

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

АВОК — СЕВЕРО-ЗАПАД

№ 3 | 2025

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Микроклимат ледовых арен
и верификация данных с CFD-расчетом
на примере Navka Arena

СТР. 14

Особенности оснащения
системой водяного пожаротушения
многофункциональных зданий

СТР. 32

Классификация биогазовых
установок по конструктивным
и технологическим признакам

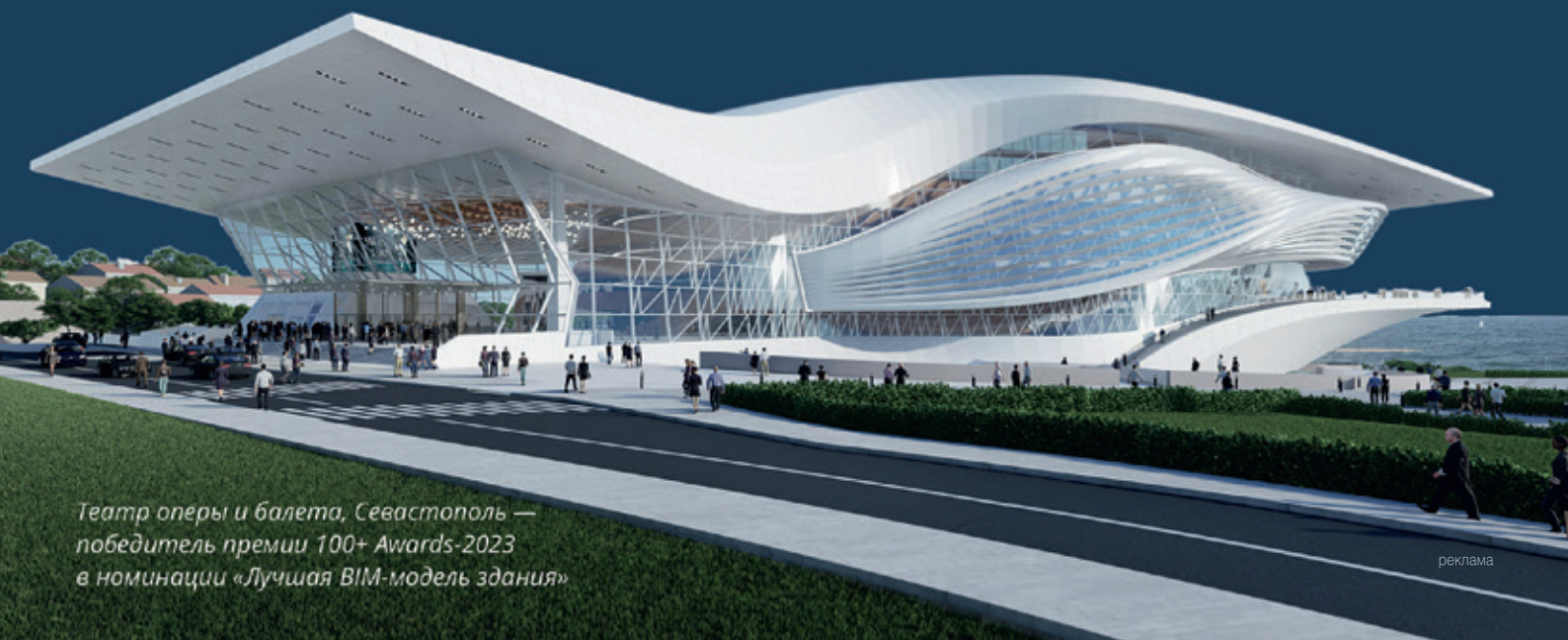
СТР. 64

METROPOLIS

генеральное проектирование
в сегменте гражданского
строительства

20 лет ПРОЕКТИРУЕМ ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

- Системы отопления, вентиляции и кондиционирования
- Системы водоснабжения и водоотведения
- Системы электроснабжения
- Системы пожарной безопасности
- Системы безопасности



Театр оперы и балета, Севастополь —
победитель премии 100+ Awards-2023
в номинации «Лучшая BIM-модель здания»

реклама

Арктос

ПРОИЗВОДСТВО
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ
ВЕНТИЛЯЦИИ ОТОПЛЕНИЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

- ⌘ Более 300 наименований стандартных изделий:
 - Решетки и диффузоры
 - Воздухораспределители
 - Тепловое оборудование
 - Канальное оборудование
 - Оборудование для «чистых помещений»
- ⌘ Переподбор зарубежного оборудования по государственной программе импортозамещения
- ⌘ Минимальные сроки производства
Крупные проектные поставки
Складская программа
- ⌘ Нестандартные изделия по заданию заказчика
- ⌘ Собственная Научно-исследовательская лаборатория аэродинамики и акустики

СДЕЛАНО В РОССИИ



Официальный дистрибьютор -
компания «Арктика»:
В Москве: +7 (495) 981-15-15
В Санкт-Петербурге: +7 (812) 441-35-30
www.arktika.ru, www.spb-arktika.ru



XXIV

МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ XXI ВЕК



20 ноября
2025



Отель COSMOS
Saint-Petersburg
Pribaltiyskaya



Регистрация
на конгресс
ee21.ru

АРХИТЕКТУРА

ИНЖЕНЕРИЯ

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

ЭКОЛОГИЯ

САМОРЕГУЛИРОВАНИЕ

Организаторы



ЛОГИКА



НОСТРОЙ
НАЦИОНАЛЬНОЕ
ОБЩЕСТВО СТРОИТЕЛЕЙ



Генеральные информационные партнеры

СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР

ASN INFO.RU
Агентство строительных новостей

**ИНЖЕНЕРНЫЕ
СИСТЕМЫ**

Стратегический информационный партнер



16+

В НОМЕРЕ:

- 4** Программа лояльности
Kiturami Bonus



- 6** **В. Г. Булыгин, Д. В. Голубев,
Ю. Н. Марр**

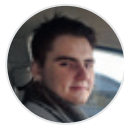
Перспективные направления
в защите завесами входных
дверей общественных зданий



- 14** **В. В. Медведкин**
Микроклимат ледовых
арен и верификация
данных с CFD-расчетом
на примере Navka Arena



- 26** **М. А. Разаков**
Влияние ориентации здания
на проектные тепловые потери



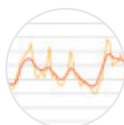
- 30** CNP начинает поставки
в Россию энергоэффективных
центробежных насосов нового
поколения серии ZM



- 32** **В. Г. Федосеев**
Особенности оснащения
системой водяного
пожаротушения
многофункциональных зданий



- 34** **Р. Ю. Рожков, В. В. Хотяков**
Методика плавного
регулирования температуры
сетевой воды на теплоисточниках



- 44** **Д. С. Коньшин**
Влияние технологии изготовления
коллекторов на гидравлические
потери в насосных установках



- 46** **В. А. Цветков, П. А. Пташкин, Д. А. Мильков,
Ю. В. Юферев, А. С. Горшков**

Централизованное
энергоснабжение потребителей
в проектах комплексного развития
территорий в зоне действия
объектов электрогенерации
группы компаний ПАО «Газпром»



- О. А. Продоус,
Дунлян Ван**

- 52** Обоснованный
выбор технологии
бестраншейного ремонта
канализационных сетей
для условий Китайской
Народной Республики



- М. Н. Торопов,
В. Н. Корнопольцев,
О. Ж. Аюрова,
Л. А. Воронова**

- 56** Как решить проблему
тепловодоснабжения?
Энергетический метод
и не только



- Н. М. Пашаев,
М. Р. Абасов**

- 64** Классификация биогазовых
установок по конструктивным
и технологическим признакам



РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор — **ГРИМИТЛИН А. М.**, д.т.н., проф.
Зам. главного редактора — **ГРИМИТЛИНА М. А.**
Выпускающий редактор — **КОРНИКОВА О. Е.**
Дизайн, верстка — **КУЗНЕЦОВ В. А.**
Финансовая служба — **ПЕТРОВА Т. В.**
Отдел рекламы — **РЕДУТО С. Б.**
Отдел подписки и распространения — **КУЖАНОВА Е. С.,
КАМОЧКИНА О. Ю., МИШУКОВА А. Н.**
Корректор — **УМАРОВА А. Ф.**
Отдел PR — **ТУМАНЦЕВА Л. А.**

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

197342, Санкт-Петербург, Сердобольская ул., д. 65,
литера «А», тел/факс: (812) 336-95-60.
www.isguru.ru

УЧРЕДИТЕЛИ:

АС «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД»,
ЗАО «Бюро техники»,
ООО «ВЕСТА Трейдинг»,
ЗАО «Термолайн Инжиниринг»,
ООО НПП «Экоюрус-Венто»

ИЗДАТЕЛЬ: АС СЗ Центр АВОК

АДРЕС ИЗДАТЕЛЯ:

197342, Санкт-Петербург, Сердобольская ул., д. 65, литера «А».
Перепечатка статей и материалов из журнала
«Инженерные системы» «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД»
возможна только с разрешения редакции.
Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.
За содержание рекламы ответственность несет
рекламодатель.
Отпечатано в типографии «Принт-24».
Адрес типографии:
192102, Санкт-Петербург, ул. Самойловой, д. 5В
Подписано в печать 25.08.2025, заказ № 238.
Установленный тираж — 30 000.
Подписной индекс издания: 99623.
Распространяется бесплатно.
E-mail: avoknw@avoknw.ru; www.avoknw.ru
ISSN 1609-3851
© АС СЗ Центр АВОК

**НЕЗАВИСИМАЯ
ОЦЕНКА
КВАЛИФИКАЦИИ**

НОК



ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ, ВКЛЮЧЕННЫХ В НАЦИОНАЛЬНЫЕ
РЕЕСТРЫ СПЕЦИАЛИСТОВ (НРС) НОСТРОЙ И НОПРИЗ

Наши преимущества:

- ✓ Работаем с 2015 года
- ✓ Гибкий график профессиональных экзаменов
- ✓ Возможность одновременной сдачи экзаменов для 10–12 соискателей
- ✓ Возможность сдачи экзаменов по направлениям: инженерные изыскания, архитектурно-строительное проектирование и строительство на одной экзаменационной площадке

Квалификации:

- ✓ Главный инженер проекта (специалист по организации инженерных изысканий) (7-й уровень квалификации)
- ✓ Главный инженер проекта (специалист по организации архитектурно-строительного проектирования) (7-й уровень квалификации)
- ✓ Главный инженер проекта (специалист по организации строительства) (7-й уровень квалификации)



Инженерные изыскания
и архитектурно-строительное
проектирование:
www.avoknw.ru
avoknw@avoknw.ru



Строительство:
www.spbnok.ru
info@spbnok.ru

ЦИОК



Место проведения НОК:
197342, г. Санкт-Петербург,
Сердобольская ул.,
д. 65, литера «А»

+7 (812) 336-95-69

ПРОГРАММА ЛОЯЛЬНОСТИ KITURAMI BONUS

С 1 июня в России стартовала KITURAMI Bonus — программа лояльности для монтажников от компании Kiturami.

Программа организуется и проводится компанией ООО «Китурами Рус» — официальным представительством корейского холдинга KITURAMI Group, одного из мировых лидеров по производству отопительного и водонагревательного оборудования.

Котельное оборудование под маркой Kiturami продается в России уже больше 30 лет и хорошо известно российскому потребителю благодаря своему качеству, надежности и относительно невысокой стоимости. Котлы Kiturami продаются по всей территории России от Москвы до Владивостока.

Программа лояльности KITURAMI Bonus предназначена в первую очередь для профессиональных монтажников, которые занимаются установкой и обслуживанием котельного оборудования. Причем монтажник может быть как самозанятым, так и работать в штате какой-либо организации.

Целью программы является повысить интерес к продукции Kiturami среди профессиональных монтажников и позволить им получать дополнительный доход при работе с котлами Kiturami. Программа лояльности Kiturami Bonus для вас, если вы профессионально монтируете котлы и хотите дополнительно получать призы и доход на монтаже.

Суть программы очень проста: зарабатывайте баллы и забирайте вознаграждения!

Станьте участником программы лояльности Kiturami Bonus и получайте бонусы за установку оборудования Kiturami. Регистрируйте монтажи, копите баллы и обменивайте их на подарочные сертификаты или денежные переводы. 1 балл равняется 1 рублю.

За установку одного настенного котла в зависимости от модели монтажник может получить от 2 до 3 тысяч рублей, напольного бойлерного котла — 3 или 4 тысячи, а за установку котла большой мощности — до 10 тысяч руб.

Отдельно обращаем ваше внимание на то, что все вознаграждения,

полученные в рамках программы, подлежат налогообложению в соответствии с законодательством Российской Федерации. Налог удерживается из средств организатора, таким образом монтажник получает на руки полную сумму приза без каких-либо вычетов.

Для участия вам необходимо пройти регистрацию и получить доступ ко всем возможностям программы лояльности.



Для этого вам нужно скачать мобильное приложение и заполнить анкету участника. Следующий шаг — вы устанавливаете оборудование Kiturami и регистрируете монтаж в мобильном приложении. За каждый зарегистрированный монтаж вы получаете баллы. Далее вы можете обменять их на подарочные сертификаты или вывести деньги себе на карту. Мы постарались включить в программу наиболее популярные подарочные сертификаты от таких компаний, как: Ozon, «Купер», «Магнит», «Перекресток», «М.Видео», «Эльдорадо», Askona, Sunlight, «Л'Этуаль», «Детский мир», Lamoda, «Спортмастер», «Инвитро».

Какие котлы участвуют в программе?

Газовые и дизельные, настенные и напольные котлы марки Kiturami, произведенные не ранее 2021 года. В программе не участвуют тендерные котлы — котлы, поставляемые на строительные объекты по специальным тендерным условиям.



В программе есть определенные требования к монтажу котлов. Котел должен быть установлен в помещении и подключен к системе отопления и дымоудаления. Все фотографии монтажа должны быть качественными, с достаточным разрешением. Котел должен быть полностью виден, хорошо освещен, не закрыт посторонними предметами. Необходимо, чтобы четко были видны марка и модель котла.

Мы постарались сделать для вас программу KITURAMI Bonus максимально простой, доступной и удобной, чтобы процесс регистрации монтажа и вывод денег занимали как можно меньше времени. Мы учли опыт других производителей и убрали все лишние условия, требования и ограничения. Для участия в программе вам не надо проходить какое-то специальное обучение и получать сертификат. При первоначальной регистрации не нужно ждать подтверждения на участие от модератора. При регистрации монтажа не нужно загружать большое количество подтверждающих документов и фотографий и указывать контакты и адрес конечного пользователя, у кого установлен котел.

У нас все очень просто, понятно и легко!

Дополнительным удобством является то, что программа работает через мобильное приложение и регистрировать монтажи можно прямо с мобильного телефона, находясь непосредственно на объекте. При этом серийный номер котла вводится путем сканирования QR-кода.

Вы можете скачать себе на мобильный телефон программу KITURAMI Bonus через QR-код на Google Play, App Store и HUAWEI AppGallery:

Приглашаем всех желающих стать участниками программы лояльности KITURAMI Bonus!

Работайте и зарабатывайте с Kiturami!

APP STORE



GOOGLE PLAY



APP GALLERY



реклама

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

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЗАЩИТЕ ЗАВЕСАМИ ВХОДНЫХ ДВЕРЕЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

В. Г. Булыгин, генеральный директор ЗАО «НПО «Тепломаш»

Д. В. Голубев, главный инженер ЗАО «НПО «Тепломаш»

Ю. Н. Марр, советник генерального директора ЗАО «НПО «Тепломаш»

Входные двери общественных зданий защищают завесами смесительного типа. Такие завесы не создают противодействия втекающему с улицы холодному воздуху. Их назначение состоит в интенсивном перемешивании свободно втекающего снаружи потока подогретыми струями и доведении температуры смеси до требуемого уровня. Во входных дверях важно не подвергать проходящих людей чрезмерным ветровым и тепловым воздействиям. Поэтому в [1] введены ограничения на скорость и температуру струи из завесы.

Когда климатические условия достаточно мягкие, разность давлений в открытых дверях небольшая, особенно если двери ведут в малоэтажное помещение, приближающееся по характеру к герметичному типу. В этом случае тепловая мощность и затраты на привод вентилятора невелики. Однако при переходе к суровым климатическим условиям, даже если они не усугубляются многоэтажностью здания, разность давлений возрастает многократно, и тепловая мощность смесительной завесы становится настоящей проблемой как для проектировщиков, так и для пользователей.

В этих случаях один из известных и эффективных способов организации защиты — устройство тамбура с наддувом [2]. Вентилятор забирает воздух из вестибюля и подает его в тамбур, создавая там избыточное давление, понижающее разность давлений во входных дверях. Через внутренние двери тамбура воздух возвращается в помещение, сохраняя баланс.

Здесь предложены иные решения проблем защиты в условиях сурового климата.

1. Применительно к защите входных дверей в [2, 3] подробно рассмотрено так называемое «мягкое» шибирование традиционными смесительными завесами. До того, как произойдет окончательное перемешивание нагретой струи завесы с втекающим в двери потоком, струя сверху оттесняет снизу

втекающий поток. В свою очередь, поток искривляет траекторию струи завесы внутрь помещения. В зависимости от соотношения импульсов струи и потока формируется картина течения, изображенная на рис. 1. Такая схематизация позволила в [2, 3] воспользоваться обстоятельными исследованиями структуры, возникающей при поперечном втекании плоской струи в поток в прямоугольном канале [4].

Основные результаты [2, 3] сводятся к тому, что верхние завесы буквально оказывают «мягкое» шибирование втекающий с улицы поток к полу, снижая его расход и уменьшая тепловую мощность завесы. Согласно аналитическим зависимостям и экспериментальным результатам [4], формирующаяся структура

в прямоугольном канале определяется как соотношением скоростей струи и потока, так и отношением высоты канала к ширине сопла. Увеличение первого из этих параметров и уменьшение второго усиливают эффект шибирования. Численные оценки [2, 3] на базе зависимостей [4] при разности давлений в проеме 10 Па, размерах дверей 2,5 x 1,5 м и сопла завесы шириной 60 мм показали, что в диапазоне скоростей струи 9–12 м/с относительная глубина проникновения струи $L/H_{пр} = 0,5–0,65$, тогда как для нормативной скорости типовой завесы 8 м/с глубина ограничена величиной $L/H_{пр} = 0,4$.

В наибольшей степени эффект проявляется, когда ширина прохода после дверей не превышает более чем на 30% ширину дверей на длине не менее их высоты. Это предотвращает растекание втекающего потока в боковых направлениях из-под прижимающей его струи. В противном случае шибирование ослабляется, и все выгоды могут сойти на нет.

Имея в виду, что необходимые скорости струи завесы в диапазоне 9–12 м/с превышают нормативную величину 8 м/с, была сделана оценка средней скорости струи от верхней завесы на уровне головы человека. Она оказалась не больше 4–5 м/с, что и подтвердило допустимость скоростей более 8 м/с. Этот вывод не распространяется на боковые завесы, устанавливаемые

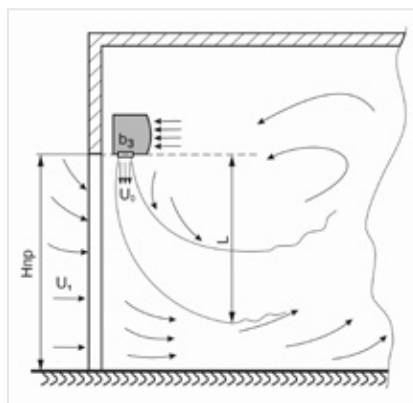


Рис. 1. Схема взаимодействия струи завесы с втекающим потоком при «мягком» шибировании

непосредственно у вертикальных створок дверей.

2. Эффект шибирования по предыдущему изложению усиливается с увеличением ширины сопла. Офисные завесы любых производителей, как правило, имеют ширину сопла 40–80 мм, например [5]. Вместе с тем в [5] предлагаются офисные модели серии 500 с двумя параллельными соплами шириной 82 мм каждое и скоростью струи 11,3 м/с (электрический нагреватель) и 10 м/с (водяной). Сопла расположены на небольшом расстоянии друг от друга. Истекающие из них струи быстро сливаются в единую плоскую струю. Эти модели возникли как результат разделения воздушного тракта завесы на две самостоятельные части, объединенные лишь пространством всасывания и теплообменным аппаратом. Такое разделение воздушного тракта позволило удвоить производительность завесы и ее тепловую мощность, сохранив все конструктивные параметры используемых тангенциальных вентиляторов и электродвигателей. Конструкция завес запатентована.

Используя расчетные зависимости [4], можно продемонстрировать посредством [2, 3] возможности «мягкого» шибирования завесами

типа серии 500 по [5]. Примем следующие условия: одинарные двери 2,5 x 1,5 м без тамбура, наружная температура –30 °С, внутренняя +20 °С, температура смеси +12 °С, коэффициент расхода $\mu = 0,7$, коэффициент $K_2 = 0,17$ (в двери проходит 500 чел/час), отношение высоты проема к ширине сопла завесы здесь $F^- = 2,5/(2 \times 0,082) = 15,2$. Разность давлений в дверях 10 и 20 Па. В расчетах условно принято, что длина сопел завесы равна ширине проема 1,5 м (в реальных завесах серии 500 суммарная длина сопла составляет около 0,66 завесы длиной 1600 мм и 0,7 ширины проема).

Результаты оценок приведены в табл. 1. Здесь u_0 — расчетная скорость струи завесы, u_1 — скорость втекающего в дверь потока, $G_{пр}$ — массовый расход втекающего потока (с учетом коэффициента расхода μ , т. к. по [4] заложена схема течения в прямоугольном канале с поперечной струей), Q_3 — тепловая мощность завесы для подогрева расхода $G_{пр}$ (с учетом K_2) от –30 до +12 °С, Δt_3 — подогрев расхода G_3 в завесе, $Q_{комп}$ — тепловая мощность синхронной компенсации недогрева смеси до внутренней температуры,

Таблица 1. Параметры эффекта шибирования входных дверей завесами с удвоенным соплом типа серии 500

Разность давлений	10 Па				20 Па			
u_0/u_1	2	4	6	8	2	4	6	8
u_1 , м/с	2,6	1,8	1,4	1,1	3,7	2,6	1,9	1,6
u_0 , м/с	4,8	7,2	8,4	8,8	7,4	10,4	11,3	12,4
$G_{пр}$, кг/с	2,4	1,7	1,3	1,0	3,4	2,5	1,7	1,4
G_3 , кг/с	1,42	2,1	2,4	2,6	2,2	3,1	3,3	3,7
Q_3 , кВт	108,5	70,5	54,9	43,0	154,0	103,4	73,4	60,8
Δt_3 , °С	76,0	33,4	22,8	16,5	83,2	33,2	22,1	16,4
$Q_{комп}$, кВт	30,7	30,6	29,7	28,9	45,0	45,0	41,2	41,0
V_3 , м³/час	5112	6380	7440	7800	7920	9200	10 000	11 000
$L/H_{пр}$	0,42	0,59	0,68	0,74	0,42	0,59	0,68	0,74
Показатель шибующей защиты q	0,09	0,17	0,24	0,31	0,10	0,17	0,25	0,31
Поток $I_{пр}$ импульса втекающей струи, Н	36,7	17,6	10,6	6,5	74,1	38,2	18,8	13,5
Поток I_3 импульса завесы, Н	6,8	15,1	20,2	22,9	16,3	32,2	37,3	45,9



НОВАЯ ЛИНЕЙКА КАНАЛЬНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

LRLC



LRLC EC

**ВЫСОКИЙ
СВОБОДНЫЙ НАПОР**

**КОМПАКТНЫЙ
КОРПУС**

**ДОСТУПНАЯ
ЦЕНА**

LRXC



LRXC EC



СПБ ТЕЛ.: +7 812 441-35-30
E-MAIL: ARKTIKA@SPB-ARKTIKA.RU

МОСКВА ТЕЛ.: +7 495 981-15-15
E-MAIL: ARKTIKA@ARKTIKA.RU

V_3 — расчетный объемный расход в завесе, $L/H_{пр}$ — относительная глубина проникновения струи в поток через двери. Для оценки степени шибирования приведен показатель работы шиберующей завесы $q = G_3/(G_3 + G_{пр}/K_2)$. В последних строках табл. 1 приведены потоки импульсов втекающей струи $I_{пр}$ и завесы I_3 . Поток $I_{пр}$ рассчитан без учета коэффициента K_2 для отражения взаимодействия мгновенных полных потоков втекания и струи завесы. Расчетные зависимости [2, 3] здесь не приводятся.

Глубина проникновения струи составляет 0,4–0,7. Показатель защиты q , как и ожидалось, лежит в области, далекой от полноценной шиберующей защиты.

Для новых условий требуется проверка средней скорости на уровне головы человека, т. е. на расстоянии 0,7 м от сопла завесы. Этому соответствует глубина $L_{гол}/H_{пр} = 0,7/2,5 = 0,28$ и гидравлическая длина $L_{гол}/b_3 = 0,7/0,164 = 4,3$. Гидравлическая длина $L_{гол}/b_3 = 4,3$ здесь меньше длины начального участка затопленной турбулентной плоской струи, равной ≈ 6 . Однако при коэффициенте качества струи $\zeta = 0,8$, обычно принимаемом для струй, истекающих из завес, длина начального участка сокращается. Примем, что в нашем случае она не более $L_{нл}/b_3 \leq 4,0$ и это сечение есть начальное сечение основного участка струи, имеющего скорость на оси $u_m = u_0$ и среднюю скорость $u_{ср} = 0,7u_0$. Тогда для наибольших скоростей $u_0 = 10$ –12 м/с по табл. 1 получатся скорости на уровне головы проходящего под струей человека не более 7–8,5 м/с, что можно считать допустимым.

3. Параметры защиты, рассчитанные по нормативному методу с использованием обычных завес смешительного типа, как, например, серия 300 по [5] с соплом шириной 60 мм и скоростью 8,5 м/с, приведены в табл. 2. Длина сопел принята, как в реальной завесе, примерно 0,75 длины завесы, т. е. ширины проема. Теоретическая скорость втекания $u_{1т} = (2\Delta P/\rho_{нар})^{0,5}$. Расход втекания рассчитан с учетом коэффициента расхода $\mu = 0,7$ и $K_2 = 0,17$. Мгновенная величина потока импульса втекающей струи $I_{пр/норм}$ — без учета K_2 .

Для получения заданных параметров защиты (температуры смеси 12 °C) требуемое количество

Таблица 2. Параметры защиты дверей по нормативному методу расчета

Разность давлений, Па	10	20
$u_{1т}$, м/с	3,7	5,3
$G_{пр}$, кг/с (с учетом μ и K_2)	2,4	3,4
Q_3 , кВт (с учетом K_2)	101,3	143,5
G_3 , кг/с V_3 , м ³ /час, по каталогу [5]	0,72/2100	0,72/2100
Тепловая мощность завесы, кВт по каталогу [5] при воде 95/70 °C	19,8	19,8
Требуемое количество завес	5	7
Суммарный расход завес, кг/с	3,6	5,0
Суммарная $Q_{комп}$, кВт	48,2	67,5
Мгновенное значение потока импульса втекающей струи, Н $I_{пр/норм}$	52,2	106,0
Поток I_3 импульса завесы, Н	30,6	42,5
$I_3/I_{пр/норм}$	0,59	0,40

обычных завес достигает пяти и семи, а их тепловая мощность (включая компенсацию) превышает мощность расчетной двухсопловой завесы примерно в 1,6 раза.

4. Количественную оценку «мягкого» шибирования в широком диапазоне параметров защиты дает график рис. 2 в виде зависимости относительного снижения потока импульса втекающего потока $(I_{пр/норм} - I_{пр})/I_{пр/норм}$ от относительного потока импульса завесы $I_3/I_{пр/норм}$. Помимо результатов таблиц 1 и 2, на график нанесены результаты из [2, 3] для такой же двери, давления 10 Па, но завесы с одним соплом шириной 60 мм. Хотя расчетные точки в верхней части графика несколько расходятся, можно приближенно считать, что полученная зависимость отражает характер проявления «мягкого» шибирования смешительными завесами потока через двери. Как видно, усиление завес (увеличение отношения $I_3/I_{пр/норм}$) приводит к снижению протекающего в дверь расхода и, соответственно, тепловой мощности завес. В пределе параметр $(I_{пр/норм} - I_{пр})/I_{пр/норм}$ устремляется к единице, но это означает уже не «мягкое», а полное шибирование.

Не вдаваясь в детали размещения большого количества завес по нормативному методу (табл. 2), заметим, что даже такое их количество с высоким показателем $I_3/I_{пр/норм}$ (последняя строка табл. 2) не находит отражения в нормативном методе расчета для использования преимуществ, показанных на рис. 2.

Расчет смешительной защиты с «мягким» шибированием можно проводить по нормативной методике, принимая скорректированные коэффициенты расхода. На рис. 3 представлена зависимость отношения скорости втекания в схеме прямоугольного канала к теоретической скорости втекания без шибирования $u_1/u_{1т}$ от отношения $I_3/I_{пр/норм}$. Фактически это зависимость корректирующего коэффициента $k^* = u_1/u_{1т}$. Если, как принято здесь, коэффициент расхода $\mu = 0,7$ в отсутствие шибирования, т. е. при $I_3/I_{пр/норм} = 0$, то с учетом шибирования следует положить $\mu_{шиб} = 0,7 k^*$. Корректированные таким образом коэффициенты расхода для одинарных дверей без тамбура приведены в табл. 3.

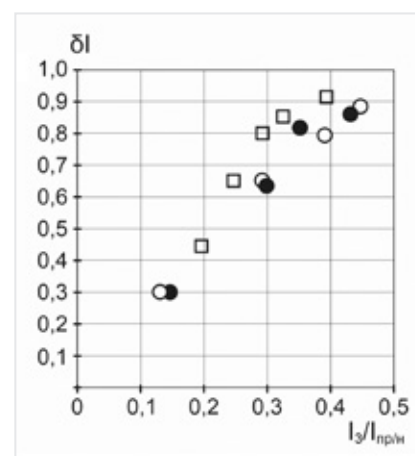


Рис. 2. Зависимость относительного снижения потока импульса втекающего потока от относительного потока импульса завесы

○ — 10 Па; ● — 20 Па; □ — 10 Па [2, 3]

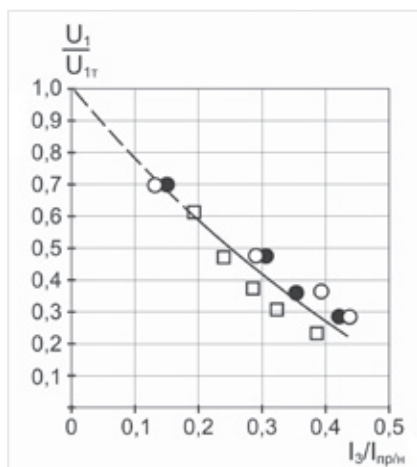


Рис. 3. Зависимость относительной скорости втекания потока с «мягким» шибированием от относительного потока импульса завесы

○ — 10 Па; ● — 20 Па; □ — 10 Па [2, 3]

Необходимо подчеркнуть, что мягкая, но ощутимая шиберующая защита дверей смесительными завесами возможна при выполнении двух условий. Во-первых, масштабы пятна взаимодействия струи завесы и втекающего потока должны иметь масштаб дверей, т. е. завеса не может быть сильно удалена от верхней створки проема. И, как следствие, во-вторых, для предотвращения растекания потока в боковых направлениях ширина прохода после дверей не должна превышать более чем на 30% ширину дверей на длине не менее их высоты. При нарушении этих условий рекомендации табл. 3 неприменимы.

5. Логика предыдущих разделов подсказывает, что при больших разностях давления в дверях следует организовать прямую шиберующую защиту и тем радикально снизить тепловые и электрические затраты защиты смесительной. Два обстоятельства препятствуют этому. Во-первых, стереотип представления о необходимости высокой скорости струи для шиберующей защиты. В [2] показана ошибочность такого представления и продемонстрирована возможность полной шиберующей защиты проема при скоростях вплоть до 5 м/с. Во-вторых,

реализация защиты при низкой скорости приводит к росту габаритных размеров завесы из-за увеличения ширины сопла и увеличения расхода воздуха. Однако возникают и значительные плюсы: убывает тепловая мощность на компенсацию теплопотерь вплоть до использования холодной завесы, снижается мощность вентиляторов сравнительно со смесительной защитой. Очевидно, что компромиссное увеличение габаритных размеров завесы сравнительно с изящными современными моделями офисных завес легко компенсируется многократным снижением всех эксплуатационных затрат.

Сделаем оценки прямой шиберующей защиты входных дверей. Для сопоставимости результатов с предыдущими разделами примем те же параметры: одинарные двери 2,5 x 1,5 м без тамбура, наружная температура -30 °С, внутренняя +20 °С, температура смеси +12 °С, коэффициент расхода $\mu = 0,7$, коэффициент $K_2 = 0,17$ (в двери проходит 500 чел/час), разность давлений в дверях 10 и 20 Па. Длина сопел завесы равна ширине проема 1,5 м. Дополнительно примем, что защиту осуществляет верхняя завеса с углом струи к плоскости дверей 30°, коэффициент качества струи $\zeta = 0,8$, показатель защиты $q = 1$ (полная защита). На эти условия необходимо найти ширину сопла и расход при заданной скорости струи.

Согласно [2], для $q = 1$ и угла струи 30° имеем

$$\lambda (\sigma = 0,5) = 1, (1)$$

где λ — коэффициент эжекции струи, $\sigma = (\Delta P_{пр} / \rho v_3^2) F$, v_3 — скорость струи завесы, $F = H/b_3$ — параметр гидравлической высоты дверей, b_3 — искомая ширина сопла завесы.

Коэффициент эжекции по [2] определяется из дополнительного условия при $q = 1$ и угле струи 30° (после преобразований, без выкладок)

$$\lambda = 0,655(F)^{0,5} = 0,107. (2)$$

Подстановка (2) в (1) дает уравнение для определения параметра F

Таблица 3. Корректированные коэффициенты расхода для одинарной двери без тамбура

$I_3/I_{прнорм}$	0	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
K^*	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,43	0,35	0,27
$\mu_{шиб}$	0,70	0,56	0,49	0,42	0,35	0,30	0,25	0,19

Шумоглушители под разные задачи от «АРКТОС»

Трубчатый шумоглушитель для круглых воздуховодов — CSA.

Чаще всего его ставят на системах с низким напором вентилятора. Аэродинамическое сопротивление этого шумоглушителя не достигает и 10 Па. Прекрасно работает при глушении высоких частот.

Шумоглушитель CSR в квадратном корпусе. Основной плюс — занимаемое пространство за потолком. Так, если классический CSA в диаметре 200 мм займет у вас 300 мм высоты, то CSR в этом же типоразмере — всего 260 мм. Интересно, что именно за счет плоской стенки корпуса он прекрасно работает уже на низких частотах. Поэтому их часто устанавливают в системах с короткими трассами, где нужно принудительно снизить низкочастотный шум вентилятора.

Для каналов большого диаметра используйте специальные изделия CSD, которые сохраняют свою эффективность на больших сечениях. За счет дополнительной шумопоглощающей пластины в сечении канала звуковые волны не проскакивают через него насквозь, а затухают в этой пластине.

Ограниченны в пространстве за потолком, но при этом нужно большое сечение — для этой задачи подойдет шумоглушитель CSI. Он изготавливается в сечениях от 250 до 630 мм. За счет шумоглушающей пластины в канале не теряет своей эффективности. Занимаемое пространство за потолком всего 690 мм!

Экономим прямые участки и задействуем повороты — используем шумоглушитель CSU. Самый компактный из всех и при этом прекрасный себя показал на шумопоглощении на высоких частотах.

Ну и максимальное комбо для ограниченных пространств — плоский и поворотный! Задействуем максимально эффективно запотолочное пространство. Берем шумоглушители CSV и CSH. Корпус изготавливается из оцинкованной стали, присоединительные патрубки расположены перпендикулярно друг другу в вертикальной и горизонтальной плоскостях соответственно.

Петербург: arktika@spb-arktika.ru
+7 812 441-35-30

Москва: arktika@arktika.ru
+7 495 981-15-15



$$[0,655(F^-)^{0,5} - 0,107] \\ [(\Delta P_{пр}/\rho v_3^2) F^- - 0,5] = 1. (3)$$

Зададим скорости струи из завесы $v_3 = 8, 10$ и 12 м/с и оценим защиту холодной завесой. Результаты расчетов по (2), (3) и методике [2] представлены в табл. 4. Как и в разделе 2, здесь приближенно принято, что при коэффициенте качества струи $\zeta = 0,8$ длина начального участка струи сокращается до $L_{н/у}/b_3 = 4$.

В отличие от защиты смесительного типа, расчет которой по нормативному методу производится с учетом частоты открывания дверей и количества проходящих в час людей (коэффициента K_2) шиберующая защита оперирует мгновенными параметрами, и лишь на стадии оценки полных теплотерь и энергозатрат за определенный период времени используются данные по продолжительности и частоте открывания проема. Поэтому в табл. 4 наряду с мгновенной тепловой мощностью компенсации приведена скорректированная по K_2 величина. При защите холодной завесой под тепловой компенсацией понимается нагрев смеси от $t_{см}$ до $t_{вн} = 20$ °С.

Оценки табл. 4 обнаруживают следующие закономерности:

- С уменьшением скорости струи значительно увеличивается ширина сопла, а вместе с ней поперечные размеры корпуса завесы. С ростом разности давления эта тенденция уводит идею прямой шиберующей защиты за пределы приемлемых решений.

- Рост ширины сопла удлиняет начальный участок струи настолько, что не только голова, но и часть

туловища человека попадает в область скорости потока в сопле завесы. Исходя из этого скорость струи надо понижать (до 8 м/с). Но снижение скорости ограничивает конструктивные возможности реализации защиты при повышении разности давлений.

- Полная аэродинамическая защита дверей завесой без подогрева в ней воздуха позволяет удерживать мгновенную температуру смеси на заданном уровне 12 °С. Осредненная с учетом K_2 температура смеси будет выше.

- Корректированная (по K_2) тепловая мощность компенсации теплотерь всех вариантов по табл. 4 в 18 раз меньше, чем тепловые мощности завес вместе с компенсацией по табл. 2, и примерно в 10 раз меньше суммарной мощности приемлемых вариантов по табл. 1. Такой выигрыш объясняется дополняющим эффектом раздельной аэродинамической и тепловой защитой в случае табл. 4.

- При защите холодной завесой лицо и туловище входящего человека будут омываться неподогретой струей с температурой всасывания в завесу. Если на всасывание поступает воздух с поддерживаемой внутренней температурой +20 °С, то при входе с холодной улицы проявится субъективное ощущение перехода в тепло. Однако при длительной работе холодной завесы, особенно в помещении ограниченного объема (тамбур) без необходимой компенсации теплотерь, рециркуляция воздушных масс может привести к понижению температуры вплоть до отрицательных значений.

Таким образом, полная шиберующая защита ($q = 1$) дверей холодной завесой с дополнительной тепловой компенсацией оказывается необычайно экономичной сравнительно с мягкой шиберующей защитой и, тем более, с нормативной смесительной защитой. Однако организация такой защиты, особенно при больших разностях давления в дверях, наталкивается на неприемлемый рост габаритных размеров завесы при удержании скорости струи на уровне 8 м/с.

6. Разрешение выявленных противоречий в организации защиты входных дверей при больших разностях давления можно искать в двух направлениях. Во-первых, следует допустить, чтобы шиберующая защита была с показателем $q < 1$. Этим за счет некоторого проигрыша в экономичности можно будет ослабить рост габаритных размеров. Во-вторых, придется пойти на компромисс: распространенные по всему миру изящные офисные завесы получают новые очертания и дизайн, но станут крупнее.

Оценим возможности шиберующей защиты дверей рассмотренной выше завесой 500-й серии с двойным соплом и водяным воздушонагревателем. Условия прежние: одинарные двери 2,5 x 1,5 м без тамбура, наружная температура -30 °С, внутренняя +20 °С, коэффициент $K_2 = 0,17$. Разность давлений в дверях 10 и 20 Па. Угол струи к плоскости проема 30°. Расход завесы длиной 1610 мм по [5] 6200 м³/час, тепловая мощность 69,3 кВт при воде 95/70 °С, подогрев воздуха в завесе 33 °С. Скорость струи 10 м/с,

Таблица 4. Расчетные параметры полной шиберующей защиты входной двери холодной завесой

Скорость струи u_3 , м/с	8		10		12	
Разность давлений, Па	10	20	10	20	10	20
Параметр F^-	8,4	4,8	11,8	6,9	15,6	9,0
Ширина сопла b_3 , мм	300	520	212	360	160	278
Коэффициент эжекции λ	1,79	1,33	2,14	1,61	2,48	1,86
Объемный расход V_3 , м³/час	12 960	22 460	11 440	19 565	10 380	18 015
Относительные потери тепла $Q^-_{пот}$	0,21	0,16	0,22	0,19	0,28	0,21
Температура смеси $t_{см}$, °С (мгновенная)	12,5	13,2	12,9	12,7	12,0	12,6
Мгновенная тепловая мощность компенсации, кВт	45,5	66,0	45,0	64,0	45,5	65,0
Корректированная (K_2) тепловая мощность компенсации, кВт	8,0	11,2	8,0	11,0	8,0	11,0
Длина начального участка струи $L_{н/у}$ (ориентировочно), м	1,2	2,1	0,9	1,5	0,65	1,2
Средняя скорость струи на уровне головы человека (0,7 м от завесы), м/с	8	8	≈9	≈10	8,4	≈11,0

суммарная ширина сопла 164 мм. Расчет выполнен по методике [2]. Результаты представлены в табл. 5.

Как видно, при давлении 20 Па каталожная завеса не справляется с полноценной шиберующей защитой, режим переходит в область «мягкого» шиберования, отраженного в табл. 1. При давлении 10 Па мгновенная температура смеси превышает внутреннюю, что свидетельствует об избыточности нагревателя. Осредненная (по K_2) температура также будет превышать внутреннюю, и термостат начнет отключать подачу горячей воды в теплообменник.

Изменим завесу 500-й серии таким образом, чтобы при давлении 20 Па рабочий режим оказался не ниже предельного ($q \geq q^*$), а скорость на уровне головы не выше 8 м/с. Поскольку любое увеличение ширины сопла при высоте двери 2,5 м немедленно приводит к попаданию головы человека в начальный участок струи, длина которого при истечении из сопла завесы по-прежнему оценивается в $4b_z$, то скорость выше 8 м/с недопустима. Для выполнения заданных условий потребовалась ширина сопла 440 мм. Согласно табл. 5, рабочий режим завесы совпал с предельным. При защите дверей с давлением 10 Па скорректированная завеса становится избыточной ($q > 1$), частоту вращения вентилятора придется убавлять для снижения расхода и скорости. При давлении более 20 Па аэродинамическая структура защиты перейдет в режим, аналогичный «мягкому» шиберованию.

Какова могла бы быть конструктивная реализация завесы с соплом шириной 440 мм и расходом 19000 м³/час. При использовании двух осевых вентиляторов ВО-4Т630А с внешнероторным двигателем по [6] конструкция завесы могла бы оказаться идентичной модели КЭВ-170П7010W по [5] с повернутым под 30° соплом, хотя и с увеличенными габаритами. Однако сложный по конфигурации и короткий воздушный тракт такой завесы не будет иметь выраженного конфузрного характера как в модели КЭВ-170П7010W. Во-первых, трудно обеспечить равномерное диффузное растекание потока из вентиляторов со скоростью на выходе 8,5 м/с по фронтальному сечению однорядного теплообменника. Для этого потребуется нестандартный теплообменник с зауженным в поперечном направлении и удлиненным фронтальным сечением, формирующий скорость перед фронтом около 8 м/с и обладающий более высоким гидравлическим сопротивлением. Во-вторых, последующий бесконфузрный характер течения с поворотом от теплообменника к соплу приведет к деформации потока, отрывам, неравномерному заполнению сопла. Возможно, потребуется установка выравнивающих лопаток.

Общая конфузрность в направлении к соплу могла бы быть получена на относительно тихоходных вентиляторах больших диаметров. Например, ВО-6Т800А по [6] с частотой вращения 920 об/мин имеет скорость на выходе 5,2 м/с при расходе 9500 м³/час. Однако рост

габаритных размеров завесы делает неприемлемым использование ее для защиты дверей в общественных помещениях.

Решение с сохранением габаритных размеров самой завесы возможно посредством удаления ее от верхней створки проема вдоль и параллельно линии начала траектории струи с углом наклона к плоскости входа 30°, как показано на рис. 4. Если принять вариант завесы согласно последнему столбцу табл. 4 на 20 Па со скоростью струи 12 м/с, шириной сопла 278 мм и расходом 18 000 м³/час, то поток импульса этой струи $I_z = 72$ Н достаточен для полной защиты ($q = 1$) дверей.

Более точную оценку защиты с отодвинутой, как на рис. 4, завесой сделаем на основании измеренных Фертманом (рис. 1.3.3 в [7]) профилей скорости затопленной плоской турбулентной струи. При длине начального участка $L_{н/у}/b_o = 6$ имеем из рис. 1.3.3 ширину струи в конце начального участка $(b_c/b_o)_{н/у} = 2,8$ и среднеквадратичную скорость $(v_{с/у})_{н/у} = 0,6$. Для возмущенной завесой струи ($\zeta = 0,8$) в предположении, что конфигурация начального участка остается неизменной, имеем при $L_{н/у}/b_o = 4$ ширину струи $(b_c/b_o)_{н/у} = 2,8 \times (4/6) = 1,9$ и скорость $(v_{с/у})_{н/у} = 0,73$. Отсюда длина начального участка в нашем случае $L_{н/у} = 4 \times 0,278 = 1,1$ м, ширина струи $(b_c)_{н/у} = 1,9 \times 0,278 = 0,53$ м, средняя скорость $(v_{с/у})_{н/у} = 0,73 \times 12 = 8,7$ м/с, поток импульса в сечении конца начального участка (для контроля) $(I_z)_{н/у} = 1,2 \times 8,7^2 \times 0,53 \times 1,5 = 73,2$ Н практически не изменился.

Таблица 5. Параметры шиберующей защиты дверей каталожной завесой 500-й серии и скорректированного варианта

Вариант завесы 500-й серии	По каталогу [5]		Скорректированный	
	10	20	10	20
Разность давлений, Па	10	20	10	20
Ширина сопла b_z , мм	82 × 2 = 164		440	
Длина сопла, мм	1100		1500	
Скорость струи, м/с	10		8	
Расход воздуха, м³/час	6200		19 000	
Подогрев воздуха в завесе, °С (при воде 95/70 °С)	33		10	
Тепловая мощность завесы, кВт	69,0		64,0	
Параметр $F^- = N/b_z$	15,2		5,68	
Коэффициент эжекции	2,37	2,13	1,52	1,42
Показатель предельного режима q^*	0,60	0,60	0,83	
Показатель рабочего режима q	0,708	0,38 (<0,60)	1,46	0,84
Мгновенная температура смеси, °С	22,6	---	----	20,3
Длина начального участка, м	0,66	---	1,76	
Скорость на уровне головы, м/с	7,0	---	8,0	

Решетки и клапаны из нержавеющей стали — новое направление развития завода «Арктос»

Решетки и клапаны AISI из нержавеющей стали завода «Арктос» подходят для применения в помещениях, где предъявляются повышенные требования к эксплуатационным и санитарно-гигиеническим характеристикам вентиляционного оборудования, — предприятиях общественного питания, медицинских учреждениях, химических и фармацевтических предприятиях, производствах электроники.

Решетки и клапаны из нержавеющей стали завода «Арктос» обеспечивают:

- устойчивость к коррозии и механическим воздействиям;
- сопротивление агрессивным химическим средам;
- легкость очистки и дезинфекции.

Решетки AISI выпускаются в нескольких вариантах:

- 1) с горизонтальными фиксированными жалюзи;
- 2) с наклонными фиксированными жалюзи;
- 3) с поворотными жалюзи;
- 4) наружное исполнение.

Решетки AISI могут быть обработаны методом электрохимической полировки (зеркальная поверхность) либо изготовлены из шлифованной стали (слабоотражающая поверхность), что позволяет добиться эстетичного внешнего вида.

Клапаны AISI выпускаются как для круглых, так и для прямоугольных воздуховодов. Регулирование клапана осуществляется вручную с помощью рукоятки либо с помощью электропривода. Для защиты электропривода от воздействия агрессивной окружающей среды клапан комплектуется защитным кожухом.

По вопросам приобретения нашей продукции вы можете обратиться к официальному дистрибьютору компании «Арктика»:

+7 (495) 981-15-15, www.arktika.ru

+7 (812) 441-35-30, www.spb-arktika.ru

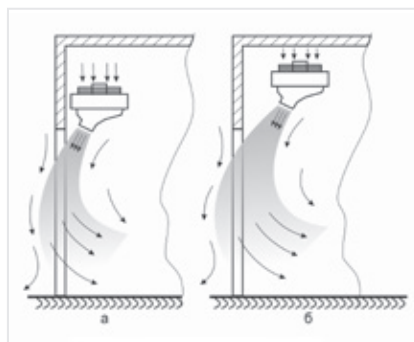


Рис. 4. Схема расположения завесы с нешироким соплом и повышенной скоростью струи: а — стандартное расположение; б — завеса отодвинута вглубь

Без промежуточных вычислений покажем, что при угле струи 30° параметр защиты будет $q = 1,18$. Уменьшая угол до 20° , получим $q = 1,07$. При всех гидравлических потерях в завесе, приведенных к скорости в сопле, примем коэффициент потерь $\eta = 0,7$. Тогда давление вентилятора при расходе $9000 \text{ м}^3/\text{час}$ и скорости в сопле 12 м/с должно быть 176 Па . Этому соответствует осевой вентилятор ВО-4Т630А по [6]. Конструкция завесы с двумя такими вентиляторами становится идентичной модели КЭВ-170П7010W по [5] с соплом, повернутым под 20° . При ширине сопла $0,278 \text{ м}$ воздушный тракт завесы обретает требуемый конфузурный характер, а средняя скорость на уровне головы человека не превышает $7,5 \text{ м/с}$.

Согласно табл. 4, даже у холодной завесы при заданных условиях мгновенная температура смеси (при длительно открытой двери) $t_{\text{см}} = 12,6^\circ\text{C}$, а скорректированная (по K_s) тепловая мощность компенсации не превышает 11 кВт . Таким образом, полные тепловые затраты при шиберующей защите в 18 раз меньше, чем для типовой смеси-тельной защиты по нормативному методу (второй столбец табл. 2).

Схема с отодвинутой завесой (рис. 4б) требует достаточного пространства над дверью, в том числе и для организации нормального всасывания вентиляторами. Фактически это такая же плата за эффективность, только не ростом габаритов завесы, а ростом строительного объема здания.

Выводы

1. Созданию эффективной и относительно малозатратной шиберующей защиты входных дверей общественных зданий препятствует

ограничение скорости струи, омывающей проходящего человека, величиной не более 8 м/с .

2. Оценки «мягкого» шиберования показали, что даже при значительных разностях давления можно организовать достаточно эффективную защиту, увеличивая ширину сопла завесы. В этом случае и для скоростей струи $10\text{--}12 \text{ м/с}$ удается ограничить скорости на уровне головы требуемой величиной. Коэффициент расхода для одинарной двери без тамбура при «мягком» шиберовании может быть уменьшен до $\mu = 0,25$. Однако ширина прохода за дверью на длине пятна взаимодействия струи с потоком не должна превышать ширину дверей более чем на 30% .

3. Реализация наиболее эффективной защиты прямым шиберованием входных дверей возможна лишь ценой роста габаритных размеров самой завесы (из-за сильного увеличения ширины сопла) или посредством удаления завесы от верхней створки дверей вверх внутрь помещения (рост строительного объема). Второй вариант практически не увеличивает габаритов завесы, однако потребует новых дизайнерских решений. В суровых климатических условиях все усилия по реализации такого варианта быстро окупятся за счет резкого снижения эксплуатационных затрат на тепло.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
2. Марр Ю. Н. Воздушно-тепловые завесы, расчет и проектирование завес для защиты проемов промышленных и общественных зданий. — СПб.: АО «НПО «Тепломаш», 2017. — 160 с.
3. Марр Ю. Н. Экономичная и комфортная защита входных дверей общественных зданий завесами с «мягким» шиберованием// Инженерные системы. АВОК-Северо-Запад. № 2. 2016. С. 16–22.
4. Гиршович Т. А. Турбулентные струи в поперечном потоке. М.: Машиностроение. 1993.
5. Воздушно-тепловые завесы, тепловентиляторы, фанкоилы. Каталог. Тепломаш. 2024 г.
6. Вентиляторы. Каталог. Тепломаш. 2024 г.
7. Теория турбулентных струй. Издание 2-е переработанное и дополненное. Под редакцией Г. Н. Абрамовича. М.: Наука.1984.



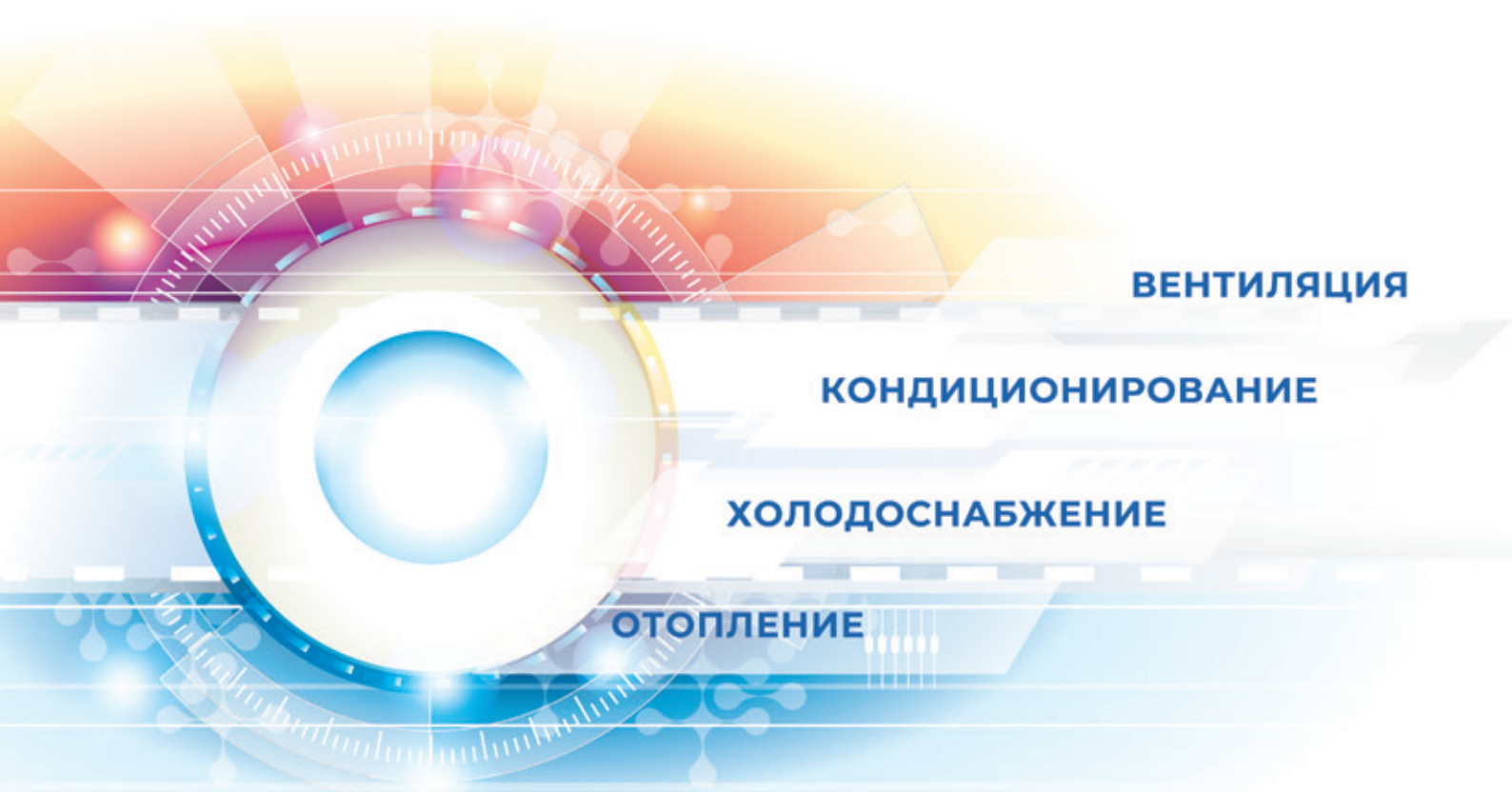
МИР КЛИМАТА ОСЕНЬ 2025

Мир Климата ОСЕНЬ 2025

Спецпроект
Международной выставки
оборудования для систем
кондиционирования, вентиляции,
отопления и холодоснабжения

11-14 ноября 2025

Москва, МВЦ «Крокус Экспо»
Павильон 2



ВЕНТИЛЯЦИЯ

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ

ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ

ОТОПЛЕНИЕ



ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД
НА ВЫСТАВКЕ

12+ РЕКЛАМА ГК «ЕВРОЭКСПО»

climatexpo.ru

ОРГАНИЗАТОР



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ
ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ
ПАРТНЕР



МИКРОКЛИМАТ ЛЕДОВЫХ АРЕН И ВЕРИФИКАЦИЯ ДАННЫХ С CFD-РАСЧЕТОМ НА ПРИМЕРЕ NAVKA ARENA

В. В. Медведкин, главный специалист ОВиКВ, «Метрополис»



ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ МЕДВЕДКИН

Главный специалист ОВиКВ компании «Метрополис».

В 2005 году окончил бакалавриат Ташкентского архитектурно-строительного института, в 2009 году — специалитет и магистратуру Московского государственного строительного университета. Имеет обширный опыт разработки инженерных систем отопления, вентиляции, кондиционирования и противодымной вентиляции. Под его непосредственным руководством успешно разработана проектная и рабочая документация для ряда объектов. При проектировании инженерных систем для спортивных объектов В. В. Медведкин использует сложные технологии математического моделирования (CFD-моделирование). Для расчетов тепловоздушного баланса им был усовершенствован разработанный в компании «Метрополис» расчет воздухообмена крытого ледового катка. Лауреат Всероссийского конкурса «Инженер года» 2024.

За последние годы в России спроектировано, построено и введено в эксплуатацию немало новых объектов с искусственным льдом. Профиль площадок самый разнообразный — от спортивных арен различного уровня и назначения до развлекательных площадок для проведения ледовых шоу.

Вместе с тем сегодня проектировщик инженерных систем для таких объектов сталкивается с дефицитом информации и методик, дающих возможность принять оптимальные технические решения и произвести подбор основного оборудования.

В данной статье описываются сложности, возникающие у проектировщика при расчетах системы вентиляции и кондиционирования, и применение математического моделирования для сравнения полученных расчетов и внесения корректировки и изменений в проектные решения.

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТА КРЫТЫХ ЛЕДОВЫХ АРЕН

Основные помещения ледовых арен можно условно разделить на зоны зрительских трибун и ледового поля. В каждой из этих зон необходимо обеспечить требуемые параметры микроклимата (температуру воздуха, его влажность, подвижность и так далее), которые в значительной степени отличаются друг от друга. Так, например, при проведении хоккейных матчей температуру воздуха в зоне ледового поля необходимо поддерживать в интервале от 8 до 10 °С, а температура в зоне зрительских трибун должна составить 18 °С в холодный период года и 25 °С — в теплый.

Для проведения тренировок температура в зоне ледового поля поддерживается в районе 12 °С, а соревнований по фигурному катанию — около 14 °С.

Кроме того, при конструировании систем кондиционирования воздуха применяются различные способы организации воздухораспределения, наибольшее распространение из которых получила перемешивающая вентиляция зоны ледового поля и зоны зрительских трибун.

Из вышеизложенного следует, что при проектировании крытых ледовых арен необходимо применять дифференцированный подход, учитывая характерные особенности помещений различного назначения.

Основными задачами систем кондиционирования над поверхностью ледового поля являются поддержание качества льда в заданных интервалах и предотвращение образования тумана над его поверхностью. Это достигается путем жесткого контроля над параметрами внутреннего воздуха, такими как влагосодержание (d), температура (t), энтальпия (I) и пр., над поверхностью льда.

Как правило, при организации воздухораспределения рассматриваемой зоны ледового поля принято использовать схемы «сверху-вверх». В этом случае приточный воздух подается через сопла, расположенные под углом вдоль длинных сторон ледового поля, а удаление

воздуха производится из верхней зоны через воздухозаборные устройства над поверхностью льда (рис. 1).

В случае применения схемы «сверху-вверх» в теплый период года для поддержания надлежащего качества льда приточный воздух после смешивания необходимо осушить, что осуществляется с помощью его охлаждения в поверхностном водяном воздухоохладителе и десикантном осушителе. После этого приточный воздух нагревается до температуры, определяемой по формуле [1]:

$$t_n = t_{вл} + \frac{3,6 \cdot (Q_{т.к} - Q_{т.л})}{L_n \cdot \rho_n \cdot c_p} \cdot C,$$

где $Q_{т.к}$ — конвективный приток теплоты от воздуха к поверхности льда, Вт; $Q_{т.л}$ — теплопритоки от людей в зоне ледового поля, Вт; $t_{вл}$ — требуемая температура воздуха у поверхности льда, °C; L_n — расход приточного воздуха, м³/ч; ρ_n , c_p — плотность и теплоемкость приточного воздуха.

Требуемый воздухообмен в зоне ледового поля определяется исходя из нескольких основных принципов. Во-первых, при организации спортивных и тренировочных мероприятий расчет требуемого количества свежего приточного воздуха необходимо проводить в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами. Так, при проведении хоккейных матчей для судей и спортсменов минимальный расход свежего приточного воздуха должен составить 80 м³/чел.

В соответствии с санитарно-гигиеническими нормами при подаче приточного воздуха из верхней зоны подвижность воздуха у поверхности льда необходимо принимать равной 0,25 м/с. При выполнении

данного условия наибольшие трудности возникают при учете влияния на приточную струю гравитационных сил, возникающих вследствие разности плотностей воздуха в нижней и верхней частях помещения ледовой арены.

Вторым, не менее важным при расчете требуемого воздухообмена, является принцип равномерного заполнения ледового поля приточным воздухом и создание условий для снижения его температуры от t_n до $t_{вл}$.

Выполнение данного принципа напрямую зависит от выбранного способа воздухораспределения и типа приточных насадок. Поскольку величина расхода свежего приточного воздуха, как правило, недостаточна для выполнения поставленного условия, недостающий расход воздуха восполняется рециркуляцией.

В результате расчета воздухообмена зоны ледового поля для предотвращения перемешивания вентиляционных потоков с различными параметрами должно выполняться условие воздушного баланса, вследствие чего количество вытяжного воздуха принимается примерно равным количеству приточного воздуха.

Следует отметить, что приведенный способ расчета необходимого воздухообмена уязвим с точки зрения контроля качества подаваемого воздуха, под которым понимается содержание вредных примесей в приточном воздухе (углекислого газа и продуктов сгорания), зависящее от интенсивности выделения загрязняющих веществ в рабочей зоне.

СЛОЖНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ РАСЧЕТАХ

Первая — определение конвективных притоков теплоты от воздуха к поверхности льда.

Наиболее сложным при решении формулы по определению температуры приточного воздуха является определение конвективных притоков теплоты $Q_{т.к}$ от воздуха к поверхности льда.

В общем случае приток теплоты к элементарной поверхности за элементарный промежуток времени при конвективном теплообмене определяется по формуле Ньютона-Рихмана [1]:

$$d^2 Q_t = \alpha_k (t_{ж} - t_{ст}) dF dt,$$

где α_k — коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·град); $t_{ж}$ — температура жидкости (газа), °C; $t_{ст}$ — температура стенки (поверхности), °C; dF — площадь элементарной поверхности, м²; dt — элементарный промежуток времени, с.

Интенсивность конвективного теплообмена характеризуется коэффициентом теплоотдачи, который, как правило, является функцией от характерной геометрической формы поверхности теплообмена, характерного размера, подвижности воздуха, коэффициента теплопроводности, теплоемкости, кинематической вязкости и плотности.

Коэффициент конвективного теплообмена поверхности льда и окружающего воздуха рекомендуется определять по формулам [1]:

$$\alpha_k = 1,31 \sqrt[4]{t_{вл} - t_{л}},$$

$$\alpha_k = 3,41 + 3,55 v_{л},$$

где $v_{л}$ — скорость воздуха у ледового поля, м/с.

Однако с помощью приведенных формул можно определить лишь осредненный коэффициент конвективного теплообмена, к тому же они не учитывают режимов течения среды и ее состояния. В связи с этим становится актуальным предложение зависимостей по определению коэффициента α_k с учетом состояния среды и режима ее течения.

Решение задач конвективного теплообмена сводится, как правило, к определению коэффициента теплоотдачи на основании уравнения подобия для конвективного теплообмена при продольном омывании плоской поверхности ледового поля воздушными потоками [1].

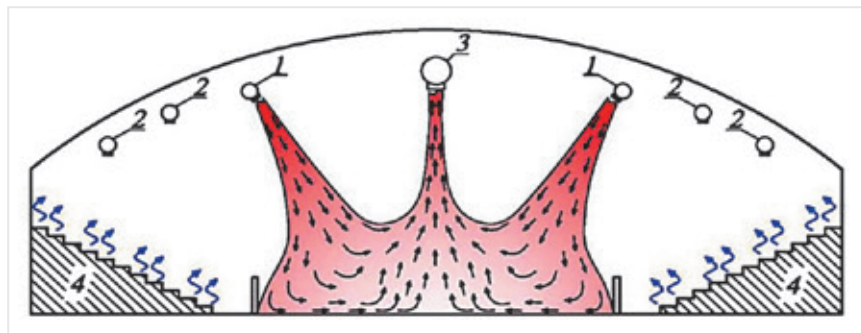


Рис. 1. Схема подачи воздуха в зону ледового поля

Вторая — оценка влияния радиационной составляющей теплопритоков от потолка и конструкций, окружающих ледовую площадку.

В кондиционировании воздуха крытых ледовых катков приходится решать задачу предотвращения образования конденсата на внутренних поверхностях ограждений зала. Чаще всего конденсат образуется на нижней поверхности конструкций потолка, обращенных к ледовой поверхности.

Температура поверхностей, подвергающихся лучистому охлаждению, может снизиться до температуры точки росы воздуха в зале.

Точное решение уравнений относительно температуры поверхности потолка требует громоздких вычислений, и задача решается приближенными методами, с принятием дополнительных упрощений в виде выражения плотности лучистого теплового потока через коэффициент теплопередачи и разницу температур для системы потолок-лед [2].

$$q_{п-л} = \alpha_{луч.п-л} \cdot (t_{п} - t_{л}),$$

$$\text{где } \alpha_{луч.п-л} = c_0 \varepsilon_{п-л} \varphi_{п-л} b_{п-л};$$

$b_{п-л}$ — температурный коэффициент, учитывающий аппроксимацию разностей абсолютных температур в четвертой степени к температуре в °С.

По формулам можно провести расчеты результирующей температуры поверхности потолка $t_{п}$ при разных значениях температуры воздуха в зале катка, по величине степени охлаждения потолка определены значения относительной влажности воздуха в зале φ , при которых будет наблюдаться выпадение конденсата. Результаты расчетов отражены в таблице [2].

Физическая картина рассматриваемых процессов следующая: в результате радиационного охлаждения от ледовой площадки поверхность потолка охлаждается. Благодаря разнице температур возникает радиационный теплоперенос от остальных поверхностей к потолку.

Из-за разницы температур с воздухом возникает свободная конвекция от поверхности потолка. В процессе сложного теплообмена потолок приобретает такую температуру, при которой устанавливается тепловой баланс.

$t_{в}, ^\circ\text{C}$	+12	+14	+16	+18	+20	+22	+24
$t_{п}, ^\circ\text{C}$	7,56	9,10	10,65	12,20	13,76	15,32	16,89
$t_{в} - t_{п}, ^\circ\text{C}$	4,44	4,90	5,35	5,80	6,24	6,68	7,11
критическая $\Phi_{в}, \%$	74,2	72,3	70,5	68,9	67,3	65,8	64,5

Надо отметить, что для разной геометрии залов крытых ледовых арен, наличия трибун и их количества эти данные будут корректироваться.

Из совместного рассмотрения видно, что с увеличением геометрических размеров зала за счет уменьшения коэффициента облученности плотность радиационного теплового потока от потолка к ледовой площадке убывает [2].

В тепловом балансе потолка увеличивается вклад радиационного нагрева от стен, величина конвективной составляющей, наоборот, падает по причине уменьшения глубины охлаждения поверхности.

Третья — нестандартные особенности архитектурно-планировочных и технологических решений.

При организации помещений крытого катка должно быть учтено множество дополнительных и специфических требований в отличие от обычных зданий. Изолированные стены без оконных проемов и потолок делают возможным контролирование микроклимата независимо от климата снаружи.

Но иногда встречаются нестандартные особенности архитектурно-планировочных и технологических решений, которые вносят существенные изменения в расчеты систем вентиляции и кондиционирования крытых ледовых катков. Например, высота: чем выше отметка потолка в ледовой арене, тем сложнее организовать системы воздухораспределения и обеспечить равномерное заполнение

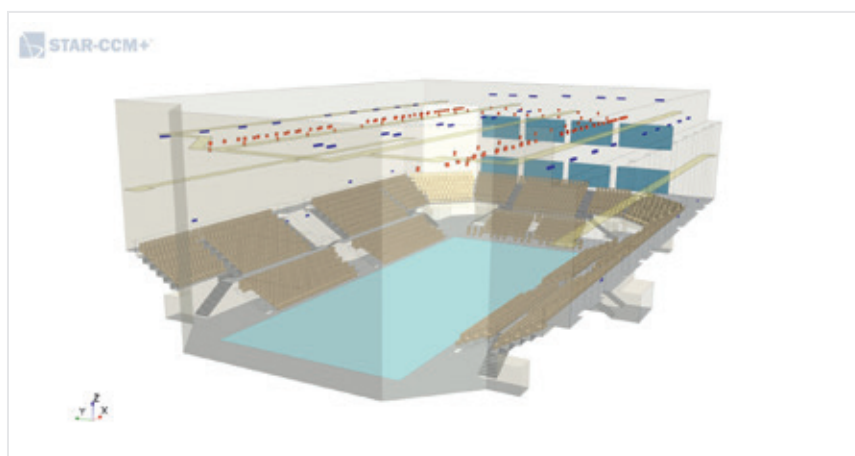


Рис. 2. 3D-модель помещения ледовой арены

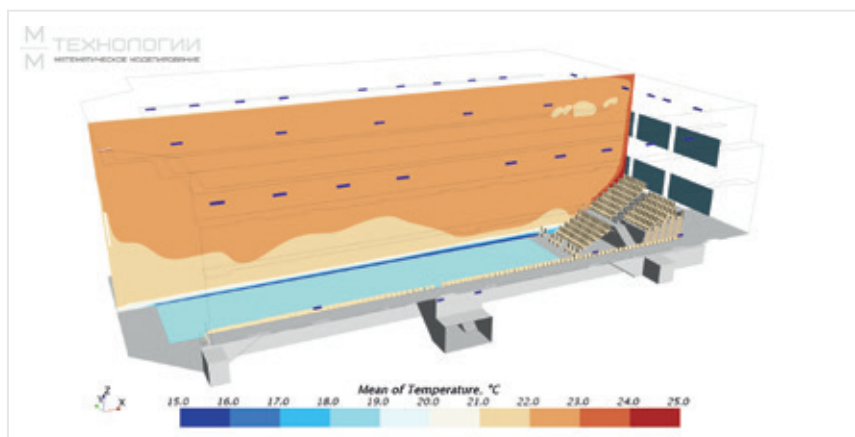


Рис. 3. Поле температуры в продольном вертикальном сечении



Ассоциация инженеров по
вентиляции, отоплению,
кондиционированию воздуха,
теплоснабжению и
строительной теплофизике

- ✓ Организация отраслевых семинаров и вебинаров
- ✓ Издательская деятельность
- ✓ Разработка нормативных документов
- ✓ Центр оценки квалификаций
- ✓ Саморегулирование
- ✓ Консультация и экспертиза

**Более 200
компаний
и специалистов**

**Более
20 лет
работы**



Отопление | Вентиляция | Кондиционирование воздуха | Теплоснабжение | Холодоснабжение
Газоснабжение | Водоснабжение | Автоматизация | Защита окружающей среды

197342, Санкт-Петербург,
Сердобольская ул.,
д. 65, лит. А



тел./факс (812) 336-9560
www.avoknw.ru
avoknw@avoknw.ru

воздушными струями поверхность ледового поля. Также от высоты расположения сопла зависят температура приточного воздуха, угол наклона сопла и параметр регулировки.

Другой особенностью являются нестандартные технологические решения. В рассматриваемом нами объекте по технологическому заданию предусмотрен режим проведения шоу. Его особенность — это уменьшение стандартного ледового поля до размеров 50 x 20 м, а также отсутствие бортов ограждения ледовой площадки. Добавляются дополнительные выдвижные трибуны по ее периметру.

Сложность заключается в том, что в рабочей зоне спортсменов необходимо поддерживать жесткие требования по микроклимату: такие как температура воздуха, влажностное содержание и подвижность, а для зоны трибун — свои требования. Борт является как бы границей двух климатических зон. Но в нашем случае бортов нет и зрительские трибуны в буквальном смысле находятся в рабочей зоне, предназначенной для спортсменов.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (CFD)

Математическое моделирование является мощным инструментом для анализа и оптимизации систем вентиляции, позволяя повысить их эффективность, снизить затраты и улучшить качество воздуха в помещениях. Более того, традиционные расчеты не могут полноценно учесть сложное взаимодействие струй приточного воздуха, конвективных потоков от людей, радиационного охлаждения и специфики архитектуры [3].

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА РАССМАТРИВАЕМОМ ОБЪЕКТЕ

Основной целью работы является с помощью методов вычислительной гидродинамики рассчитать распределение параметров микроклимата по объему помещений ледовых арен в теплый период года в различных режимах их функционирования и заполнения людьми и спортсменами.

В качестве метода исследования выбрано компьютерное

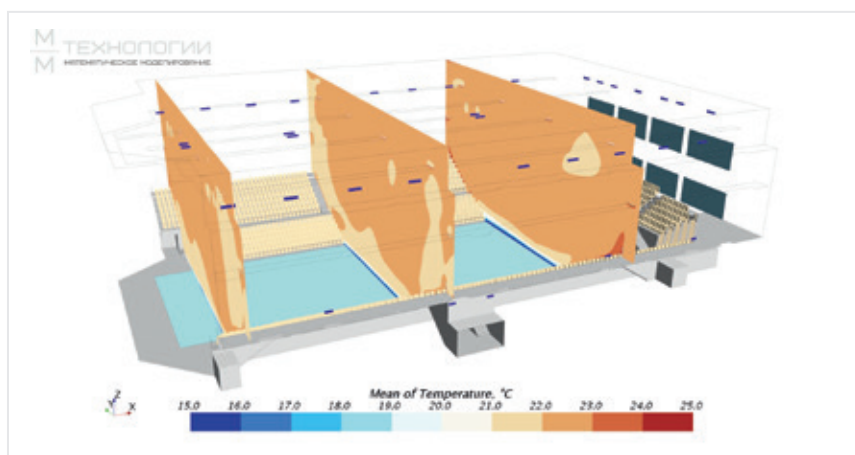


Рис. 4. Поле температуры в поперечных вертикальных сечениях

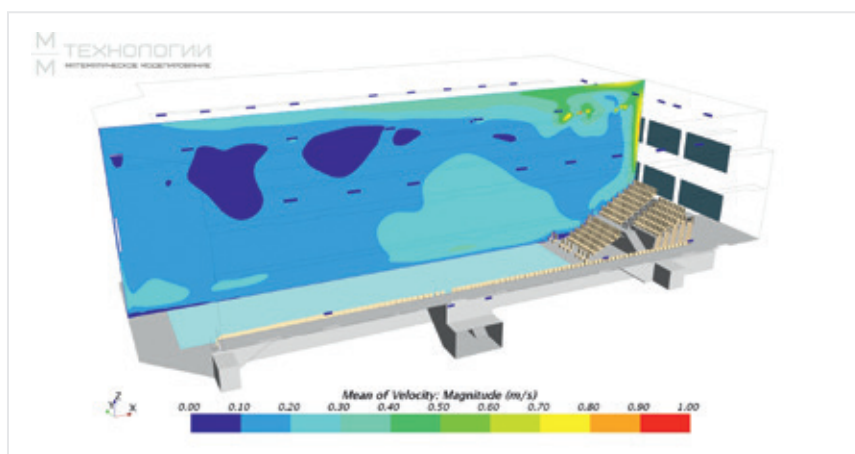


Рис. 5. Поле модуля скорости в продольном сечении

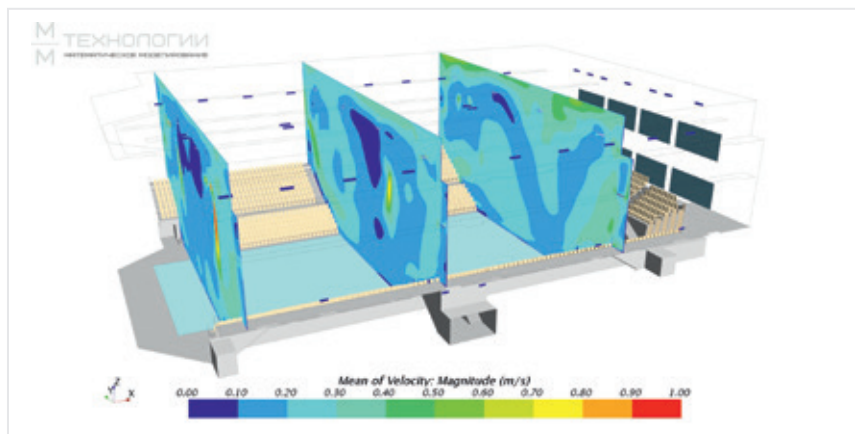


Рис. 6. Поле модуля скорости в поперечных сечениях

CFD-моделирование скоростных, температурных, влажностных полей и полей углекислого газа.

Результатом работ математического моделирования является сравнение расчетов и принятых принципиальных решений по организации систем вентиляции и кондиционирования ледовых арен и корректировка проектных решений в части параметров приточного воздуха

и рециркуляционного воздуха, объема воздухообмена, количества воздухоораспределительных устройств, угла установки и параметра настройки воздухоораспределителей, а также корректировка подбора климатического оборудования [3].

ОПИСАНИЕ РАБОТ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Проектирование систем вентиляции и кондиционирования

BIM '25
ФОРУМ ЗИМА

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



16-17 ДЕКАБРЯ 2025

XI МЕЖДУНАРОДНЫЙ BIM-ФОРУМ

AMBER PLAZA,
МОСКВА, М. НОВОСЛОБОДСКАЯ,
КРАСНОПРОЛЕТАРСКАЯ УЛИЦА, 36

BIM-ФОРУМ — это ежегодное профессиональное мероприятие в сфере цифрового строительства. Формат форума объединяет насыщенную дискуссионную программу и экспозицию ведущих программных и программно- аппаратных продуктов и сервисов.



BIMFORUM.PRO

крытых ледовых арен осложнено необходимостью поддержания существенно отличающихся значений параметров воздуха в зоне ледового поля и в зоне нахождения зрителей. Также в случае ошибок при проектировании систем ОВК создается угроза попадания теплого влажного воздуха в зону ледового поля, что является недопустимым (т. к. может происходить подтаивание льда, искривление его поверхности, образование тумана над ледовым полем).

При проектировании воздухораспределения ледовых арен необходимо рассматривать взаимодействия потоков, создаваемых приточными устройствами, и конвективных потоков

от массива зрителей. Учитывая очень сложный характер течения, формирующийся при этом в объеме арены, отделить зоны влияния данных потоков, спрогнозировать их поведение становится трудно. Кроме того, в задачах с искусственным льдом возникает необходимость учета радиационной составляющей на значительной части поверхностей, участвующих в теплообмене (поверхности льда, кровли, стен) [3].

В рамках данной статьи рассмотрим только один режим эксплуатации: для ледовой арены № 1 — это режим ледового шоу, основной особенностью которого является уменьшенный размер площадки

(до 50 x 19,5 м), наличие большого количества зрителей и отсутствие бортиков.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Исходные данные для моделирования по различным режимам сведены в табл. 1 [3].

ТРЕБУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ ЗАЛОВ

Зона ледового поля арены № 1 в режиме ледового шоу:

- температура внутреннего воздуха на отметке 1,5 м: $t_b = +14\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность внутреннего воздуха на отметке 1,5 м: φ не более 55%;
- температура внутреннего воздуха у зрителей: $t_b = +21\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Таблица 1. Исходные данные для ледовой арены № 1

Режим	Данные для расчета теплопоступлений и теплопотерь	Влаговыведения и влагопотери	Поступления CO_2	Приточно-вытяжные устройства и фанкойлы
теплый период года, 30 занимающихся, 2025 зрителей	1) спортсмены: 30 чел. · 163 Вт = 4890 Вт 2) зрители 2025 чел. · 99 Вт = 200 475 Вт 3) освещение 130 500 Вт 4) R кровли = 4,33 м ² ·C/Вт 5) R стены = 3,59 м ² ·C/Вт 6) наружная темп-ра +26 °C 7) температура льда -4 °C	1) спортсмены: 30 чел. · 185 г/ч = 5550 г/ч 2) зрители: 2025 чел. · 75 г/ч = 151 875 г/ч 3) лед = -53 954 г/ч (происходит конденсация)	Спортсмены: 30 чел. × 158 г/ч = 4740 г/ч Зрители: 2025 чел. × 40,9 г/ч = 82 823 г/ч	1) подача наружного воздуха: на лед: • сопла Halton PRA 250, 18 шт. суммарный расход = 15 000 м ³ /ч T возд. = 28 °C d возд. = 3,45 г/кг CO ₂ = 400 ppm на зрителей: диффузоры NSDZ 315, 95 шт., коническая струя суммарный расход = 70 475 м ³ /ч T возд. = 16 °C d возд. = 9,49 г/кг CO ₂ = 400 ppm 2) забор воздуха над льдом: решетки 225 x 1225, 10 шт. суммарный расход 15 000 м ³ /ч над зрителями: решетки 225 x 1225, 25 шт. суммарный расход 45 475 м ³ /ч в нижней части у зрителей: решетки 800 x 250, 10 шт. суммарный расход 25 000 м ³ /ч
теплый период года, 30 занимающихся, без зрителей	1) спортсмены: 30 чел. · 163 Вт = 4890 Вт 2) зрители отсутствуют 3) освещение 130 500 Вт 4) R кровли = 4,33 м ² ·C/Вт 5) R стены = 3,59 м ² ·C/Вт 6) наружная темп-ра +26 °C 7) температура льда -4 °C	1) спортсмены: 30 чел. · 185 г/ч = 5550 г/ч 2) зрители: отсутствуют 3) лед ≈ 0 г/ч (конденсация приблизительно равна испарению)	Спортсмены: 30 чел. × 158 г/ч = 4740 г/ч Зрители: отсутствуют	1) подача наружного воздуха: на лед: • сопла Halton PRA 250, 24 шт. суммарный расход = 20 000 м ³ /ч T возд. = 33,87 °C d возд. = 3,45 г/кг CO ₂ = 400 ppm на зрителей: подача отсутствует 2) забор воздуха над льдом: решетки 225 x 1225, 10 шт. суммарный расход 20 000 м ³ /ч



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



**4-я Международная выставка оборудования, технологий и услуг
для вентиляции, кондиционирования и холодоснабжения**

3–6.02.2026

**Москва,
Крокус Экспо**

10 329

уникальных
посетителей

24

страны

78

регионов РФ
География посетителей

77%

участников нашли
новых клиентов

* По итогам AIRVent 2025

Разделы выставки:



Вентиляционное оборудование



Оборудование для кондиционирования



Комплектующие
для кондиционирования и вентиляции



Системы коммерческого
и промышленного холода



Автоматизация зданий /
программное обеспечение



Системы контроля
качества воздуха



Инструменты



Услуги



**Забронируйте
стенд**

airventmoscow.ru

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ
ПАРТНЕР



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER



реклама

- относительная влажность внутреннего воздуха у зрителей: φ не более 65%;
- подвижность воздуха: v_v не более 0,3 м/с.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

CFD-моделирование исходного проектного решения показало, что на отметке +1,5 м над ледовой поверхностью температура воздуха оказывается выше требуемых значений, а вблизи зрителей и льда наблюдаются повышенные скорости воздуха.

В результате расчета представленной в статье модификации проектного решения (табл. 1) получено решение, удовлетворяющее требованиям по подвижности воздуха. Разнесение в пространстве воздушных струй от диффузоров и решеток привело к интенсивному перемешиванию воздуха в верхней зоне арены, без образования сосредоточенных воздушных потоков вниз — к зрителям и льду. Более равномерное опускание воздуха вниз в этой модификации позволяет не превышать скорость более 0,35 м/с в рабочей зоне. При этом в основном она составляет 0,1–0,3 м/с у льда и 0,2–0,3 м/с в области зрителей.

В результате CFD-моделирования была показана принципиальная невозможность без устройства бортов поддерживать существенно разные температуры вблизи льда и у зрителей. Так, для представленной модификации температура воздуха на отметке 1,5 метра над льдом составляет 21–22 °С и полностью определяется средней температурой воздуха в целом по объему арены, которая составляет 21–23 °С. Температура вблизи зрителей находится в пределах 22–23 °С. Чуть более низкие значения отмечены в нижней части трибун.

Воздушные струи из сопел после достижения высоты около 3 метров над льдом разворачиваются в сторону центра площадки и уходят вверх.

Важно, что в данной модификации не зафиксировано врывание теплых воздушных масс в нижнюю зону у льда, что позволяет поддерживать равномерную температуру поверхности льда по всей площади.

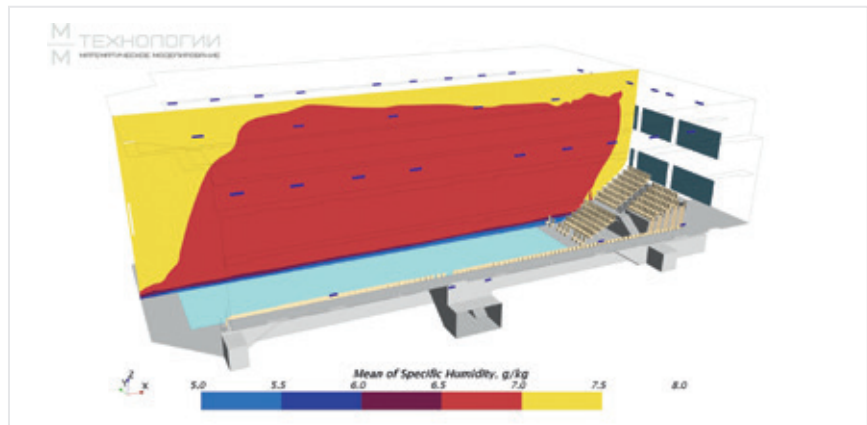


Рис. 7. Поле влагосодержания в продольном сечении

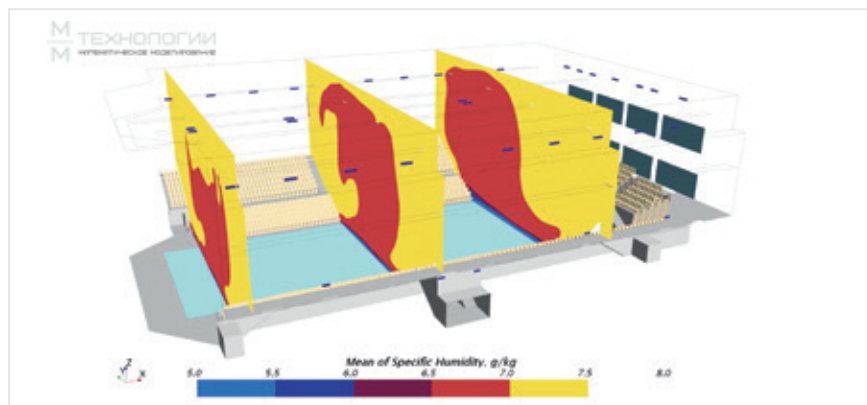


Рис. 8. Поле влагосодержания в поперечных сечениях

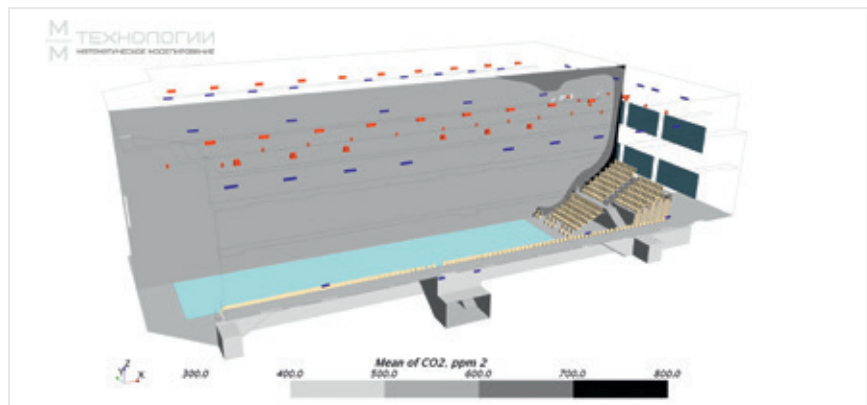


Рис. 9. Поле углекислого газа в продольном сечении

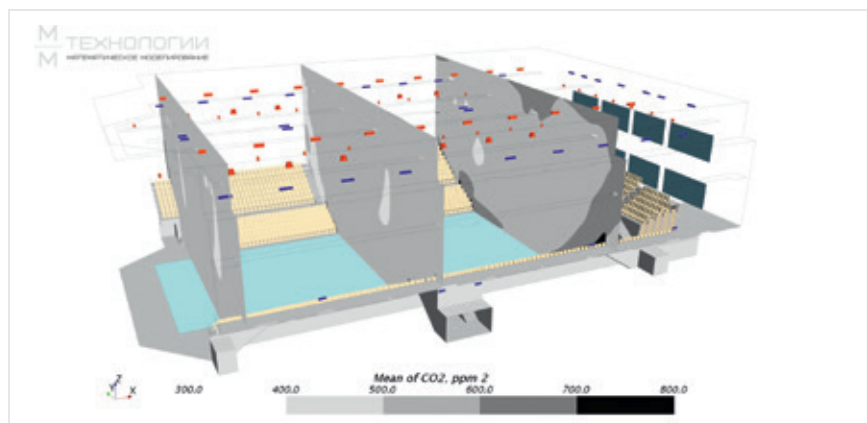


Рис. 10. Поле углекислого газа в поперечных сечениях



XVI ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«РОССИЙСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС»

УЧАСТИЕ В КАЧЕСТВЕ СЛУШАТЕЛЕЙ БЕСПЛАТНОЕ | РЕГИСТРАЦИЯ НА САЙТЕ: RSKCONF.RU

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
26 СЕНТЯБРЯ 2025
КОСМОС
ПУЛКОВСКАЯ

ОРГАНИЗАТОРЫ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДЕЛОВОЙ
ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ
ПАРТНЕР



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ
ПАРТНЕР



СООРГАНИЗАТОРЫ



ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР



Уровень влагосодержания в арене получился ниже, чем в исходном проектном решении (6,5–7,5 г/кг), что улучшит качество льда, т. к. снизит интенсивность конденсации влаги на лед. Относительная влажность в целом по объему достаточно равномерная и составляет 40–50%.

ВЫВОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ [3]

При помощи численного моделирования были проанализированы проектные решения для нескольких режимов функционирования двух ледовых арен для теплого периода года.

При численном моделировании исходного проектного решения было установлено, что система ОВиК обеих арен нуждается в доработке, т. к. некоторые показатели микроклимата не удовлетворяли требуемым значениям. На данном этапе исходное проектное решение было переработано и проанализировано несколько его модификаций.

Моделирование продемонстрировало, что режим работы без бортов («шоу») существенно отличается от классических режимов работы ледовых арен. Было показано, что для достижения требуемых температур над ледовым полем необходимо соответствующим образом понизить температуру воздуха в целом по объему арены, что приведет к низким температурам вблизи зрителей. Принятым альтернативным вариантом явилось изменение требований к температуре вблизи льда в сторону повышения. В этом случае необходимо обеспечить увеличение холодопроизводительности систем поддержания льда для исключения его таяния.

Для снижения влагосодержания воздуха водяной охладитель был заменен на фреоновый с охлаждением воздуха до +8 °С.

В результате расчетов измененного проектного решения все выявленные при анализе исходного проекта проблемы были решены. Так, скорость воздуха вблизи зрителей и на отметке 1,5 метра ото льда не превышает 0,35 м/с, в основном находясь в пределах 0,2–0,3 м/с. Отсутствуют врывания воздушных струй из области зрителей в нижнюю часть ледового поля, что позволяет иметь равномерную температуру льда по всей его площади.

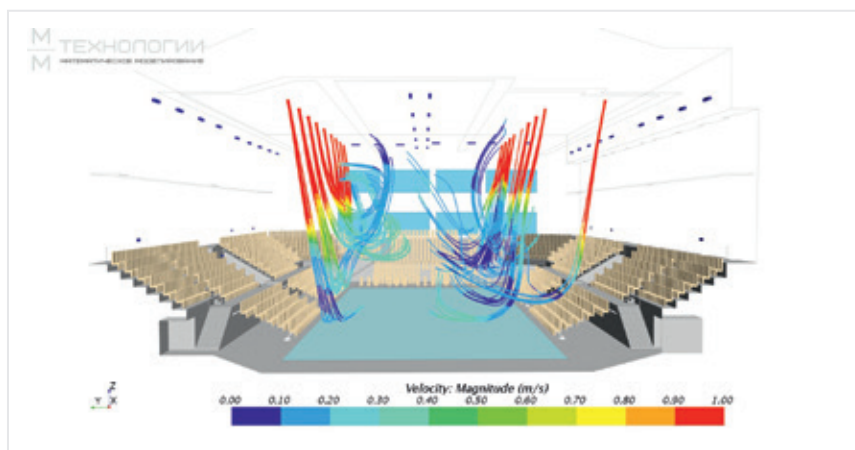


Рис. 11. Линии тока воздуха из сопел

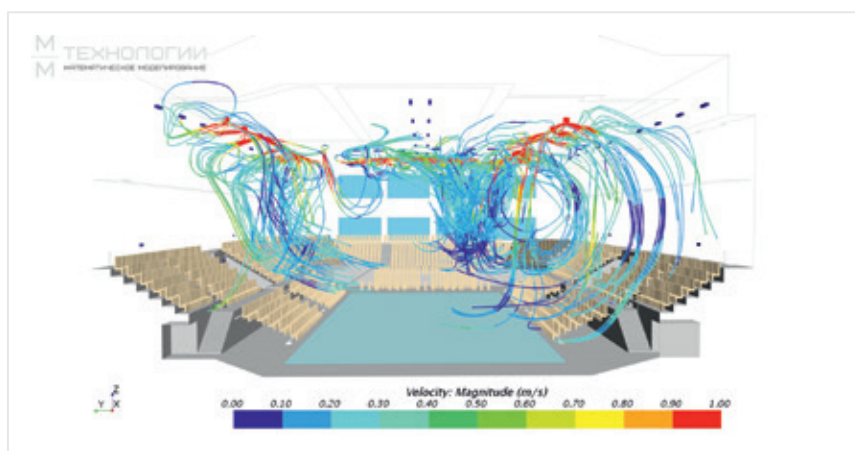


Рис. 12. Линии тока воздуха из вихревых диффузоров

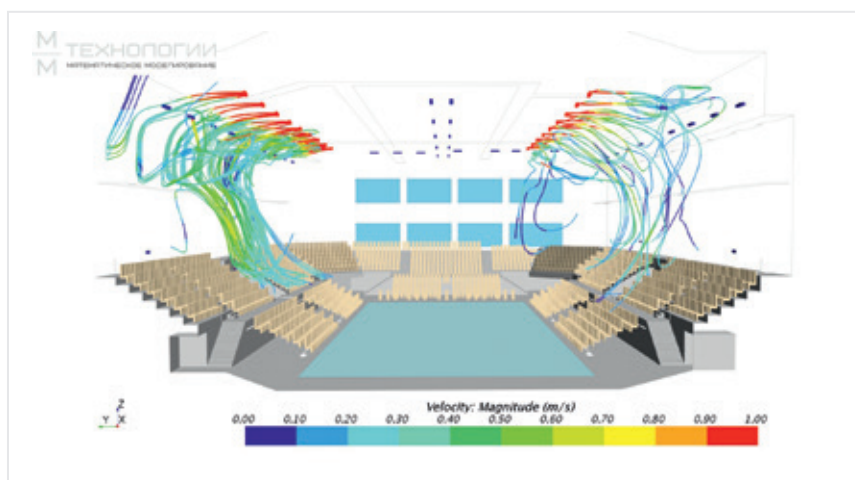


Рис. 13. Линии тока воздуха решеток

ЛИТЕРАТУРА

1. Чуйкин С. В., Ефанов Д. Р., Попов Д. Л., Симонов К. С. Характерные особенности организации микроклимата крытых ледовых арен. Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж, Россия.
2. Русаков С. В. К расчету тепловых и влажностных нагрузок ледовых катков. Нагрузка

от радиационного переноса теплоты. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». № 1, 2014.

3. Научно-технический отчет по результатам математического моделирования микроклимата, формируемого в объемах ледовых арен № 1 и № 2 многофункционального спортивного комплекса. Этап 2.

ASNEVENT



ОРГАНИЗАЦИЯ СЕМИНАРОВ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ВСТРЕЧ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ СТРОИТЕЛЬНОГО РЫНКА

**ПОДБОР
ПЛОЩАДКИ**

**СБОР
АУДИТОРИИ**

**ПОЛНОЕ
СОПРОВОЖДЕНИЕ
ПРОВЕДЕНИЯ**

МЫ НАЙДЕМ

ВАМ НОВЫХ ПАРТНЁРОВ

ЛЮБОЙ РЕГИОН РФ

avoknw.ru
+7 (812) 336-95-60
+7 (812) 605-00-50

ЗА 10 ЛЕТ МЫ ОРГАНИЗОВАЛИ
БОЛЕЕ 100 МЕРОПРИЯТИЙ
В БОЛЕЕ ЧЕМ 30 ГОРОДАХ
РОССИИ

10 лет

ВЛИЯНИЕ ОРИЕНТАЦИИ ЗДАНИЯ НА ПРОЕКТНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ

*М. А. Разаков,
АО «Останкинский мясоперерабатывающий комбинат»*



МУХАММЕТ АЗАТОВИЧ РАЗАКОВ
Инженер-проектировщик
по сетям и инженерным
системам в АО «Останкинский
мясоперерабатывающий комбинат»;
старший преподаватель НИУ МЭИ;
инженер ФГБУ НИИСФ РААСН.
Сфера научных интересов: ВИЭ,
энергетика, теплоснабжение,
инженерные системы обеспечения
микроклимата, аэромеханика,
образование, теплофизика.
В 2022 году окончил аспирантуру
НИУ МГСУ по специальности
«теплогазоснабжение
и вентиляция». С 2018 года
работает в различных сферах
народного хозяйства Российской
Федерации. Участвует в разработке
программ развития инженерных
систем городов Крайнего Севера
(проект «Чистая вода»). Обеспечение
города Кировска горячим
водоснабжением). Разрабатывает
комплексные способы улучшения
условий труда рабочего персонала
промышленных предприятий
с помощью инженерных систем
обеспечения микроклимата.
Автор более 115 научных работ,
в том числе 15 патентов
и авторских свидетельств,
6 учебных пособий.

Рассмотрено влияние ориентации здания на проектные тепловые потери этого здания с помощью инженерных методов расчета. В работе приводится график для сравнения различных составляющих тепловых потерь здания торгово-развлекательного центра. В исследовании изложены варианты расположения фасадов здания в зависимости от направления ветра. Изученная тема особо актуальна для энергосбережения на стадии планирования городской территории.

Целью данной работы является сравнение проектных тепловых потерь торгово-развлекательного центра (ТРЦ) при изменении ориентации здания.

На данный момент существует три метода расчета тепловых потерь здания:

1. Расчет тепловых потерь по укрупненным статистическим показателям.

2. Классический метод расчета тепловых потерь через ограждающие конструкции с различными добавками к суммарным тепловым потерям помещений.

3. Новый метод расчета тепловых потерь без различных добавок.

Первый метод основывается на укрупненных показателях, собранных многолетними натурными исследованиями различных зданий. Впервые его ввел В. М. Чаплин [1], и этот показатель назывался «удельная тепловая характеристика здания».

Второй, как и третий, метод основывается на уравнении процесса стационарной теплопроводности в материале, Фурье [2, 3]. Но отличием является то, что во втором методе учитываются дополнительные добавочные коэффициенты, которые характеризуют различные изменения тепловых потерь помещения. Например, такие как изменение направления и скорости ветра на определенной высоте и ряд других факторов.

Расчеты будут вестись с применением матриц [4], но с использованием различных добавок из классического метода.

Тепловые потери через i -е ограждение помещения рассчитываются по формуле (1) [5]:

$$Q_i = \frac{F_i}{R_i} \cdot (t_{вн} - t_{н5}) \cdot n_i \cdot (1 + \sum \beta_i), \text{ KBm}, \quad (1)$$

где F_i — площадь ограждения, м^2 ; R_{oi} — приведенное сопротивление теплопередаче ограждения, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; $t_{вн}$ — расчетная температура в помещении, $^\circ\text{C}$; $t_{н5}$ — расчетная температура наружного воздуха или холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92, $^\circ\text{C}$; n_i — коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху; β_i — коэффициент, учитывающий дополнительные потери теплоты через ограждающие конструкции.

Тепловые затраты на инфильтрацию через оконный блок по помещениям рассчитываются по формуле (2) [5]:

$$Q_{(u)i} = F_{(ок)i} \cdot (t_{вн} - t_{н5}) \cdot g_{(ок)i} \cdot c_e \cdot A_{\text{ок}} / 3600, \text{ KBm}, \quad (2)$$

где $F_{(ок)i}$ — площадь окон в помещении, м^2 ; $t_{вн}$ — расчетная температура в помещении, $^\circ\text{C}$; $t_{н5}$ — расчетная температура наружного воздуха или холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92, $^\circ\text{C}$; $g_{(ок)i}$ — расход воздуха, проходящий через 1 м^2 окна

для наветренной и боковой сторон, $\text{кг}/(\text{ч м}^2)$; C_v — удельная массовая теплоемкость воздуха, $(\text{КДж}/\text{кг } ^\circ\text{C})$; A_z — экономайзерный коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока в конструкции окна [3].

Данная часть исследования проводится с помощью инженерного метода расчета [5], где приняты следующие допущения:

а) усредняется температура внутреннего воздуха внутри здания [3];

б) не учитывается внутренний переток воздуха из одного помещения в другое (при разности температур между ними более $2\text{ }^\circ\text{C}$);

в) не учитываются некоторые конструкции для расчета воздухопроницаемости. Другие, такие как жалюзийные решетки, крепления, оконные клапаны, указываются в работе [2].

В работе [2] введено понятие «трансмиссионные тепловые потери через ограждающую конструкцию». Стоит отметить, что в ней нет добавочного коэффициента тепловых потерь через ограждающие конструкции (β). Потери теплоты за счет врывания воздуха через входы, не оборудованные воздушно-тепловыми завесами, введены в инфильтрационные тепловые потери. Другие поправки, как добавка на высоту помещения общественных зданий, добавка на проветривание холодного подполья в районах вечной мерзлоты при $t_{\text{н5}}$, а также добавка на ориентацию помещения, были просто вычеркнуты без основания. В связи с этим при применении данной условно «новой» методики получается снижение потери теплоты здания. Фактически она уничтожает некий резерв отопительной мощности для продолжительных дней с критическими параметрами наружного воздуха.

Сам же матричный метод расчета достоин самых лестных комментариев. Он значительно ускоряет работу проектировщика и снижает трудозатраты.

В статье рассматривается здание торгового центра в городе Владимире. На первом этаже расположен парфюмерный магазин. На втором — магазины одежды, турагентство и операционная касса обмена валюты. На третьем этаже располагается мебельный магазин.

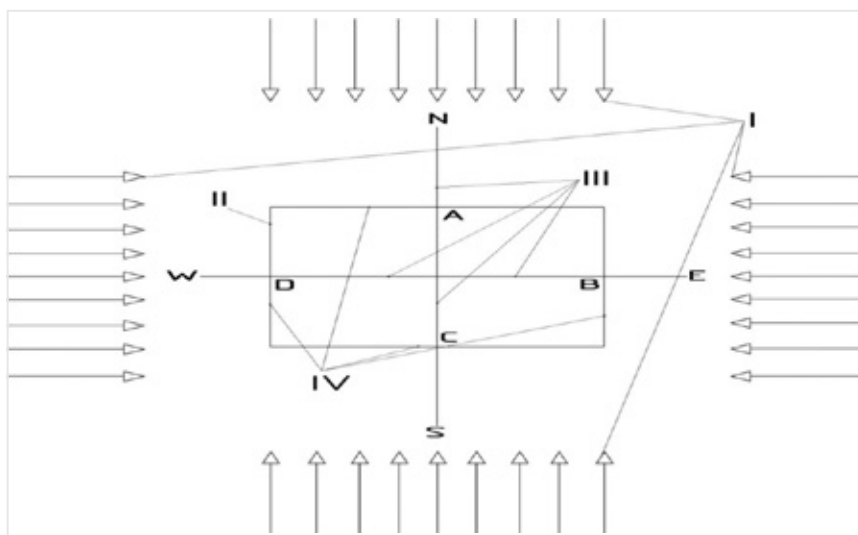


Рис. 1. Расположение здания на генеральном плане:
I — преобладающее направление ветра для города;
II — контур проектируемого здания;
III — направления сторон горизонта (сторон света);
IV — фасады здания A, B, C, D; N, W, S, E — стороны света (север, запад, юг, восток)

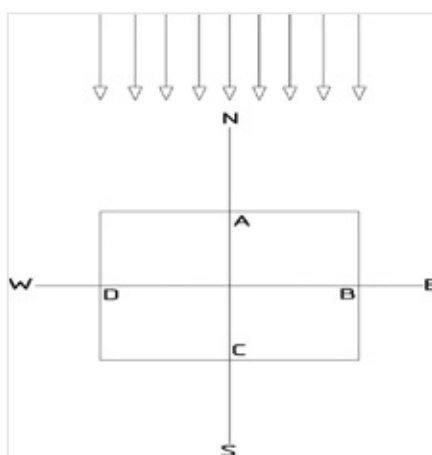


Рис. 2.
Вариант 1
расположения здания

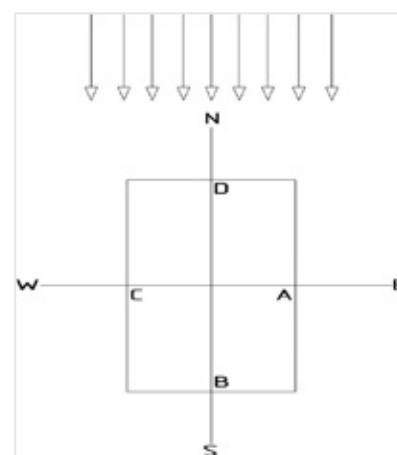


Рис. 3.
Вариант 2
расположения здания

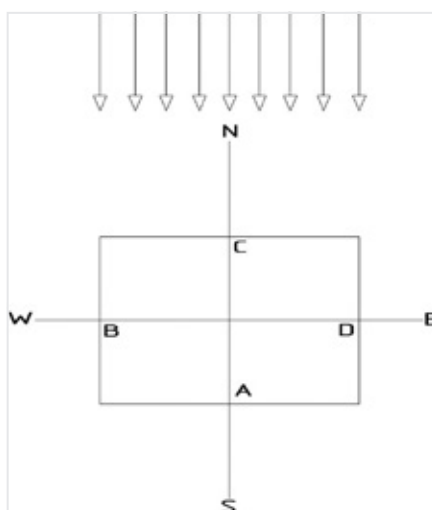


Рис. 4.
Вариант 3
расположения здания

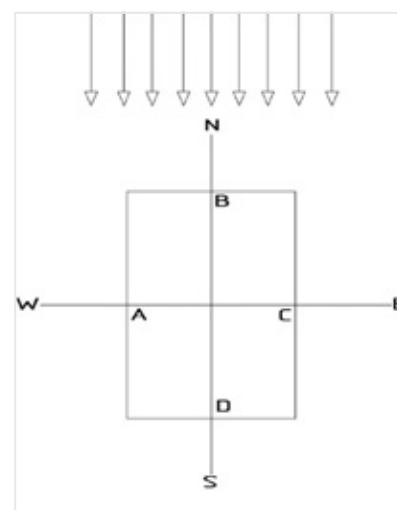


Рис. 5.
Вариант 4
расположения здания

По СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» преобладающим направлением ветра за декабрь-февраль для города Владимира является юг; максимальной скоростью из средних скоростей ветра по румбам за январь — 4,5 м/с; средней скоростью ветра за период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$ — 3,4 м/с.

Подобное исследование проводилось в ряде других работ [6, 7], но в них не учитывалась инфильтрационная составляющая тепловых потерь здания.

Запишем уравнение (1) в развернутом виде:

$$Q_i = \frac{F_i}{R_i} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{вс}}) \cdot n_i \cdot (1 + \sum \beta_i) =$$

$$= \left[\frac{F_i}{R_i} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{вс}}) \cdot n_i \cdot (1 + \beta_o) \right] + \left[\frac{F_i}{R_i} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{вс}}) \cdot n_i \cdot \right.$$

$$\left. \times (1 + \beta_{\text{вп}}) \right] + \left[\frac{F_i}{R_i} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{вс}}) \cdot n_i \cdot (1 + \beta_{\text{пр}}) \right], \text{ кВт},$$

где β_o — коэффициент, учитывающий дополнительные потери теплоты в зависимости от стороны горизонта; $\beta_{\text{вп}}$ — коэффициент, учитывающий дополнительные потери теплоты от врывания в здание холодного воздуха через вход; $\beta_{\text{пр}}$ — коэффициент, учитывающий прочие дополнительные потери теплоты.

Так как здание оборудовано современными воздушно-тепловыми завесами и нет прочих добавок, то в уравнении (3) нет последних двух слагаемых, и, следовательно, оно примет следующий вид:

$$Q_i = \frac{F_i}{R_i} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{вс}}) \cdot n_i \cdot (1 + \sum \beta_i) =$$

$$= \left[\frac{F_i}{R_i} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{вс}}) \cdot n_i \cdot (1 + \beta_o) \right], \text{ кВт}. \quad (4)$$

Полная методика расчета инфильтрационных тепловых потерь описана в работе Ю. Я. Кувшинова и О. Д. Самарина. В ней мы не совершаем никаких упрощений. В данной статье изменяется положение наветренной, заветренной и боковой сторон фасадов А, В, С, D здания ТРЦ.

Таблица 1. Характеристики фасадов здания

Фасад	F_c	$F_{\text{ост}}$	$f_{\text{ост}}$
A	201,8	77,2	0,28
B	115,8	30	0,21
C	178,9	100,1	0,64
D	127,8	18	0,12

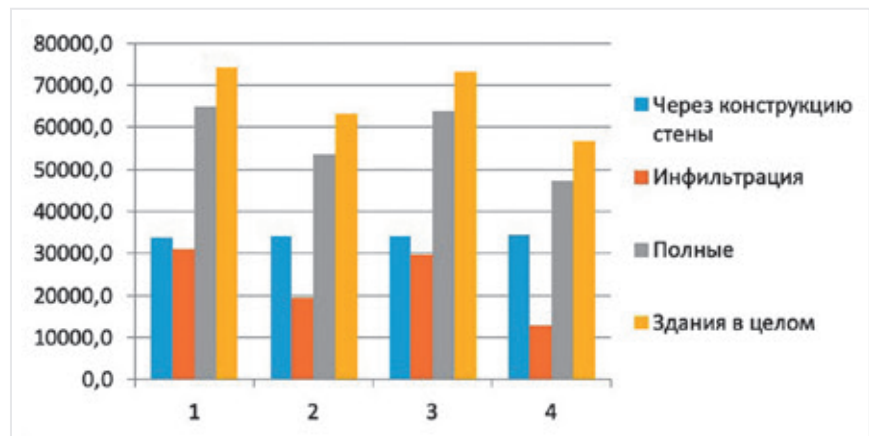


Рис. 6. Проектные потери теплоты в зависимости от ориентации здания

Сопrotивление теплопередаче ограждающих конструкций рассчитывалось по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Проектные потери теплоты в зависимости от ориентации для здания ТРЦ в г. Владимире указаны на рис. 6.

На рисунке наглядно продемонстрировано, как ориентация и остекленность здания могут влиять на тепловые потери. Тепловые потери через ограждающие конструкции оказывают меньшее влияние на суммарные тепловые потери данного здания, чем инфильтрация.

Изменение тепловых потерь через ограждающие конструкции фасадов составляет менее 1%, а изменение потерь теплоты за счет инфильтрации — 30% в зависимости от варианта расположения здания. В проектировании здания следует учитывать данный фактор при планировании энергопотребления сооружения. Наиболее благоприятная ориентация здания — варианты 2 и 4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прохоров В. И. Границы рассмотрения в задачах теплозащиты и теплообеспечения зданий. Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер. политематическая. 2014. Вып. 2 (33). С. 1–8.

2. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. Учебник для вузов, изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Энергия, 1975. — 488 с.

3. Малявина Е. Г., Самарин О. Д. Строительная теплофизика и микроклимат зданий. Учебник — Москва: МИСИ — МГСУ, 2018. — 288 с.

4. Гагарин В. Г., Неклюдов А. Ю. Использование матричного метода для определения вентиляционной составляющей тепловой нагрузки на систему отопления здания // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 7. С. 21–25.

5. Кувшинов Ю. Я., Самарин О. Д. Основы обеспечения микроклимата зданий. Учебник для вузов. — М.: издательство АСВ, 2010. — 200 с.

6. Глазунов Н. А. Влияние поправочного коэффициента на величину тепловых потерь в угловых помещениях. В сборнике: Энергосбережение и рациональное использование ресурсов в инженерных системах зданий и сооружений, сборник докладов студенческого научно-технического семинара. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2017. С. 6–9.

7. Полякова М. З. Влияние ориентации здания на расчетную величину тепловых потерь. В сборнике: Энергосбережение и рациональное использование ресурсов в инженерных системах зданий и сооружений, сборник докладов студенческого научно-технического семинара. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2017. С. 35–38.



Ассоциация проектировщиков
«Саморегулируемая организация
«Инженерные системы – проект»
№СРО-П-136-16022010

Ассоциация СРО действует с 2009 года,
объединяя узкоспециализированные
проектные организации среднего
и малого бизнеса по всей России

www.sro-isp.ru
spb@sro-is.ru

Тел./факс: +7 (812) 336-95-69

Условия для вступления в СРО:

- Ежемесячный членский взнос: 8 000 руб.
- Взнос в компенсационный фонд: 50 000 руб.

Наши преимущества:

- 01 Полный компенсационный фонд
на спецсчетах в проверенном банке
- 02 Всесторонняя поддержка компаний
менеджерами СРО
- 03 Профессиональная ориентированность членов
СРО — залог минимальных рисков по выплатам
из компфондов

197342, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Сердобольская, д. 65, лит. А, пом. 2Н

CNP НАЧИНАЕТ ПОСТАВКИ В РОССИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ СЕРИИ ZM

Новая линейка отличается повышенной энергоэффективностью: КПД серии в среднем на 6% превосходит показатели аналогичного оборудования.

Компания СИЭНПИ РУС, официальный представитель брендов CNP и Aikop в России, объявляет о начале поставок горизонтальных центробежных насосов ZM. Новая линейка отличается повышенной энергоэффективностью: КПД серии ZM в среднем на 6% превосходит показатели аналогичного оборудования прошлых серий. Насосы изготовлены из нержавеющей стали AISI 304 и устойчивы к слабоагрессивным средам, включая гликолевые растворы (в специальном исполнении).

ZM — серия горизонтальных одноступенчатых насосов одностороннего всасывания с осевым подводом и радиальным выпуском рабочей жидкости. Своими улучшенными характеристиками данное оборудование обязано высокоэффективной гидравлике и применению щелевого уплотнения вала с плавающим кольцом. Эта особенность позволила конструкторам CNP Aikop увеличить площадь уплотнения при одновременном уменьшении уплотнительного зазора. В результате удалось добиться уменьшения протечки, что привело к росту объемного и, как следствие, общего КПД оборудования.

Насосы серии ZM изготавливаются с применением технологии сварки прессованных деталей из листовой нержавеющей стали, что обеспечивает высокую коррозионную стойкость и долговечность. Использование цельных заготовок при производстве впускных и выпускных патрубков позволило добиться высокой однородности размеров и геометрии изделий, обеспечить надежное соединение патрубков с корпусом насосов и на 3% повысить их эффективность. При производстве элементов корпуса используется гидроформовка высокого давления,



что повышает структурную целостность проточной части, прочность и жесткость корпуса, точность обработки и позволяет изготавливать детали со сложной пространственной геометрией в рамках одного технологического цикла.

Линейка ZM включает 50 моделей насосов различного номинала мощностью от 0,55 до 75 кВт, с присоединительными диаметрами от 1½" до DN 80, диапазоном подач от 1,5 до 210 м³/ч и напоров от 16 до 118 м вод. ст. Все модели выпускаются на раме, рассчитаны на рабочее давление до 10 бар и температуру перекачиваемой жидкости от +20 до +100 °С. Агрегаты комплектуются асинхронными двигателями класса IE3 в трехфазном исполнении и имеют степень защиты IP55.

Насосы ZM разработаны для перекачивания чистых, невзрывоопасных жидкостей, не содержащих абразивных или волокнистых примесей и подходят для работы с различными средами — от питьевой воды до слабых растворов

кислот и щелочей. Основные области применения:

- водоснабжение и водоотведение для гражданских, сельскохозяйственных и промышленных объектов;
- системы водоподготовки и очистительные установки;
- системы отопления, горячего водоснабжения и теплоснабжения;
- вентиляция и кондиционирование воздуха;
- промышленные моечные установки и оборудование для обработки поверхностей.

Благодаря оптимизированной конструкции и высокой коррозионной стойкости насосы ZM являются универсальным решением для различных климатических и производственных условий. Облегченная компактная конструкция, низкий уровень шума и простота обслуживания делают их удобными в монтаже и эксплуатации. Новая линейка разработана в Китае с использованием передовых технологий и материалов, что обеспечивает ее высокую надежность и долговечность.

BAXI

De Dietrich 

КОТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

17

сентября

г. Санкт-Петербург, отель KOSTAS,
ул. Профессора Ивашенцова, 2А

9:30 – 17:30



Регистрация
на мероприятие

реклама

Участники форума

BAXI

De Dietrich 

 **ТЕПЛОСИЛА**

25 лет
МАСТЕР
BATT



Эксперты форума



НОПРИЗ
национальный конкурс профессионального мастерства в области теплоэнергетики

 **ПОЛИТЕХ**



АВИТОН



ОСОБЕННОСТИ ОСНАЩЕНИЯ СИСТЕМОЙ ВОДЯНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

В. Г. Федосеев, ООО «ВИЛО РУС»

В современном строительстве наблюдается явная тенденция к возведению многофункциональных комплексов. Подобные архитектурные решения становятся все более популярными благодаря своей эффективности и удобству использования. Эти здания совмещают в себе пространства и помещения с различным назначением, такие как жилые апартаменты и парковки, офисные помещения и торговые галереи.

Такие здания являются наиболее функциональными и удобными как для проживания, так и для ведения профессиональной деятельности. Но, помимо преимуществ, в них есть и недостатки, скрытые от глаз пользователей. Эти недостатки заключаются в сложности построения инженерных систем, сочетании различных физических и нормативных требований.

В этой статье описываются трудности организации одной из главных и основополагающих систем жизнеобеспечения — системы автоматического водяного пожаротушения.

Основной проблемой систем водяного пожаротушения многофункциональных зданий является разница в значениях по расходам и напорам в разных частях здания.

Связано это с тем, что защищаемое здание имеет помещения с различным функционалом, такие как паркинги, офисные помещения, торговые площади и галереи, атриумные пространства.

Вышеперечисленные помещения принадлежат к разным группам

по степени опасности развития пожара, и, как следствие, для этих помещений необходимо обеспечивать различную интенсивность тушения пожара и количество струй, орошающих одну точку защищаемого пространства, и расход системы внутреннего противопожарного водопровода.

Примеры требований к помещениям многофункционального центра приведены в табл. 1.

Как видно из приведенных в таблице значений расходов, они могут сильно различаться для разных групп помещений по опасности развития пожара.

Так каким же образом обеспечить необходимое орошение в различных частях защищаемого здания?

Первый и очевидно самый простой способ обеспечения требуемого орошения — это размещение в насосной станции нескольких насосных установок, каждая из которых работает на отдельную функциональную группу помещений.

У данного решения есть главный недостаток — площадь, занимаемая

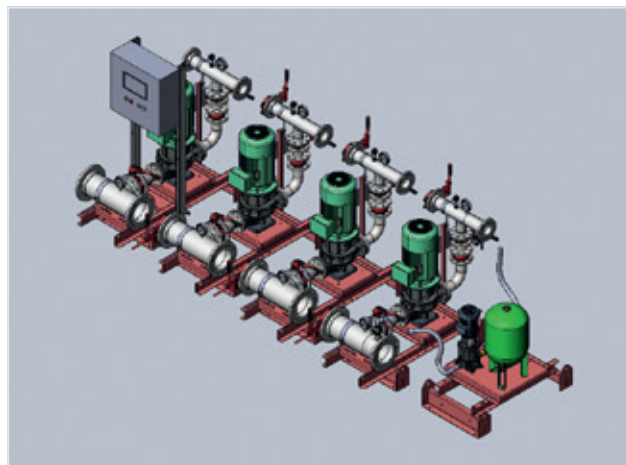
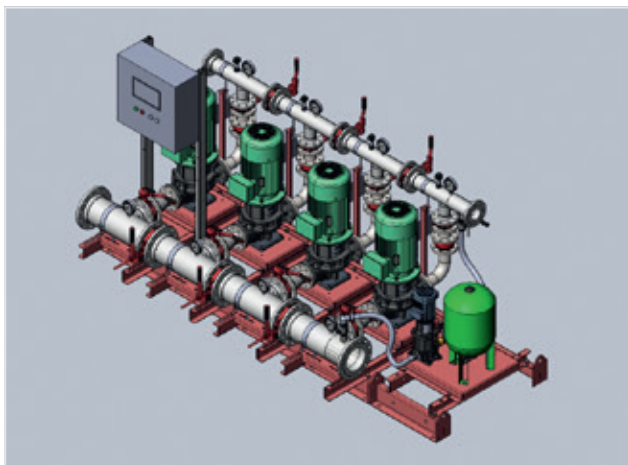
насосной станцией пожаротушения, которая увеличивается пропорционально количеству размещенных насосных установок.

Также становится больше стоимость системы пожаротушения за счет дополнительных фундаментов, которые необходимо заливать под сверхштатные насосные установки. В связи с увеличением количества фундаментов растет и нагрузка на перекрытие этажа, на котором размещается насосная станция, что приводит к дополнительным затратам, связанным с перепроектированием конструкций здания и дальнейшим их усилением при необходимости, обусловленной расчетами в разделе конструктивных решений.

Возрастает металлоемкость систем пожаротушения, связанная с обвязкой каждой насосной установки в отдельности и монтажом увеличенного количества запорной арматуры. Усложняется автоматизация системы пожаротушения, сопряженная с необходимостью автоматизировать каждую насосную группу

Таблица 1

Тип помещения	Группа помещений по степени опасности развития пожара	Нормативный расход		Дополнительный расход
		спринклерная	внутренний противопожарный водопровод	
Паркинг	2	30	2 × 5	
Офисы	1	10	2,5	
Атриумные пространства	1	В соответствии с СТУ	В соответствии с СТУ	Дренчерное или спринклерное орошение по периметру В соответствии с СТУ
Торговые галереи	1	10	2,5	



и объединить их все в единую систему пожаротушения, обеспечив общую диспетчеризацию. Наличие нескольких насосных групп, работающих на отдельные направления, значительно усложняет общую систему автоматизации пожаротушения во исполнение требований по защите системы пожаротушения от «единичной неисправности линии связи» СП 484.1311500.2020 п. 5.3.

Второй способ — это применение единой многонасосной установки.

У этого решения есть очевидные преимущества:

- освобождение полезных площадей, которые можно использовать для получения дополнительных прибылей от сдачи либо продажи;
- отсутствие дополнительных нагрузок на конструктивные элементы здания;
- удешевление и упрощение системы пожаротушения за счет снижения металлоемкости и симплификации автоматизации системы в целом;
- уменьшение затрат на техническое обслуживание системы пожаротушения, связанное с тем, что обслуживать нужно только одну насосную группу вместо двух или трех.

Компания WILO RUS разрабатывает и производит многонасосные установки.

Автоматика насосной установки позволяет организовать алгоритм работы с включением того количества агрегатов, которое требуется для обеспечения требуемой интенсивности орошения участка, на котором произошло возгорание.

Такая схема работы имеет ряд преимуществ:

- насосная установка сможет обеспечить минимальный расход в начале возгорания (тушение всегда начинается со вскрытия 1–3 орошителей, а не расчетной секции);

- уменьшение пусковых токов, так как включается один или несколько насосов последовательно (каскадно), и каждый насос имеет меньшую мощность в сравнении с классической насосной установкой, где один основной насос и один резервный;
- уменьшение гидравлических ударов, так как осуществляется пуск насосного агрегата или каскадное включение насосов меньшей мощности.

К недостаткам можно отнести усложнение инженерных расчетов, проистекающее из необходимости выполнить гидравлический расчет каждой группы помещений в отдельности, как в случае с несколькими насосными группами, и дополнительно соотнести эти расчеты между собой, пересчитав диаметры магистральных и распределительных трубопроводов с целью обеспечить единое давление от различных направлений пожаротушения.

Также возникают проблемы, связанные с избыточными давлениями на недиктующих направлениях, решаемые путем установки в систему регуляторов давления.

Для уменьшения трудозатрат на проведение гидравлических расчетов любой сложности, а также увязки различных вычислений компания WILO RUS разработала программный продукт «Плагин Wilo FFS для Revit: Гидравлический расчет установок водяного пожаротушения».

Плагин позволит выполнить самые сложные расчеты в считанные минуты и не только сформирует подробный отчет с конечными результатами и со всеми промежуточными арифметическими действиями, но и подберет необходимую насосную установку.

Многонасосная установка больше по габаритным размерам (длиннее),

чем та, что работает на определенную группу помещений. Естественно, возникает вопрос о заносе данной установки в помещение насосной станции. Компания WILO RUS разработала конструктив насосной установки, который позволяет разделять ее на отдельные блоки. Каждый блок представляет собой автоматизированный насосный агрегат, полностью обвязанный трубопроводами и арматурой. Длина насосного блока не превышает 850 мм, что позволяет не предусматривать специальные монтажные проемы и пронести такой блок в любой ГОСТированный проем.

Для разделения установки на насосные блоки не требуется привлечение специалистов компании-производителя либо высококвалифицированных сторонних профессионалов.

Конструкция установки штатно предусматривает возможность разбора на блоки путем раскручивания болтовых соединений на фланцах опорной рамной конструкции и разъединения напорного и всасывающего коллекторов в местах установок разделительных затворов. Соединительные линии автоматизации разделяются при помощи электротехнических разъёмов.

Таким образом, применение многонасосных установок позволяет обеспечить требуемую интенсивность орошения в различных группах помещений с разными нормативными расходами, а также обеспечить корректность работы установки пожаротушения на всех этапах развития пожара и увеличить надежность системы путем уменьшения пусковых перенапряжений и снижения гидравлических ударов при запуске насосов. Проблема увеличения габаритов решается путем применения секционной конструкции.

МЕТОДИКА ПЛАВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СЕТЕВОЙ ВОДЫ НА ТЕПЛОИСТОЧНИКАХ



РОМАН ЮРЬЕВИЧ РОЖКОВ
Кандидат технических наук. Окончил Ленинградский политехнический институт им. Калинина (в настоящее время Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого) в 1979 году по специальности «инженерная электрофизика». После окончания института в течение 13 лет (до 1992 года) работал на кафедре электрических станций (с 1988 года в должности старшего научного сотрудника). В 1988 году защитил кандидатскую диссертацию. С 1992 года и по настоящее время работает в АО «Теплосеть Санкт-Петербурга» в должности заместителя главного инженера по режимам теплоснабжения. В 2016 году удостоен звания «Почетный энергетик». Член рабочей группы при КЭиИО по разработке системы теплоснабжения Санкт-Петербурга. Сфера научных интересов: режимы теплоснабжения, разработка и наладка систем теплоснабжения. Опубликовал более 15 печатных работ.

*Р. Ю. Рожков, заместитель главного инженера
АО «Теплосеть Санкт-Петербурга»*

*В. В. Хотяков, ведущий инженер
АО «Теплосеть Санкт-Петербурга»*

Изменение температуры теплоносителя в процессе регулирования отпуска тепловой энергии от источников тепла является одним из основных факторов увеличения интенсивности отказов на тепловых сетях с высокой степенью физического износа. В связи с этим для организаций, эксплуатирующих подобные системы теплоснабжения, крайне актуальной задачей является стабилизация температурного режима работы тепловых сетей путем сокращения числа и амплитуды плановых изменений температуры теплоносителя. Однако при «качественном» регулировании теплоотпуска стремление к стабилизации температуры теплоносителя входит в противоречие с основной задачей — обеспечением комфортных условий в отапливаемых зданиях. В то же время способность зданий аккумулировать тепловую энергию позволяет допускать временные отклонения передаваемой потребителям тепловой мощности от расчетной величины при допустимых отклонениях температуры в отапливаемых помещениях от проектного значения. Это явилось основанием для постановки задачи по разработке методики регулирования температуры теплоносителя, которая позволила бы реализовать стремление к стабилизации температурного режима работы тепловых сетей практически без нарушения комфортных условий у потребителей. Предлагаемая методика является результатом решения поставленной задачи. С отопительного сезона 2023–2024 годов она была внедрена в практику диспетчерского регулирования температуры сетевой воды на выходных коллекторах источников тепла филиала «Невский» ПАО «ТГК-1».

Ключевые слова: регулирование температуры сетевой воды, теплоисточник, теплоотпуск, тепловые сети, температурный график, плавность регулирования, диспетчерское задание.

Начиная с 90-х годов прошлого века во многих теплоснабжающих организациях в связи с высокой степенью износа тепловых сетей возникла проблема с соблюдением проектного температурного графика [1–3] как в части повышения температуры сетевой воды до «расчетного» уровня, так и в части соблюдения требуемых суточных изменений температуры вслед за изменением температуры воздуха. Это привело к тому, что проектные температурные

графики стали пересматриваться: «оптимизироваться» с понижением расчетной температуры сетевой воды, что обосновывается фактическим уменьшением тепловой нагрузки потребителей. Кроме того, в них стали повсеместно вводиться «верхние срезки», ограничивающие максимальную температуру на уровне значительно ниже проектного «расчетного» значения. Так, в системе теплоснабжения филиала «Невский» ПАО «ТГК-1» максимальная температура теплоносителя

ограничена величиной 100 °С (при проектном графике 150/70 °С). Оптимизация температурных графиков является безусловно актуальной задачей с точки зрения энергосбережения, но незначительно влияет на снижение повреждаемости тепловых сетей, т. к. главным температурным фактором, провоцирующим ее рост, является не абсолютная величина температуры, а такие факторы, как частота и амплитуда ее изменения [4, 5].

Температурный график — это математическая зависимость, связывающая температуру теплоносителя с температурой воздуха, но в рамках практической реализации задачи диспетчерского регулирования возникает вопрос: какое значение температуры воздуха следует использовать при расчете температурного задания? Традиционный способ диспетчерского регулирования сводится к расчету температуры сетевой воды по утвержденному температурному графику, исходя из прогнозного значения температуры воздуха на день реализации температурного задания. При таком способе регулирования температура теплоносителя меняется 1–2 раза в сутки, а амплитуда ее изменения для систем теплоснабжения, работающих по графику 150/70 °С, при резких изменениях погодных условий может превышать 20 °С. Поэтому данный метод регулирования имеет ряд недостатков:

- Для источников тепловой энергии с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии (ТЭЦ) частые изменения температуры теплоносителя несовместимы с заблаговременным планированием электрической нагрузки.
- Постоянные изменения температуры сетевой воды с амплитудой более 5 °С, даже если они выполняются с нормативной скоростью — менее 30 °С/ч, являются фактором стрессового воздействия на трубопроводы, что приводит к увеличению повреждаемости тепловых сетей [4–5].

Указанные недостатки традиционной методики диспетчерского регулирования побуждают теплоснабжающие организации отклоняться от такого способа регулирования в направлении уменьшения частоты и амплитуды изменения температуры, что допускается нормативным документом, требования

которого в этой части крайне расплывчаты: «Температура сетевой воды в подающих трубопроводах ... должна задаваться ... в зависимости от значений температуры наружного воздуха и других текущих климатических условий с учетом температурного графика системы теплоснабжения...» [6]. Но в большинстве случаев такое регулирование базируется на экспертных оценках диспетчеров системы теплоснабжения, основанных на прогнозе Гидрометцентра по изменению погодных условий на ближайшие несколько дней, и не имеет под собой каких-то обоснованных методик расчета.

В этих условиях на фоне большого числа научных работ, предлагающих методики расчета «оптимальных» температурных графиков, недостаточно внимания уделяется разработке методик диспетчерского регулирования температуры сетевой воды, направленных на повышение плавности изменения температурного задания. В качестве исключения можно привести работы Д. В. Жукова [7, 8]. Но предлагаемая автором методика разработана конкретно для системы теплоснабжения Омского филиала ОАО «ТГК-11», а внедрение ее на других предприятиях потребует больших затрат на разработку соответствующего программного обеспечения, для реализации которого необходима подробная электронная модель системы теплоснабжения, которая имеется не на каждом предприятии. Следует отметить также работу [9], но предлагаемая в ней методика принципиально не отличается от традиционного метода регулирования, т. к. не учитывает прогноз изменения температуры воздуха на несколько дней вперед, а только обосновывает возможность уменьшения амплитуды изменения диспетчерского задания с учетом допущения отклонения температуры воздуха в отапливаемых зданиях от принятого «комфортного» значения.

Эта ситуация побудила авторов статьи к разработке собственной методики регулирования температуры сетевой воды на выходных коллекторах источников тепла (далее — Методика), которая давала бы четкий и физически обоснованный, но в то же время достаточно простой алгоритм расчета температурного задания, обеспечивающий



ВИКТОР ВЛАДИМИРОВИЧ ХОТЯКОВ
В 1997 году с отличием окончил Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения по специальности «системы автоматизированного проектирования (САПР)». После окончания работал над созданием и внедрением информационных систем на предприятиях Санкт-Петербурга в сфере цифровой картографии, дистанционного зондирования и теплоэнергетики. С 2020 года трудится ведущим инженером АО «Теплосеть Санкт-Петербурга».

оптимальное сочетание следующих принципов:

1. Стремление сделать регулирование температуры как можно более плавным для снижения повреждаемости тепловых сетей, т. е. максимально уменьшить амплитуду ежесуточных изменений температуры сетевой воды.

2. Стремление по возможности следовать температурному графику, т. е. температурное задание не должно существенно отклоняться от значения, рассчитанного по температурному графику для среднесуточной температуры воздуха на день реализации температурного режима.

3. Стремление обеспечить соблюдение комфортных условий в отапливаемых зданиях за счет передачи потребителям за каждый недельный интервал времени тепловой энергии в объеме, максимально приближенном к «нормативной» величине, которая рассчитывается как тепловая энергия, передаваемая потребителям при регулировании температуры сетевой воды по текущей среднесуточной температуре наружного воздуха в соответствии с утвержденным температурным графиком.

Таким образом, цель разрабатываемой Методики заключается в том, чтобы найти оптимальный компромисс между сформулированными принципами. Следует отметить, что предлагаемая Методика является результатом творческого развития идеи, предложенной автором настоящей статьи еще в 2013 году [10] и тогда же реализованной в виде программы расчета температурного задания, внедренной в практику регулирования теплоотпуска от ТЭЦ филиала «Невский» ПАО «ТГК-1». В основу Методики положен регламент формирования температурного задания на этом предприятии, а именно: диспетчерское задание рассчитывается ежедневно накануне дня реализации температурного режима (до 14:00), причем расчет выполняется сразу на несколько дней вперед (для планирования электрической нагрузки ТЭЦ), но утверждается техническим руководителем только на предстоящий день с учетом того, что на следующий день будет выполнен пересчет температурного задания в соответствии с уточненными данными Гидрометцентра.

С математической точки зрения сформулированные принципы методики можно представить как стремление к минимизации следующего функционала:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\Phi_1 = k \cdot (c \cdot G_2)^2 \cdot \sum_{i=0}^5 (T_1^i - T_1^{i-1})^2 -$$

реализует принцип № 1,

$$\Phi_2 = \mu \cdot (c \cdot G_2)^2 \cdot \sum_{i=1}^5 (T_1^i - \theta_1^i)^2 -$$

реализует принцип № 2,

$$\Phi_3 = \left[\sum_{i=-1}^5 (Q_{\Phi\P}^i - Q_{\text{расчет}}^i) \right]^2 -$$

реализует принцип № 3,

где:

i — номер суток рассматриваемого недельного интервала времени, причем:

$i=0$ — день планирования (расчета) температурного задания;

$i=-1$ — день, предшествующий дню планирования;

$i=1 \div 5$ — пять дней, следующих за днем планирования (при этом

$i=1$ — день, непосредственно следующий за днем планирования);

T_1^i — среднесуточная температура сетевой воды, отпускаемой от источника тепла по подающим трубопроводам тепломагистралей в i -е сутки ($^{\circ}\text{C}$), причем:

T_1^{-1} — фактическое значение среднесуточной температуры теплоносителя в день, предшествующий дню планирования режима;

T_1^0 — значения температурного задания на день планирования режима, утвержденного в предыдущий день;

$T_1^1 \div T_1^5$ — значения температурного задания на пять суток, следующих за днем планирования режима, расчет которых и является целью Методики;

$t_{\text{нв}}^i$ — среднесуточное значение температуры воздуха за i -е сутки, $^{\circ}\text{C}$, причем:

для $i=-1$ — фактические значения среднесуточной температуры за день, предшествующий дню планирования режима; для $i=0, 1, 2, 3, 4, 5$ — прогноз Гидрометцентра на день планирования и пять последующих суток;

θ_1^i и θ_2^i — расчетные значения температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах соответственно при среднесуточной температуре воздуха $t_{\text{нв}}^i$, исходя из утвержденного температурного графика, $^{\circ}\text{C}$;

$Q_{\Phi\P}^i$ — расчетная величина усредненной за i -е сутки тепловой нагрузки (Гкал/ч), под которой в зависимости от значения индекса подразумевается:

для $i=-1$ — фактическая среднесуточная тепловая нагрузка в сутки, предшествующие дню планирования режима;

для $i=0$ — среднесуточная тепловая нагрузка в день планирования режима, которая рассчитывается из условия строгого выполнения диспетчерского задания, установленного накануне;

для $i=1 \div 5$ — прогнозная величина тепловой нагрузки на i -й день планируемого режима, рассчитываемая из условия поддержания температуры теплоносителя в соответствии с рассчитанным по Методике температурным заданием (T_1^i); k — коэффициент «стабилизации», величина которого определяет степень плавности регулирования температуры: чем k больше, тем более плавным будет график изменения температуры сетевой воды (меньше суточные колебания температурного задания), но при этом увеличиваются суточные отклонения передаваемой потребителям тепловой энергии от нормативных значений, рассчитанных из условия традиционного регулирования; μ — коэффициент «сближения», определяющий уровень допускаемого отклонения температурного задания от расчетного значения температуры $\theta_1(t_{\text{нв}})$, которое следовало бы поддерживать при традиционном способе регулирования. Чем данный коэффициент больше, тем получаемый результат будет ближе к значению $\theta_1(t_{\text{нв}})$.

Функционал «Ф» можно существенно упростить, используя общеизвестные формулы связи тепловой мощности, отпускаемой в тепловые сети от источников тепла, с температурой и расходом сетевой воды, а также следующую зависимость температуры теплоносителя в обратном трубопроводе от температуры наружного воздуха и температуры сетевой воды в подающем трубопроводе при отклонении последней от температурного графика:

$$T_2^i = T_1^i - \frac{[\theta_1^i - \theta_2^i]}{[\theta_1^i - t_{\text{нв}}^i]} \cdot (T_1^i - t_{\text{нв}}^i).$$

Учитывая зависимости всех составляющих функционала «Ф» от температуры сетевой воды, условие минимизации функционала (1)



ridan.ru



Производим тепловую автоматику в России

Регулирующие клапаны • Балансировочная арматура • Контроллеры •
Терморегулирующие клапаны с повышенной пропускной способностью •
Блочные тепловые пункты • Коллекторы и распределительные узлы •
Насосные станции • Стальные шаровые краны • Теплообменники •

может быть приведено к условию минимизации функционала Ψ :

$$\Psi = \left[\sum_{i=1}^5 \beta_i T_1^i - A \right]^2 + k \cdot \sum_{i=0}^5 (T_1^i - T_1^{i-1})^2 + \mu \cdot \sum_{i=1}^5 (T_1^i - \theta_1^i)^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

где:

$$\beta_i = \frac{[\theta_1^i - \theta_2^i]}{[\theta_1^i - t_{\text{нв}}^i]}$$

$$A = \sum_{i=1}^5 [\beta_i \cdot \theta_1^i] - \sum_{i=1}^0 \beta_i \cdot (T_1^i - \theta_1^i).$$

Минимум функционала Ψ достигается при одновременном выполнении пяти следующих условий:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial T_1^i} = 0 \text{ — для всех значений } i = 1 \div 5.$$

Подставляя в эти уравнения формулу расчета Ψ и производя комплекс преобразований, получаем систему пяти линейных уравнений, решая которую можно рассчитать искомые значения: $T_1^{1 \div 5}$, — задаваемые на предстоящие пять суток регулирования значения температуры теплоносителя.

На основании описанного алгоритма создана компьютерная программа, позволяющая ежедневно рассчитывать диспетчерское задание по температуре сетевой воды на предстоящие пять дней при наличии следующих исходных данных:

- утвержденного температурного графика;
- данных Гидрометцентра о фактической среднесуточной температуре наружного воздуха в день, предшествующий планированию режима, и прогнозных значениях среднесуточной температуры на день планирования режима и последующие пять дней;
- данных о фактической среднесуточной температуре теплоносителя за день, предшествующий планированию режима, и температурном задании, установленном на день планирования;
- заданных коэффициентах «стабилизации» и «сближения».

Для наглядной иллюстрации работы предлагаемой Методики по ней были выполнены расчеты регулирования диспетчерского задания в течение отопительного сезона 2024–2025 гг. в Санкт-Петербурге для абстрактной системы теплоснабжения, работающей по проектному температурному графику 150/70 °С. Данные о фактической

среднесуточной температуре воздуха за каждый день и прогнозные значения температуры на предстоящие пять дней регулирования принимались в соответствии с реальными данными, поступавшими ежедневно в ПАО «ТГК-1» из Гидрометцентра. Значения коэффициентов «стабилизации» и «сближения» принимались равными: $k = 3,5$; $\mu = 1$ (методология выбора этих коэффициентов будет изложена ниже при описании ее внедрения в практику диспетчерского регулирования АО «Теплосеть Санкт-Петербурга»). Результаты регулирования температуры сетевой воды по предлагаемой Методике в сравнении с традиционным способом регулирования представлены на рис. 1. Как следует из приведенных графиков, переход на регулирование по Методике позволяет резко сократить амплитуду ежедневных изменений температуры сетевой воды. Так, если при традиционном способе регулирования усредненная за отопительный сезон амплитуда суточного изменения температуры сетевой воды составляет: $\Delta T_1 = 5$ °С, а в периоды резкого изменения погодных условий достигает $\Delta T_{1\text{max}} = 23$ °С, то аналогичные показатели при регулировании по Методике составляют: $\Delta T_1 = 1,6$ °С; $\Delta T_{1\text{max}} = 6,5$ °С. Одновременно регулирование по Методике обеспечивает то, что такие усредненные за любой недельный интервал времени параметры, как температура сетевой воды и тепловая энергия, передаваемая потребителям, очень незначительно отличаются от соответствующих параметров при традиционном способе регулирования.

В то же время возникает закономерный вопрос: как регулирование по предлагаемой Методике скажется на изменении температуры воздуха внутри отапливаемых зданий? Для ответа на этот вопрос был использован алгоритм расчета внутренней температуры зданий, предложенный в работе [9]. В соответствии с этим алгоритмом при известной величине среднесуточной температуры воздуха в отапливаемом здании за i -е сутки периода регулирования ($t_{\text{вп}}^i$) формула для расчета температуры воздуха за $(i+1)$ -е сутки имеет вид:

$$t_{\text{вп}}^{i+1} = t_{\text{вп}}^i \cdot e^{-\frac{\tau \cdot (1+\delta)}{\xi}} + \left(\frac{\delta \cdot T_1^i + t_{\text{нв}}^i}{1+\delta} \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau \cdot (1+\delta)}{\xi}} \right), \quad (3)$$

где:

$$\delta = \frac{t_{\text{вп}}^p - t_{\text{нв}}^p}{\left[\frac{u + 0,5}{u + 1} \cdot \frac{10^3}{\omega} + \Delta t_{\text{тн}}^p \cdot \left(\frac{t_{\text{вп}}^p - t_{\text{нв}}^p}{t_{\text{вп}}^p - t_{\text{нв}}^p} \right)^{0,2} \right]},$$

$u = 2,2$ — коэффициент смешения;
 $\tau = 24$ — период корректировки температурного задания, час;
 ξ — коэффициент, характеризующий способность здания аккумулировать тепловую энергию, который в расчетах принимается равным $\xi = 30$ ч;

$\omega = 12,5$ — удельный расход сетевой воды на отопление, т/Гкал;
 $\Delta t_{\text{тн}}^p = 62,5$ °С — расчетный температурный напор на отопительных приборах;

$t_{\text{вп}}^p$ и $t_{\text{нв}}^p$ — значения расчетных температур в отапливаемом здании и наружного воздуха, которые для проектного графика соответственно равны 20 и –26 °С.

Сделаем допущение, что в начале отопительного сезона температура

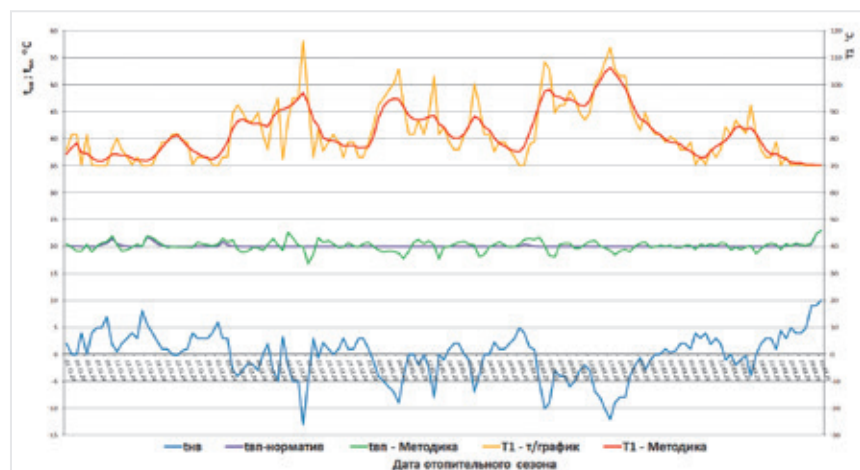


Рис. 1. Изменение T_1 и температуры воздуха в отапливаемых зданиях при регулировании по Методике и температурном графике 150/70 °С

**29–31
ОКТАБРЯ
2025**



РОССИЙСКИЙ ПРОМЫШЛЕННИК

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ-ВЫСТАВКА

**«ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ
КАК ФУНДАМЕНТ
НАЦИОНАЛЬНЫХ
ПРОЕКТОВ»**

14 000
УЧАСТНИКОВ

350
ЭКСПОНЕНТОВ

560
СПИКЕРОВ

38
РЕГИОНОВ



СООРГАНИЗАТОРЫ:



120 Минпромторг
России



ОПЕРАТОР ФОРУМА:



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ | КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»
PROMEXPO.EXPOFORUM.RU

воздуха внутри отапливаемого здания соответствовала расчетной: $t_{вп}^0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, по формуле (3) можно рассчитать, как в течение отопительного сезона она будет изменяться при любом методе регулирования температуры сетевой воды. Результаты соответствующих расчетов представлены на графиках рис 1. Как видно из этих графиков, применение Методики приводит к некоторой дестабилизации внутренней температуры воздуха, но отклонения этой температуры от комфортного значения ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) не столь значительны, чтобы говорить о недопустимом нарушении режима теплоснабжения потребителей. Так, повышения внутренней температуры по сравнению с комфортной в те дни, когда температура сетевой воды выше θ_1^i , не более аналогичных превышений, обусловленных «нижней» срезкой температурного графика. Существенные понижения внутренней температуры в отапливаемых зданиях при регулировании по Методике имеют эпизодический, кратковременный характер и не превышают $2\div 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, что представляется допустимым, т. к. альтернативой этому является полное прекращение теплоснабжения ряда потребителей вследствие возникновения повреждений на тепловых сетях, обусловленных резким изменением температуры теплоносителя при регулировании.

Описанные результаты регулирования относятся к системе теплоснабжения, работающей по проектному температурному графику, но реальные эксплуатационные температурные графики подавляющего большинства теплоснабжающих организаций существенно отличаются от проектных (в первую очередь из-за введения «верхних» срезов). Для использования предлагаемой Методики конкретный вид температурного графика не имеет значения. Поэтому отладка Методики выполнялась на фактических температурных графиках, утвержденных для теплоисточников филиала «Невский» ПАО «ТГК-1».

Прежде введения разработанной на основании Методики компьютерной программы в промышленную эксплуатацию был проведен анализ влияния коэффициентов «стабилизации»

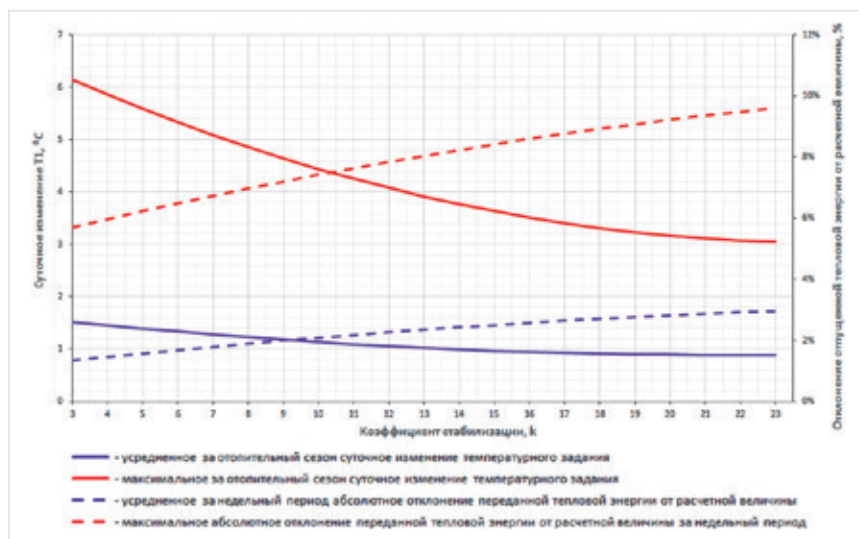


Рис. 2. Зависимость суточного изменения T_1 от коэффициента k

и «сближения» на результат регулировки температурного режима с целью определения оптимальных значений этих коэффициентов (k , μ). Расчеты выполнялись на основании данных о фактических и прогнозных значениях среднесуточной температуры воздуха, которые ежедневно передавались в ПАО «ТГК-1» из Гидрометцентра в течение двух последних отопительных сезонов: 2023–2024 и 2024–2025 гг.

В процессе проведения этого анализа выполнялись многовариантные расчеты ежесуточного температурного регулирования на весь отопительный период при разных значениях коэффициентов: k , μ . При этом расчет температурного задания для каждого дня выполнялся на основании фактических данных, поступивших из Гидрометцентра в предыдущий день (день планирования режима), тем самым полностью имитируя существующий регламент формирования диспетчерского задания.

Таким образом было рассчитано более 20 000 вариантов регулирования температуры теплоносителя в течение рассматриваемых отопительных сезонов, различающихся величиной применяемых коэффициентов регулирования, которые варьировались с шагом: $0,05\div 0,1$ в диапазонах: $1\leq k\leq 35$; $0\leq \mu\leq 5$. Результаты этих расчетов анализировались для каждого дня рассматриваемого отопительного сезона (i) на предмет определения максимального и усредненного за отопительный сезон значений следующих параметров:

$\Delta T_1^i = |T_1^i - T_1^{i-1}|$ — абсолютная величина изменения задания по температуре сетевой воды в i -й день отопительного периода;

$$\Delta q_i = \frac{\sum_{j=i-1}^{j=i+5} \left| \frac{(\theta_1^j - \theta_2^j) (T_1^j - \theta_1^j)}{(\theta_1^j - t_{нв}^j)} \right|}{\sum_{j=i-1}^{j=i+5} (\theta_1^j - \theta_2^j)} -$$

абсолютная величина относительного отклонения тепловой энергии, отпущенной потребителям за недельный период, отсчитываемый от i -х суток, от соответствующего расчетного значения, определяемого из традиционного способа регулирования.

Целью проводимого анализа было получение зависимости максимальных и усредненных за отопительный сезон значений этих параметров от коэффициентов регулирования: k , μ . Основным выводом этого анализа было заключение о том, что в исследованном диапазоне параметров результат регулирования зависит от отношения k/μ и практически не зависит от абсолютных значений этих коэффициентов. Исходя из этого, было принято решение: задавать величину коэффициента «сближения» равной $\mu = 1$.

Далее были построены зависимости: ΔT_{1max} ; $\overline{\Delta T_1}$; Δq_{max} ; $\overline{\Delta q}$ от величины коэффициента «стабилизации» k (отношения k/μ), представленные на графиках рис. 2. Как видно из этих графиков, изменение коэффициента стабилизации в диапазоне от 3,5 до 23 приводит к тому, что максимальное за отопительный сезон суточное изменение температуры теплоносителя будет от 6 до 3 $^{\circ}\text{C}$,

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ



Циркуляционный насос для ГВС



- Широкий диапазон рабочих температур;
- Высокая надежность;
- Уменьшенный расход электроэнергии;
- Индикация работы насоса на дисплее;
- Идеальные параметры системы отопления;
- Отсутствие шума в системе отопления.

ПРИМЕНЕНИЕ:

- Системы водяного подогрева пола
- Однотрубные системы отопления
- Двухтрубные системы отопления

Конструктивное исполнение со сферическим статором из нержавеющей стали;

Ротор из ферро-магниевого сплава;

монтируются непосредственно в линию;

Корпус насоса выполнен из нержавеющей стали

ПРИМЕНЕНИЕ:

- Системы бытового водоснабжения
- Небольшие системы отопления
- Системы вентиляции и кондиционирования

а усредненное суточное изменение T_1 находится в диапазоне: $0,89\text{ }^{\circ}\text{C} < \overline{\Delta T_1} < 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом Δq_{max} и $\overline{\Delta q}$ будут изменяться в диапазонах: $5,7\% < \Delta q_{max} < 9,6\%$; $1,3\% < \overline{\Delta q} < 3,0\%$.

На вопрос о том, какое значение коэффициента «стабилизации» является оптимальным, нет однозначного ответа. Величина этого коэффициента должна приниматься в зависимости от технического состояния тепловых сетей и имеющегося опыта эксплуатации. Можно предложить следующий алгоритм выбора k : задается предельно допустимая с эксплуатационной точки зрения величина изменения суточного температурного задания (ΔT_{1max}), после чего из графика на рис. 2 определяется соответствующее ему значение коэффициента стабилизации. Так, если принимается, что можно допустить $\Delta T_{1max} = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$, то обоснованным будет принять $k = 3,5$. Для систем теплоснабжения с высокой степенью физического износа тепловых сетей можно допустить увеличение коэффициента стабилизации, но при этом иметь в виду, что повышение его значения более $k = 23$ нецелесообразно, т. к. в этом случае максимальная корректировка суточного температурного задания станет меньше допустимого нормативными документами отклонения фактически поддерживаемой на теплоисточниках температуры сетевой воды от установленного задания.

Для визуализации эффекта от внедрения предлагаемой Методики на рис. 3 приведены графики изменения температуры

теплоносителя на одной из ТЭЦ филиала «Невский» ПАО «ТГК-1» (ЭС-1 ЦТЭЦ) в течение отопительного сезона 2024–2025 гг. для вариантов регулирования режима при разных коэффициентах стабилизации в сравнении с традиционным способом регулирования. Как видно из этих графиков, применение Методики позволяет резко уменьшить амплитуду суточных изменений температуры теплоносителя, которые при традиционном способе регулирования составляют: среднесуточные — $\overline{\Delta T_1} \approx 4,5\text{ }^{\circ}\text{C/сутки}$; максимальная величина — $\Delta T_{1max} \approx 22\text{ }^{\circ}\text{C/сутки}$. При регулировании по Методике аналогичные показатели находятся в диапазонах: $\overline{\Delta T_1} = 0,89 \pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C/сутки}$; $\Delta T_{1max} = 3,0 \pm 6,0\text{ }^{\circ}\text{C/сутки}$ (в зависимости от величины коэффициента стабилизации). При этом относительное отклонение от расчетного значения тепловой энергии, передаваемой потребителям за любой недельный период, в среднем за отопительный сезон составляет $1,3\% \div 3,0\%$, а за каждый отчетный месяц отопительного сезона — менее 1% .

Компьютерная программа, разработанная на основании изложенной Методики, внедрена на предприятии АО «Теплосеть Санкт-Петербурга» в практику диспетчерского регулирования температуры сетевой воды, отпускаемой от ТЭЦ филиала «Невский» ПАО «ТГК-1», с отопительного сезона 2023–2024 гг., а в период с 2013 по 2023 год регулирование теплоотпуска осуществлялось в соответствии с упрощенным вариантом данной Методики [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Шарапов, М. Е. Орлов, М. М. Замалеев, П. В. Ротов, П. Е. Чаукин. Корректировка способов регулирования отпуска теплоты в существующих городских теплофикационных системах // Промышленная энергетика. — 2018. — № 11. — С. 19–25.
2. Горшков А. С., Тютюнников А. И. Предложения по пересмотру графиков регулирования температуры сетевой воды в существующих системах централизованного теплоснабжения // Инженерные системы. — 2024. — № 4. — С. 16–24.
3. Борисов К. Е. Влияние качества теплоснабжения на фактические тепловые нагрузки систем отопления и горячего водоснабжения многоквартирных домов. Опыт Кемерово // Энергосбережение. — 2021. — № 7. — С. 58–67.
4. Кирюхин С. Н., Сеннова Е. В., Шиманская А. О. Оценка данных о технологических нарушениях в тепловых сетях // Энергосбережение. — 2018. — № 6. — С. 22–26.
5. Горшков А. С., Рымкевич П. П. Износ и повреждение тепловых сетей. Решение проблемы надежности и качества энергоснабжения // Энергоснабжение. — 2019. — № 4. — С. 50–55.
6. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, утвержденные приказом Минэнерго России от 04.10.2022 № 1070.
7. Жуков Д. В. Оптимизация режимов работы тепловых сетей крупных систем централизованного теплоснабжения // Новости теплоснабжения. — 2012. — № 5.
8. Жуков Д. В. Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения при формировании диспетчерского графика тепловых нагрузок с учетом нестационарных процессов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени КТН. 2013.
9. Байбаков С. А., Филатов К. В. Предложения по расчету диспетчерского графика тепловых сетей // Энергетик. — 2019. — № 11. — С. 27–31.
10. Рожков Р. Ю. Методика плавного регулирования температуры теплоносителя на выходных коллекторах энергоисточников // Новости теплоснабжения. 2013. — № 2. — С. 24–28.

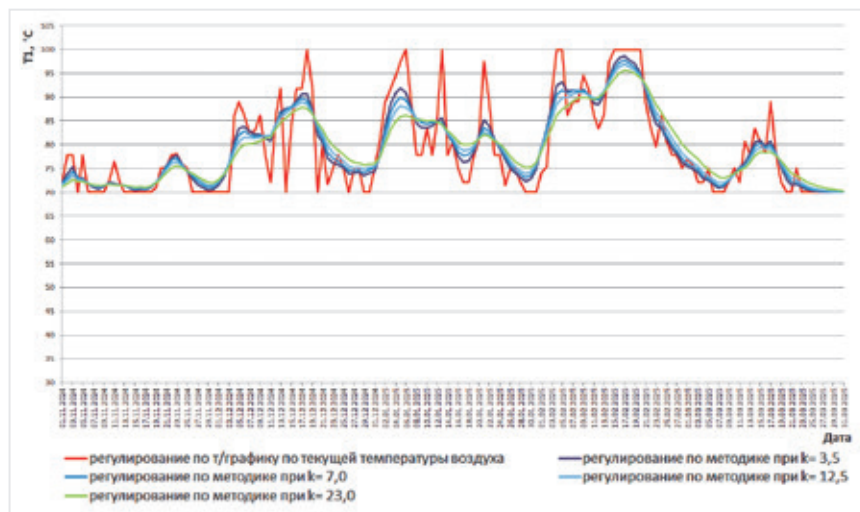


Рис. 3. Примеры регулирования T_1 по Методике при разных значениях k и фактическом температурном графике



9-11 сентября 2025
Москва, Крокус Экспо

Международная выставка технологий
и оборудования для коммунальной
и промышленной водоподготовки,
водоснабжения, водоотведения, очистки
сточных вод, инженерных систем
и насосного оборудования

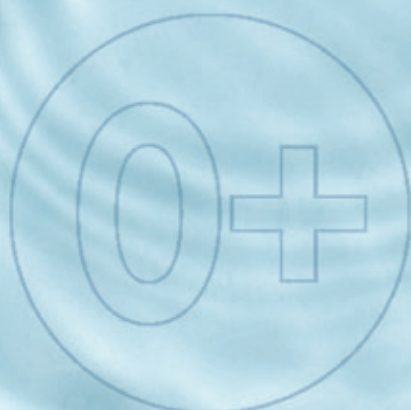
ЧИСТАЯ ВОДА

**В ЖКХ
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Посетить
бесплатно

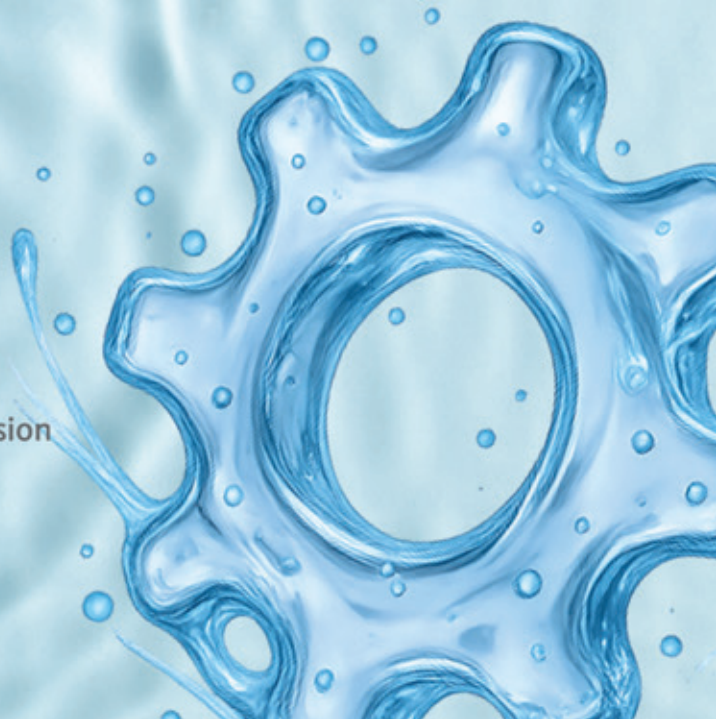


WWW.ECWATECH.RU



Организатор:  **ExpoVision
Rus**

ООО "ЭВР" РЕКЛАМА



ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ В НАСОСНЫХ УСТАНОВКАХ

Д. С. Коньшин, руководитель отдела маркетинга ООО «СИЭНПИ РУС», магистр кафедры Э10 МГТУ им. Баумана

Современные инженерные системы зданий — от жилых комплексов и офисных центров до промышленных предприятий — требуют надежного и бесперебойного водоснабжения. Для обеспечения стабильного напора широко применяются насосные установки повышения давления (УПД), которые становятся ключевым элементом всей инфраструктуры.

Эффективность и надежность УПД зависят не только от самих насосов и автоматики, но и от конструкции вспомогательных элементов. Особое значение имеют **коллекторы**, обеспечивающие равномерное распределение потока рабочей среды между насосами и подключаемыми контурами. Именно от качества их изготовления зависят как гидравлические характеристики системы, так и санитарная безопасность эксплуатации.

В рамках данной статьи будет проведен сравнительный анализ методов изготовления коллекторов для насосных установок повышения давления: классического и с применением вытяжки.

КЛАССИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ: ПРОСТОТА И ОГРАНИЧЕНИЯ

Традиционно коллекторы изготавливаются сварным методом из отдельных трубных заготовок и фасонных элементов. Классическая технология предполагает последовательное соединение трубных элементов с помощью дуговой сварки (рис. 1). Основным этапом процесса является формирование отверстий и вырезов в стенках магистральной трубы и присоединяемых элементах. Как правило, такие соединения выполняются под углом 90°, что требует высокой точности при разметке и вырезании сопрягаемых элементов.

В производственной практике для получения так называемого «седлового» выреза, обеспечивающего плотное сопряжение трубы меньшего диаметра с поверхностью основной трубы, используют шаблоны, чертежные методы

или специализированные приспособления.

Этот метод отработан, технологически доступен и широко применяется. Однако он имеет ряд существенных ограничений:

- в зоне сварки возникают **неровности и наплывы**, увеличивающие гидравлические потери;
- из-за термических деформаций снижается точность геометрии;
- образуются **резкие переходы**, провоцирующие завихрения и шум;
- внутри коллектора формируются зоны застоя, которые особенно критичны при транспортировке питьевой воды или технологических жидкостей.

Таким образом, несмотря на низкую стоимость и простоту, классический метод не всегда отвечает современным требованиям к надежности инженерных систем.

СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ВЫТЯЖКИ: ШАГ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Альтернативой традиционным методам изготовления сварных коллекторов является технология предварительного формирования переходного посадочного участка путем **вытяжки металла в зоне сопряжения**. Данный технологический процесс начинается с выполнения предварительного круглого или овального отверстия в стенке основной трубы (магистральной) в месте предполагаемого присоединения патрубка. Далее с использованием специального инструмента — вытяжного дорна или гидравлического пуансона — осуществляется локальная пластическая деформация металла, в результате которой край отверстия вытягивается наружу, формируя



Рис. 1. Элемент напорного коллектора, изготовленный классическим методом



Рис. 2. Этапы изготовления коллектора с применением вытяжки отверстий



Рис. 3. Соединение труб при использовании вытяжки отверстий и автоматической кольцевой сварки (вид изнутри)

цилиндрическую или слегка коническую втулку, направленную вдоль оси присоединяемого патрубка (рис. 2).

На следующем этапе сформированный выступ (втулка) механически обрабатывается (растачивается или развертывается), что позволяет добиться точного диаметра, соосности и гладкой посадочной поверхности. Только после выполнения описанных операций производится приварка патрубка к сформированной втулке с минимальным зазором (рис. 3).

Этот метод имеет ряд преимуществ:

- формируется **плавный профиль потока**, что снижает гидравлические потери;
- исключаются застойные зоны и «мертвые углы»;
- уменьшается количество дефектов сварки и последующих ремонтов;
- обеспечивается высокая повторяемость и стабильность качества.

В результате насосная установка работает тише, экономичнее и надежнее. В России данную технологию применяет, например, ООО «СИЭНПИ РУС» на своей площадке в Подмосковье.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Для проведения моделирования были подготовлены трехмерные модели коллекторов для насосных установок повышения давления Aikop PBS с тремя насосами серии CDM 20-го типоразмера, изготовленных различными методами (рис. 4). Каждая модель была смоделирована на сетке, состоящей приблизительно из 350 тыс. расчетных ячеек. Номинальная подача каждого из насосов составляла 20 м³/ч.

Результаты показали, что при идеализированной геометрии перепад давления составил:

- классический метод — 257 Па,
- метод с вытяжкой — 242 Па.

Разница в 6% может показаться незначительной, однако в расчетах отсутствовали реальные производственные дефекты — неровные сварные швы, шероховатости и неточности подгонки. На практике влияние этих факторов значительно усиливает преимущества вытяжки.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Инженерные системы зданий должны отвечать не только требованиям надежности и энергоэффективности, но и санитарным нормам. В системах хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также там, где перекачиваются технологические жидкости, крайне важно исключить зоны застоя и загрязнения.

Коллекторы, выполненные по традиционной технологии, нередко имеют внутренние сварочные наплывы, где задерживается вода и накапливаются отложения. Это повышает риск образования биопленок и бактерий, усложняет промывку и обслуживание. Метод вытяжки обеспечивает **гладкий и плавный переход**, что препятствует

развитию микрофлоры, облегчает санитарную обработку и снижает эксплуатационные риски. Это особенно важно при проектировании инженерных систем — общественных зданий, медицинских учреждений, пищевых и фармацевтических производств.

Коллекторы в составе насосных установок напрямую влияют на работу всей инженерной инфраструктуры здания. Снижение гидравлических потерь позволяет уменьшить энергопотребление насосов, что ведет к снижению эксплуатационных расходов. Более равномерное распределение потоков способствует надежной работе систем отопления, охлаждения, противопожарного водопровода и других подсистем, зависящих от стабильного давления. Таким образом, выбор технологии изготовления коллекторов становится не просто вопросом производства, а фактором, определяющим устойчивость всей инженерной системы.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ подтверждает, что технология вытяжки при изготовлении коллекторов является более эффективной по сравнению с классическим сварным методом. Она обеспечивает:

- снижение гидравлических потерь и шумности потока;
- повышение санитарной безопасности и удобства обслуживания;
- сокращение эксплуатационных расходов и энергопотребления;
- повышение надежности работы УПД в составе инженерных систем зданий.

В условиях роста требований к энергоэффективности, санитарным нормам и надежности эксплуатации именно технология вытяжки должна рассматриваться как приоритетное направление в производстве насосных установок.

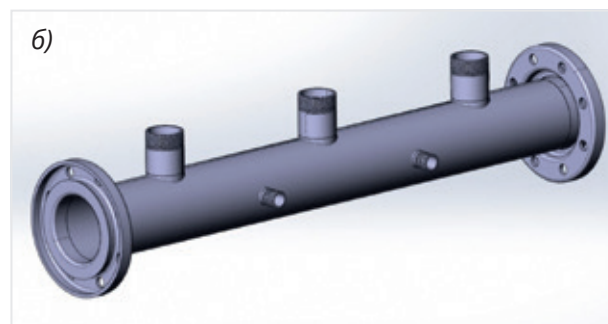
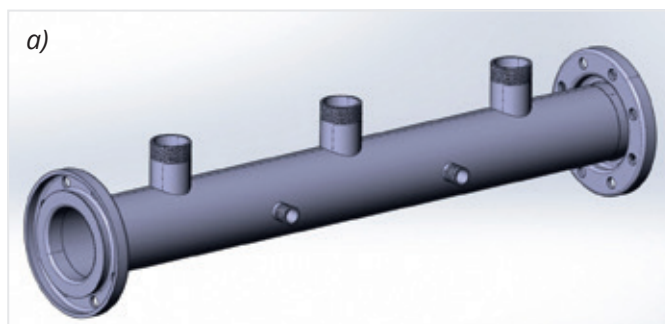


Рис. 4. 3D-модели коллекторов:
а) коллектор, изготовленный по классической технологии;
б) коллектор, изготовленный по технологии с вытяжкой

ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ПРОЕКТАХ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ ГРУППЫ КОМПАНИЙ ПАО «ГАЗПРОМ»

В. А. Цветков, заместитель управляющего директора по капитальному строительству ПАО «ТГК-1»

П. А. Пташкин, заместитель заведующего отделом разработки схем и программ развития систем энергоснабжения НТЦ «Комплексное развитие инженерной инфраструктуры» в г. Санкт-Петербурге АО «Газпром промгаз»

Д. А. Мильков, заведующий отделом развития систем теплоэнергоснабжения НТЦ «Комплексное развитие инженерной инфраструктуры» в г. Санкт-Петербурге АО «Газпром промгаз»

Ю. В. Юферев, руководитель проектов НТЦ «Комплексное развитие инженерной инфраструктуры» в г. Санкт-Петербурге АО «Газпром промгаз»

А. С. Горшков, заведующий отделом разработки схем и программ развития систем энергоснабжения НТЦ «Комплексное развитие инженерной инфраструктуры» в г. Санкт-Петербурге АО «Газпром промгаз»

ВВЕДЕНИЕ

Природный газ является стратегически важным ресурсом для стран, обладающих его запасами. Он широко используется в энергетике, промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ), транспорте и сельском хозяйстве [1–10].

Химическая энергия природного газа традиционно преобразуется в более качественные виды энергии: электрическую, механическую, тепловую и холод. Это позволяет создавать продукты с повышенной добавленной стоимостью, и такие процессы реализуются, в частности, на тепловых электростанциях (ТЭС).

В настоящее время наблюдается тренд на применение больших данных (Big data) и современных информационных технологий, включая искусственный интеллект (ИИ) и блокчейн. Эти технологии требуют значительных вычислительных мощностей центров обработки данных (ЦОД) и, как следствие, являются источниками значительного потребления энергии.

Все это накладывает особые, специфические требования не только к надежности и качеству электропитания, но и к необходимости поддерживать особый температурный режим работы оборудования и помещений, которые становятся потребителями холода и тепла.

Для оптимизации затрат на транспортировку энергии целесообразно рассматривать возможность размещения ЦОД на площадках ТЭС ПАО «Газпром».

Таким образом ЦОД могут быть довольно глубоко интегрированы в технологические процессы ТЭС и стать частью нового «цифрового» бизнеса.

При этом энергетические объекты ПАО «Газпром», расположенные в городской черте, обладают потенциалом для решения задач градостроительного развития, особенно в ходе их реконструкции.

Растет число объектов с одновременно высоким потреблением электроэнергии, тепла и холода [11–13].

Особое внимание заслуживают ЦОД [14], которые потребляют значительное количество электроэнергии для работы серверов, систем хранения и сетевой инфраструктуры, выделяя при этом ощутимый объем теплоты. Это тепло необходимо отводить и возможно использовать в циклах централизованного отопления, горячего водоснабжения и холодоснабжения.

Следует отметить, что ЦОД отличаются стабильным и прогнозируемым спросом на электроэнергию, обеспечивающим высокую загрузку генерирующего оборудования ТЭС.

Совместное функционирование ЦОД и энергоцентра может быть построено как для полного цикла, в котором конечным продуктом для сторонних юридических лиц является предоставление вычислительных мощностей, так и для предложения услуг по энергоснабжению. В этом случае организация, кому принадлежит энергоцентр, предоставляет собственнику ЦОД электрическую энергию и отводит тепло

вычислительного оборудования. В случае размещения ЦОД с энергоцентром вблизи зоны с плотной жилой застройкой может быть рассмотрен вариант централизованного теплоснабжения данной застройки от энергоцентра с использованием вторичного энергоресурса — низкопотенциального тепла, отводимого от ЦОД.

Указанное выше обстоятельство создает предпосылки для интегрированного развития территорий вокруг объектов ПАО «Газпром». Эффективность участия в таких проектах определяется на этапе предпроектных исследований, охватывающих технические решения, выбор оборудования, экономику и имущественные вопросы.

Таким образом, организация централизованного энергоснабжения потребителей в проектах комплексного развития территорий рядом с объектами генерации ПАО «Газпром» является актуальной задачей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предпосылки развития централизованных систем электро-, тепло- и холодоснабжения на базе объектов электрогенерации ПАО «Газпром»:

1) оснащение системами кондиционирования воздуха с использованием централизованного холодоснабжения распространяется на значительное число вновь возводимых жилых, общественно-деловых, офисных зданий, зданий учреждений образования, здравоохранения;

2) необходимость централизованного холодоснабжения для предприятий торговли, центров хранения и переработки плодоовощной продукции;

3) рост количества объектов, для которых одновременно характерны большие объемы потребления электрической, тепловой энергии и мощности и значительные объемы потребления холода для обеспечения комфортной среды и охлаждения технологического оборудования, а именно:

- центры обработки данных;
- производственные здания;
- зрелищные и спортивные сооружения.

По данным Минстроя РФ, ввод нежилых зданий, например в 2024 году, составил по площади 38,4 млн кв. метров.

Развитие коммерческих ЦОД в РФ можно проследить по динамике, представленной на рис. 1.

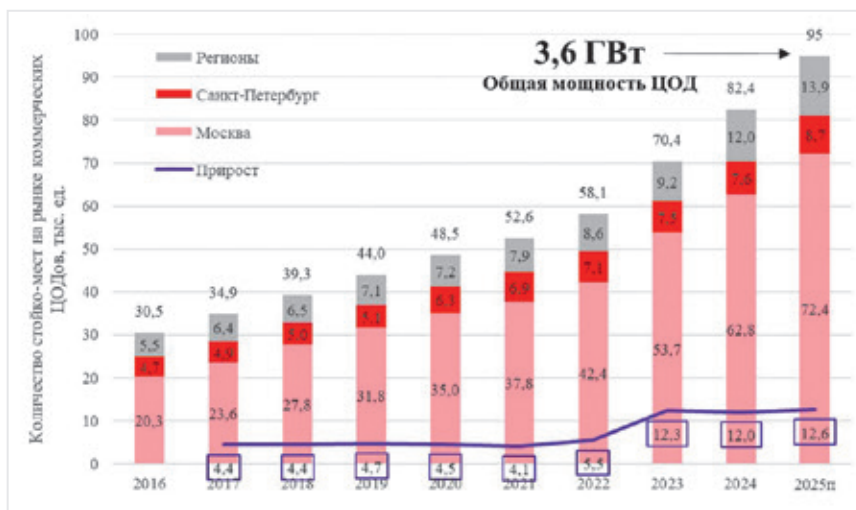


Рис. 1. Количество стойко-мест на рынке коммерческих ЦОД

По данным источника [18], количество стойко-мест на рынке коммерческих ЦОД имеет тенденцию роста, и особенно это заметно с 2021 по 2024 год. Общая мощность ЦОД в России на февраль 2025 года составляет 3,6 ГВт [20].

Ожидается, что к 2025 году рынок коммерческих ЦОД в России продолжит рост, достигнув 90–100 тыс. стойко-мест [19].

При сохранении существующих темпов строительства дата-центров в России в ближайшие 7–9 лет предстоит построить и запустить в работу новые ЦОД на общую мощность порядка 1 ГВт.

Наибольшее количество ЦОД размещено в Москве, затем — в Санкт-Петербурге.

Указанное выше создает объективные предпосылки интегрированного развития территорий в зоне размещения энергетических объектов ПАО «Газпром».

Вопросы энергоснабжения потребителей общественно-деловых центров как возможных потребителей электрической энергии и холода исследовались авторами в работе

по устройству централизованной системы холодоснабжения на производственной площадке одной из ТЭЦ ПАО «ТГК-1» в Санкт-Петербурге.

Концепция развития данной площадки предполагает, что основными элементами ее застройки являются: водогрейная котельная, холодильный центр (ХЦ), центр обработки данных, административные и общественно-деловые здания с высоким уровнем качества услуг, предоставляемых арендаторам и посетителям.

Принципиальная схема холодильного центра представлена на рис. 2.

Проектом предусматриваются автоматизированные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, позволяющие регулировать микроклимат в каждом отдельном офисном блоке.

В рамках исследования были рассмотрены семь вариантов организации холодильного центра, в основе которых приняты три типа холодильных машин:

1) абсорбционные бромисто-литиевые холодильные машины (АБХМ) с водяным нагревом;

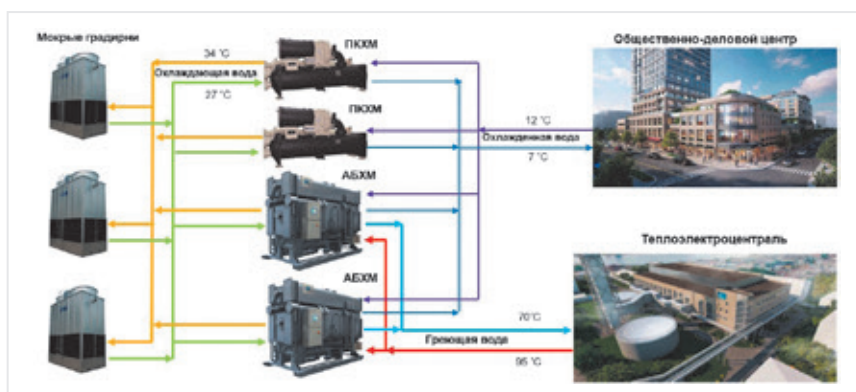


Рис. 2. Принципиальная схема холодильного центра

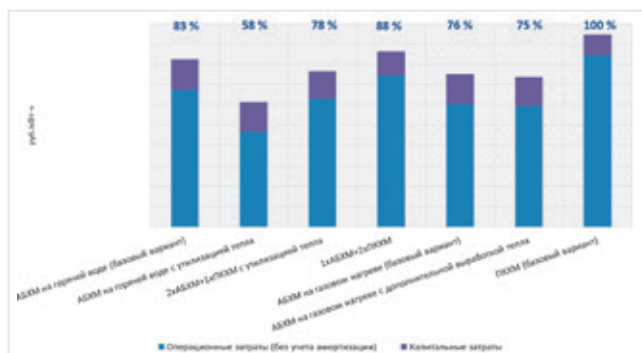


Рис. 3. Сравнение приведенных затрат по вариантам проекта хладоцентра

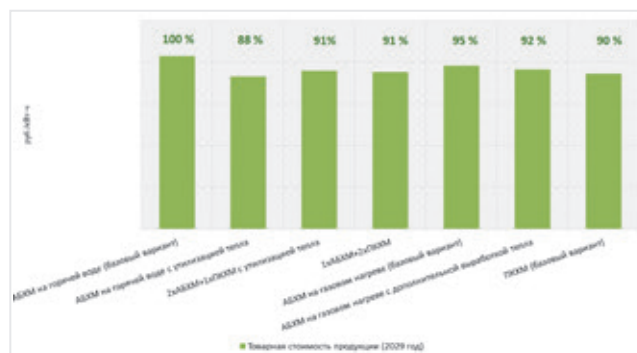


Рис. 4. Сравнение товарной стоимости холода по вариантам проекта хладоцентра

2) абсорбционные бромисто-литиевые холодильные машины с газовым нагревом;

3) парокомпрессионные холодильные машины (ПКХМ).

Для каждого варианта была разработана финансово-экономическая модель. Выбор оптимального варианта создания ХЦ с точки зрения эффективности рассматриваемого бизнес-проекта выполнялся на основе комплекса экономических показателей:

1) объема приведенных затрат за первые 20 лет реализации проекта;

2) товарной стоимости продукции [определена исходя из необходимости положительной экономической эффективности проекта на горизонте планирования (20 лет)].

Приоритетным вариантом по совокупности показателей является вариант хладоцентра на базе двух АБХМ с водяным контуром (котловая вода водогрейных котлов) с утилизацией тепла (рис. 3 и 4).

Однако при рассмотрении для выбора итогового к проектированию варианта учитывались также следующие критерии:

- возможность организации тригенерации (электроэнергия + тепло + холод) с перспективной интеграцией газопоршневых аппаратов в технологическую схему энергоцентра;
- категоричность оборудования;
- возможности увеличения отпуса тепловой энергии с коллекторов водогрейной котельной;
- возможность выполнения кратковременного останова для ремонта водогрейной котельной и проведения гидравлических испытаний тепловых сетей в межотопительный период;
- низкий (в сравнении) расход электрической энергии для получения холода;
- отсутствие необходимости проведения дополнительной реконструкции ГРП и нового строительства

отдельной дымовой трубы для обеспечения функционирования энергоцентра;

- меньшие (в сравнении) капитальные затраты.

В представленном проекте запланирован такой перспективный потребитель, как ЦОД, для которого предусмотрены следующие технические условия подключения:

- круглогодичное холодоснабжение;
- холодильная нагрузка 1500 кВт;
- холодоноситель вода;
- температурный график холодоносителя 9/14 °С.

Следует отметить, что, на взгляд авторов, строительство ЦОД по образцу рассмотренного проекта целесообразно разворачивать на территориях действующих энергетических объектов ПАО «Газпром» по следующим причинам:

1. Земельные участки оформлены, на освобождаемых площадях предусмотрено развитие под новое технологическое строительство.
2. Доступны качественные и надежно поставляемые энергетические ресурсы, при этом при наличии собственной генерации стоимость

электрической энергии может быть ниже, чем из сети.

3. Площадки обеспечены транспортным сообщением, комплексом инженерно-технических средств охраны и ресурсами жизнеобеспечения для эксплуатации ЦОД.

4. Объекты размещаются в развитых районах, т. е. там, где есть жилая среда и крупные промышленные потребители.

Как уже отмечалось ранее, вычислительная мощность ЦОД со временем может перейти из контура обеспечения собственных нужд группы компаний «Газпром» в контур доходного бизнеса в виде многофункциональных ЦОД как узкокорпоративного, так и общесистемного характера (продажа вычислительных мощностей).

Энергоцентр для ЦОД может быть построен на тригенерационных установках (рис. 5).

Уходящие газы газотурбинной установки (ГТУ) с температурой 400–450 °С используются для работы абсорбционного теплового насоса (АБТН) с возможностью получения горячей воды отопительных параметров (до 90 °С).

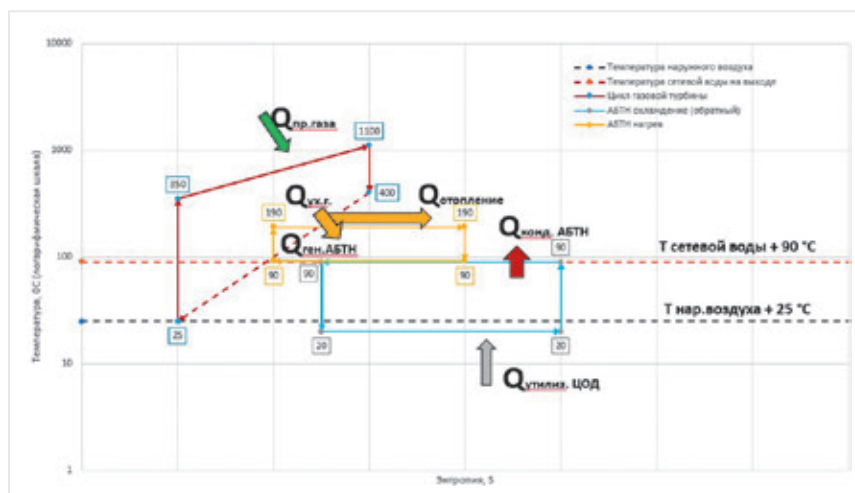


Рис. 5. TS-диаграмма тригенерационной установки



НАЦИОНАЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИЙ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

ОСНОВНЫЕ УЧАСТНИКИ ОБЪЕДИНЕНИЯ



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НОЭ:

- Содействие осуществлению государственной политики в области энергосбережения
- Создание условий для предпринимательской деятельности и реализации проектов в области энергосбережения
- Обеспечение взаимодействия членов НОЭ с органами государственной власти
- Защита интересов членов НОЭ на всех уровнях
- Юридическая и методологическая поддержка
- Подготовка специалистов в области энергосбережения

ЗАДАЧИ НОЭ:

- Продвижение продукции и услуг членов Объединения
- Помощь в продвижении интересов членов Объединения
- Организация выставок, конференций и круглых столов
- Предоставление площадок для проведения различных мероприятий
- Публикация материалов в профессиональных изданиях
- Участие в кобрендинговых программах и проектах
- Финансовая поддержка эффективных энергосберегающих проектов

123022, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Пресненский, ул. 1905 года, д. 7, стр. 1, помещ. 1А, этаж 2, ком. 3. Почтовый адрес: 123022, г. Москва, а/я 93

(499) 575-04-44

www.no-e.ru | www.ноэ.рф
info@no-e.ru

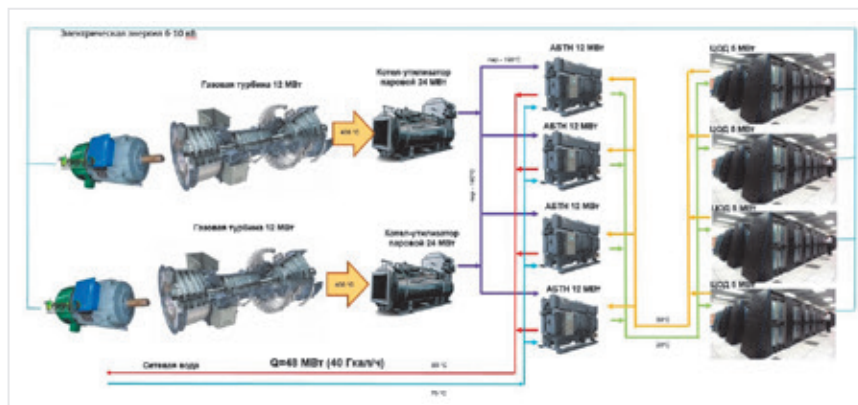


Рис. 6. Схема энергоцентра

Включение АБТН в цикл ГТУ позволяет создать комбинированную установку для получения электрической, тепловой энергии и холода (тригенерация) без использования паросилового цикла (рис. 6).

Низкопотенциальная энергия, отводимая от ЦОД, может быть полезно использована для нагрева сетевой воды в АБХМ. При этом тепло ЦОД и уходящие газы ГПА/ПГУ фактически являются вторичным энергоресурсом, что позволяет декларировать централизованное теплоснабжение от ЦОД как низкоуглеродное и энергосберегающее решение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполненные предпроектные исследования возможности реализации проекта по устройству централизованной системы хладоснабжения на площадке ЭС-2 ЦТЭЦ ПАО «ТГК-1» определили наиболее эффективный вариант организации холодильного центра, который был принят к проектированию.

2. Исследованные площадки ТЭЦ ПАО «ТГК-1» могут рассматриваться в проектах градостроительного развития территории Санкт-Петербурга, особенно при проведении реконструкции ТЭЦ в соответствии со схемой теплоснабжения Санкт-Петербурга и схемой и программой развития электроэнергетических систем (СиПР ЭЭС).

3. Развитие объектов электрогенерации, помимо рассмотренных в исследовании потребителей, может быть увязано с обеспечением потребностей ЦОД в электрической энергии и охлаждении, что требует проведения дополнительной технико-экономической оценки совместного функционирования ТЭЦ и ЦОД.

4. Выполненные исследования могут стать основой для разработки концепции создания мощностей по централизованному энергоснабжению потребителей на площадках

энергетических объектов группы компаний ПАО «Газпром».

ЛИТЕРАТУРА

1. Сасаев Н. И. Первичная оценка экономической эффективности стратегических направлений развития газовой отрасли России // Экономика и математические методы. 2020. Т. 56. № 2. С. 52–65.
2. Анисимова В. Ю. Перспективы развития газовой промышленности (на примере Тюменской области) // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2015. № 1 (123). С. 48–51.
3. Таранова И. В. Газовая промышленность России: состояние и перспективы // Экономика и предпринимательство. 2013. № 11 (40). С. 401–407.
4. Эдер Л. В., Филимонова И. В., Немов В. Ю., Проворная И. В. Газовая промышленность России: современное состояние и долгосрочные тенденции развития // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2014. № 4. С. 36–46.
5. Конторович А. Э., Коржубаев А. Г., Филимонова И. В., Эдер Л. В. Развитие глубокой переработки углеводородного сырья в России // Нефтяное хозяйство. 2008. № 5. С. 24–27.
6. Рожнятовский Г. И., Нуржиц С. И., Ванчугов И. М., Хакимов А. Р., Ишмурзин А. А., Ледяев М. А., Прокофьев В. А. Газоперерабатывающая отрасль России, анализ и перспективы ее развития // Нефтегазохимия. 2020. № 2. С. 47–54.
7. Егоров М. П., Максимов А. Л., Музафаров А. М., Нифантьев Н. Э., Цивадзе А. Ю. Химия в XXI веке: вызовы и перспективы для России // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92. № 2. С. 103–117.
8. Максимов А. Л. Нефтепереработка и нефтегазохимия: импортозамещение и обеспечение технологической независимости // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92. № 10. С. 930–939.

9. Голубева И. А., Худяков Д. С., Родина Е. В. Перспективы развития нефтегазохимии в России: проектируемые и строящиеся нефтегазохимические комплексы // Нефтегазохимия. 2019. № 2. С. 5–12.

10. Коржубаев А. Г., Эдер Л. В., Соколова И. А. Глубокая переработка углеводородного сырья — важное направление технологического развития НГК России // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2009. № 7. С. 17–21.

11. Варламов Н. В., Лезер А. Ю., Юферев Ю. В., Горшков А. С. Выработка холода на объектах ПАО «Газпром» как перспективное направление деятельности общества // Инженерные системы. 2025. № 2. С. 32–33.

12. Варламов Н. В., Горшков А. С., Жирнов А. Е., Парашенко Н. А., Лезер А. Ю. Градусо-сутки отопительного и охлаждающего периодов для климатических условий города Москвы // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2024. № 4 (268). С. 54–59.

13. Аверьянов В. К., Юферев Ю. В., Мележик А. А., Горшков А. С. Теплоснабжение городов в контексте развития активных потребителей интеллектуальных энергетических систем // Academia. Архитектура и строительство. 2018. № 1. С. 78–87. DOI 10.22337/2077-9038-2018-1-78-87.

14. Дюжев М. Ю. Современные решения повышения эффективности охлаждения центров обработки данных // АВОК. 2020. № 7. С. 28–29.

15. Мацкевич Д. О. Центры обработки данных в России: проблемы и перспективы // АВОК. 2018. № 7. С. 28–33.

16. Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2023, with forecasts from 2024 to 2028 — URL: <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/> (дата обращения: 14.05.2025).

17. Leading countries by number of data centers as of March 2025 — URL: <https://www.statista.com/statistics/1228433/data-centers-worldwide-by-country/> (дата обращения: 14.05.2025).

18. David Reinsel, John Gantz, John Rydning The Digitization of the World.

19. From Edge to Core — URL: <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/dataage-idc-report-final.pdf> (дата обращения: 14.05.2025).

20. ЦОД (рынок России). Коммерческие дата-центры — URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ЦОД\(рынок_России\)_Коммерческие_дата-центры](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ЦОД(рынок_России)_Коммерческие_дата-центры) (дата обращения: 14.05.2025).

100+ TECHNO BUILD

XII Международный
строительный форум
и выставка

30 сентября – 3 октября 2025
Екатеринбург



стать экспонентом
forum-100.ru

34 786
посетителей

610
экспонентов

1 028
спикеров

222
секции

36
стран

*показатели 2024 года

ПОБЕДЫ

АРХИТЕКТУРА ПОБЕДЫ

АРХИТЕКТУРА ПОБЕДЫ

АРХИТЕКТУРА ПОБЕДЫ

АРХИТЕКТУРА ПОБЕДЫ



ОЛЕГ АЛЕКСАНДРОВИЧ ПРОДОУС
 Доктор технических наук,
 профессор, технический директор
 ООО «Инженерный центр подготовки
 специалистов», г. Санкт-Петербург.
 Сфера научных интересов:
 напорные и самотечные сети
 водоснабжения и водоотведения
 и сооружения на них, строительство,
 реконструкция и эксплуатация этих
 сооружений. Очистка природных
 вод из подземных и поверхностных
 источников, хозяйственно-
 бытовых и поверхностных сточных
 вод, дезинфекция природных
 и сточных вод и сооружений.
 За активное участие в разработке
 по его таблицам и реализации
 в 2010 году проекта дюкерного перехода
 из напорных полиэтиленовых труб
 диаметром 1400 мм протяженностью
 1500 м через реку Обь награжден
 почетной грамотой мэра города
 Новосибирска. Удостоен почетного
 звания «Заслуженный деятель науки»
 Международной академии наук экологии
 и безопасности жизнедеятельности
 и награжден «Звездой Ученого»
 и орденом «За заслуги в науке».
 Опубликовал более 350 научных
 работ, в том числе 8 монографий
 и 15 справочных пособий. Автор
 32 патентов на изобретения.

ОБОСНОВАННЫЙ ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ БЕСТРАНШЕЙНОГО РЕМОНТА КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

*О. А. Продоус, технический директор
 ООО «Инженерный центр подготовки специалистов»,
 г. Санкт-Петербург*

*Дунлян Ван, аспирант кафедры
 «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика»
 ПГУПС Императора Александра I*

Интенсивное жилищное строительство в городах КНР требует увеличения подачи повышенных объемов питьевой воды, расширения услуг по отведению сточных вод на очистку перед их сбросом в водоемы. Это стратегическая задача органов государственного уровня.

Китайские города характеризуются:

- высокой плотностью населения;
- интенсивным транспортным движением;
- отсутствием новых городских территорий для проведения раскопочных работ при традиционном строительстве новых сетей водоснабжения и канализации;
- естественным износом эксплуатируемых инженерных коммуникаций;
- разнообразием климатических и групповых условий;
- наличием объектов, охраняемых государством.

Поэтому для выполнения главной стратегической задачи необходимо

решать проблемы содержания и модернизации городских канализационных сетей для отведения на очистку хозяйственно-бытовых и дождевых сточных вод.

Существует шесть видов технологий бестраншейного ремонта городских водопроводных и канализационных сетей [1], табл. 1.

Обоснование выбора способа бестраншейного ремонта сети производится на основе анализа результатов телевизионной диагностики (TV), проводимой с помощью TV-камер — роботов, работающих по специальным программам на основе технико-экономического сравнения различных вариантов [1]. Результатом выбора конкретного способа бестраншейного

ремонта инженерной сети должна быть обоснованная аргументация, служащая базой для определения состава конкретного технологического оборудования, необходимого для устранения дефектов, выявленных на основе предварительной TV-диагностики, проводимой после гидродинамической очистки сети с помощью специальной автомобильной техники [2].

Из шести способов бестраншейного ремонта городских инженерных сетей для условий КНР предпочтительными могут быть только первые три, приведенные в табл. 1. Способ «труба в трубе», способ взламывания старой трубы и протяжки новой плети из полиэтиленовых труб с большим на один типоразмер диаметром и способ «чулок» — чулочная технология, заключающийся в протяжке внутрь промытой струей высокого давления трубы специального синтетического рукава, обработанного особой пропиткой чулка, способного полимеризоваться при воздействии на него изнутри горячей воды с температурой 60–80 °С [2].

В табл. 2, по данным китайских производителей, приведены расчеты для конкретного диаметра

труб и стоимости выполнения работ в рублях за 1 погонный метр для каждого из трех способов бестраншейного ремонта.

Сравнение затрат по разным технологиям ремонта в рублях на проведение бестраншейного ремонта 1 п. м бетонных труб самотечной канализации диаметром 300 мм на юго-западе КНР приведено в табл. 2.

Анализ результатов сравнения стоимости проведения работ по бестраншейному ремонту 1 п. м труб диаметром 300 мм (табл. 2) показывает, что затраты по первой технологии ремонта — «труба в трубу» — являются наименьшими из трех сравниваемых вариантов.

Однако при этой технологии ремонта уменьшается диаметр протаскиваемой внутрь трубы. В табл. 3 приведено соотношение внутреннего диаметра ремонтируемых и наружного диаметра протаскиваемых труб для технологии «труба в трубу».

Из табл. 3 следует, что при технологии «труба в трубу» уменьшается сечение протаскиваемой плети труб, а следовательно, и объем пропускаемых по ней сточных вод q .



ДУНЛЯН ВАН

Аспирант кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика» ПГУПС Императора Александра I. Специализация: разработка проектов строительства, реконструкции и ремонта инженерных сетей коммунальной инфраструктуры в Китайской Народной Республике.

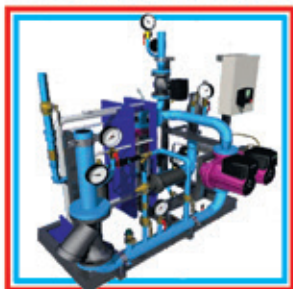
30 СИНТО
ЛЕТ НАДЕЖНЫХ РЕШЕНИЙ

Санкт-Петербург (812) 327-25-94
Петрозаводск (8142) 56-62-66

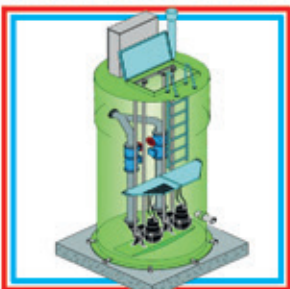


ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ



КОМПЛЕКТНЫЕ КНС



НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ



АВТОМАТИКА и КИП



КАЧЕСТВЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

www.cinto.ru

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СЕРВИС

реклама

НАСОСЫ - ТЕПЛООБМЕННИКИ - ПРОМАВТОМАТИКА - ТЕПЛОАВТОМАТИКА - ПРИВОДА - АРМАТУРА - БАКИ - КИП - ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

проект - комплектация - производство - монтаж - сервис

Таблица 1. Область применения бестраншейных технологий

Способы (технологии)	«Труба в трубу»	Принудительная протяжка полиэтиленовой плети с помощью механизмов	«Чулок»	Цементно-песчаная облицовка	Локальный ремонт
Область применения					
Водоснабжение	длинные плети лайнеры	со взламыванием старой трубы без разрушения (трубы меньшего диаметра)	да	да	в теле трубы в стыковых соединениях
Канализация	длинные плети короткие вставки флексорен лайнеры	со взламыванием старой трубы без разрушения (трубы меньшего диаметра)	да	нет	в теле трубы в стыковых соединениях в местах присоединения отводов
Технологические трубопроводы	длинные плети короткие вставки лайнеры	со взламыванием старой трубы без разрушения (трубы меньшего диаметра)	да	нет	в теле трубы в стыковых соединениях

Таблица 2. Сравнение стоимости затрат в рублях по разным технологиям бестраншейного ремонта 1 п. м бетонных труб диаметром 300 мм

Характеристики бетонных труб диаметром 300 мм, подвергаемых бестраншейному ремонту по разным технологиям		
труба в трубу	взламывание	«чулок»
Стоимость затрат на 1 п. м*		
171,1 юаня/м (2053,2 руб/м)	2000 юаней/м (24 000 руб/м)	2085 юаней/м (25 020 руб/м)

* Стоимость фактических затрат без стоимости труб из ПЭ и чугуна переведена из юаней в рубли по курсу Центрального банка Китая — 1 юань = 12 руб. на 2 марта 2025 года.

Таблица 3. Сравнение разных характеристик труб для технологии «труба в трубу»

Внутренний диаметр ремонтируемых бетонных труб, мм		
200	250	300
Наружный диаметр протаскиваемой плети труб dn, мм, SDR 41		
180	225	280

Поэтому анализ данных, приведенных табл. 2 и 3, позволяет рекомендовать предпочтительное рассмотрение второй технологии бестраншейного ремонта канализационных сетей — технологию взламывания, позволяющую:

1. Увеличить на один типоразмер диаметр протаскиваемой плети полиэтиленовых труб $d_n = 315$ мм после взламывания бетонных труб диаметром $d_{вн} = 300$ мм.

2. Пропускать по отремонтированной вторым способом трубе диаметром $d_n = 315$ мм ($d_{вн} = 0,299$ м) расход $q = 0,71$ м³/с на 0,33% больший, чем по бетонной трубе диаметром $d_{вн} = 0,300$ м.

Таким образом, несмотря на удорожание стоимости бестраншейного ремонта коммунальной сети по второй технологии ($C_2 = 2053,2$ руб/м > $C_1 = 24000,0$ руб/м на 8,56%) (без учета стоимости труб из ПЭ 100), целесообразность применения технологии со взламыванием для условий КНР обоснована стратегической задачей государства — повышение уровня комфортного проживания растущего в городах населения страны.

Требуется дальнейшее проведение исследований по данной теме с разработкой рекомендаций по способам бестраншейного ремонта трубопроводов для условий КНР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Продоус О. А. Рекомендации по выбору способа и подбору технологического оборудования для бестраншейного ремонта инженерных сетей. Научный редактор — д. т. н., профессор О. А. Продоус, НИИ АКХ им. К. Д. Памфилова, г. Санкт-Петербург, 2004. — 54 с.

2. Продоус О. А. Оптимальные методы решения проблемы выбора способа бестраншейного ремонта трубопроводов водоснабжения и канализации // Тезисы докладов Международного конгресса «ЭКВАТЭК-1999». Г. Ялта. 1999.



**30-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
БЫТОВОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ, ВОДОСНАБЖЕНИЯ,
ИНЖЕНЕРНО-САНТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ,
БАССЕЙНОВ, САУН И СПА**

3–6.02.2026

МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО, ПАВИЛЬОН 3

**ЗАБРОНИРУЙТЕ
СТЕНД**

aquaflame-expo.ru



**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ
СЕКТОР**



**ОДНОВРЕМЕННО С ВЫСТАВКОЙ
ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИИ
И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ**



**ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER**



КАК РЕШИТЬ ПРОБЛЕМУ ТЕПЛОВОДОСНАБЖЕНИЯ? ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД И НЕ ТОЛЬКО

М. Н. Торопов, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

В. Н. Корнопольцев, Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ

О. Ж. Аюрова, Бурятский государственный университет им. Д. Банзарова, Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ

Л. А. Воронова, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Проанализированы возможности нового подхода к капитальному ремонту систем тепловодоснабжения на основе использования разработанной природоподобной технологии повышения ресурса трубопроводов, рассмотрены новые методы упрочнения различных элементов системы, выполненных из функциональных конструкционных материалов.

1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ВОДОПОДГОТОВКИ (ЭМВ) — ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ТРУБОПРОВОДОВ

Более 20 лет специалисты РУТ (МИИТ) разрабатывают и серийно внедряют в рамках программ повышения энергоэффективности природоподобные технологии, повышающие степень защиты различных систем от коррозии, накипи и биообрастания, при сопутствующем улучшении качества воды и ее безреагентном обеззараживании. За упомянутый период сформировался творческий коллектив, занимающийся поиском и реализацией путей решения общемировой проблемы износа систем, контактирующих с жидкостью. Он объединил научные силы целого ряда ученых, представителей научных и академических организаций страны. Речь идет о специалистах Российского университета транспорта (МИИТ), Санкт-Петербургского университета путей сообщения, Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Волжского государственного университета водного транспорта, Керченского государственного морского технологического университета, Каспийского института морского и речного транспорта (г. Астрахань) и Байкальского института природопользования СО РАН (г. Улан-Удэ).

Объединяющим фактором и значимым стимулом для этой масштабной совместной деятельности стал Указ Президента РФ от 02.11.2023 «О развитии природоподобных технологий в РФ». В свою очередь, инициатором этого указа явилось федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский центр Курчатовский институт».

Сам термин «природоподобная технология» наша сборная группа использует уже свыше десяти лет. Отличительной особенностью подобных технологий является то, что интенсивность природных механизмов, лежащих в основе самой технологии, в существенной мере реализуется при ее использовании. Разработка, о которой здесь пойдет речь, предназначена для защиты от коррозии, накипи и образования биопленок на поверхности различных механических систем с гетерофазным рабочим телом — при наличии границы (раздела) фаз между жидкостью и конструкционным материалом.

В отличие от ядерной энергии мы применяем более экологичную свободную энергию, выделяемую природными минералами и описываемую законами термодинамики. По мнению академика В. И. Вернадского, от этой энергии, скрытой в самом минеральном

материале, миллионы лет существовавшем под большим давлением вышележащих пород, минералы пытаются освободиться, и, собственно, этим и объясняется в большей степени разрушение горных пород, нежели выветриванием. Но продукты, полученные в результате разрушения, природа в итоге использует для созидательной деятельности.

Благодаря трудам Д. И. Менделеева этим процессам было уделено значимое внимание [1]. Было создано новое научное направление, которое Дмитрий Иванович обозначил как механохимия. В настоящее время в области развития этого направления работает целый ряд академических институтов [2–4]. Мы же нашли свою нишу, пытаемся справиться с нерешенной мировой проблемой износа систем с гетерофазным рабочим телом. Здесь мы имеем дело с важнейшими для человечества факторами, такими как вода, тепло, энергия, энергоэффективность и экологичность процессов. В «Стратегии развития РФ до 2010 года» проблема износа механизмов стояла в ряду основных проблем, тормозящих развитие страны.

Для решения обозначенных задач разработан энергетический метод водоподготовки (ЭМВ), который представляет собой особый



ТеплоконтрольTM

АО «Сафоновский завод «Теплоконтроль» — крупнейший российский производитель приборов контроля и регулирования технологических процессов, средств автоматизации, приборов теплоснабжения и нестандартного оборудования.

Производственные мощности предприятия располагают современным оборудованием, высококвалифицированными кадрами и включают: литейное производство (в том числе литье по газифицированным моделям), заготовительно-штамповочное производство, механообрабатывающее и инструментальное производства, гальванический, покрасочный и сборочный участки.

Продукция, выпускаемая заводом, хорошо зарекомендовала себя благодаря высоким эксплуатационным показателям и надежности на предприятиях тепловой энергетики, химии и металлургии, нефтегазового комплекса и машиностроения, в производстве строительных материалов и пищевой промышленности, судостроении и коммунальном хозяйстве как в России, так и в странах ближнего зарубежья, Юго-Восточной Азии, Восточной Европы, на Ближнем Востоке.

Вся реализуемая продукция разработана и изготовлена в соответствии с ГОСТ и ТУ и имеет все необходимые разрешения и сертификаты. Ассортимент продукции постоянно расширяется.

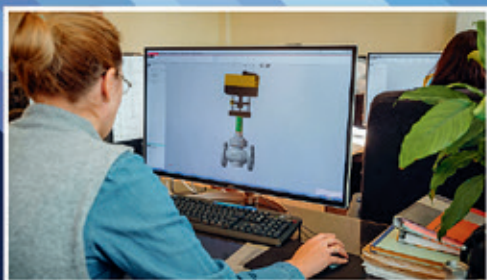
ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПРОДУКЦИИ:

- регуляторы температуры РТ-ДО; РТ-ТС; РТЦГВ; РТЦГВ-М;
- регуляторы расхода и давления прямого действия РР и РД; РДПД; РПДПД;
- клапаны регулирующие с электрическим приводом КР-1; КР-1М; КР-1-ТР;
- клапаны балансирующие КБ;
- регуляторы температуры и давления электронные КР-1Т; КР-1Д;
- регулятор расхода тепловой энергии РРТЭ;
- термодатчики ТД-М;
- термометры манометрические ТКП-160Сг-МЗ/МЗ-1; ТГП-100Эк-М; ТКП-100Эк; ТКП-160Эк;
- гидравлические индикаторы веса ГИВ6-М2; ГИВ-1Э.

В основе регулирующих клапанов и регуляторов давления применена клеточная конструкция, разгруженная по давлению. Данная конструкция позволяет применять маломощные электроприводы. Хорошая ремонтпригодность, надежность и простота в обслуживании — вот основные требования, предъявляемые к разрабатываемой и выпускаемой нашим предприятием продукции.

С 2003 года на предприятии внедрена система менеджмента качества, соответствующая требованиям международного стандарта ISO 9001:2015, в отношении проектирования, производства, продажи и сервисного обслуживания приборов для контроля и регулирования технологических процессов.

На сайте компании www.tcontrol.ru можно самостоятельно подобрать оборудование по каталогу, руководствуясь имеющимися параметрами и требованиями к оборудованию, условиям предстоящей эксплуатации. Для удобства потребителей также можно обратиться в онлайн-режиме к техническим специалистам и менеджерам, которые помогут в выборе оборудования, оформлении заявки и проконсультируют с условиями поставки оборудования.



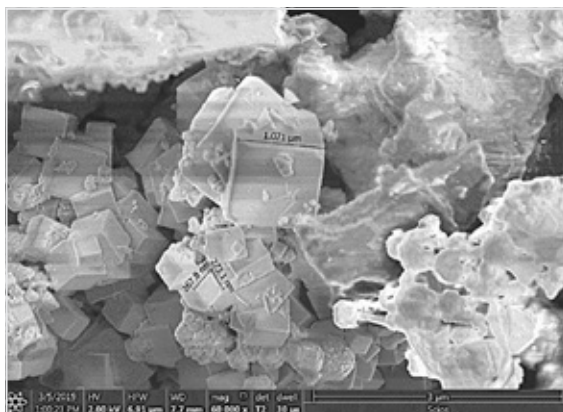


Рис. 1. Частицы энергента при увеличении $\times 30\,000$, СЭМ

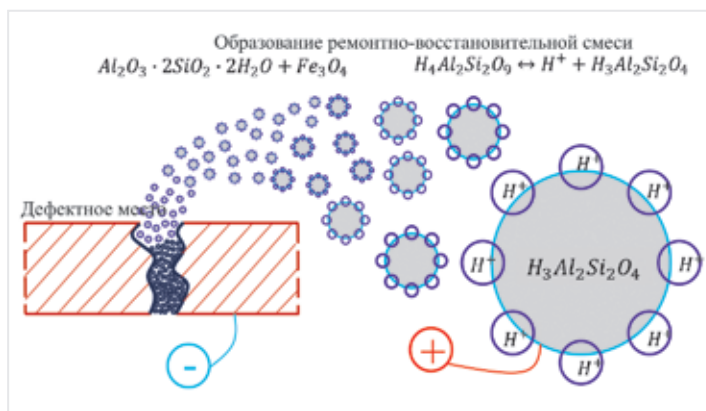


Рис. 2. Механизм восстановления конструкций систем водотеплоснабжения в результате применения ЭМВ

вид ремонта технологических систем с гетерофазным рабочим телом. Он основан на механизме работы мелкодисперсных минералов, разрешенных Роспотребнадзором для водоподготовки на питьевом контуре, и строится на возникновении на границе фаз «жидкость-поверхность» двойного электрического слоя [5].

При внедрении в слой раздела фаз микроскопически малых (до 10 мкм) минеральных частиц с дефектами кристаллических решеток (дислокациями) возникает дополнительное энергетическое поле (рис. 1). При правильном подборе вещества кристалла это позволяет влиять на потенциал диффузного слоя и менять направленность и скорость химических реакций. Это дает возможностькратно уменьшить скорость коррозии в системе и интенсивность накипеобразования. Дифференцированные микрокристаллы, вводимые в систему, имеют

большой запас энергии, и ее минимизация происходит медленно.

Из частиц разрушаемых отложений теплоносителя (охладителя) создаются крупные центры коагуляции. Происходит связывание свободного кислорода при окислении низших окислов железа до магнетита. Исследование показало, что дефектные места системы в результате введения в нее механоактивированной смеси (энергента) заполняются образовавшимся при обработке магнетитом, кристаллическая решетка которого кольматируется соединениями кремния, алюминия и ряда других элементов. Слой накладывается на слой, поверхность при этом выравнивается, и образуется довольно прочное соединение. Одна из разрабатываемых гипотез получения таких соединений представлена на рис. 2. Отмечено, что таким путем затягиваются сквозные язвы диаметром до 5–7 мм.

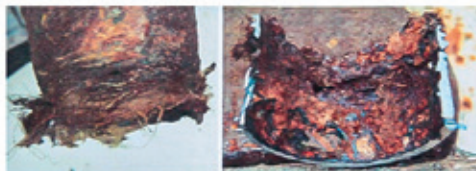


Рис. 3. Зависимость критического времени на устранение аварий от количества повреждений

Осуществление возможности получения подобных соединений привело к мысли о создании прочной защитной пленки с заданными физико-механическими свойствами на самых разных материалах — при введении специальных добавок в энергент. Использование ЭМВ в сетях водотеплоснабжения позволило разработать новый, более экологичный подход к решению проблемы капитального ремонта таких систем. Целым рядом авторов было отмечено, что основную роль в процессе деградации систем с гетерофазным рабочим телом играют разрушения стыковых соединений (88%) [6]. И только 12% в этом процессе связано с трубами (рис. 3, 4). Но на ликвидацию аварий с разрушением трубы тратится больше сил и средств. Кроме того, как свидетельствуют материалы работы Балабан-Ирменина и коллег [7], основную роль в процессе разрушения трубы играет внутренняя коррозия. По мнению авторов исследования, ее определяют три основных фактора: несоблюдение водно-химического режима, использование нового ГОСТа труб с уменьшенной на 25–50%

КОРРОЗИОННЫЕ РАЗРУШЕНИЯ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СРОКЕ СЛУЖБЫ БОЛЕЕ 70 ЛЕТ

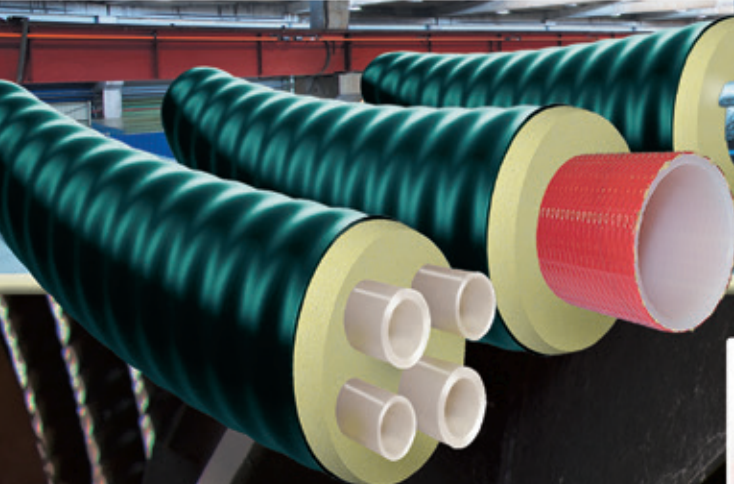
Коррозионные сквозные разрушения в районе резьбы



Продольное и поперечное сечения. Образца трубы



Рис. 4. Коррозионные разрушения стыковочных соединений при сроке службы более 70 лет



Завод Полимерных Труб,
г.Санкт-Петербург
(812) 327-07-07

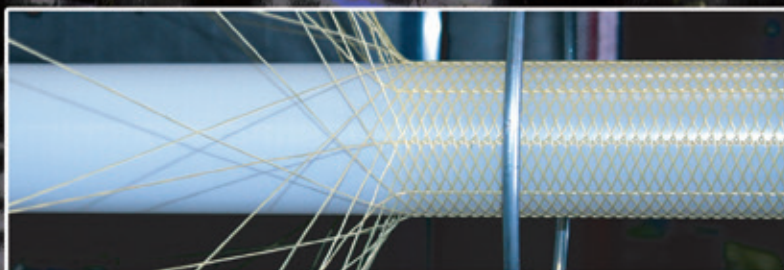


tvelpex.ru
vk.com/tvel_pex



Гибкие пластиковые
трубы в ППУ-изоляции
для наружных сетей
тепло-водоснабжения.

Трубы с греющим
термокабелем.
Стыки, фитинги,
проектирование,
монтаж, обучение



- для t теплоносителя до $+115^{\circ}\text{C}$ и давления до 10 кг/см^2
- диаметр труб до 160/225мм
- поставка труб в "бухтах" длиной до 600м
- не требуются компенсаторы, неподвижные опоры
- монтаж стыков с помощью металлических фитингов и ручного гидравлического инструмента
- полное отсутствие коррозии и внутреннего зарастания трубы
- радиус изгиба от 0,8 м
- трубы с электроподогревом для транспортировки холодной воды

толщиной стенки трубы и ухудшение качества металла труб (неметаллические включения). Все эти факторы нейтрализуются при использовании разработанной природоподобной технологии.

На рис. 5 приведен пример уменьшения скорости коррозии трубопроводов в 280 раз по сравнению с первоначальной при применении энергетического метода водоподготовки. Результат может быть улучшен при использовании новых методов упрочнения других элементов систем (стыковые соединения, резинотехнические изделия и т. д.). Этим вопросом специализированно занимается Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ.

2. НОВЫЕ МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Большие работы в этом направлении проводятся в Байкальском институте природопользования СО РАН (рис. 6).

Вышеупомянутое направление связано с получением антифрикционных материалов и покрытий, в частности, повышением износостойкости деталей из железоуглеродистой стали методами химико-термической обработки в порошковых насыщающих смесях и способов получения антифрикционных материалов триботехнического назначения, из которых, благодаря своим преимуществам, выделяются листовые металлофторопластовые материалы на стальной подложке и полимер-полимерные смеси (рис. 7).

Одной из инновационных является разработка резино-полимерной композиции, полученной путем модификации промышленного бутадиен-нитрильного каучука фенол-формальдегидной смолой. При их взаимодействии образуются полувзаимопроникающие полимерные сетки путем структурирования реактопласта на матрице линейного полимера. Компоненты такой смеси неразделимы из-за механического переплетения цепей. Кроме того, к заметному повышению уровня прочности может привести химическое взаимодействие между метилольной группой смолы и нитрильного фрагмента каучука.

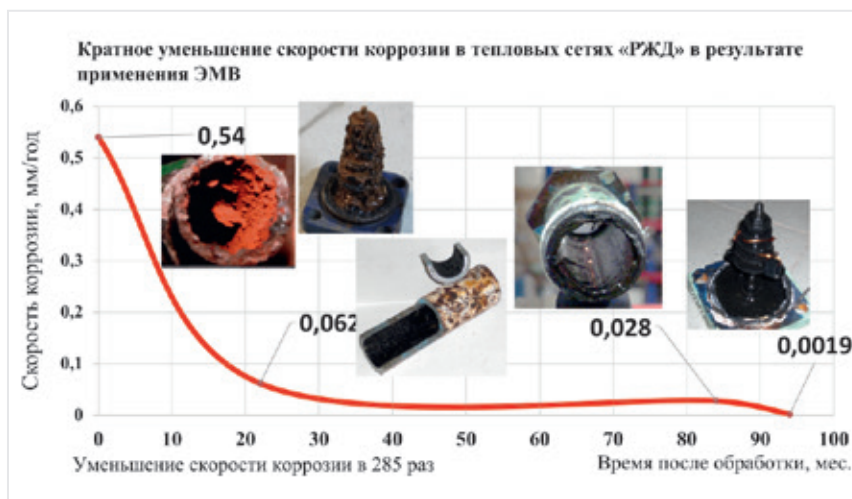


Рис. 5. Кратное уменьшение скорости коррозии в тепловых сетях РЖД в результате применения ЭМВ



Рис. 6. Лаборатория химии полимеров БИП СО РАН ООО МИП «Мегаресурс»

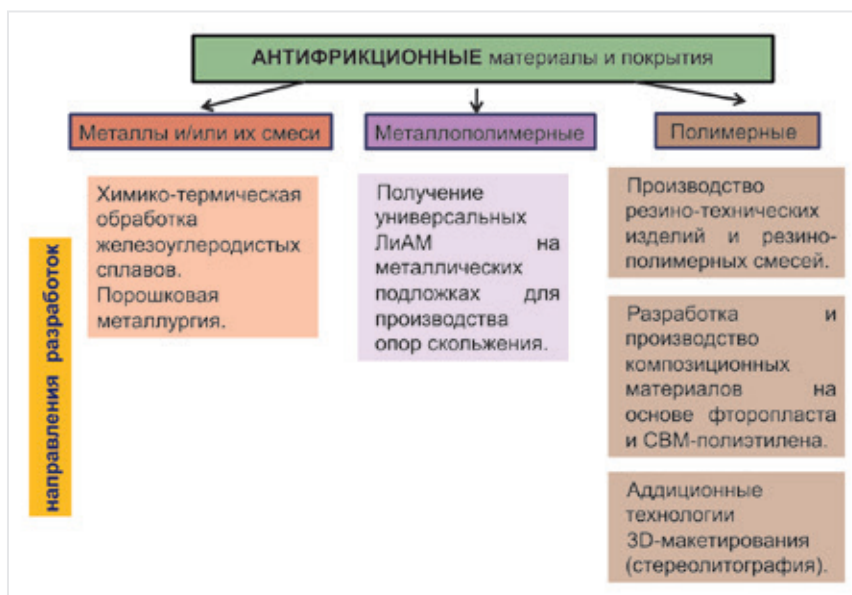


Рис. 7. Антифрикционные материалы и покрытия



34-я МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА
СТРОИМ ДОМ

0+

- СТРОЙМАТЕРИАЛЫ
- ИНЖЕНЕРИЯ
- КАМИНЫ
- ЛАНДШАФТ
- СЕМИНАРЫ
И МАСТЕР-КЛАССЫ



БИЗНЕС-ПАРТНЕР
МОГИЛЕВСКИЙ КСИ
ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
mglski.by



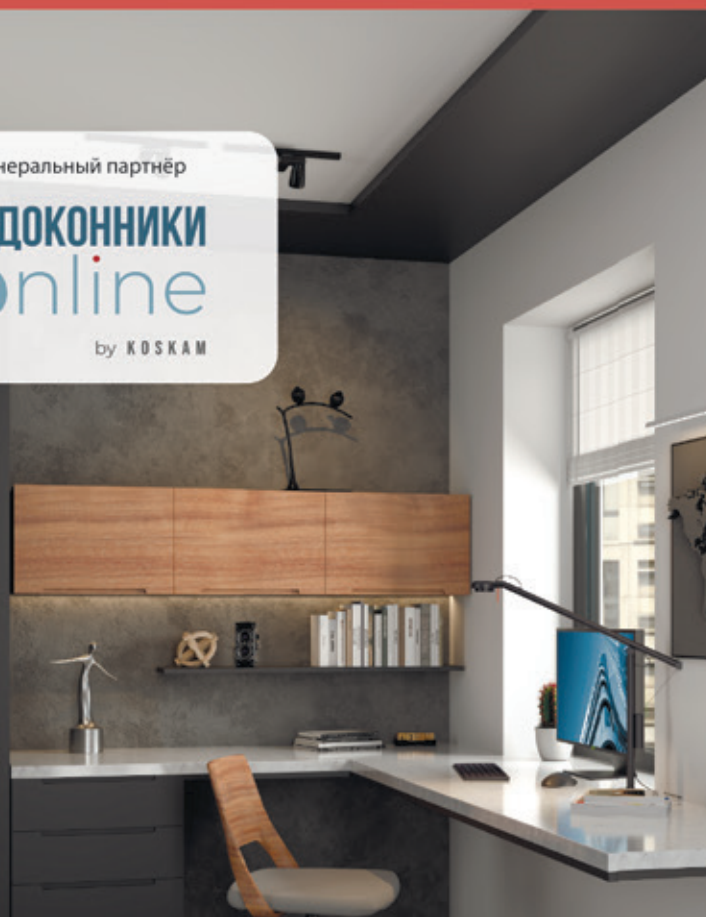
25-26 октября

Санкт-Петербург, Петербургское шоссе 64/1 с 11:00 до 18:00

ЭКСПОФОРУМ
Павильон Н

Генеральный партнёр

ПОДОКОННИКИ
online
by KOSKAM



Podokonniki-online.ru
Тел. +7 800 775 55 38



0+
ВЫСТАВКА
ИНТЕРЬЕРНЫЙ
САЛОН

- Дизайн • Ремонт
- Мебель • Интерьер
- Камин • Текстиль

Бизнес-партнёр:



БЕЛУССКАЯ МЕБЕЛЬ
КОЛОМЯЖСКИЙ ПРОСПЕКТ, 15К1
МОСКОВСКИЙ ПРОСПЕКТ, 64

expofera.spb.ru
(812) 425-14-15

ПОЛИМЕР-ПОЛИМЕРНЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА И НОВОЛАЧНОЙ СМОЛЫ

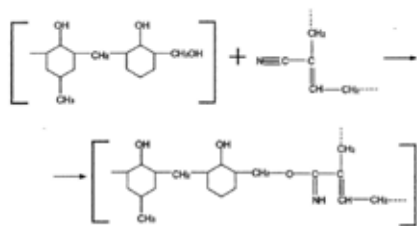


Рис. 8. Химическое взаимодействие фенолоформальдегидной смолы и бутадиен-нитрильного каучука при нагревании (вулканизация резины)

Полного структурирования не наблюдается, что объясняется затруднением диффузии вследствие уменьшения сегментальной подвижности взаимодействующих полимеров (рис. 8).

Проведенные исследования физико-механических свойств резино-полимерных компаундов показывают увеличение прочности при разрыве и твердости материалов после вулканизации с достаточным сохранением эластичных свойств. На основании проведенных физико-механических исследований выбрана оптимальная концентрация ФФС для получения композиционных материалов. Так, включение 15 масс.% смолы в бутадиен-нитрильный каучук приводит к получению материалов с превосходными деформационно-прочностными свойствами

($\delta p = 10-15$ МПа, $\epsilon p = 150-270\%$, твердость по Шору 76-93), что позволяет их использовать в гидравлических системах с повышенным давлением рабочих сред (рис. 9).

Инновационным является способ приготовления резино-полимерной смеси с дополнительным введением в ее состав твердых смазок для обеспечения повышенных антифрикционных и износостойких свойств. Применение полученных композитов для изготовления или восстановления подпятников и подшипников насосов марок ЭЦВ водоподъема МУП «Водоканал» г. Улан-Удэ показали пятикратное увеличение срока эксплуатации по сравнению с известными промышленными аналогами. ООО МИП «Мега-ресурс» имеет ряд типоразмеров

Физико-механические свойства резинополимерного композита

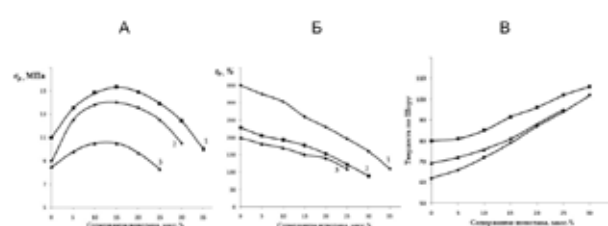


Рис. 9. Зависимость предела прочности при разрыве (А), относительного удлинения (Б) и твердости по Шору (В) вулканизата от концентрации новолака в смеси: 1 — СКН-3825, 2 — СКН-3826, 3 — В-14

прессформ для обрезинивания металлических каркасов подшипников различных типов насосов. Разработанные невулканизированные составы обладают повышенной текучестью, что позволяет заполнять ими сложные формы большого размера, например, могут быть с успехом применены для изготовления втулок Гудрича (рис. 10).

Ведутся работы по получению листовых металлофторопластовых материалов на стальной подложке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Менделеев Д. И. Основы химии. Т. 1. — Госхимиздат, 1947. — 662 с.
2. Болдарев В. В., Аввакумов Е. Г. Механохимия твердых неорганических веществ // Успехи химии. — 1971. — Т. 40. — С. 1835-1956.
3. Аввакумов Е. Г. Механические методы активации химических процессов. — Новосибирск. Наука. Сибирское отделение. 1986. — 486 с.
4. Гегузин Я. Е. Диффузная зона. — Москва, Наука. 1979. — 344 с.
5. Киселев В. Г. Влияние емкости двойного электрического слоя на скорость коррозии на границе фаз // Технические ведомости СПб ГПУ. Наука и образование. — 2012. — 3-2. — С. 56-61.
6. Дерюшев Д. Г. Фам Ха Хай. О нормировании надежности труб и трубопроводов // Вестник РУДН «Экология и безопасность жизнедеятельности». — 2015. — № 1. — С. 60-67.
7. Балабан-Ирменин Ю. В., Липовских В. М., Рубашов А. М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых станций. — Москва, 2008. — 288 с.

В сочетании с твердыми смазками (кокс, графит, дисульфид молибдена и др.) полученные материалы приобретают высокие антифрикционные и износостойкие свойства. Применение полученных композитов для изготовления или восстановления подпятников насосов водоподъема для МУП «Водоканал» г. Улан-Удэ показали пятикратное увеличение срока эксплуатации по сравнению с известными промышленными подшипниками.

Перспективы применения:

- ✓ Опоры и втулки скольжения погружных насосов при бурении скважин газо-, нефтедобывающей промышленности;
- ✓ Втулки Гудрича (судостроение);
- ✓ Уплотнительные элементы гидросистем, эксплуатируемые при высоких давлениях рабочих сред.



Обрезиненный подшипник скольжения насосов водоподъема

Типоразмеры втулок, производимые ООО МИП «МЕАРЕСУРС», мм

Д нар	Д внутр	h
38	20	31
55	34	36
60	40	50
65	49	50
75	55	60
105	95	105
140	115	70

Рис. 10. Применение разработанного полимер-полимерного композиционного материала

7-10 октября 2025

XIV Петербургский международный ГАЗОВЫЙ ФОРУМ



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ

РЕКЛАМА 18+

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ПАРТНЕРЫ



ОРГАНИЗАТОР



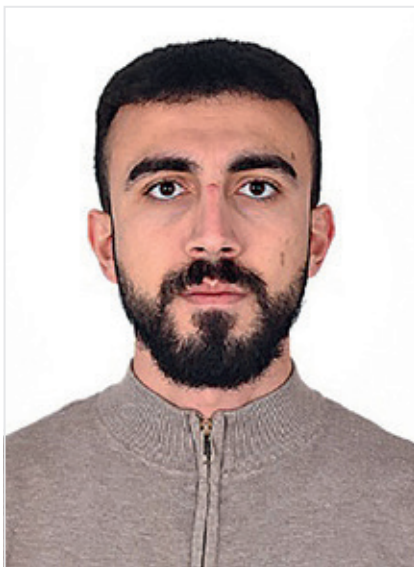
GAS-FORUM.RU



САМАЯ АКТУАЛЬНАЯ
ИНФОРМАЦИЯ О ПМГФ -
В TELEGRAM-КАНАЛЕ
@GASFORUMSPB



КЛАССИФИКАЦИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК ПО КОНСТРУКТИВНЫМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ



МУРАД РАМИЛОВИЧ АБАСОВ,
бакалавриат: Азербайджанский
государственный университет нефти
и промышленности, специальность
«инженерия биомедицинских
технологий» (2017–2021);
магистратура: Азербайджанский
государственный университет нефти
и промышленности, специальность
«инженерия биотехнических приборов
и систем» (2021–2023); докторантура:
Институт космических исследований
природных ресурсов Национального
аэрокосмического агентства,
специальность «промышленные
технологии» (2023–2026).

*Н. М. Пашаев, главный конструктор Института
космических исследований природных ресурсов
Национального аэрокосмического агентства
Азербайджана*

*М. Р. Абасов, докторант Национального
аэрокосмического агентства Азербайджана*

Ввиду климатических особенностей нашей страны больше половины ее территории лишено централизованного тепло- и электро-снабжения. Теплоснабжение этих населенных пунктов обеспечивается в основном котельными малой мощности, которые используют привозное топливо. При этом данные населенные пункты удалены от главных транспортных магистралей, что удорожает топливо из-за высоких затрат на доставку. В итоге все вышеперечисленное приводит к повышению тарифов на тепло и электроэнергию [1]. Аналогичная ситуация наблюдается и в других регионах СНГ.

Согласно [2], решением этой проблемы региональной энергетики может стать вовлечение в топливно-энергетические балансы возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Необходимо использовать местные топливные ресурсы, такие как отходы сельского и лесного хозяйств, животноводства и различные виды биомассы.

Рассмотрены основные конструктивные и технологические особенности установок получения биогаза. Описаны режимы работы, конструкции, количество и виды биореакторов, технологии и оборудование для подогрева и перемешивания биомассы. Предложена классификация биогазовых установок, учитывающая влияние барботажного метода перемешивания на обогрев биореактора.

Ключевые слова: биогаз, биореактор, перемешивание, классификация.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во многих странах мира наблюдается повышение интереса к возобновляемым источникам энергии. Это связано с непрерывно уменьшающимися запасами ископаемых энергоносителей, ухудшением экологии из-за газовых выбросов, приводящих к парниковому эффекту.

Во-первых, требуется срочное сокращение газовых выбросов в атмосферу. Чтобы ограничить рост глобального потепления температуры выше 1,5 градуса по Цельсию, мы должны сокращать глобальные

газовые выбросы на 9% ежегодно. К 2030 году они должны уменьшиться на 43% по сравнению с уровнем 2019 года. К сожалению, они до сих пор растут. Также должны продвигать промышленные цели по утроению мощностей по производству возобновляемых энергоресурсов, удвоению энергоэффективности и прекращению вырубки лесов к 2030 году; уменьшить мировое производство и потребление ископаемого топлива на 30% к тому же сроку; привести национальные стратегии перехода к зеленой энергетике и приоритеты устойчивого развития в соответствие

При поддержке:



Минпромторг
России



11-14 ноября 2025

Санкт-Петербург, КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»



МЕТАЛЛ

31-я Международная промышленная выставка

ЭКСПО 2025



Оборудование и технологии
для металлургии
и металлообработки
МеталлургМаш'2025



Металлопродукция
и металлоконструкции
для строительной отрасли
МеталлСтройФорум'2025



Транспортные
и логистические услуги
для предприятий ГМК
МеталлТрансЛогистик'2025

Генеральный
информационный партнер:



Металлоснабжение и сбыт

12+ реклама

Оргкомитет выставки: тел.: +7 (495) 734-99-66

www.metal-expo.ru





НАМИК МУХТАРОВИЧ ПАШАЕВ, доктор технических наук, главный конструктор Института космических исследований природных ресурсов Национального аэрокосмического агентства Азербайджана. В 1991 году был назначен заместителем директора Научно-исследовательского института аэрокосмической информатики, в 1996 году — главным инженером, а в 2009 году — директором института.

с климатическими мерами для привлечения необходимых инвестиций.

Каждая страна должна иметь инструменты и ресурсы для борьбы с климатическими изменениями. В соответствии с основными направлениями государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии целевым ориентиром является увеличение относительного объема производства и потребления электрической энергии с использованием местных низкосортных топливных ресурсов и возобновляемых источников энергии. Переход от централизованной системы энергоснабжения на автономные гибридные энергетические установки, использующие в качестве топлива различного сырья, рассматривается как одно из перспективных направлений развития энергетики во многих странах государства [5].

Принцип работы заключается в следующем.

Для работы установки подойдут самые разные отходы: навоз, остатки растений и продуктов питания, органические отходы животноводческих комплексов, ТБО, отходы мясобоен и т. п. Несмотря на то, что для переработки в биогазовой установке подходит большинство отходов, есть здесь и свои ограничения, касающиеся качества используемого сырья. Так, для переработки следует использовать только свежие и влажные отходы. Это связано с тем, что в свежей биомассе высокая активность микроорганизмов позволяет получить максимальный процент выхода биогаза. А для этого требуется обеспечить необходимый уровень вязкости сырья. В этих условиях для сельского хозяйства актуально энергообеспечение за счет локальных энергетических сетей на базе маломощных энергетических установок, использующих ВИЭ [6]. В замкнутой, герметичной емкости процесс брожения может полностью прекратить выход биогаза. Не подлежат переработке моющие средства, антибиотики, растворители — в них отсутствуют бактерии, необходимые для активации процесса брожения.

Установка для биогаза работает следующим образом [7]:

1. В загрузочный бункер помещаются продукты переработки.

2. При необходимости сырье может быть дополнительно измельчено.

3. Биомасса подогревается до нужной температуры — это ускорит процесс брожения.

4. Запускается процесс переработки сырья — в замкнутой, герметичной емкости, исключающей даже минимальный доступ кислорода.

В течение всего времени переработки поддерживается необходимая температура — примерно 40 градусов Цельсия. Если она упадет ниже, процесс брожения будет происходить дольше. При более высокой температуре произойдет быстрое испарение воды из сырья, что приведет к недостаточному уровню распада. Для ускорения процедуры может использоваться специальный миксер, который будет периодически перемешивать биомассу изнутри.

5. Выход продукта — биогаза и удобрения — раздельный.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данная статья рассматривает гибридную систему энергоснабжения. Электропитание обеспечивается когенерационной установкой, которая работает благодаря биогазовой установке. Отопление обеспечивается водогрейным котлом, который подпитывает биогазовую установку горячей водой. Биогаз вырабатывается из компоста, жидкого навоза и другого энергетического сырья (биомассы).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

В настоящее время разработаны биогазовые установки с различными конструктивными и технологическими особенностями. Использование биотоплива поможет решить ряд экологических проблем, основной из которых является использование ископаемых ресурсов [8]. При этом по своему устройству биогазовые установки практически не отличаются друг от друга и представляют собой герметично закрытую емкость, в которой при определенных условиях происходит сбраживание органического субстрата с образованием биогаза и биоудобрений. Основным компонентом биогазовой установки являются системы получения биогаза (рис. 1). В проточной системе (при непрерывном или квазинепрерывном процессе) субстрат загружают в реактор постоянно или через короткие отрезки времени (например, ежесуточно), удаляя соответствующий объем шлама (рис. 1 и 2). Всегда один и тот же объем субстрата рассчитывается в соответствии с заданным гидравлическими расчетами

КОТЛЫ И ГОРЕЛКИ

BOILERS AND BURNERS



НОВИНКИ
ТЕХНОЛОГИИ
ИННОВАЦИИ
2025



7–10 ОКТЯБРЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ЭКСПОФОРУМ

[HTTPS://BOILERS-EXPO.RU](https://boilers-expo.ru)



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР:



ОРГАНИЗАТОР:

FarEXPO 18+

временем пребывания массы в реакторе. Если обеспечивается постоянство условий производства, а именно подачи массы, концентрации сухого вещества и загрузки рабочего пространства, т. е. концентрация способного к брожению органического вещества при загрузке, оптимальная температура брожения и равномерное перемешивание массы, то этот вид производства позволяет получить максимальный выход газа при непрерывном процессе газозобразования.

Система с попеременным использованием реакторов [9] характеризуется прерывистым процессом, протекающим не менее чем в двух одинаковых по размерам и форме реакторах (рис. 1 и 3). В случае, например, ежесуточной загрузки свежего субстрата реакторы при образовании определенного количества шлама (так называемого затравочного) попеременно заполняются свежим субстратом и по истечении заданного срока брожения опорожняются так, что в них остается только затравочный шлам. Поскольку при поточном количестве подаваемого в реактор материала загрузка рабочего пространства во время процесса заполнения будет постоянно снижаться по сравнению с оптимальным значением, соответствующим исходному количеству шлама, потенциальная производительность этой системы будет использоваться не полностью. Кроме того, если учитывать наличие порожнего объема реактора во время процесса заполнения, то эта система требует большего рабочего объема, чем проточная: по американским исследованиям, он должен быть вдвое больше [10].

Еще одна особенность рассматриваемой системы заключается в том, что ее нельзя использовать без газового аккумулятора (газгольдера) с постоянным запасом газа, достаточным для заполнения освобождающегося при выгрузке шлама объема реактора. Это требуется для предотвращения попадания воздуха в рабочее пространство реактора [11].

Выделяющийся в установке газ поступает в газгольдер низкого давления, а после, проходя через фильтр, в газгольдер высокого давления. Из системы загрузки биомассы поступает непосредственно в биогазовую установку, и получившийся газ используется как для собственных нужд, так и для нужд потребителя в виде электроэнергии, горячей воды и самого газа [12].

Расчеты объекта проектирования. Расчет сводится к определению мощности установки при среднем расходе сырья. Мощность установки будет оцениваться косвенно по количеству выделяемого газа за год. Однако разрабатываемая установка имеет в составе когенерационную, которая будет покрывать потребность в тепловой и электрической энергии для животноводческого комплекса. Оставшийся газ предполагается использовать в качестве заправочного для бытовых нужд поселка либо для производства жидкого топлива — метанола [13].

Определение количества сырья. Животноводческий комплекс имеет в своем составе крупный рогатый скот на 500 голов, а также свиарник на 200 голов. Согласно [6], суточный выход биоотходов, пригодных для выработки биогаза, составляет $B_{\text{б.о.}} = 5500 \text{ кг/сут.}$

Определение количества воды. Для оптимального сбраживания биомассы необходимо добавлять теплую воду порядка 35°C

в пропорции 1:3, тогда суточный расход воды равен:

$$B_B = \frac{B_{\text{б.о.}}}{3} = \frac{5500}{3} = 1800 \text{ кг.}$$

При данной температуре масса воды приблизительно равна объему, поэтому

$$B_B = 1800 \text{ л.}$$

Определение загрузочного объема реактора биомассой. Согласно [8], реактор загружается сырьем на 14 дней, и в течение этого времени происходит сбраживание. Согласно [8], плотность загрузочного сырья составляет

$$\rho_{\text{б.м.}} = 745 \text{ кг/м}^3.$$

Масса сырья за 14 дней:

$$M_{\text{б.м.}} = 14 \cdot (B_{\text{б.о.}} + B_B) = 14 \cdot (5500 + 1800) = 102\,200 \text{ кг.}$$

Тогда загрузочный объем реактора

$$V_{\text{б.м.}} = \frac{M_{\text{б.м.}}}{\rho_{\text{б.м.}}} = \frac{102\,200}{745} = 137 \text{ м}^3.$$

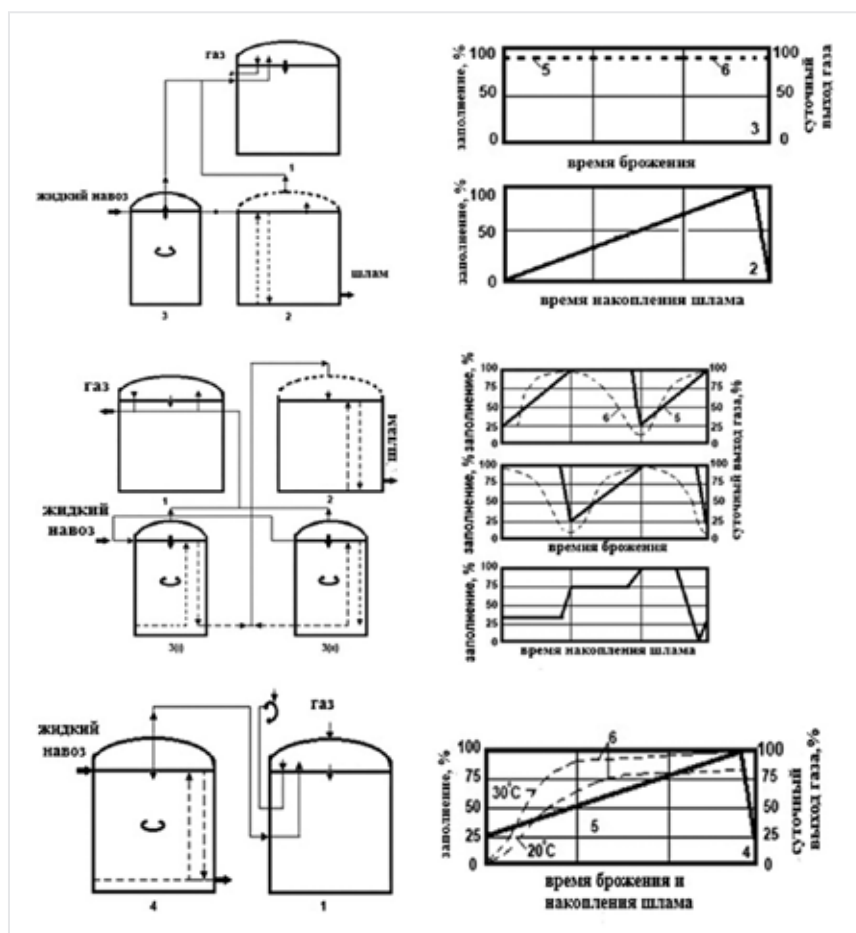


Рис. 1. Системы получения биогаза — проточная (вверху), с попеременным использованием реакторов (в центре); с накоплением газа и шлама (внизу): 1 — газгольдер; 2 — накопитель шлама; 3 — газовая камера; 4 — камера для брожения и скопления шлама; 5 — заполнение; 6 — суточный выход газа

29-31 ОКТЯБРЯ 2025

XXVII МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

ЦЕМЕНТ • БЕТОН СУХИЕ СМЕСИ

МВЦ КРОКУС ЭКСПО ■ МОСКВА

Более **4500**
посетителей выставки

100 экспонентов

5+ стран мира

450
участников
деловой
программы

70 докладчиков



+7 812 335 09 92
info@alitinform.ru

■ www.infocem.info

Определение выхода биогаза.

Количество биогаза, производимого установкой, зависит от различных параметров и в большинстве случаев определяется опытным путем. Согласно [6] максимальный выход биогаза в сутки при загрузочном объеме $V_{б.м.} = 137 \text{ м}^3$ составляет 397 м^3 , а минимальный — 181 м^3 .

Среднесуточный выход биогаза, соответственно, равен:

$$V_{б.м.} = \frac{V_{б.м.}^{\max} + V_{б.м.}^{\min}}{2} = \frac{397 + 181}{2} = 289 \text{ м}^3.$$

Среднегодовой выход биогаза составит:

$$V_{б.м.}^{\text{год}} = 360 \cdot V_{б.м.} = 360 \cdot 289 = 104\,040 \text{ м}^3.$$

Это количество биогаза соответствует 73 тыс. м^3 природного газа.

Определение расхода биогаза на содержание животноводческого комплекса, а также на собственные нужды

Потребление биогаза, $\frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$, для энергообеспечения животноводческого комплекса и собственных нужд БГУ определяется по формуле:

$$B_{б.г.} = B_{\tau} + B_{з},$$

где:

B_{τ} — расход биогаза на производство тепла;

$$B_{\tau} = \frac{Q_{\text{тех}} + Q_{\text{от}} + Q_{\text{БГУ}}}{Q_{\text{н}}^{\text{Р}} \cdot \eta_{\text{тг}}}, \text{ м}^3/\text{сут},$$

где:

$Q_{\text{тех}}$ — тепловая энергия, расходуемая на технологические нужды животноводческого комплекса, согласно [6]:

$$Q_{\text{тех}} = 50 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{сут};$$

$Q_{\text{от}}$ — тепловая энергия, расходуемая на отопление животноводческого комплекса, согласно [6]:

$$Q_{\text{от}} = 2000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{сут};$$

$Q_{\text{БГУ}}$ — тепловая энергия, расходуемая на потребление биогазовой установкой, согласно [6]:

$$Q_{\text{БГУ}} = 900 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{сут};$$

$Q_{\text{н}}^{\text{Р}}$ — низшая теплота сгорания биогаза согласно [6]:

$$Q_{\text{н}}^{\text{Р}} = 22\,000 \text{ лДж}/\text{м}^3;$$

$\eta_{\text{тг}}$ — КПД теплогенерирующей установки, согласно [6]:

$$\eta_{\text{тг}} = 0,95.$$

Подставив численные значения:

$$B_{\tau} = \frac{Q_{\text{тех}} + Q_{\text{от}} + Q_{\text{БГУ}}}{Q_{\text{н}}^{\text{Р}} \cdot \eta_{\text{тг}}} = \frac{(50 + 2000 + 900) \cdot 10^3}{22\,000 \cdot 0,95} = 141,15 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}},$$

$B_{з}$ — расход биогаза на производство электроэнергии:

$$B_{з} = \frac{3_{\text{тех}} + 3_{\text{бгу}}}{Q_{\text{н}}^{\text{Р}} \cdot \eta_{\text{э}}^{\text{кгу}}},$$

где $3_{\text{тех}}$ — расход электроэнергии на технологические нужды, согласно [6]:

$$3_{\text{тех}} = 40 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{сут};$$

$3_{\text{бгу}}$ расход электроэнергии на биогазовую установку, согласно [6]:

$$3_{\text{бгу}} = 13 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{сут};$$

$\eta_{\text{э}}^{\text{кгу}}$ — КПД когенерационной установки, согласно [6]:

$$\eta_{\text{э}}^{\text{кгу}} = 0,35.$$

Подставив численные значения:

$$B_{з} = \frac{3_{\text{тех}} + 3_{\text{бгу}}}{Q_{\text{н}}^{\text{Р}} \cdot \eta_{\text{э}}^{\text{кгу}}} = \frac{(40 + 13) \cdot 10^3}{22\,000 \cdot 0,35} = 6,8 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}},$$

$$B_{б.г.} = B_{\tau} + B_{з} = 141,14 + 6,8 = 147,95 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}.$$

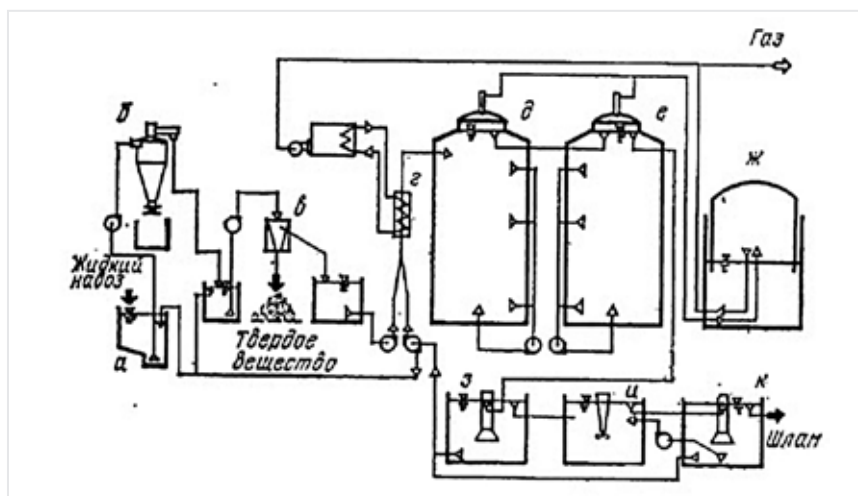


Рис. 2. Метод получения биогаза по методу Редигера в проточной системе: А — навозосборник; Б — отстойник для песка; В — центрифуга; Г — нагревательный агрегат и теплообменник; Д, Е — реакторы; Ж — газгольдер; К — вторичное осветление; И — аэрация; З — первичное осветление

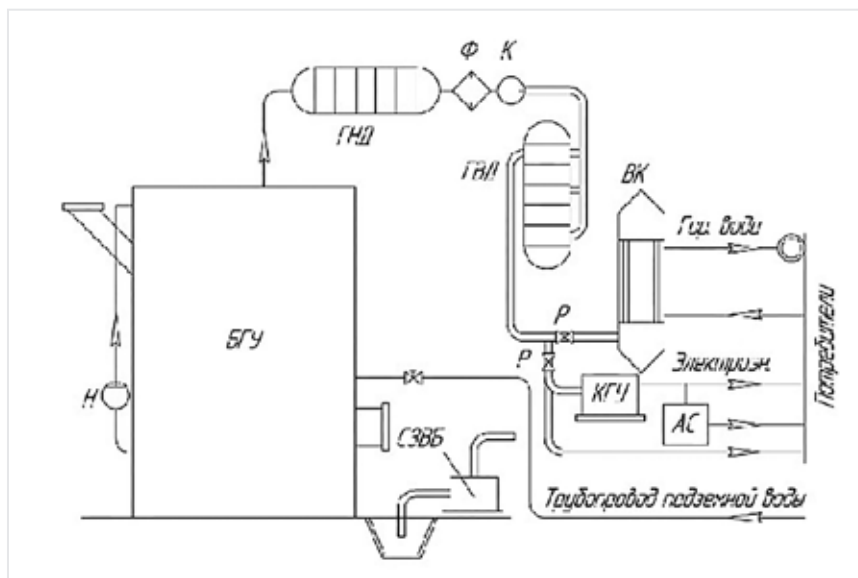


Рис. 3. Схема биогазовой установки — когенерационной установки с аккумуляющей системой: БГУ — биогазовая установка; ГНД — газгольдер низкого давления; ГВД — газгольдер высокого давления; Ф — фильтр; К — компрессор; Н — насос; СЗБВ — система загрузки/выгрузки биомассы; ВК — водогрейный котел; КГУ — когенерационная установка; Р — регулятор давления; АС — аккумуляющая система

По результатам расчетов получено, что загрузочный объем биомассы в реактор составляет 137 м³, суточный выход биогаза — 289 м³, расход биогаза на тепло и энергопотребление животноводческого комплекса и биогазовой установки — 147,95 м³/сут. Остаток биогаза предлагается использовать для нужд поселка.

В соответствии с патентным поиском проведения мероприятия:

1. Исследование современного уровня разработок по теме, рассмотренной в статье.
2. Выбор прототипов объекта исследования [16, 17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге можно сказать, что создание биогазовых установок актуально и поможет решить ряд проблем в энергетике: частично или полностью заменить устаревшие региональные котельные и обеспечить электроэнергией и теплом близлежащие населенные пункты. Кроме того, такие установки обладают некоторыми преимуществами:

1) коэффициент использования газа на малых когенерационных установках значительно превышает показатели крупных ТЭЦ;

2) биогазовые установки не требуют строительства дорогостоящих газопроводов и позволяют избежать потерь электроэнергии [14].

Главным препятствием на пути развития возобновляемой энергетики, в частности, энергоустановок на биотопливе, является отсутствие осознания роли и места ВИЭ в энергетике будущего. Государственная поддержка пока не регламентирована понятными и четкими нормативными документами, по многим направлениям приходится ориентироваться на использование зарубежных технологий и оборудования [15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Самылин А., Яшин М. Современные конструкции газогенераторных установок // ЛесПромИнформ. 2010. № 1. С. 78–86.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 6 июля 2013 г. № 1471. 97 с.
3. Фортов В. Е., Попель О. С. Энергетика в современном мире. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011.
4. Renewables 2013. Global status report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. www.ren21.net
5. Чуриков А. Большой потенциал малой биогазовой энергетики // Биоэнергетика и биотехнологии. http://mcx-consult.ru/bolshoy_potencial_malo
6. Эфендиев А. М. и др. Возможности энергообеспечения фермерских хозяйств на базе малых возобновляемых источников энергии // Теплоэнергетика. 2016. № 2. С. 38–45.
7. Фортов В. Е., Попель О. С. Состояние развития возобновляемых источников энергии в мире и в России // Теплоэнергетика. 2014. № 6. С. 4–13.
8. Чернова Н. И. и др. Использование биомассы для производства жидкого топлива: современное состояние и инновации // Теплоэнергетика. 2010. № 11. С. 28–35.
9. Соснина Е. Н. и др. Сравнительная экологическая оценка установок нетрадиционной энергетики // Теплоэнергетика. 2015. № 8. С. 3–10.

10. Huntley M., Redalje D. CO₂ Mitigation and Renewable Oil from Photosynthetic Microbes: A New Appraisal // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2007. Vol. 12. P. 573–608.

11. Щегольников Н. М. Основные направления и перспективы развития биоэнергетики // Теплоэнергетика. 2010. № 4. С. 36–44.

12. Пилипенко И. Я. Низкотемпературная теория производства метанола // Химия и жизнь. 2012. № 3. С. 36–43.

13. Сигал И. Я. Экспериментальное исследование горения биогаза и его использование в промышленных котлах // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 17. С. 84–89.

14. Предпосылки развития биогазовой энергетики в России // <http://biogas-energy.ru/articles/razvitie-biogasa-v-rossii>

15. Первый Международный форум «Возобновляемая энергетика: пути повышения энергетической и экономической эффективности» (REENFOR–2013). <http://www.reenfor.org/ru/abstracts>

ПОИСК ПАТЕНТОВ

16. Röhren- und Pumpenwerk BAUER Gesellschaft m.b.H. (AT) 2008128492/15 09.02.2006 — 12.12.2006. Установка и способ производства биогаза из содержащего жидкие и твердые компоненты биологически разлагаемого материала, в частности, отходов производства, а также резервуар для производства биогаза для использования в такой установке.

17. Полянский Сергей Михайлович. Биогазовый комплекс (RU). 2009112755/12 07.04.2009 — 20.09.2010.

ЛИДЕР СТРОИТЕЛЬНОГО КАЧЕСТВА

XIV КОНКУРС «ЛИДЕР СТРОИТЕЛЬНОГО КАЧЕСТВА - 2025»

К участию в I этапе конкурса приглашаются производители и поставщики строительных материалов Северо-Западного Федерального округа.

НОМИНАЦИИ:

- Строительные материалы
- Строительные изделия и конструкции
- Инженерные системы и оборудование

К участию во II этапе конкурса приглашаются строительные организации Северо-Западного Федерального округа независимо от форм собственности, имеющие допуски на строительство и право производства работ.

НОМИНАЦИИ:

- Лучший объект жилищного строительства
- Лучший объект коммерческого строительства
- Лучший объект промышленного строительства
- Лучший объект социально-гражданского строительства
- Лучший объект малоэтажного строительства

www.lider-kachestva.ru

Генеральный партнер: **ГЛАВСТРОЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**

Официальный деловой партнер: **ЭКОЮРУС и ВЕНТО**

Генеральный информационный партнер: **Ситройка группа газет**

Информационные партнеры: **BSN**

Интернет-партнеры: **BSN**

Генеральный оператор конкурса: **(812) 324-99-97**

Официальный информационный партнер: **СТРОИТЕЛЬНЫЙ**

Инженерные системы: **КТОСТРОИТ.RU**

Официальный информационный партнер: **БЕСТНИК**

BN.RU

adm@infstroy.ru

www.infstroy.ru

реклама



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

МИНСТРОЙ
РОССИИ

13–17 октября 2025

Центр Международной Торговли, Москва

Международный Жилищный конгресс

Ведущее деловое мероприятие
в сфере недвижимости
формата B2B.
Выступления топовых спикеров,
масштабный нетворкинг,
обширная деловая и культурная
программа.



Регистрируйтесь
прямо сейчас

10 000
участников

350
мероприятий

840
спикеров

ЭКОЮРУС ВЕНТО

Оборудование систем местной вытяжной вентиляции
проектирование * производство * монтаж * наладка * сервисное обслуживание

Чистый воздух — наша цель!





PFFS

УСТАНОВКА ДЛЯ СИСТЕМ
ПОЖАРОТУШЕНИЯ



ПОСТАВКА
ОТ 1-2 НЕДЕЛЬ



РОССИЙСКОЕ
ПРОИЗВОДСТВО



ПРОГРАММА
ПОДБОРА



5 ЛЕТ
ГАРАНТИИ

PBS

УСТАНОВКА ПОВЫШЕНИЯ
ДАВЛЕНИЯ

