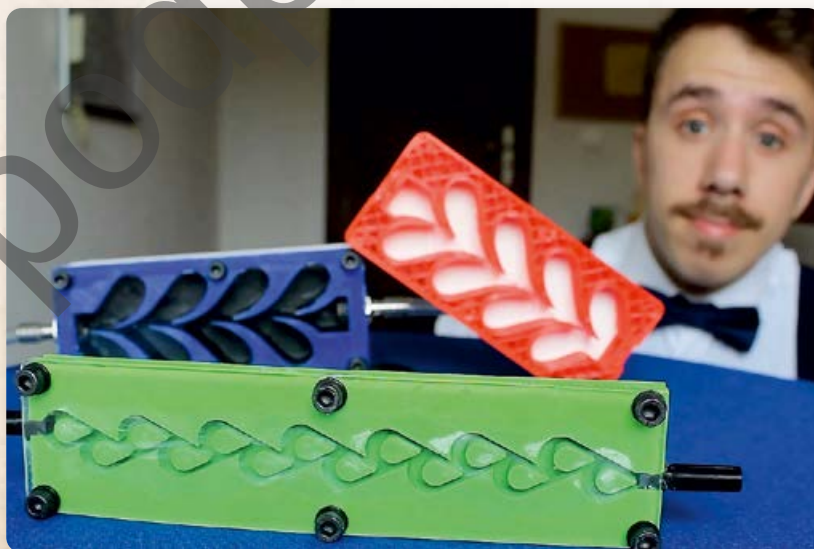


⚡ Фото 3. Обратный клапан с дисковым затвором для систем водоснабжения и отопления

А вот пример другого обратного клапана с дисковым затвором (фото 3). У него конструкция без пружины, чтобы минимизировать гидравлическое сопротивление. Этот клапан можно устанавливать вертикально и горизонтально, но так, чтобы пластина была закрыта. Поток давит на дисковый затвор и, преодолевая сопротивление его веса, поднимает пластину и клапан открывается. Если потока нет или он меняет направление, то собственный вес затвора возвращает его в исходное положение и герметично закрывает клапан.

Таким образом, механизмы современных клапанов быстро срабатывают и способны блокировать обратный поток независимо от его силы, что не всегда удаётся сделать клапану Тесла из-за изменчивых условий турбулентности.

Если, к примеру, обратный клапан Тесла установить на трубопроводе с насосным оборудованием, то он не сможет гарантировать защиту насоса от поломки, и вот почему. Обратный клапан должен перекрывать путь воде и предотвращать её возврат по трубам обратно в скважину при остановке насоса. Стоит насосу перестать работать, то без обратного клапана вся вода из труб и даже накопительного бака быстро уйдёт. Но без работающего насоса сила потока падает, поэтому, медленно двигаясь в обратную сторону самотёком, вода будет свободно проходить через клапан Тесла, не вызывая в нём сильной турбулентности.



⚡ Пластиковые модели обратного клапана Теслы

Свободно минувая клапан Теслы и не задерживаясь в нём, поток будет раскручивать крыльчатку насоса в противоположном направлении, что может привести к поломке оборудования. К тому же, если вся вода из трубопровода стечёт вниз, то при запуске насос будет работать какое-то время «на сухую», что не рекомендуется, а центробежный насос просто не сможет работать без воды.

Вечный клапан – иллюзия?

Клапан Теслы, хотя и называется «обратным», не всегда может оправдать своё название, в отличие от современных моделей с моментально срабатывающими запорными механизмами. Они, конечно, рассчитаны на определённый срок эксплуатации, после чего могут выйти из строя, в отличие от «вечного» клапана. Но насколько конструкция клапана Теслы «вечна»? Может, это иллюзия? Давайте разберёмся!



:: Фото 4. Магистральные клапаны-фильтры грубой очистки

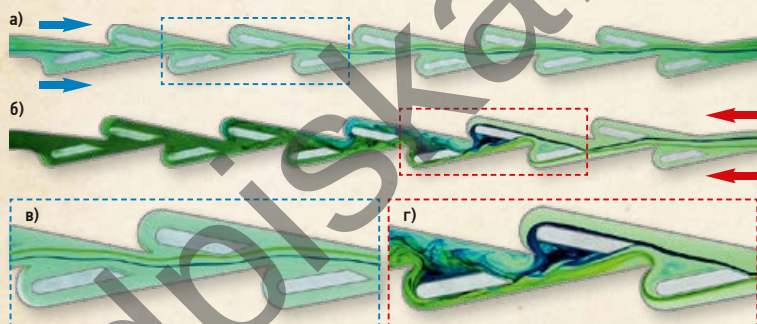
Довольно часто в воде из колодца или скважины присутствуют посторонние примеси, например, песок, частицы глины и мелкие камешки. Насосное оборудование закачивает загрязнённую воду в трубопроводную систему, и она проходит через обратный клапан. Если в современных моделях поток проталкивает воду с примесями через дисковый затвор или

шток, то в клапане Теслы из-за сложности конструкции (множества ответвлений и закруглённых боковых проходов) посторонние частицы будут застревать и накапливаться внутри устройства. Постепенно в проходах будут образовываться засоры и пробки, которые перекроют дорогу потоку, и тогда «вечный» клапан выйдет из строя. Такая ситуация вполне возможна, и она складывается не в пользу обратного клапана Теслы.



Клапан Теслы и число Рейнольдса

Обратный клапан Никола Теслы интересует научное сообщество и по сей день, поскольку определённо скрывает малоизученные нюансы течения жидкости по каналам сложной формы. В 2021 году специалисты из Курантовского института математических наук (CIMS) при Нью-Йоркском университете (NYU) исследовали это изобретение «Человека, который придумал XX век», проведя тестирование для различных потоков [2].



:: Рис. 2. Визуализация с использованием красителя «прямого» (а, в) и «обратного» (б, г) потоков внутри клапана Теслы при числе Рейнольдса $Re = 200$ [2]. В «обратном» потоке струи быстро отклоняются от прямолинейного движения, смешиваются и тормозятся

Было установлено, что в случае спокойного (ламинарного) течения, при котором жидкость перемещается слоями без перемешивания и пульсаций (число Рейнольдса $Re < 100$), клапан Теслы не работает, позволяя потоку двигаться в обе стороны. Однако в «обратном» потоке очень быстро, при аномально низком критическом числе Рейнольдса $Re_{кр} = 100-300$, начинается переход к турбулентному течению (рис. 2), и сопротивление проточной части канала резко увеличивается. Следует отметить, что для цилиндрической трубы $Re_{кр}$ составляет 2000. При $Re = 300-1500$ сопротивление клапана «обратному» потоку оказывается минимум в два раза больше, чем «прямому».

Таким образом, периодическая «ёлочная» структура проточной части канала Теслы за счёт выемок, выступов и перегородок предполагает усиленное боковое отклонение струй жидкости при её движении в «обратном» направлении, что приводит к сильному перемешиванию потока, потере его энергии за счёт взаимного трения струй и, соответственно, торможению. Предельно упрощая, можно констатировать, что «машинка» Теслы просто и эффективно преобразует кинетическую энергию потока в потенциальную, тем самым фактически «запирая» движение жидкости в «ненужном» направлении.

Вместе с тем, в некоторых многоквартирных домах и других зданиях в водопроводных системах также наблюдается высокое содержание механических примесей. И здесь клапану Теслы не повезло! Хотя засориться в загрязнённой воде может не только «вечный» клапан, но и современное изделие. В связи с этим сантехники и монтажники рекомендуют устанавливать перед обратным клапаном магистральный фильтр грубой очистки, показанный на фото 4.

В противном случае механические частицы и взвеси могут забить обратный клапан, нарушить герметичность устройства и ограничить его запирающую способность.

К счастью, обратные клапаны Теслы нашли свой путь и «выходят из тени». Учёные собираются задействовать турбулентные возможности их конструкции в разных областях. В частности, «...для создания различных помп, способных использовать вибрации, вырабатываемые двигателями автомобилей и промышленных установок, для прокачки топлива, охлаждающих жидкостей, масла и прочих газов и жидкостей. Это значительно упростит их конструкцию и продлит их сроки работы», — отмечено в публикации ТАСС [3].

1. Патент US1329559A. Клас.: F15C1/00. Valvular conduit [Клапанный трубопровод] / Nikola Tesla [Никола Тесла]. Заявл.: 21.02.1916; опубл.: 03.02.1920.
2. Nguyen Q.M., Abouezzi Jo., Ristroph L. Early turbulence and pulsatile flows enhance diodicity of Tesla's macrofluidic valve [Преждевременная турбулентность и пульсирующие потоки усиливают запирающие свойства обратного клапана Теслы для макропотоков жидкости]. Nature Communications. 2021. Vol. 12. No. 2884. 12 p.
3. Раскрыт секрет работы «вечного» обратного клапана Никола Теслы [Электр. текст]. «ТАСС-Наука» от 17.05.2021. Режим доступа: nauka.tass.ru. Дата обращения: 05.07.2023.

Автономное отопление для небольшого коммерческого помещения: нюансы расчёта и установки газовых котлов

Газовые котлы становятся всё более популярными для отопления коммерческих площадей и нередко используются для обеспечения зданий горячим водоснабжением. О том, какие нюансы необходимо учесть при расчёте и подборе газового оборудования, рассказывает эксперт «Леруа Мерлен».

Особенности газового отопления коммерческих помещений

Автономное отопление с помощью газовых котлов считается одним из лучших вариантов для небольших коммерческих помещений. Такой способ экономически выгоден за счёт использования оптимального количества энергии и минимизации нерациональных расходов. Кроме того, с помощью автономного отопительного прибора температура воздуха поддерживается в необходимых для нужд помещения пределах.

КПД и экономичность

Газовые котлы отличаются высоким КПД и экономичностью за счёт низкой стоимости топлива. Грамотная организация работы автономного отопления обеспечивает безопасность и комфорт нахождения людей в здании. Газовые котлы уменьшают концентрацию кислорода и влажность воздуха, поэтому требуют установки в специально оборудованной котельной. Их изоляция от помещений основного назначения и установка дымоотвода необходима для предупреждения возникновения взрыва и пожара. В соответствии со СНиП 42-01-2002 для обеспечения пожарной безопасности в помещении должны быть установлены датчики контроля загазованности.

Организация отопления коммерческих помещений регулируется Сводом Правил 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». Он регламентирует виды зданий, допускаемых к установке индивидуального теплоснабжения. К таковым относятся жилые, административные, общественные, производственные здания, гостиницы, мотели, амбулаторно-поликлинические спортивные учреждения, предприятия торговли,

Грамотная организация работы автономного отопления обеспечивает безопасность и комфорт нахождения людей в здании. Организация отопления коммерческих помещений регулируется Сводом Правил 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»

питания, объекты связи, клубные и досугово-развлекательные учреждения. Каждый из видов зданий должен иметь определённую площадь, этажность и прочие параметры, указанные в п. 6.6.1.

Автоматизация газовых котлов позволяет поддерживать установленную оператором температуру в помещении. Параметры микроклимата для жилых и общественных зданий указаны в ГОСТ 30494-2011 и СП 118.13330.2012. В холодный период года температура воздуха общественных и административно-бытовых зданий не должна опускаться ниже 12 °С, в производственных помещениях — ниже 5 °С. В соответствии со стандартами максимальной температурой теплоносителя считается 90 °С, а давление в контуре не должно превышать 1 МПа.

Использование котла требует получение разрешения на установку газового оборудования в контролирующей организации. Для этого нужно получить ТУ и разрешение на монтаж котла. Согласование документов длится до трёх месяцев, поэтому вопросы установки газового отопительного оборудования следует решать до завершения строительных работ. После получения разрешения собственник обязан ежегодно проводить ТО газового котла путём заключения договора на техобслуживание с уполномоченной компанией.



Автор: Алексей ЧИСТЯКОВ, специалист по продажам, отдел работы с профессиональными и корпоративными клиентами, «Леруа Мерлен Иваново»

Технические характеристики газового котла

Выбор газового котла осуществляется по его техническим характеристикам, соответствующим нуждам конкретного помещения. Основопологающим параметром, влияющим на эффективность отопительного прибора, считается его мощность. Совокупность остальных характеристик определяет надёжность и стабильность работы котла.

Мощность

Влияет на производительность оборудования. Чем выше значение, тем большие площади способен отапливать котёл. Расчёт мощности, необходимой для нужд того или иного помещения, производится по формулам и учитывает конструктивные особенности здания и климатические условия окружающей среды.

Материал теплообменника

В приоритете — нержавеющая сталь, стойкая к коррозии и облегчающая вес конструкции. Медь более подвержена коррозии и накоплению осадка, а чугун, несмотря на отличные эксплуатационные свойства, увеличивает вес котла и способен потрескаться при перепадах давления или температур.

Давление воды в контуре

Уровень давления определяет стабильность подачи ГВС при малом протоке, эффективность нагрева теплоносителя и температуру воздуха в помещении.

Системы защиты

Встроенные автоматические системы предупреждают работу котла при аварийных состояниях и оповещают при обнаружении неисправностей. К таковым относятся система защиты от блокировки насоса, функция антизамерзания системы отопления, электрозащита, самодиагностика и пр.

Уровень шума

Данный параметр зависит от типа горелки. Наименьшим уровнем шума обладают атмосферные горелки — до 38 дБ(А), шум от вентиляторных горелок достигает 60 дБ(А).

Режимы работы

Современные газовые котлы имеют несколько режимов работы, например, «присутствие», «отсутствие» и «сон». Это особенно актуально для коммерческих помещений, не имеющих требований к поддержанию температурного режима в момент отсутствия сотрудников. Снижение



мощности работы котла в ночной период позволяет экономить топливо и электроэнергию.

Классификация по количеству контуров

Одноконтурные

Предназначены только для отопления помещения. Используются в зданиях и сооружениях с централизованной подачей горячей воды или в комплексе с водонагревательным оборудованием.

Двухконтурные

Имеют две независимые магистрали, параллельно отвечающие за горячее водоснабжение и отопление. Актуальны для помещений с отсутствующим горячим водоснабжением. Магистрали работают поочередно — при включении горячей воды нагрев батарей прекращается. Поддержание стабильной температуры теплоносителей и ГВС обеспечивается путём выбора котла с увеличенной на 30–40 % мощностью относительно рассчитанного параметра.



Классификация по способу установки

Настенные или навесные

Компактны, имеют среднюю мощность 12–60 кВт, за счёт чего используются в помещениях площадью около 100–300 м². Настенные котлы чаще всего имеют закрытую камеру сгорания и устанавливаются в любом помещении на капитальную стену на расстоянии не менее 0,8 м от пола и 0,5 м от потолка.

Напольные

Обладают мощностью до 300 кВт и способны отапливать площади до 3000 м². Применяются в крупных зданиях со специально оборудованными котельными. Помещение, в котором устанавливается котёл, должно иметь высоту потолков не менее 2 м, достаточно свободного пространства для доступа к котлу и его обслуживанию, а также напольное покрытие из несгораемых материалов и оштукатуренные стены.

Установка газовых котлов производится в соответствии со СНиП 41-01-2003, СНиП 42-01-2002, СНиП 21-01-97, СНиП 2.04.08-87, ГОСТ Р 58095.0-2018.

По типу камеры сгорания

С открытой камерой сгорания

Данный тип котлов расходует кислород из помещения и устанавливается в специально оборудованных котельных площадью не менее 8 м². Для сохранения качества воздуха требуется окно для естественной вентиляции и установка приточно-вытяжной вентиляции с сечением отверстия не менее 0,02 м².

Котлы с открытой камерой сгорания оснащаются дымоходом, длина которого для поддержания нужной тяги должен быть не менее 5 м.

С закрытой камерой сгорания

Оборудованы коаксиальным дымоходом, то есть двухконтурной конструкцией из труб разного диаметра, использующейся для принудительного удаления продуктов горения при помощи вентиляторов и поступления кислорода с улицы в систему. Закрытая система воздухообмена не нуждается в установке дополнительной вентиляции и дымоотвода.

Для небольших коммерческих зданий оптимальным вариантом считается организация отопления с помощью навесного двухконтурного газового котла с закрытой камерой сгорания. Такой котёл экономит площадь, облегчает процесс монтажа и обслуживания и надёжно обеспечивает сотрудников и клиентов горячей водой.

Расчёт мощности газового котла

Упрощённый расчёт сводится к соответствию 1 кВт мощности оборудования на каждые 10 м² площади помещения. Данный метод неточен и не учитывает конструктивные особенности здания и прочие факторы, влияющие на достоверность результата.

Расчёт должен проводиться с учётом тепловых потерь. Теплотери присутствуют в любом помещении и снижают эффективность работы газового котла. Мощность отопительного оборудования должна компенсировать количество выходящего тепла для достижения нужной температуры в помещении. Наибольшее влияние на теплотери оказывают климатические особенности региона, габариты помещения и качество теплоизоляции самого здания.

Чем больше факторов будет учтено в ходе расчёта, тем эффективнее будет функционировать выбранное на основании полученных результатов отопительное оборудование, и тем больший комфорт получит пользователь.

Упрощённый расчёт сводится к соответствию 1 кВт мощности оборудования на каждые 10 м² площади помещения. Данный метод неточен и не учитывает конструктивные особенности здания и прочие факторы. Расчёт должен проводиться с учётом тепловых потерь

Для коммерческих помещений расчёт необходимо проводить по формуле:

$$P_k = Q_t k_z k_n,$$

где P_k — расчётная мощность котла, Вт; Q_t — прогнозируемые теплотери, Вт; k_z — коэффициент запаса; k_n — поправочный коэффициент, определяемый климатическими условиями региона (табл. 1).

Коэффициент запаса принимается равным $k_z = 1,2$, что соответствует увеличению рассчитываемой мощности на 20%. Запас мощности гарантирует достижение оптимальной температуры воздуха и защищает котёл от постоянных предельных нагрузок.

Теплотери вычисляются следующим образом:

$$Q_t = V \Delta t k_p,$$

где V — объём помещения; Δt — разница температур между помещением и открытым воздухом, °C; k_p — коэффициент рассеивания, величина которого определяется теплоизоляцией здания (табл. 2).



табл. 1

Поправочный коэффициент по регионам РФ

Регион Российской Федерации	k_n
Южный	0,9
Средняя полоса	1,2
Северный	2,0
Москва и Московская область	1,5

табл. 2

Коэффициент рассеивания для ограждающих конструкций

Тип здания	k_p
Без теплоизоляции, простая конструкция из дерева или гофрированного железа	3,0–4,0
Низкая теплоизоляция, одинарная кладка кирпича с обычными окнами и крышей	2,0–2,9
Средний уровень теплоизоляции, наружное утепление стен здания, стандартная крыша и уменьшенное количество окон	1,0–1,9
Высокий уровень теплоизоляции, утепление пола, крыши и стен, окна с двойными стеклопакетами	0,6–0,9

Рассмотрим пример

Отдельно стоящий спа-салон в городе Казани площадью $S = 130$ м² и высотой потолка $h_n = 3$ м. Здание со средним уровнем теплоизоляции и стандартным количеством окон, поэтому примем $k_p = 1,9$. В соответствии с географическим положением $k_z = 1,2$.

Первоначально рассчитываем объём помещения:

$$V = S h_n = 130 \times 3 = 390 \text{ м}^3.$$

По СанПиН 2.1.2.2631–10 температура в помещениях, оказывающих косметические услуги, должна составлять 21–23 °C в холодное время года. Для расчёта примем среднее значение 22 °C. В соответствии со значениями данных последних лет минимальная среднемесячная температура в зимний период в Казани составляет –22 °C.

Расчёт разницы температур:

$$\Delta t = -22 + 22 = 44 \text{ °C}.$$

Величина теплотери будет равна:

$$Q_t = 390 \times 44 \times 1,9 = 32\,604 \text{ Вт}.$$

Для удобства расчёта округлим величину теплотери до 32,6 кВт. Мощность котла:

$$P_k = 32,6 \times 1,2 \times 1,2 = 46,08 \text{ кВт}.$$

Следовательно, для отопления рассматриваемого спа-салона требуется установка газового котла мощностью 46 кВт. Данное значение актуально для одноконтурного котла. Расчёт двухконтурного отопительного оборудования подразумевает увеличение получившегося значения ещё на 30–40%.

Разберём этот же пример с использованием упрощённой формулы. Для этого не будем учитывать теплотери и используем метод, определяющий мощность котла P_k с учётом 1 кВт на 10 м²:

$$P_k = \frac{S}{10} k_z = \frac{130}{10} \times 1,2 = 15,6 \text{ кВт}.$$

Большая разница в полученных значениях доказывает, что расчёты котла без учёта теплотери малоинформативны и могут привести к выбору оборудования, не соответствующего нуждам помещения.

Выводы

Газовые котлы составляют достойную конкуренцию электрическим и дизельным котлам за счёт высокого коэффициента полезного действия и экономичного топлива. Они не нуждаются в частом обслуживании, полностью автоматизированы и работают без активного участия оператора.

Главное условие эксплуатации газового котла — установка оборудования в соответствии с требованиями, регламентированными нормативными документами. ●

Системы кондиционирования высотных зданий

Инженерная задача обеспечения высотных зданий теплом, холодом, свежим воздухом сложна, но тем и интересна. В статье рассмотрены варианты систем кондиционирования воздуха на примере двух необычных объектов: здание башни Бурдж-Халифа (Дубай, ОАЭ) и здание отеля Ritz-Carlton (Джакарта, Индонезия). Оба здания находятся в жарком климате, и роль системы охлаждения очень высока.

Города растут, растут не только в ширину, но и в высоту. Зданиями 25 этажей уже никого не удивить, обычное жилое здание в Китае сегодня строится на 30 этажей. Административные здания в Китае, как правило, насчитывают 40 этажей и больше. Инженерная задача обеспечения таких зданий теплом, холодом, свежим воздухом сложна, но тем и интересна. Мы постараемся рассмотреть варианты систем кондиционирования воздуха на примере двух необычных объектов: здание башни Бурдж-Халифа (Дубай, ОАЭ) и здание отеля Ritz-Carlton (Джакарта, Индонезия). Оба здания находятся в жарком климате, и роль системы охлаждения здесь очень высока. Но системы кондиционирования у них отличаются принципиально, поэтому нам интересно провести сравнение и понять преимущества и недостатки каждого варианта.

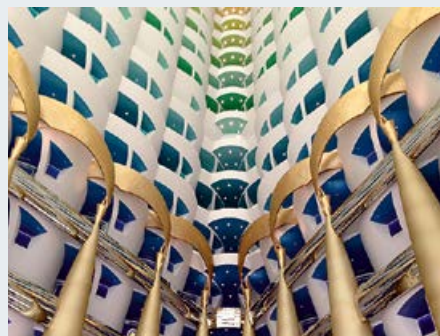
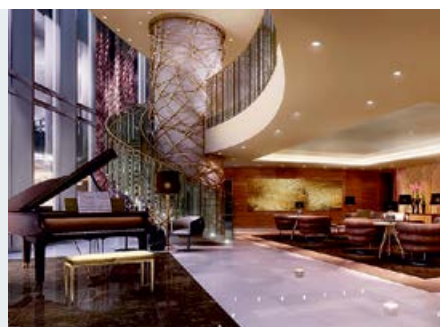
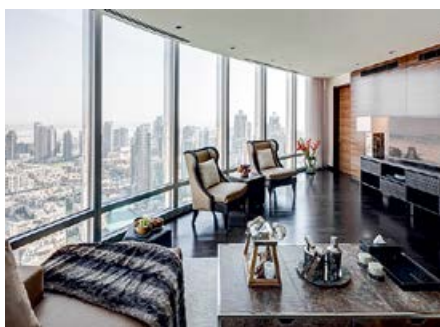
Здание Бурдж-Халифа

В здании Бурдж-Халифа применена система кондиционирования воздуха с водой в качестве холодоносителя. Холодильный центр с чиллерами типа «вода-вода» располагается отдельно от здания. Чиллеры охлаждают воду до температуры +5°C и подают её насосными станциями к зданию. Пониженная температура воды необходима для компенсации потерь в многочисленных теплообменниках, про которые мы расскажем чуть позже. Нагретая вода на выходе из охлаждающего контура чиллера через теплообменники нагревает морскую воду, которая, в свою очередь, сбрасывается в расположенный поблизости Персидский залив.



Здание башни Бурдж-Халифа (Дубай)

Здание имеет высоту 828 м, последний обслуживаемый этаж находится на высоте 586 м, поэтому гидростатическое давление водяного столба внизу здания могло бы достигать 60 атм. Это, конечно, очень много с точки зрения прочности трубопроводов и приборов — потребителей холода. Максимальное рабочее давление в системах водяного холодоснабжения составляет 10 атм (предельное давление при испытаниях равно 16 атм). Поэтому даже в случае использования высокопрочного оборудования давление водяного столба превышало бы максимально возможное в четыре (!) раза. Чтобы снизить давление, инженерам-разработчикам пришлось разделить водяной контур на семь частей.



Интерьеры внутреннего жилого пространства башни Бурдж-Халифа

Шесть технических зон разделяют здание на примерно равные по высоте части. Высота каждой части до 100 м, они объединяют 20–30 этажей. Следовательно, гидростатическое давление воды в нижней точке каждой части здания может достигать максимум 10 атм, что вполне приемлемо для современных фанкойлов и охладителей приточных установок — приёмников холода.

На технических этажах здания находятся теплообменники вида «вода-вода» системы холодоснабжения, которые разделяют холодильный контур на несколько частей — независимых по гидравлике холодильных контуров. Это необходимо как раз для снижения давления воды в нижней точке здания. Кроме теплооб-



менников, каждый холодильный контур для повышения надёжности системы включает насосы с резервированием. Расширительные баки компенсируют тепловое расширение и сжатие воды. Датчики расхода хладагента, датчики протечки, датчики давления контролируются единой системой управления зданием.

Особенностью системы кондиционирования является разработка специального аромата, созданного Armani, который подаётся на мембраны в системах приточной вентиляции и является эксклюзивным ароматом (!) только этого здания.

Следует отметить, что конденсат, образующийся от охлаждения вентиляционного воздуха, не сливается просто так в канализацию. Он используется для полива растений и функционирования фонтана (тоже самого большого в мире) рядом со зданием. Всего система охлаждения выделяет около 40 млн литров конденсата в год, терять которые в регионе с ограниченным количеством пресной воды крайне неразумно.



Здание элитного отеля Ritz-Carlton в Джакарте, Индонезия

Здание отеля Ritz-Carlton

Для охлаждения здания отеля Ritz-Carlton применяются системы кондиционирования воздуха типа VRF (Variable Refrigerant Flow, переменный поток хладагента). Концепция охвата здания — модульная. Один этаж обслуживается одним независимым холодильным контуром с тремя наружными блоками. Наружные блоки располагаются на каждом этаже здания отеля на специальных балконах.

Воздух, необходимый для охлаждения наружных блоков, забирается с одной стороны балкона, а выбрасывается с другой для предотвращения смешивания

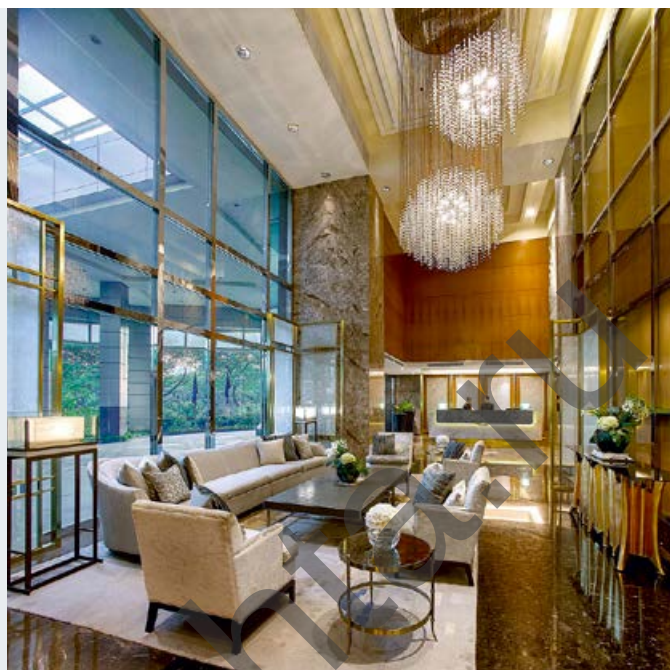


холодного и тёплого потоков. Расчётная температура воздуха в Джакарте составляет $+38^{\circ}\text{C}$ при влажности 80 %. Это значит, что энтальпия наружного воздуха просто огромная, и обязательно необходимо постоянное охлаждение и осушение приточного воздуха. Для этого используются канальные прямооточные внутренние блоки, охлаждающие наружный воздух с $+38^{\circ}\text{C}$ до расчётной температуры внутри здания $+27^{\circ}\text{C}$.

Удаление внутренних теплоизбытков и поддержание индивидуальной температуры в помещениях выполняется внутренними блоками VRF-системы.



Интерьеры отеля Ritz-Carlton в Джакарте — главный холл, номера и ванная комната



Центральный вход в здание Бурдж-Халифа (слева) и главный вестибюль отеля Ritz-Carlton в Джакarte

Сравнение систем

1. Энергоэффективность

Любой инженер, пройдя курс оптимизации технических решений, прекрасно понимает правило: чем ближе источник и приёмник холода, тем лучше с точки зрения энергоэффективности. Определим стандартную величину для любой холодильной системы — коэффициент Energy Efficiency Ratio (EER) или отношение максимальной производительности по холоду к максимальному энергопотреблению всей системы.

Для здания Бурдж-Халифа холодопроизводительность равна 45 MWt, а энергопотребление при этом составляет 28 MWt. Следовательно, коэффициент EER равен 1,61, что очень мало.

Почему так получилось? Перечислим основные факторы, определившие такой результат:

1. Потери энергии на привод насосов. Расстояние от источника холода (чиллер) до приёмника холода (фанкойлы) получилось просто огромным — больше одного километра. Если точнее, источником холода является даже не чиллер, а вода Персидского залива, так как именно туда идёт сброс тепла от здания, и на перемещение тёплой воды также тратится энергия. Чтобы прокачать такое огромное количество воды на большое расстояние, насосам требуется много энергии.

2. Потери на теплопередачу. Диаметры трубопроводов для подачи охлаждённой воды — около одного метра. А температура окружающего воздуха достигает 50 °C. В таких условиях даже эффективная теплоизоляция не является полной защитой от теплопотерь.

3. Многоступенчатая схема циркуляции холодоносителя.

Для уменьшения гидростатического давления в здании применяется разделение систем охлаждения по высоте на отдельные контуры. В каждом контуре присутствуют насосы, потребляющие энергию. Если в стандартной системе «чиллер — фанкойлы» присутствует один или два циркуляционных контура (на охлаждаемой и охлаждающей воде), то в этом случае их получилось восемь (один на охлаждающей воде и семь на охлаждаемой). Значит энергопотребление насосов как минимум в четыре раза больше.

4. Отсутствие регулирования расхода холодоносителя. Насосы всегда подают максимальный расход холодоносителя и, следовательно, всегда потребляют максимум электроэнергии.

5. Нестандартный перепад температур на чиллерах. Стандартные температуры входящей/выходящей воды в чиллерных системах составляют 7/12 °C. Но в данном случае эти температуры равны 5/14 °C, так как 2 °C теряется на многоступенчатой теплопередаче в противоточных теплообменниках и на нагрев в насосах. Энергии на охлаждение воды до 5 °C требуется больше, чем при охлаждении до 7 °C.

Проведя анализ системы кондиционирования здания Бурдж-Халифа, мы понимаем, что у инженера не было задачи построить экономичное здание. Это объясняется в том числе низкой стоимостью электроэнергии в стране. На декабрь 2022 года стоимость 1 кВт электроэнергии в ОАЭ для бизнеса — около 11 евро-центов [1]. Но основная цель — построить самое высокое здание в мире — была с успехом достигнута.

Сделаем аналогичный анализ для системы кондиционирования воздуха отеля Ritz-Carlton. Удобно посчитать энергоэффективность здания по одному типовому этажу. На одном этаже установлены две комбинированные системы VRF, с производительностью наружных блоков 90 кВт каждая, и прямоточная канальная установка для подачи свежего воздуха с производительностью 28 кВт.

Итого максимальная холодопроизводительность систем на одном этаже — 208 кВт, энергопотребление — 65 кВт. Следовательно, коэффициент EER равен 3,2, что в два раза выше, чем в предыдущем примере.

За счёт чего достигается такая эффективность? Перечислим главные факторы, повлиявшие на такой результат:

1. Один циркуляционный контур. Нет необходимости терять потенциал охлаждения в многочисленных водяных и фреоновых теплообменниках. Хладагент с одной стороны здания испаряется и непосредственно охлаждает воздух помещений, а с другой стороны конденсируется и сбрасывает теплоту в наружный воздух.

2. Регулируемый расход холодоносителя. Система подаёт столько фреона, сколько нужно в данный момент. Энергия на перекачивание всего объёма холодоносителя не тратится.

3. Температура кипения и температура конденсации максимально близки к температурам охлаждаемой и нагреваемой среды. Чем ближе температуры кипения и конденсации (и давления, соответственно), тем меньше энергии потребляет компрессор на сжатие, тем выше холодильный коэффициент.

❖ Распределение скорости воздуха и ветрового давления по высоте

табл. 1

Высота, м	Скорость воздуха на определённой высоте, м/с (ветровое давление, Па)				
10	2,0 (2,4)	4,0 (9,6)	6,0 (21,6)	8,0 (38,4)	10,0 (60)
50	4,6 (12,7)	6,0 (21,6)	8,4 (42,3)	9,6 (55,3)	12,0 (86,4)
100	5,6 (18,8)	7,6 (34,7)	10,2 (62,4)	11,2 (75,3)	12,0 (86,4)
200	7,0 (29,4)	9,6 (55,3)	12,0 (86,4)	13,6 (111)	14,0 (118)
300	7,6 (34,7)	10,4 (64,9)	13,2 (104,5)	15,5 (144)	16,0 (154)
400	8,0 (38,4)	11,2 (75,3)	13,8 (114,3)	16,8 (169)	18,0 (194)
500 и более	8,0 (38,4)	11,6 (80,7)	15,0 (135)	17,6 (186)	19,0 (216)

2. Компактность

Посчитаем площадь, задействованную под инженерные системы, в наших вариантах. В башне Бурдж-Халифа под инженерные системы отводится: 19 технических этажей здания, часть каждого этажа для расположения транзитных трубопроводов и воздухопроводов, непосредственно сам холодильный центр, площадь которого также необходимо учесть.

Площадь одного этажа составляет в среднем 2790 м². Значит, на все технические этажи отводится 53 010 м². Технический этаж используется не только для систем охлаждения и вентиляции здания, но также он необходим для систем водоснабжения и водоотведения. Однако с точки зрения занимаемой площади 90 % приходится именно на системы кондиционирования и вентиляции. Поэтому примем коэффициент 0,9, и итоговая цифра будет 53 010 × 0,9 = 47 709 м².

Площадь, занимаемая транзитными трубопроводами и системами вентиляции на каждом этаже здания, составляет 14 м² (в среднем). Этажей — 162, следовательно, бесполезно теряемая на транзитные воздухопроводы площадь здания равна 14 × 162 = 2268 м². Также следует учесть площадь холодильного центра — 5100 м². Итого занимаемая инженерными системами здания площадь:

$$47\,709 + 2268 + 5100 = 55\,077 \text{ м}^2.$$

Поделим на общую площадь здания 454 249 м² и получим 12 %, то есть около 12 % здания бесполезно теряется при данной схеме кондиционирования.

Сделаем аналогичный расчёт для отеля Ritz-Carlton. Удобно сделать расчёт для одного этажа и помножить на количество этажей здания.

Площадь одного этажа около 860 м². Площадь балконов, на которых располагаются наружные блоки, составляет 24 м². Транзитных трубопроводов систем холодоснабжения, которые пересекают этажи по вертикали, нет, поэтому полезная площадь не тратится. Транзитных воздухопроводов приточного воздуха также нет, так как разводка поэтажная. Остались только вытяжные воздухопроводы, которые выбрасывают загрязнённый воздух на крышу здания. Они занимают около 3 м² на каж-



дом этаже. Итого занимаемая площадь одного этажа здания на системы вентиляции и кондиционирования воздуха равна 27 м² (около 3 % от всей площади здания).

Вывод: за счёт отсутствия технических этажей и транзитных трубопроводов инженерные системы отеля Ritz-Carlton примерно в четыре раза компактнее, чем в башне Бурдж-Халифа.

3. Воздушный режим зданий

Чем выше здание, тем больше оно подвержено воздействию воздушных потоков. Во-первых, на высоте скорость ветра всегда выше. Во-вторых, момент силы с высотой также получается больше. Именно поэтому аэродинамика и устойчивость здания приобретают главную роль.

Величина ветрового давления зависит главным образом от высоты и скорости воздуха (табл. 1).

Для осевых вентиляторов наружных блоков VRF-систем максимально возможный напор составляет от 80 до 120 Па, которого без сомнения хватит для зданий высотой до 200 м (табл. 1). Учитывая, что, кроме напора ветра, вентилятор преодолевает небольшой участок воздухопровода и наружную решётку, для более высоких зданий этого может быть недостаточно. Поэтому желательно применение дополнительных вентиляторов центробежного типа для усиления воздухообмена на верхних этажах, которые могут включаться при перегреве пространства вокруг наружных блоков. Также необходимо учитывать возможный перегрев верхних этажей здания от тепла наружных блоков нижних этажей. Хотя благодаря повышенной ветровой нагрузке наружные блоки верхних этажей должны охлаждаться, наоборот, лучше.

Заключение

Ограничение перепада высот между наружными и внутренними блоками систем VRF до 110 м не позволяет вынести все наружные блоки на крышу здания. Но поэтажная схема установки наружных блоков, которая была применена в здании отеля Ritz-Carlton, эффективно охватывает здания любой этажности. Основные преимущества данной схемы — это энергоэффективность, отсутствие вертикальных коллекторных трубопроводов, экономия полезного пространства здания. К недостаткам можно отнести необходимость выделения специальных поэтажных балконов для расположения наружных блоков систем VRF (табл. 2).

1. United Arab Emirates electricity prices [Электр. текст]. GlobalPetrolPrices. Режим доступа: globalpetrolprices.com. Дата общ.: 05.08.2023.

❖ Итоговая таблица характеристик сравниваемых зданий

табл. 2

Здание	Бурдж-Халифа	Ritz-Carlton
Город	Дубай (ОАЭ)	Джакарта (Индонезия)
Год постройки	2010	2005
Высота, м	828	218
Количество этажей	162	52
Общая площадь, м ²	454 000	51 400
Тип системы кондиционирования	чиллер — фанкойлы	VRF
Мощность системы охлаждения, кВт	45 000	10 200
Энергопотребление системы охлаждения, кВт	28 000	3 600
EER	1,61	2,83
Средняя площадь этажа, м ²	2790	860
Удельная нагрузка на охлаждение, Вт/м ²	100	198
Потери полезной площади, %	12	3