

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. Н. Вислогузов

**ОСОБЕННОСТИ
СОВРЕМЕННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ,
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА
ОБЩЕСТВЕННЫХ, МНОГОЭТАЖНЫХ
И ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Направление подготовки 08.04.01 – Строительство
Магистр

Ставрополь
2016

УДК 697.2/.7 (075.8)

ББК 38.762 я73

В 53

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
Северо-Кавказского федерального
университета

Рецензенты:

д-р техн. наук, доцент Н. И. Стоянов,
генеральный директор «Ставропольтеплоэнерго» А. И. Крикунов

Вислогузов А. Н.

В 53 Особенности современного проектирования систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха общественных, многоэтажных и высотных зданий: учебное пособие. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2016. – 172 с.

Пособие представляет курс лекций по дисциплине профессионального цикла, направленной на изучение методов современного проектирования систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха общественных, многоэтажных и высотных зданий, стандартов, действующих в строительной отрасли, технологии эксплуатации систем, ознакомление с путями повышения технической, экономической и экологической эффективности.

Предназначено для магистров направления подготовки 08.04.01 – Строительство.

УДК 697.2/.7 (075.8)

ББК 38.762 я73

ФГАОУ ВО Северо-Кавказский
федеральный университет, 2016

ВВЕДЕНИЕ

В пособии рассматривается мировой опыт проектирования инженерного оборудования наиболее известных высотных зданий, параметры наружного климата, особенности проектирования систем теплоэнергоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, автоматизации инженерного оборудования высотных зданий.

Учебное пособие предназначено для магистров направления подготовки 08.04.01 – Строительство. Изучение дисциплины «Особенности современного проектирования систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха общественных, многоэтажных и высотных зданий» преследует цель получения знаний по технологиям современного проектирования систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха многоэтажных и высотных зданий, приобретению умений и навыков в расчетах, в том числе с применением ЭВМ, приемам проектирования, технологии эксплуатации систем, ознакомлению с путями повышения технической, экономической и экологической эффективности.

К задачам пособия относятся изучение методов современного проектирования систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, многоэтажных и высотных зданий, стандартов, действующих в отрасли, – технологии эксплуатации систем, ознакомление с путями повышения технической и экономической эффективности.

В процессе изложения дисциплины особое внимание уделяется вопросам разработки заданий на проектирование, технических условий, инструкций и методических указаний по использованию средств, технологий и оборудования, испытания установок систем микроклимата в общественных гражданских зданиях повышенной этажности, расчета элементов и оборудования систем теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха и организации наладки систем, испытания и сдачи в эксплуатацию объектов, системной автоматизации инженерных систем.

Успешное освоение материала пособия базируется на знаниях, полученных при изучении теоретических и прикладных дисциплин таких как математика, физика, химия, метрология и стандар-

тизация, гидравлика,; техническая термодинамика, тепломассообмен, а также знаниях, полученных при изучении специальных дисциплин, т.к. отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, теплоснабжение, газоснабжение.

Данное пособие способствует формированию у магистров следующих профессиональных компетенций:

- способность осознать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов;

- обладание знаниями методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчетного обоснования, в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированных проектирования;

- способность вести разработку эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования;

- способность вести организацию наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию объектов, образцов новой и модернизированной продукции, выпускаемой предприятием;

- способность организовать работы по осуществлению авторского надзора при производстве, монтаже, наладке, сдачи в эксплуатацию продукции и объектов производства;

- способность разрабатывать задания на проектирование, технические условия, стандарты предприятий, инструкции и методические указания по использованию средств, технологий и оборудования;

- умение составлять инструкции по эксплуатации оборудования и проверке технического состояния и остаточного ресурса строительных объектов и оборудования, разработке технической документации на ремонт.

Лекция 1

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

План лекции

- 1.1. Современное высотное строительство: актуальность, опыт проектирования, перспективы.
- 1.2. Проблемы при проектировании инженерных систем высотных зданий.
- 1.3. Естественная вентиляция помещений
- 1.4. Интеллектуализация здания.
- 1.5. Автономные источники теплоэнергоснабжения
- 1.6. Использование низкопотенциальной теплоты Земли для отопления или охлаждения
- 1.7. Использование энергии солнца для выработки электроэнергии
- 1.8. Использование топливных элементов
- 1.9. Использование ветроэнергетических установок
- 1.10. Экологически нейтральное здание
- 1.11. «Зеленые» здания: рейтинговая система оценки

1.1. Современное высотное строительство: актуальность, опыт проектирования, перспективы

В настоящее время в мире накоплен значительный объем новых апробированных архитектурных и инженерных решений, направленных на повышение комфортности здания как среды обитания человека. Термин «здание как среда обитания человека» относится не только к самому строительному объекту, но и ко всему, что включает в себя понятие «среда обитания», а именно: наличие вблизи здания парковой зоны, спортивных и детских площадок, мест для автомобильных и велосипедных стоянок, расстояние от остановок общественного транспорта и т. д. Рассматриваемое в таком аспекте здание должно отвечать требованиям комфортности, энергоэффективности, экологичности [1].

В нашей стране в области энергосбережения и экологической безопасности был принят ряд новых законодательных инициатив: энергосбережение и энергоэффективность объявлены приоритетными направлениями развития экономики. Особая роль при этом

отводится строительству: необходимо разработать инновационные технологии в части энергоснабжения и климатизации зданий, опирающиеся на современные научные достижения и мировой опыт, которые бы при минимизации потребления энергоресурсов обеспечивали комфортный микроклимат в помещениях [1].

Перед специалистами всего мира стоит сложная задача – создать здание, отвечающее высоким требованиям рейтинговых систем оценок, и уже к 30-м годам XXI века перейти к массовому строительству зданий с нулевым потреблением энергии [1].

Одной из основных проблем, с которыми сталкивается в настоящее время мировое сообщество – это рост городов. Города растут по горизонтали в большей степени, чем по вертикали, поглощая все большие земельные площади; для проезда на работу и домой людям приходится преодолевать все большие расстояния [1].

Существует прямая корреляция между плотностью городского населения и затратами на энергообеспечение – в более плотных городах затраты на энергообеспечение ниже, т. к. протяженность тепловых и электрических сетей меньше.

Вместе с тем здания представляют новый закономерный этап развития городского строительства. По мнению современных архитекторов, большая этажность зданий или большая плотность городского населения, при которой жилье, работа и учреждения социальной сферы и отдыха расположены близко друг от друга, ведет автоматически к более высокому качеству жизни [2].

Говоря про высотное здание, необходимо дать его определение. Существует много определений термина «высотное здание», которые учитывают сейсмичность района строительства, возможности обеспечения пожаробезопасности людей, технические особенности энергоснабжения и инженерного оборудования. Технический комитет ASHRAE по высотным зданиям, например, определил высотное здание как здание, высота которого превышает 91 м. На международной конференции по пожаробезопасности высотных зданий в США в 1971 году дали следующее определение высотным зданиям: «здания, в которых эвакуация в чрезвычайных ситуациях невозможна и в котором из-за его высоты с пожаром надо бороться только изнутри» [1].

В МГСН 4.19–2005 «Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве» высотные здания определяются как «здания высотой более 75 м» [3].

В истории московской архитектуры термин «высотное здание» появился при возведении в 1940–1950-х годах семи высотных зданий (табл. 1). До этого времени в Москве отсутствовала практика возведения жилых и общественных зданий высотой свыше 10 этажей. Соответствующих строительных норм также не существовало. При проектировании таких зданий архитекторы и инженеры изучают как положительный, так и отрицательный мировой опыт строительства высотных зданий.

Таблица 1

Список самых высоких зданий Москвы
(по данным с сайта www.skyscraperpage.com)

Название	Высота, м	Этажность	Год постройки	Адрес
Комплекс «Город Столиц», башня «Москва»	301,6	76	2010	Краснопресненская наб., участок 9, д. 1
Комплекс «Башня на Набережной», корпус С	268,4	59	2007	Краснопресненская наб., участок 10, д. 1
Жилой комплекс «Триумф-Палас»	264,1	57	2005	Чапаевский пер., д. 3
Комплекс «Город Столиц», башня «Санкт-Петербург»	256,9	65	2010	Краснопресненская наб., участок 9, д. 2
Комплекс «Федерация», башня «Запад»	242,2	63	2008	Краснопресненская наб., участок 13, д. 12
Главное здание МГУ	240	36	1953	Воробьевы горы, Главное здание МГУ
Жилой комплекс «Дом на Мосфильмовской»	213,3	54	2010	Пырьева ул., д. 2
Гостиница «Украина»	198	34	1957	Кутузовский просп., д. 2/1

Жилой комплекс «Воробье-вы горы», корпуса 1–3	188,2	49	2004	Мосфильмовская ул., д. 70
Жилой комплекс «Эдельвейс»	176	43	2003	Давыдовская ул., д. 3
Жилой дом на Котельнической набережной	176	32	1952	Котельническая наб., д. 1/15
Жилой комплекс «Алые Паруса», корпус 4	175,6	48	2003	Авиационная ул., д. 77–79
Здание Министерства иностранных дел	172	27	1953	Смоленская-Сенная пл., д. 32/34
Бизнес-центр «Нордстар Тауэр»	171,5	42	2009	Беговая ул., д. 3, стр. 1
Гостиница «Свиссотель – Красные Холмы»	166,5	35	2005	Космодамианская наб., д. 52, стр. 6
Жилой комплекс «Веллхаус на Ленинском»	162	46	2010	Ленинский просп., д. 111/2
Жилой комплекс «Авеню 77», корпуса 1–3	155	43	2009	мкр. Северное Чертаново, вл. 1А
Здание «Газпрома»	150,9	35	1995	Наметкина ул., д. 16
Жилой комплекс «Дом в Сокольниках»	146,9	34	2008	Русаковская ул., д. 37–39

1.2 Проблемы при проектировании инженерных систем высотных зданий

Наряду с важностью архитектурных и конструктивных проблем при проектировании высотных зданий, отметим также, не менее серьезные проблемы, которые имеют место при проектировании систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха:

- проектирование систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха высотного здания принципиально отличается от проектирования этих же систем для многоэтажных зданий, т. к. для высотных зданий влияние наружных климатических воздействий и величины градиентов перемещения потоков массы и энергии внутри здания являются по своей значимости экстремальными;

- каждое высотное здание является уникальным произведением архитектурно-инженерного искусства, и применяемые в нем решения не могут быть тиражированы в других проектах без серьезного переосмысления и глубоких дополнительных исследований, включающих методы физического и математического моделирования [1].

Актуальным вопросом является энергопотребление современных высотных зданий. В последнее десятилетие в обществе существенно изменилось отношение к экологии и потреблению энергии, что потребовало строительства энергоэффективных и энергоустойчивых, экологически рациональных, не наносящих ущерба окружающей среде (sustainable) зданий. Методология проектирования энергоэффективных зданий должна основываться на системном анализе здания как единой энергетической системы, все элементы которой: форма, ориентация, ограждающие конструкции, солнцезащитные устройства, система климатизации и т. д., – энергетически взаимосвязаны между собой [4]. Такой подход к энергосбережению, сохранению экологии и повышению качества микроклимата помещений повлиял на архитектурное проектирование и потребовал применения энергоэффективных систем тепло-, энергоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Современная методология проектирования высотных зданий ориентирована на строительство зданий в соответствии с климатом, использование нетрадиционных источников энергии, естественного освещения и естественной вентиляции, новых технологий энергосбережения, интеллектуализации зданий на основе компьютерной техники.

1.3. Естественная вентиляция помещений

Использование естественной вентиляции в высотных зданиях встречает серьезные трудности из-за высоких значений ветрового давления и гравитационных сил. Воздухообмен в высотных зданиях регулируется, как правило, системой кондиционирования воздуха. Вместе с тем, в последние годы были проведены многочисленные научные исследования, которые позволили разработать конструктивные решения по использованию естественной венти-

ляции. Эти решения были реализованы, например, в высотных зданиях Commerzbank и Main Tower.

Естественная вентиляция имеет ряд преимуществ по сравнению с системами кондиционирования воздуха, например, субъективное ощущение улучшения качества микроклимата людьми, длительное время находящимися в помещениях, а также возможное снижение затрат энергии на климатизацию здания. Причем помимо эффекта прямой экономии энергии может быть реализован и эффект косвенной экономии за счет более гибкого регулирования параметров микроклимата помещения при использовании естественной вентиляции. Например, применение естественного проветривания здания в ночное время для охлаждения массивных ограждающих конструкций позволяет снизить как пиковый, так и общий расход электроэнергии [5].

Здание Main Tower построено в 1999 году (архитектурная студия Schweger und Partner (Гамбург)). На момент постройки было четвертым по высоте зданием Франкфурта-на-Майне (высота – 200 м, высота с антенной – 240 м). Система энергоснабжения здания состоит из автономной теплоэлектростанции на природном газе, теплонасосных установок, использующих низкопотенциальную теплоту Земли, централизованного теплоснабжения и городской электрической сети. В систему климатизации входят естественная и механическая вентиляция, лучистое отопление и охлаждение потолочными панелями. В качестве солнцезащитных устройств используются шторы-жалюзи с автоматическим приводом. Освещение главным образом естественное, а также искусственное с датчиками присутствия людей и регулированием уровня освещенности.

Конструкция окон здания Main Tower позволяет в теплый период года использовать естественную вентиляцию помещений, что приводит к снижению затрат энергии и улучшает микроклимат помещений (рис. 1).

Для обеспечения естественной вентиляции оконные створки выдвигаются параллельно фасаду. Расстояние, на которое выдвигаются створки, регулируется бесступенчато в пределах от 1 до 200 мм в зависимости от условий наружного климата (температуры воздуха и скорости ветра). При этом скорость воздушного по-

тока ограничивается до 0,35 м/с. Выдвижение оконных створок осуществляется автоматически в зависимости от погодных условий по сигналу от системы автоматического управления инженерным оборудованием здания или может регулироваться индивидуально из каждого помещения.



Рис. 1. Окна здания «Main Tower»

Если скорость ветра превышает 70 км/ч или температура наружного воздуха опускается ниже 5 °С, а также при дождливой погоде, выдвижные створки автоматически закрываются, герметизируя помещение. Вентиляция при этих условиях обеспечивается механической системой, кратность воздухообмена 2,5 1/ч [1].

Всего в Main Tower (рис. 2) используется 2 250 выдвижных оконных створок. Причем каждое офисное помещение здания оборудовано по крайней мере одной такой створкой.

Система климатизации здания Commerzbank вместо традиционной системы кондиционирования воздуха включает в себя систему механической вентиляции с утилизацией теплоты удаляемого воздуха, охлаждающие теплоемкие перекрытия с замоноличен-

ными трубопроводами, конвекторы для обогрева помещений офисов и обогреваемые металлические конструкции световых проемов ограждений атриума (рис. 3).

Огромную роль в создании микроклимата играет естественная вентиляция, ставшая возможной в высотном здании благодаря специальной конструкции окон и использованию зимних садов – «зеленых легких» здания. Все механические системы и окна управляются интеллектуальной системой, которая обеспечивает оптимальный режим работы систем вентиляции, отопления и охлаждения, а также позволяет сотрудникам индивидуально регулировать параметры микроклимата непосредственно в рабочей зоне.

При низких наружных температурах или при большой скорости ветра, а также в случае неблагоприятного метеорологического прогноза окна автоматически закрываются и включается система механической вентиляции с утилизацией теплоты удаляемого воздуха для подогрева приточного воздуха.

Если температура наружного воздуха превышает $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, система механической вентиляции отключается, открываются окна и происходит естественное проветривание помещения. При дальнейшем увеличении наружной температуры (выше $24\text{ }^{\circ}\text{C}$) окна автоматически закрываются, опускаются шторы-жалюзи, по трубо-



Рис. 2. Здание Main Tower в городе Франкфурт-на-Майне

проводам, замоноличенным в перекрытия, пропускается охлажденная вода (потолочная система лучистого охлаждения помещений). Вентиляция осуществляется механически с утилизацией холода удаляемого воздуха для охлаждения приточного. В любой момент сотрудники банка могут индивидуально скорректировать параметры микроклимата в помещении.

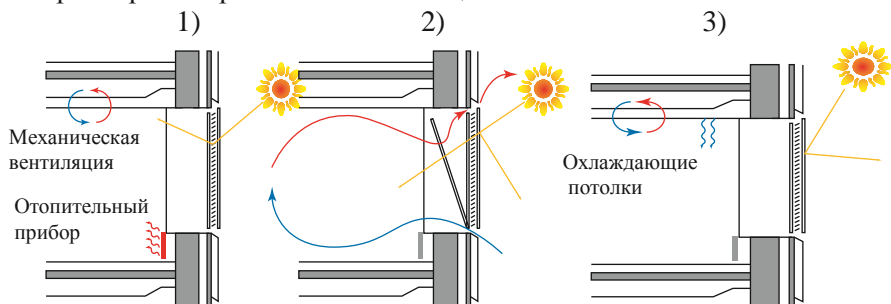


Рис. 3. Схема климатизации помещения в здании Commerzbank в разные периоды года: 1 – зимний период (наружная температура – 5...10°C) – окна закрыты, используются отопление и механическая вентиляция; 2 – летний период (наружная температура 10–24 °C) – окна открыты, используется естественная вентиляция; 3 – летний период (наружная температура 24–32 °C) – окна закрыты, используются механическая вентиляция и охлаждение посредством охлаждающих потолков

Естественное проветривание помещений здания «Городские ворота Дюссельдорфа» обеспечивают особая конструкция двойного фасада и наличие горизонтального поэтажного открытого прохода по периметру здания и атриуму. Двойной фасад состоит из внешней части с находящимся за ней промежуточным пространством и внутренней части (рис. 4). Внешняя часть фасада прежде всего служит для защиты от наружных климатических воздействий в виде дождя и снега. Кроме того, в ней расположены отверстия для притока наружного воздуха в вентиляционные короба и удаления отработанного воздуха из них, а также для проветривания промежуточного пространства и естественной вентиляции помещений.

Одинарное остекление внешней части фасада создают отражающие стеклянные модули размером $3 \times 1,5$ м. В промежуточном пространстве фасада размещаются регулируемые устройства солнцеза-

щиты, которые способствуют снижению тепlopоступлений от солнечной радиации в помещения и, как следствие, снижению расхода холода в системе кондиционирования воздуха здания в теплое время года. Открывающиеся секции внутренней части фасада имеют рамную конструкцию, как правило, с двойным остеклением, что обеспечивает снижение тепlopотерь в зимнее время.

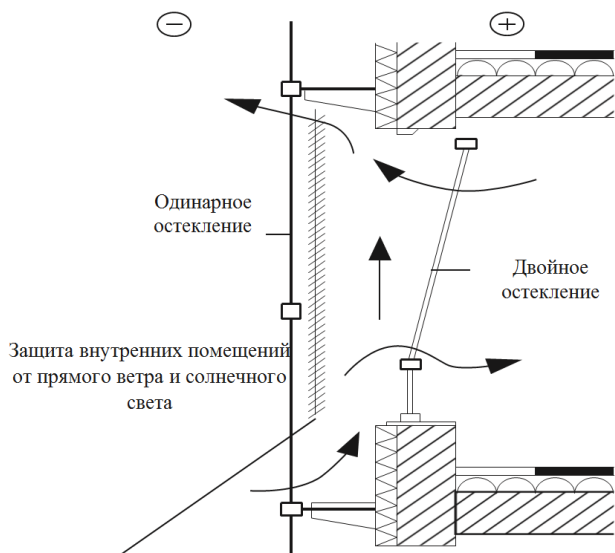


Рис. 4. Принципиальная конструкция двойного фасада

Приточные вентиляционные короба (рис. 5) расположены в нижней части внутреннего пространства двойного фасада, вытяжные вентиляционные короба – в верхней части двойного фасада. Вентиляционные короба являются конструктивным элементом перекрытия двойного фасада и выполняют также функции защиты от воздействия наружного климата. Короба для приточного и удаляемого воздуха монтируются вместе с основными конструкциями фасада на одном поясе с чередованием направления воздушного потока. Отверстия приточного и удаляемого воздуха на фасаде можно видеть, как пояса, идущие вдоль здания, на соседних этажах они находятся напротив друг друга. Короба для приточного и удаляемого воздуха монтируются с чередованием направления

воздушного потока для предотвращения поступления отработанного воздуха в приточное отверстие вышележащего этажа (рис. 6).

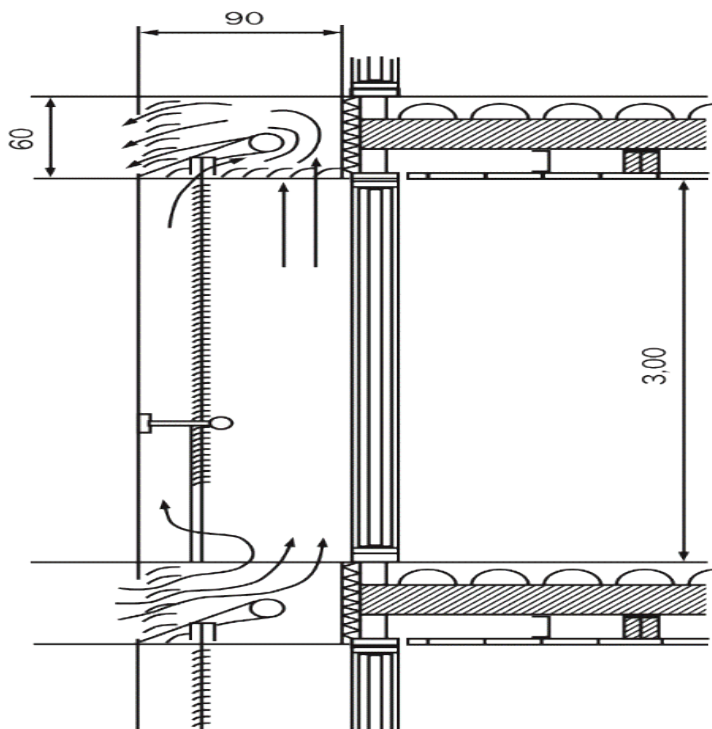


Рис. 5. Разрез фасада с устройствами воздухозабора и воздухоудаления

Внутри вентиляционного короба находится клапан с поворотными створками, предназначенный для регулирования количества воздуха и при необходимости полного перекрытия прохода воздуха. Отверстия для забора и удаления воздуха закрыты вентиляционными решетками для защиты от атмосферных осадков. Аэродинамическая оптимизация коробов была выполнена на основе моделирования методами вычислительной гидродинамики. При этом преследовалась цель создания равномерного потока воздуха и обеспечения низкого уровня шума.

Использование охлаждающих потолочных панелей в здании Pearl River Tower (рис. 7) дает наибольший эффект экономии энер-

гии. Особенности охлаждающих панелей состоят в том, что в качестве теплоносителя используется не воздух, а вода. Нет необходимости подавать в помещение большое количество охлажденного воздуха: подается столько, сколько требуется для обеспечения качества воздушной среды помещения. Для предотвращения конденсатообразования осуществляется осушение поступающего в помещение воздуха в специальных теплообменных аппаратах, расположенных в технических этажах. Подача свежего воздуха в помещения происходит с помощью так называемой вытесняющей вентиляции, интегрированной в конструкцию пола.

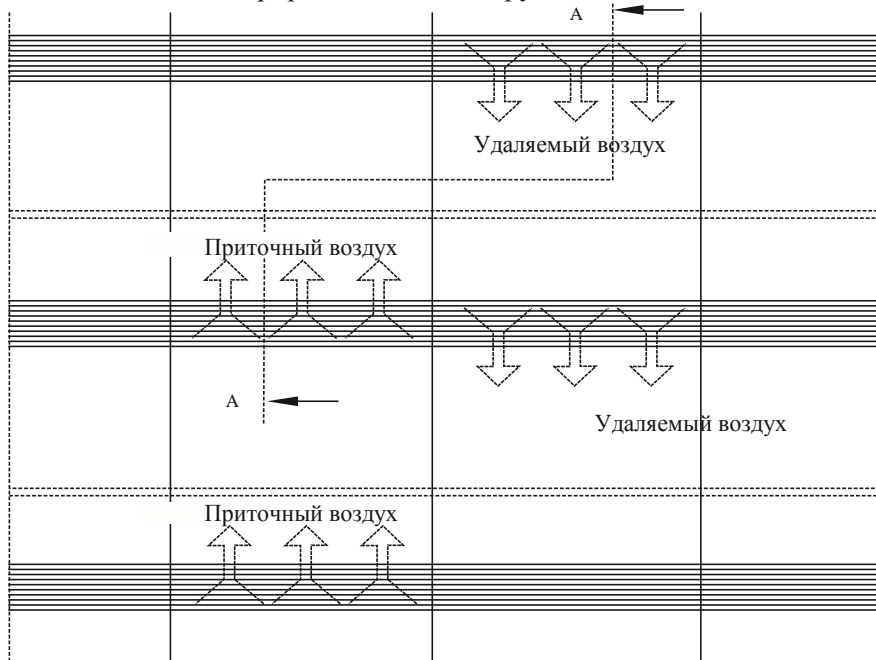


Рис. 6. Вид внешнего фасада: пространственное разделение каналов приточного и удаляемого воздуха

Особой гордостью разработчиков проекта является интеллектуальный двухслойный (двойной) фасад, выполненный из стекла. Семьдесят один этаж стекла, облучаемого тропическим солнцем, – это, с одной стороны, большая опасность перегрева помещений здания, огромные нагрузки на систему охлаждения, а с другой – огром-

ное количество энергии в тепловом балансе здания. Главная сложность состояла в том, что конструктивные элементы двойного фасада необходимо оптимизировать, а их функционирование интеллектуализировать. В противном случае могут быть утрачены все преимущества такой конструкции фасада. Конструкция фасада предусматривает устройство управляемых посредством компьютера солнцезащитных устройств, встроенных в фасад с южной и северной сторон.

Вентиляция воздуха между стеклами фасада является частью общей аэродинамической системы здания. Здесь проектировщиками было выполнено математическое компьютерное моделирование.

Главный инженер проекта, директор экологически чистых инженерных исследований компании SOM Роджер Фречетт отмечает, что «высокая эффективность часто означает высокую сложность процессов и необходимость проведения сложных детальных расчетов. При движении большого объема воздуха у него появляется тенденция мигрировать естественным путем с маленькой скоростью. Это означает, что потоки будут существенно рассредоточенными и потребуются высокий уровень моделирования» [1].

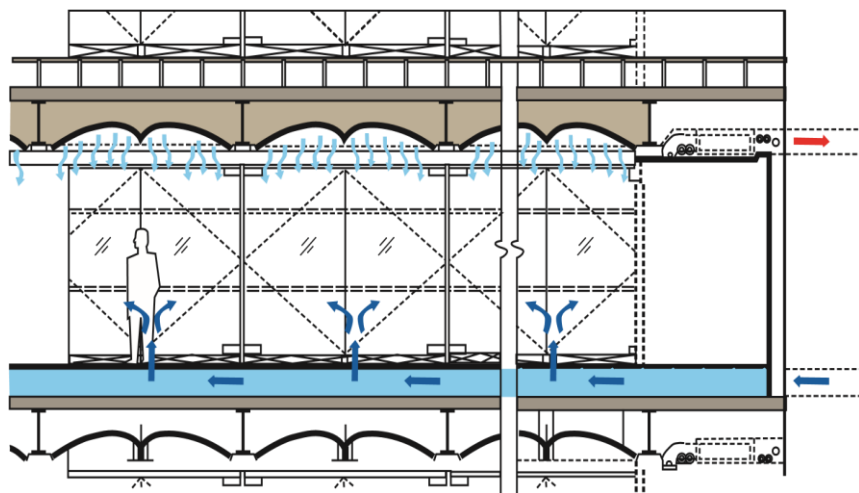


Рис. 7. Использование охлаждающих потолочных панелей
1.4. Интеллектуализация здания

Система автоматизации и управления зданием обеспечивает оптимальный режим работы систем вентиляции, отопления и охлаждения, а также позволяет людям индивидуально регулировать параметры микроклимата в определенной зоне.

Интеллектуальная система имеет датчики для наблюдения за параметрами наружного климата, датчики, контролирующие параметры микроклимата в помещениях, и датчики наличия людей в помещениях (датчики движения). Эта система может управлять (вместе или раздельно) следующими функциями с целью энергетической оптимизации (в зависимости от показателей датчиков наружного и внутреннего климата и в соответствии с программой):

- снижением кратности воздухообмена;
- полным отключением механической вентиляции в незанятых частях здания;
- изменением положения солнцезащитных устройств;
- изменением положения открывающихся окон во взаимодействии с лучистым охлаждением, механической вентиляцией и отоплением;
- закрытием окон при неблагоприятных внешних условиях климата (приближении шторма, очень жаркой или очень холодной погоде).

1.5. Автономные источники теплоэнергоснабжения

Для снижения стоимости энергии, а также уменьшения вредного воздействия на окружающую среду в высотных зданиях используются автономные источники теплоэнергоснабжения. Традиционные автономные источники теплоэнергоснабжения отличаются более высоким КПД и уменьшенными выделениями вредных выбросов (например, в здании Main Tower установлены две теплоэлектростанции на природном газе). К нетрадиционным (возобновляемым) источникам теплоэнергоснабжения относятся ветро энергетические установки, топливные элементы, фотоэлектрические панели (солнечные батареи), системы использования низкопотенциальной теплоты Земли.

1.6. Использование низкопотенциальной теплоты Земли для отопления или охлаждения

Одним из источников энергии в здании Main Tower является низкопотенциальная теплота Земли. В качестве вертикальных грунтовых теплообменников используются 112 свай фундамента диаметром от 1,5 до 1,8 м, достигающих глубины 50 м. В них проложена сеть трубок, по которым циркулирует вода. Общая длина трубок составляет более 80 км.

В системе климатизации низкопотенциальная теплота Земли используется посредством теплонасосной установки. Ее мощность составляет 500 кВт.

1.7. Использование энергии солнца для выработки электроэнергии

В фасады зданий 22 River Terrace и Conde Nast Building – Four Times Square интегрированы фотоэлектрические панели. Это обусловлено в том числе и тем, что для климатических условий Нью-Йорка основные затраты энергии на климатизацию связаны с кондиционированием воздуха в летний период в дневное время. В фотоэлектрических панелях в летнее время вырабатывается больше электроэнергии за счет большей интенсивности солнечной радиации. Таким образом, использование энергии солнца позволяет значительно уменьшить пиковый расход электроэнергии из городской электросети.

В здании 22 River Terrace фотоэлектрические панели (солнечные батареи) интегрированы в западный фасад. Общая площадь панелей составляет 316 м². Электрическая энергия, вырабатываемая в них в течение года, позволяет покрыть до 5 % общей энергетической нагрузки здания.

В здании Conde Nast Building – Four Times Square фотоэлектрические панели расположены на верхних 19 этажах на южном и восточном фасадах между рядами окон в виде полос шириной 15 м. Панели представляют собой тонкопленочные фотоэлектрические элементы, наклеенные на листы закаленного стекла. Пиковая мощность фотоэлектрических панелей достигает 15 кВт. Помимо выработки электрической энергии панели, интегрированные в огражда-

ющие конструкции, увеличивают теплозащитные характеристики ограждений.

В здании Pearl River Tower фотоэлектрические панели расположены на восточном и западном фасадах, а также в верхней части здания на площади более 1 500 м². Еще 1 500 м² солнечных фотоэлектрических панелей предполагается разместить на солнцезащитных конструкциях западного фасада. В общей сложности мощность фотоэлектрических панелей составит 300 000 кВт•ч и обеспечит 2 % энергетической потребности здания.

1.8. Использование топливных элементов

Для получения электрической энергии на четвертом этаже здания Conde Nast Building – Four Times Square установлены два топливных элемента PC25. Они состоят из трех основных частей: реформера, в котором происходит преобразование природного газа в водород; батареи топливных элементов, преобразующих водород и кислород в горячую воду и вырабатывающих электрическую энергию; электрического преобразователя напряжения, преобразующего постоянный ток в переменный.

В качестве электролита топливные элементы используют раствор ортофосфорной (фосфорной) кислоты (H₃PO₄). В качестве источника водорода – природный газ. Электричество вырабатывается из природного газа и воздуха без процессов горения. Побочными продуктами химической реакции являются только горячая вода и углекислый газ. Горячая вода (температура около 60 °C) используется для горячего водоснабжения, а также для отопления в зимнее время.

Мощность каждого топливного элемента составляет 200 кВт. В ночное время они обеспечивают 100 % потребности здания в электрической энергии, а в дневное время – 5 % потребности. Годовая производительность двух установок составляет 3 млн кВт•ч.

1.9. Использование ветроэнергетических установок

Интересным примером использования ветроэнергетических установок является здание Pearl River Tower: четыре ветроэнергетические турбины с диаметром колеса 6 м встроены в отверстия ограждения.

дающих конструкций технических этажей здания – по две установки в каждом техническом этаже (рис. 8). Скорость ветра на высоте расположения технических этажей невелика и равна 4 м/с. Однако за счет разности давлений на наветренном южном и заветренном северном фасадах скорость ветра в отверстиях увеличивается до 8 м/с.

Моделирование в аэродинамической трубе показало, что такая конструкция ветроэнергетической установки в 15 раз выше, чем у традиционных, и обеспечивает покрытие 1 % энергетической потребности здания, что составляет примерно 10 000 кВт•ч/год.

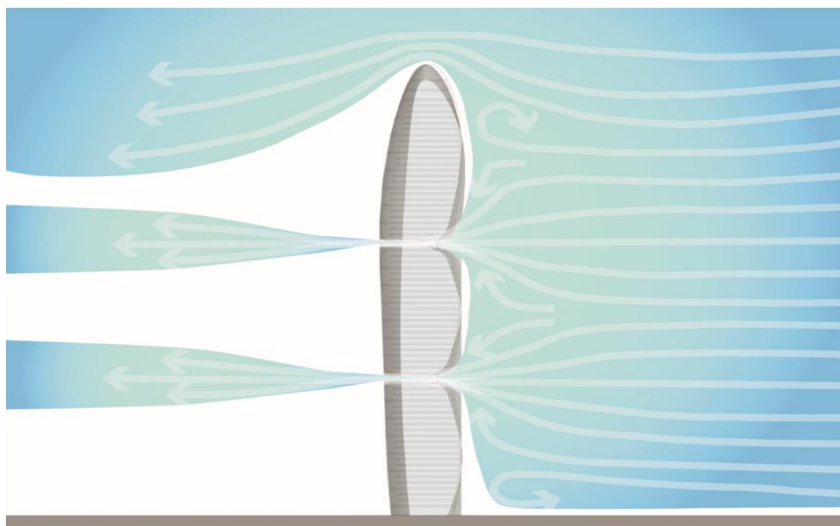


Рис. 8. Использование ветроэнергетических установок: ветроэнергетические турбины встроены в отверстия ограждающих конструкций технических этажей здания

1.10. Экологически нейтральное здание

Концепция экологически нейтрального здания подразумевает, что зданию не требуются поступления энергии от внешних источников и оно потребляет воду только для питьевых целей. Вода для не питьевых целей очищается и используется повторно. В соответствии с этой концепцией в проектируемых зданиях большое внимание уделяется таким направлениям, как уменьшение водопо-

требления, водоочистка, сбор атмосферных осадков и т. д. Так, концепция здания 22 River Terrace предусматривает возможность сбора, очистки и повторного использования воды для не питьевых целей. В подвале здания установлен резервуар, в который собирается дождевая вода с крыш. Эта вода затем используется для орошения садов на крыше здания и прилегающей озелененной территории. Там же установлена система очистки сточных вод, которая позволяет уменьшить потребление чистой питьевой воды на 30 %. Очищенные сточные воды используются для смыва в туалетах квартир, а также для охлаждения воздуха в градирне. В каждой квартире здания установлена водоразборная арматура, обеспечивающая более низкое водопотребление.

1.11. «Зеленые» здания: рейтинговая система оценки

Параллельно с задачами экономии энергии и сохранения природы перед архитекторами, инвесторами, девелоперами, риелторами, собственниками жилья давно стояла задача создания принципов, позволяющих оценить потребительские качества здания как среды обитания человека. Действительно, недостаточно, чтобы здание отвечало только требованиям экологичности и энергоэффективности. Здания могут оказаться совершенно непривлекательными с точки зрения их потребительских качеств недостаточное естественное освещение помещений, отсутствие регулирования микроклимата в летнее время и т. д. Кроме того, потребителя интересует, насколько территория вокруг здания приспособлена для отдыха, имеются ли места для стоянки автомобилей, как далеко здание расположено от остановок общественного транспорта и пр. Наконец, сложная экологическая ситуация требует того, чтобы материалы, из которых построено здание, могли быть использованы повторно, а в архитектуру здания и в системы обеспечения микроклимата интегрировалась нетрадиционная энергетика, использующая возобновляемые источники энергии, такие как солнечная радиация, теплота Земли, ветер. Перечень этих требований к зданию и его влиянию на природу может существенно отличаться не только между странами, но также в пределах одной страны. Например, для одних стран требования к экономному расходованию воды более важно, чем требования к энергоэффективности.

Развитие принципов оценки зданий как среды обитания человека, отвечающей требованиям комфортности, энергоэффективности, экологичности, обеспечивающих защиту окружающей среды, привело к появлению нового понятия «green building» – «“зеленые” здания».

Общепринятый в мировой практике термин «“зеленые” здания» означает строительство энергоэффективных, экологически устойчивых зданий с максимальным использованием возобновляемых энергоресурсов и высоким комфортом среды обитания человека. «Зеленые» здания являются системным продолжением развития энергоэффективных, интеллектуальных, «здоровых» зданий, sustainable, зданий биоархитектуры и т. д. Принципиальным отличием «зеленых» зданий является то, что здесь оценивается комплекс потребительских качеств здания как среды обитания человека.

Страны, осознавшие необходимость введения в практику строительства «зеленых» зданий, начали создаваться советы по их строительству (Green Building Council). Их задачами стали продвижение методов проектирования, строительства и эксплуатации экологически чистых зданий, разработка рейтинговой системы оценки таких зданий, разработка стандартов и руководств по проектированию «зеленых» зданий, проведение обучения специалистов, создание системы оценщиков и их обучение. К настоящему моменту такие советы уже созданы в 20 странах: Австралия (2002), Аргентина (2009), Бразилия (2007), Великобритания (2007), Германия (2007), Голландия (2010), Индия (2001), Испания (2010), Канада (2002), Колумбия (2009), Мексика (2005), Новая Зеландия (2006), Польша (2010), США (1993), Румыния (2009), Сингапур (2010), Тайвань (2004), Эмираты (2006), Южная Африка (2008), Япония (2001) – и проходят процесс формирования в девяти странах: Франция, Венгрия, Индонезия, Израиль, Италия, Иордания, Перу, Швеция, Турция.

Страны можно разделить на две группы:

- создающие новые методы и руководства по проектированию и оценке энергетического и экологического проектирования;
- адаптирующие существующие, прошедшие апробацию методы и руководства.

Наиболее известными рейтинговыми системами добровольной оценки качества проектных и строительных решений зданий

по критериям энергоэффективности, экологии, комфортности, ресурсосбережения являются:

- Руководство по энергетическому и экологическому проектированию (LEED), разработчиком которого являются ASHRAE и Совет по архитектуре и строительству «зеленых» зданий, США (The U. S. Green Building Council – USGBC), основанный в 1993 году. ASHRAE разрабатывает нормативные документы, проводит обучение и выдает сертификат LEED Professional. Руководство LEED содействует широкому внедрению эффективных технологий строительства экологически чистых и устойчивых зданий благодаря разработке и применению универсальных инструментов и критериев энергоэффективности. Сертификация LEED охватывает пять направлений: планирование территории, рациональное водопользование, энергопотребление, применение строительных материалов и качество внутреннего микроклимата.

- Метод экологической экспертизы (BREEAM), разработанный Исследовательским центром по вопросам строительства зданий, Великобритании (The Building Research Establishment – BRE). Первая версия BREEAM была разработана для офисов и принята в 1990 году. BREEAM затрагивает девять направлений: вредные выбросы в атмосферу, землепользование и экологию, отходы, материалы, водопользование, транспорт, энергетику, здоровье и благоустройство и менеджмент.

- Немецкий сертификат устойчивого строительства (German Sustainable Building Certificate), созданный Немецким советом по экологически чистым и устойчивым зданиям (DGNB) совместно с Федеральным министерством транспорта, строительства и городского развития (BMVBS) как инструмент для всестороннего планирования и оценки качества зданий. На оценку зданий влияют шесть факторов: экологический, экономический, социокультурный и функциональный, технологический, эксплуатационный и местоположение.

Четко организованная и простая для понимания система сертификации охватывает все необходимые стороны энергоэффективного, экологически чистого и устойчивого строительства и присваивает зданиям сертификат соответствующего уровня. Рейтинговые системы позволяют присвоить проекту оценку, выражаемую в сумме баллов по ряду приоритетных направлений, харак-

теризующих проектные решения. Число оцениваемых направлений и их весомость определяются национальными приоритетами и системой нормирования. Как правило, рейтинговые системы реализуются в форме добровольных национальных стандартов.

В рамках рейтинговой системы формируются курсы обучения для специалистов-проектировщиков (строителей, эксплуатационного персонала) по методологии проектирования, строительства, эксплуатации зданий высокой энергетической и экологической эффективности.

Рейтинговая система ориентирована на достижение высоких конечных показателей энергетической и экологической эффективности, но не ограничивает в выборе прогрессивных, в том числе инновационных технологических решений.

Справочники по «зеленым» зданиям перечисляют, например, следующие задачи, которые включаются в сферу деятельности архитектора: ориентация здания по сторонам света, расположение здания в застройке, выбор формы оболочки здания, остекление и материалы наружных ограждений, рассмотрение здания как единой энергетической системы с учетом направленного действия наружного климата. Здания с естественной вентиляцией должны иметь такую ориентацию и расположение приточных отверстий, чтобы приток воздуха в помещения обеспечивался при различных направлениях ветра, в том числе и при штиле. Крыши разновысотных зданий рекомендовано засаживать различными растениями, чтобы снизить количество и уровень обработки ливневых вод.

В справочниках содержатся следующие разделы, касающиеся вопроса повышения энергоэффективности зданий:

1. Уменьшение потребности в использовании энергии – применение архитектурных, инженерных и конструктивных энергосберегающих решений. По каждому из этих направлений сформулированы рекомендации и приводятся ссылки на соответствующие стандарты, публикации и исследования.

2. Использование возобновляемых источников энергии – технические решения интегрирования в систему энергоснабжения здания солнечных коллекторов, тепловых насосов, биотехнологий и т. п.

3. Оптимальное использование затребованной энергии. Это наиболее творческий раздел, предполагающий энергетическое

сравнение различных технологий отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения и основанный главным образом на результатах математического моделирования здания как единой энергетической системы.

Деятельность национальных рейтинговых систем в области энергоэффективного и экологичного строительства координируется Всемирным советом по «зеленым» зданиям – World Green Building Council. В 2009 году и в России был зарегистрирован Совет по экологическому строительству, который в 2010 году был принят в члены WorldGBC [1].

Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризуйте актуальность, опыт проектирования и перспективы современного высотного строительства.
2. Назовите проблемы, решаемые проектировании инженерных систем высотных зданий.
3. Назовите основные подходы при решении вопросов естественной вентиляции помещений.
4. Что входит в понятие – интеллектуализация здания.
5. Какие источники теплоэнергоснабжения используются в современном высотном строительстве.
6. Технологии использования низкопотенциальной теплоты Земли для отопления или охлаждения высотных зданий.
7. Технологии использования энергии солнца для выработки электроэнергии для нужд высотных зданий.
8. Технологии использования топливных элементов в многоэтажном строительстве.
9. Технологии использование ветроэнергетических установок в высотных зданиях.
10. Раскройте понятие «экологически нейтральное здание».
- 1.11 Что такое «зеленые» здания и рейтинговая система оценки зданий.

Лекция 2

ТРЕБОВАНИЯ К ИНЖЕНЕРНЫМ СЕТЯМ. ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

План лекции

- 2.1. Особенности выбора климатических параметров при расчете систем энергоснабжения высотных зданий.
- 2.2. Температура наружного воздуха
- 2.3. Солнечная радиация
- 2.4. Конвективные потоки у наружной поверхности здания
- 2.5. Требования к системам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.
- 2.6. Совместная работа автономного источника энергоснабжения с централизованной системой
- 2.7. Автономные источники энергоснабжения.
- 2.8. Общий алгоритм расчета и подбора мини-ТЭЦ
- 2.9. Особенности проектирования центрального теплового пункта высотного жилого здания

2.1. Особенности выбора климатических параметров при расчете систем энергоснабжения высотных зданий

Методика проектирования отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и теплозащиты наружных ограждающих конструкций основывается главным образом на трех характерных климатических периодах:

- показателях наружного климата наиболее холодной пятидневки;
- показателях наружного климата отопительного периода;
- показателях наружного климата наиболее жаркого месяца.

Расчетными параметрами являются температура наружного воздуха, скорость ветра, удельная энтальпия и интенсивность солнечной радиации.

Выбор расчетных параметров наружного климата для высотных зданий имеет свою специфику. Температура воздуха и атмосферное давление изменяются с увеличением высоты практически линейно в пределах интересующей высоты здания. Большое значение имеет обоснованный выбор расчетной скорости ветра. Дело

в том, что с увеличением высоты скорость ветра возрастает нелинейно, причем характер изменения зависит в том числе и от таких параметров, как тип местности (открытое пространство, пригород, городской центр с плотной застройкой и т. д.).

Особое место в проектировании вентиляции занимает учет влияния аэродинамики. Такой учет подразумевает прежде всего расчет аэродинамических коэффициентов. Аэродинамические коэффициенты зависят от формы и геометрических размеров здания, влияния прилегающей застройки (рельефа местности), но также могут существенно меняться при изменении направления ветра.

Необходимо отметить также, что существующее нормирование теплозащиты и энергопотребления зданий только по величине затрат энергии на отопление является абсолютно недостаточным: требуется расширение нормирования на наиболее холодную пятидневку, период охлаждения, наиболее жаркий месяц, расчетный год.

2.2. Температура наружного воздуха

В холодный и теплый периоды года температура наружного воздуха понижается примерно на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ через каждые 150 м высоты, атмосферное давление понижается примерно на 1 гПа через каждые 8 м высоты, а скорость ветра увеличивается [6].

Изменения по высоте температуры и атмосферного давления описываются следующими формулами [6]:

$$t_h = t_0 - 0,0065h, \quad (1)$$

$$p_h = p_0(1 - 2,25577 \cdot 10^{-5}h)^{5,2559}, \quad (2)$$

где t_h , p_h – соответственно температура, $^{\circ}\text{C}$, и давление, Па, на высоте h , м; t_0 , p_0 – соответственно температура, $^{\circ}\text{C}$, и давление, Па, у поверхности земли. Значения температуры наружного воздуха и наружного барометрического давления, рассчитанные по формулам (1) и (2), даны в табл. 2.

Значения температуры и барометрического давления у поверхности земли приняты равными расчетным значениям, приведенным для Москвы в СНиП 2.04.05–91 [7] (для холодного периода: параметр А – расчетное значение температуры наружного воздуха $t_0 = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$, параметр Б – расчетное значение температуры наружного воздуха $t_0 = -26\text{ }^{\circ}\text{C}$; для теплого периода: параметр А –

расчетное значение температуры наружного воздуха $t_0 = 22,3$ °С, параметр Б – расчетное значение температуры наружного воздуха $t_0 = 28,5$ °С; барометрическое давление $p_0 = 990$ гПа).

Таблица 2

Изменение по высоте температуры наружного воздуха и барометрического давления

Высота, м	Температура, °С				Барометрическое давление, гПа
	Холодный период, по параметру		Теплый период, по параметру		
	А	Б	А	Б	
У земли	-15,0	-26,0	22,3	28,5	990,0
75	-15,5	-26,5	21,8	28,0	981,2
100	-15,7	-26,7	21,7	27,9	978,3
150	-16,0	-27,0	21,3	27,5	972,5
200	-16,3	-27,3	21,0	27,2	966,8
250	-16,6	-27,6	20,7	26,9	961,0
300	-17,0	-28,0	20,4	26,6	955,3
350	-17,3	-28,3	20,0	26,2	949,6
400	-17,6	-28,6	19,7	25,9	943,9
450	-17,9	-28,9	19,4	25,6	938,3

2.3. Солнечная радиация

В теплотехнических расчетах для холодного периода года применяется средняя в многолетнем разрезе интенсивность суммарной солнечной радиации при действительных условиях облачности на горизонтальную и вертикальные поверхности I , МДж/м², за отопительный период. Методика определения суммарной солнечной радиации при действительных условиях облачности за отопительный период приведена в СП 23-101-2004 [8].

Суммарная (прямая плюс рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность $Q_{гор}$, МДж/м², при действительных условиях облачности за отопительный период для данной местности определяется по формуле:

$$Q^{\text{hor}} = \sum Q_i^{\text{hor}}, \quad (3)$$

где Q_i^{hor} – суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности для i -го месяца отопительного периода, МДж/м².

Величина Q_i^{hor} принимается по данным табл. 1.10 «Научно-прикладного справочника по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные» [6].

2.4. Конвективные потоки у наружной поверхности здания

В теплый период года в солнечные дни из-за облученности наружных поверхностей здания солнечной радиацией их температура резко возрастает и значительно отличается от температуры окружающего воздуха. В результате разности температур образуется конвективный тепловой поток, направленный вверх здания, и имеет место так называемый приповерхностный (пограничный) слой нагретого воздуха. Разность температур наружной поверхности здания и окружающего воздуха зависит от величины солнечной радиации и коэффициента поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающих конструкций здания.

Проведенные расчеты показали, что в условиях Москвы при безоблачном небе в июле ожидаемые максимальные температуры наружной поверхности ограждающих конструкций различной ориентации достигают значений, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

Ожидаемые максимальные температуры наружной поверхности ограждающих конструкций различной ориентации в Москве в июле

Ориентация ограждающей конструкции	Ожидаемая максимальная температура наружной поверхности ограждающей конструкции, °С
Юг	67
Восток, запад	77
Покрытие	84

Большое значение для проектирования воздухозаборных устройств и определения воздухопроницаемости ограждающих кон-

струкций имеют значения скорости воздушных потоков у наружной поверхности зданий, обусловленные разностью температур по высоте здания. Зависимости скоростей воздуха у наружных поверхностей здания, получены зарубежными исследователями [5].

2.5. Требования к системам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

К энергоснабжению высотных зданий предъявляются более высокие требования, чем к энергоснабжению обычных зданий. Прежде всего это относится к надежности энергоснабжения. Обеспечение тепловой и электрической энергией должно предусматриваться не менее чем от двух независимых друг от друга энергоисточников.

Многие высотные здания в США, странах ЕС, Юго-Восточной Азии оборудованы комбинированными системами энергоснабжения, предусматривающими совместную работу сетей централизованного энергоснабжения и автономных энергоисточников. В странах с мягким климатом приоритет над теплоснабжением отдается электроснабжению, что обусловлено снижением теплопотребления зданий. В большинстве регионов России, включая Москву, низкие наружные температуры ($-20... -30$ °С) не редкость, и надежность теплоснабжения столь значимый показатель, как и электроснабжение.

Надежность энергоснабжения – ключевой фактор в обеспечении жизни и здоровья людей и предотвращении материального ущерба в высотных зданиях. Неполный перечень инженерных систем высотных зданий, которые должны обладать 100 %-й надежностью, включает:

- противопожарные системы вентиляции (системы дымоудаления и подпора);
- насосные станции пожаротушения;
- системы аварийного освещения;
- системы отопления;
- системы теплоснабжения вентиляции;
- системы обеспечения эвакуации людей (лифты, системы контроля доступа);
- системы охранной и пожарной сигнализации.

Теплоснабжение систем отопления, горячего водоснабжения, вентиляции, кондиционирования высотных зданий предпочтительно предусматривать от тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения. На основании предпроектных разработок и по заданию на проектирование допускается предусматривать теплоснабжение от автономного источника теплоты (АИТ) при условии подтверждения допустимости его воздействия на состояние окружающей среды в соответствии с действующими природоохранным законодательством и нормативно-методическими документами.

Автономный источник теплоты необходимо выбирать на основании технико-экономического сравнения с централизованным теплоснабжением с учетом энергетической эффективности этих систем теплоснабжения и согласовывать в установленном порядке.

Теплоснабжение высотного здания следует проектировать, обеспечивая бесперебойную подачу теплоты при авариях (отказах) на централизованном источнике теплоты или в подающих тепловых сетях в течение ремонтно-восстановительного периода от двух (основного и резервного) независимых вводов городских тепловых сетей. От основного ввода должна обеспечиваться подача 100 % необходимого количества теплоты для высотного здания; от резервного ввода – подача теплоты в количестве, не менее требуемого для систем отопления и вентиляции.

2.6. Совместная работа автономного источника энерго-снабжения с централизованной системой

Одним из решений по резервированию централизованного тепло- и электроснабжения высотных зданий может быть устройство автономных мини-ТЭЦ на базе газотурбинной или газопоршневой установок (ГПУ), одновременно вырабатывающих оба вида энергии. Современные средства защиты от шума и вибрации позволяют размещать их непосредственно в здании, в том числе и на верхних этажах. Как правило, мощность этих установок не превышает 30–40 % максимальной потребной мощности объекта и в штатном режиме эти установки работают, дополняя централизованные системы энергоснабжения. При большой мощности когенерационных установок возникают проблемы передачи избытков того или иного энергоносителя в сеть.

Возможна следующая схема подключения автономной когенерационной установки к централизованной системе энергоснабжения (рис. 9).

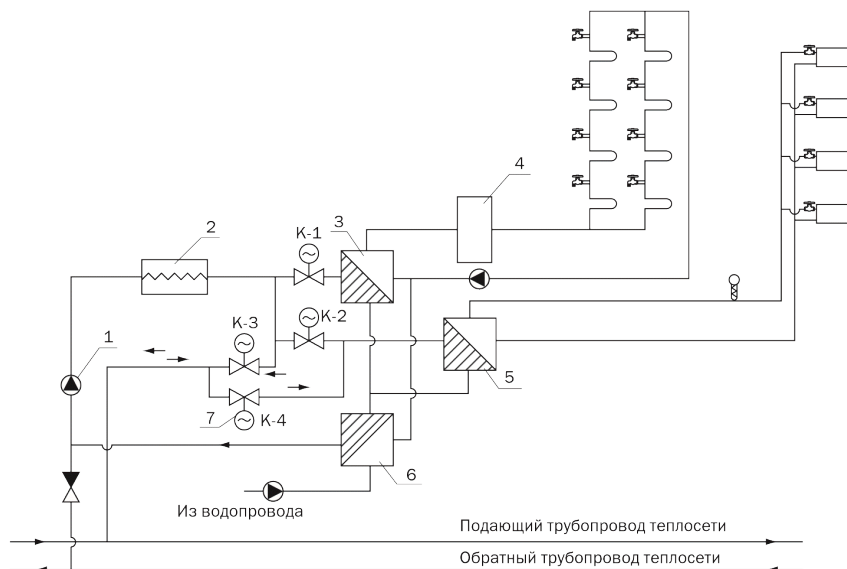


Рис. 9. Схема подключения автономного источника тепловой и электрической энергии для возможности работы в системе централизованного теплоснабжения: 1 – циркуляционный насос; 2 – газопоршневая или газотурбинная установка; 3 – водонагреватель горячего водоснабжения 2-й ступени; 4 – бак-аккумулятор горячей воды; 5 – водонагреватель отопления; 6 – водонагреватель ГВС1-й ступени; 7 – регулирующие клапаны

Забор воды для нагрева в газопоршневой установке производится из обратного трубопровода распределительных тепловых сетей, затем нагретый теплоноситель пропускается по обычной схеме через водонагреватели отопления и горячего водоснабжения потребителя, для которого предназначена эта установка, и возвращается в обратный трубопровод на подмес циркуляционного насоса, осуществляющего замкнутый цикл циркуляции. При избытке теплопроизводительности автономной установки часть теплоносителя сбрасывается в подающий трубопровод теплосети через клапан К-3. Для осуществления такого режима циркуляционный насос должен подбираться на

напор, равный перепаду давлений между подающим и обратным трубопроводами плюс потери давления в тракте циркуляции и регулирующем клапане К-3, что выше потерь давления в режиме замкнутого цикла, поэтому насос должен устанавливаться с приводом с изменяющейся частотой вращения электродвигателя. Идеальный режим работы создается тогда, когда теплопроизводительность машины соответствует потребности водонагревателей отопления и горячего водоснабжения. При этом клапан К-3 закрыт, осуществляется замкнутая циркуляция, и сброс теплоты в распределительную теплотсеть отсутствует. В зимнее время производительности машины может быть недостаточно и необходимо часть теплоты забирать из подающего трубопровода – для этого предусмотрена перемычка с клапаном К-4 под клапан К-2 по ходу воды, параллельно закрытому в этот период клапану К-3.

Для обеспечения максимальной загрузки машин можно было бы излишнюю электрическую энергию направить на компенсацию недостающей теплоты для нагрева воды в системе горячего водоснабжения, установив ТЭНы в баках аккумуляторах. В этом случае автоматически сократилась бы подача теплоты на нагрев горячей воды в той мере, в какой поступит электрическая энергия на эти же цели, вплоть до полного отключения теплоты на нужды горячего водоснабжения.

Подбор мощности устанавливаемых газопоршневых машин выполняется исходя только из нагрузки на отопление, но не максимально часовой, а средней за двое самых холодных суток из обычно выбираемой расчетной пятидневки. В летнее время избыток тепловой энергии, вырабатываемой попутно с производством электрической энергии, может быть использован в тепловых абсорбционных холодильных машинах для получения холода, необходимого в системах кондиционирования воздуха.

При дефиците только тепловой энергии для рассматриваемого объекта в качестве источника теплоснабжения может быть принят автономный источник теплоснабжения (АИТ) в виде котельной с водогрейными котлами. Могут использоваться пристроенные или отдельно стоящие котельные, проектируемые согласно [9]. Возможность и место размещения АИТ следует увязывать со всем комплексом его воздействия на окружающую среду, в том числе и

на жилое высотное здание. Отдельно стоящие АИТ рекомендуется использовать для двух и более близкорасположенных жилых высотных зданий. Дымовую трубу в пристроенных и отдельно стоящих АИТ следует выполнять выше уровня крыши здания, а ее высоту определяют расчетом на рассеивание продуктов сгорания.

Тепловую мощность АИТ выбирают по расчетной нагрузке на отопление здания, для теплоснабжения калориферов приточных систем, тепловых завес и среднечасовой нагрузке горячего водоснабжения. В АИТ рекомендуется использовать водогрейные котлы с температурой нагрева воды до 115 °С. В качестве топлива для АИТ используется природный газ. Газопровод следует предусматривать из легированной стали с давлением газа 0,1–0,3 МПа. Тепловую мощность каждого котла АИТ и их количество рекомендуется принимать с учетом обеспечения одним из котлов выполнения бесперебойной подачи теплоты в количестве, не менее требуемого расхода на отопление здания [1].

2.7. Автономные источники энергоснабжения

Во многих случаях в качестве автономных энергоцентров высотных зданий используются мини-ТЭЦ на базе поршневых мотор-генераторов. В последние годы интерес к мини-ТЭЦ в нашей стране возрос, и это связано не только с высотным строительством. Реализация масштабных инвестиционных проектов во многих регионах сдерживается отсутствием свободных мощностей единой энергосистемы страны. Перспективные планы ввода в эксплуатацию новых крупных энергоисточников из-за длительных сроков не удовлетворяют потребности строительства. Период избытка мощности энергоисточников над уровнем энергопотребления заканчивается раньше, чем того ожидали энергетики.

Недавняя политика стимулирования роста энергопотребления (если есть резервы производства товара – надо их реализовать и продать) имеет и свою оборотную сторону. Резко увеличилось нерациональное использование электроэнергии для прямой трансформации в тепловую – электродкотлы, воздушные завесы, электрокалориферы систем вентиляции. Вернуться в русло энергосбережения весьма непросто. Возможным вариантом решения проблемы энергоснабжения новостроек, включая высотные, является

проектирование и строительство мини-ТЭЦ. Для эффективной работы мини-ТЭЦ необходимо выполнение ряда условий:

- провести грамотный анализ электрических и тепловых нагрузок объекта и гармонизировать их с режимами энергопроизводства как в течение суток, так и в целом по году;

- обеспечить режимы энергопотребления и по теплоте, и по электроэнергии на объекте, близкие к графику номинального энергопроизводства (коэффициент загрузки на уровне 70–100 %), или найти «внешнего» платежеспособного потребителя для реализации излишков производимой энергии;

- обеспечить недорогое и надежное техническое обслуживание, включая поставку профилактических и расходных материалов, запасных частей.

В настоящее время большая часть когенерационных газопоршневых установок создана как автономные источники энергии вахтовых поселков, буровых, отдельных предприятий. Другая часть мини-ТЭЦ построена как резервные источники энергии на объектах, не допускающих сбоев энергообеспечения, и в этом случае вопросы себестоимости производства резервной энергии рассматриваются как второстепенные. Лишь небольшая часть когенерационных газопоршневых установок в стране работает параллельно с единой энергосистемой, воспринимающей излишки выработки энергии мини-ТЭЦ [1].

На первый взгляд, в условиях резкой неравномерности потребления тепловой и электрической энергии в сложившейся энергосистеме принимать нового производителя, поставляющего свои излишки энергии в период минимальной потребности в энергии, не имеет смысла. С другой стороны, гибкое наращивание энергетики способствует росту общегосударственной экономики, а при разумной тарифной политике обеспечивает экономическую выгоду как поставщикам энергии от мини-ТЭЦ, так и владельцам централизованных сетей. Во многих странах гармонизация малой энергетики с централизованными системами регулируется на государственном и муниципальном законодательном уровне.

Мини-ТЭЦ, обеспечивающие энергоресурсами высотные здания, могут стать разумным дополнением единой энергосистемы и работать в параллельном режиме.

Сложность этой задачи состоит в том, что на самой ранней стадии проектирования необходимо все основные характеристики мини-ТЭЦ гармонизировать с режимами работы систем энергопотребления. При присоединении к централизованным сетям энергоснабжения в этом не было необходимости, достаточно было, чтобы возможности энергоустройств покрывали пиковые нагрузки объекта. Специфика задачи состоит еще и в том, что необходим качественно новый подход к проектированию, предполагающий:

- анализ режимов работы всех инженерных систем в расчетные периоды, число которых может быть 8–24 и даже более;
- построение и анализ суточных, недельных, сезонных и годовых графиков изменения нагрузок;
- многовариантный анализ комбинации подвидов инженерных систем;
- выявление технико-экономических критериев оптимизации комплекса энергоисточники–энергопотребители, которые в зависимости от исходных условий для разных объектов могут быть различными;
- функциональная координация большого числа разделов проекта в условиях многовариантного анализа.

Во многих случаях проектирования и реализации мини-ТЭЦ допускаются принципиальные ошибки:

- проектирование ведется по заданным нагрузкам установочной мощности электроприемников и теплопотребителей, что приводит к завышению номинальной мощности мини-ТЭЦ на 20–50 %;
- заказчики, при наличии технической возможности параллельной работы мини-ТЭЦ и ЕЭС, отказываются от комбинированной схемы в пользу автономной;
- не рассматриваются возможности использования дополнительных мер по энергосбережению и выравниванию неравномерности энергопотребления на объектах;
- оценка экономической эффективности применения мини-ТЭЦ проводится либо по устаревшей модели «приведенных затрат», либо по «удельным рекламным» показателям фирм – поставщиков оборудования.

К сожалению, в России отсутствует нормативно-методическая база проектирования мини-ТЭЦ, а практического опыта неболь-

шого числа организаций, проектирующих автономные энергоцентры, явно недостаточно. В итоге из-за неквалифицированного подхода к проблеме наметилась тенденция дискредитации прогрессивного направления малой энергетики [1].

2.8. Общий алгоритм расчета и подбора мини-ТЭЦ

1. Определяются энергетические нагрузки объекта.

На этом этапе выполняется анализ характеристик всех отдельных энергопотребителей объекта и определяются следующие электрические характеристики:

$N_{уст}$ – установленная мощность всех отдельных потребителей; $N_{ра}$ – расчетная активная мощность; $N_{рр}$ – расчетная реактивная мощность; $\cos f$, $\operatorname{tg} f$ – коэффициенты мощности; K_c – коэффициент спроса; K_o – коэффициент одновременности.

Тепловые характеристики: $q_{уст}$ – установленная мощность всех теплотребителей; $q_{от}$ – установленная мощность систем отопления; $q_{вент}$ – установленная мощность систем вентиляции; $q_{вз}$ – установленная мощность воздушно-тепловых завес; $q_{ГВС}$ – максимальная мощность горячего водоснабжения.

2. Рассчитываются и строятся графики суточного энергопотребления для рабочих и выходных (праздничных) дней для наружных расчетных условий холодного, теплого и переходного периодов года.

В случае необходимости, если объект имеет специальную технологическую нагрузку, цикличность, отличающуюся от суток, рассчитываются и строятся графики технологического цикла. Важными характеристиками графиков являются:

- линия максимальных пиковых нагрузок;
- линия минимальных нагрузок;
- амплитуда колебания от средних значений.

На основании суточных (недельных) графиков по функциям изменения нагрузок в течение года строятся графики круглогодовых нагрузок и рассчитывается годовое потребление энергоресурсов по отдельным видам потребителей и суммарные по электроэнергии и теплоте.

3. Выбираются базовые расчетные режимы работы мини-ТЭЦ путем наложения круглогодовых графиков тепловых и электрических нагрузок. В общем случае таких режимов четыре:

- I – максимальных электрических нагрузок с учетом амплитуды суточных колебаний;

- II – максимальных тепловых нагрузок, также с учетом амплитуды;

- III – минимальных электрических нагрузок;

- IV – минимальных тепловых нагрузок.

4. Для базовых расчетных режимов (п. 4) анализируются мероприятия по энергосбережению и выравниванию неравномерности нагрузок. В качестве таких мероприятий следует рассмотреть:

- утилизацию теплоты вентиляционных выбросов;

- автоматизацию теплопотребляющих систем с целью исключения перетопов;

- использование в системах кондиционирования воздуха абсорбционных холодильных машин, а в ряде случаев сухих охладителей (dry cooler);

- частотный электропривод силового оборудования (технология, насосные, ИТП и др.);

- энергосберегающие светильники внутреннего и наружного освещения;

- аккумулирование тепловых нагрузок (горячее водоснабжение).

В ряде случаев экономически целесообразно рассмотреть использование технологий нетрадиционной, в том числе возобновляемой энергетики. При рассмотрении технологических объектов целесообразно совместно со специалистами рассмотреть энергетику технологических режимов, сменность работы. С учетом анализа энергосберегающих и выравнивающих мероприятий строятся скорректированные графики годовых электрических и тепловых нагрузок, а также расчетные (см. п. 4).

5. Определяется возможность получения и реализации технических условий на присоединение внешних энергосистем, на частичное покрытие требуемых нагрузок [1].

Минимально необходимые нагрузки определяются по мощности гарантированных потребителей I категории (насосные пожаротушения, канализационные станции, системы дымоудаления, серверные, лифты, система отопления и т. п.).

Как правило, величина этих нагрузок по электроэнергии находится в диапазоне 5–10 % от максимального потребления и 20–40 % –

по теплотреблению. Оптимальная величина покрытия нагрузок за счет внешних сетей определяется по графикам расчетного потребления в годовом режиме и соответствует превышению пиковых нагрузок над базовыми. В большинстве случаев эта величина составляет 30–60 % от общей потребности в электроэнергии и 20–50 % – по тепловой.

6. С учетом нагрузок, приходящихся на внешние сети, определяется нагрузка на мини-ТЭЦ, по которой выбираются количество и мощность газопоршневых двигателей.

Учитывая глубину регулирования мощности двигателей (как правило, 50–100 %), минимальная электрическая нагрузка определяет мощность самого малого из агрегатов.

7. Рассчитывается режим работы мини-ТЭЦ и строятся суточные и годовые графики работы двигателей исходя из того, что мини-ТЭЦ закладывается в базу энергоснабжения объекта с максимальным коэффициентом загрузки.

Покрытие пиковых нагрузок осуществляется за счет внешних сетей. Определяющим режимом является режим электроснабжения.

8. Путем наложения графиков энергопотребления и энергопроизводства по приоритету электроснабжения рассчитываются величины и продолжительность дефицита (избытка) тепловой мощности мини-ТЭЦ.

По этим характеристикам подбирается мощность пиковых водогрейных котлов (в периоды дефицита тепловой энергии) и градиент для сброса теплоты в периоды ее перепроизводства.

9. Разрабатывается принципиальная схема мини-ТЭЦ и выбираются все основные и вспомогательные элементы рассматриваемых вариантов установки.

10. Рассчитывается экономическая эффективность вариантов по методике дисконтированных доходов.

Например, ПЛ АВОК 7–2005 [10] с определением следующих показателей:

- чистый дисконтированный доход (*ЧДД*);
- индекс доходности инвестиций (*ИД*).

На основании анализа принимается окончательный вариант мини-ТЭЦ, который реализуется в рабочую документацию [1].

2.9. Особенности проектирования центрального теплового пункта высотного жилого здания

Присоединение систем внутреннего теплоснабжения высотного здания выполняется через тепловые пункты. Учитывая, что высотные комплексы, как правило, являются многофункциональными по назначению с развитой стилобатной и подземной частью, на которой могут находиться несколько зданий, возможны два принципиальных решения. Одно – это устройство центрального теплового пункта (ЦТП), где располагаются все теплообменные аппараты, передающие энергию перегретой воды к низкопотенциальным теплоносителям второго контура с расчетными параметрами 95 °С и ниже для систем отопления, калориферов приточных систем и систем горячего водоснабжения. Из этого ЦТП низкопотенциальные теплоносители по отдельным трубопроводам от общей гребенки поступают к каждой системе теплоснабжения. Так осуществлено теплоснабжение систем теплоснабжения высотных комплексов «Алые Паруса», «Воробьевы горы», «Триумф-Палас», «Миракс Парк» и многих других. Другое решение – ЦТП служит для ввода городских тепловых сетей на объект и размещения узла учета тепловой энергии и может быть совмещен с одним из индивидуальных локальных тепловых пунктов (ИТП), служащих для присоединения местных систем теплоснабжения, близких по расположению к данному тепловому пункту. Из этого ЦТП вода по двум трубам, а не по нескольким от гребенки, как в предыдущем случае, подается в локальные ИТП, расположенные в других частях комплекса, в том числе и на верхних этажах, по принципу приближенности в тепловой нагрузке.

При высоте зданий до 200–220 м возможно размещение тепловых пунктов внизу здания, как правило, не ниже 1-го этажа. При большей высоте зданий во избежание повышенных давлений в трубопроводах рекомендуется применять каскадную схему подключения зональных теплообменников систем отопления и горячего водоснабжения. Одна группа теплообменников будет обеспечивать системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения первой зоны, нагревая воду, циркулирующую в этих системах, до нужных параметров, а другая – нагревать воду, подаваемую в следующие по высоте зоны [1].

Помимо особенностей, изложенных выше, проектирование тепловых пунктов следует выполнять в соответствии с [11].

Проектирование ЦТП начинается с анализа доступной площади помещения, которое под него выделяется. Рекомендуются следующие значения высоты помещения: для ЦТП мощностью 1–1,5 Гкал/ч – не менее 3 м, мощностью 1,5–10 Гкал/ч – не менее 3,2–3,5 м, мощностью более 10 Гкал/ч – не менее

4,5 м. На крупных объектах, в которых мощность ЦТП составляет более 20 Гкал/ч, минимальная высота помещения должна составлять 5–6 м. В этом случае оборудование и трубопроводы располагают по вертикали, с тем чтобы в процессе эксплуатации они были легко доступны. При недостаточной высоте помещения трубы фактически не являются обслуживаемыми и тем более ремонтпригодными.

Все системы высотных многофункциональных комплексов должны иметь 100 %-е резервирование по теплообменникам и насосам. Это позволяет в случае больших морозов, когда теплоснабжающая организация не соблюдает температурный график и по температуре не хватает площади нагрева, включать в параллельную работу резервные теплообменники и тем самым обеспечивать нормальный температурный график для данной температуры наружного воздуха.

Исходя из требований нормативных документов необходимо делать 100 %-е резервирование систем отопления и вентиляции.

При аварии на теплообменнике система вентиляции наиболее уязвима, т. к. контактирует с наружным воздухом, в то время как, например, система отопления «защищена» от наружного воздуха ограждающими конструкциями жилого комплекса. Переход на резервный теплообменник предотвратит поломки всех вентиляционных установок, обслуживающих данную зону. Перерыв в подаче теплоносителя в течение 3–4 мин приводит к размораживанию калорифера вентиляционной установки, даже при четком срабатывании автоматики данной установки.

Система отопления разделяется на зоны, и вследствие их достаточно большой протяженности возникает определенная проблема. При высоте зоны 80–90 м в системе отопления возникает эффект дегазации воды (при высоте зоны до 75 м этот эффект не

столь выражен). В самых верхних точках системы давление невелико, оно составляет примерно 1,5 бара, и начинается дегазация растворенного кислорода из теплоносителя, что приводит к завоздушиванию системы. Существует два варианта решения данной проблемы. Первый – установить в нижней части здания (в ЦТП) деаэраторы. Этот вариант отличается достаточно большими капитальными затратами, кроме того, необходимо выделение дополнительных площадей для размещения оборудования, а сами деаэраторы должны подвергаться ревизии каждый сезон, что создает дополнительные проблемы для службы эксплуатации. Второй вариант решения – обязательная установка автоматических воздухоотводчиков в верхней части зоны.

По вопросу требуемой кратности воздухообмена в помещениях ЦТП нет единого мнения. Предлагаются два варианта: кратность воздухообмена в помещениях ЦТП должна составлять либо 8 1/ч, либо достаточно 3 1/ч. Но в любом случае воздух, удаляемый из помещения ЦТП, при правильной организации системы вентиляции, отсутствии каких-либо утечек может быть использован как приточный в технические помещения.

В комплексе «Воробьевы горы» принят единый ЦТП на все жилые корпуса и общественную зону (рис. 10). Общая площадь – более 1 200 м². Высота помещения – 6 м. Мощность теплового пункта составляет 29 Гкал/ч (для сравнения, мощность теплового пункта в городе Московской области с населением 35 000 человек имеет мощность 14,5 Гкал/ч).

ЦТП состоит из трех функциональных частей: системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения высотных и малых корпусов, а также стилобатной части комплекса. Под малыми корпусами здесь подразумеваются достаточно высокие здания. Их высота достигает 22 этажей, высотные корпуса имеют 40–45 этажей. Такое функциональное деление ЦТП позволило в процессе строительства и монтажа теплового пункта запускать систему отопления комплекса по мере готовности здания. Изначально были построены высотные корпуса, и в них сразу смонтирована и подключена система отопления, поскольку к этому моменту уже был смонтирован узел ввода в ЦТП, а от него сделано три ответвления, соответствующие указанным выше функциональным ча-

стям. Затем были введены в эксплуатацию системы малых корпусов и стилобатной части.



Рис. 10. Общий вид ЦТП

По центральной оси ЦТП установлены станция поддержания давления в системах и шкафы автоматизации и диспетчеризации ЦТП. Справа и слева от центральной оси ЦТП установлены блоки отопления, вентиляции, горячего водоснабжения. Каждый блок состоит из двух теплообменников со своими насосами. Вдоль всех блоков проходит центральный проезд шириной не менее 1 700 мм. Выбор такой ширины проезда обусловлен тем, что в ЦТП установлено достаточно тяжелое и габаритное оборудование: расширительные баки, станции поддержания давления, накопительные электробойлеры аварийной системы горячего водоснабжения и т. д., а ширина малых механизированных машин, позволяющих вы-

везти данное тяжелое оборудование, составляет 1 640 мм по колее. Для этих же целей – возможностей вывоза в случае необходимости тяжелого оборудования – въезд в ЦТП устроен из помещения подземного гаража-автостоянки.

Большие размеры ЦТП привели к тому, что в нем существуют четыре входа / выхода, при этом у каждого из них установлены отдельные пульты управления аварийным и рабочим освещением. Это сделано для того, чтобы сотрудник, зашедший в помещение, а затем покинувший его, на пример, по техническому коллектору, мог пройти через освещенный ЦТП, а затем выключить его на выходе.

Все тепловые нагрузки комплекса подключены по независимой схеме. Система отопления высотных корпусов поделена на три зоны. Система горячего водоснабжения также трех-зонная. Система отопления малых корпусов одно-зонная, горячего водоснабжения – двух-зонная.

Все системы имеют 100 %-е резервирование по теплообменникам и насосам. В дополнение к этому в системах автоматизации изменен алгоритм перевода подачи теплоносителя в систему вентиляции с одного насоса на другой. Второй насос запускается не после остановки первого, а разгоняется частотным преобразователем вместе с рабочим насосом. Только после выхода на требуемый режим происходит отключение насоса, который по графику в данный момент должен быть выведен из работы.

В ЦТП больших мощностей в связи с большими теплопоступлениями от установленного оборудования существует проблема поддержания рабочей температуры воздуха в помещениях данного ЦТП. На рассматриваемом объекте применялась теплоизоляция из минеральной ваты толщиной 35 мм в два слоя, сжатых до 50 мм и закрытых сверху кожухами из листового алюминия толщиной 0,6 мм. Данные кожухи увеличивают капитальные затраты, но в отличие от кожухов из оцинкованной стали и текстильной обмотки теплоизоляции подобное исполнение наи более долговечно. В ЦТП в любом случае достаточно влажно, и в данных условиях алюминий, в отличие от прочих материалов, практически не корродирует, а кроме того, хорошо защищает слой теплоизоляции от механических повреждений. За семь-восемь лет эксплуатации ЦТП сохранились хороший внешний вид и качество теплоизоляции, в то же время покрытие, выполненное

из алюминиевой фольги, пришло в негодность и потребовало замены уже через три года.

Вытяжка из ЦТП распределяется по помещениям гаража, т. е. вытяжные установки системы вентиляции ЦТП используются в качестве системы приточной вентиляции и воздушного отопления гаражей-автостоянок. В этом случае уменьшаются эксплуатационные затраты на климатизацию помещений гаражей, а также капитальные затраты за счет отказа от приточных установок. В комплексе «Воробьевы горы» вытяжной воздух из ЦТП подается также в снеготаялку [1].

Вопросы для самопроверки

1. Каковы особенности выбора климатических параметров при расчете систем энергоснабжения высотных зданий.
2. Как определяется температура наружного воздуха для расчета теплотребления высотного здания.
3. Как учитывается солнечная радиация и конвективные потоки у наружной поверхности здания.
5. Основные требования к системам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий.
6. Технологии совместной работы автономного источника энергоснабжения с централизованной системой.
7. Назовите автономные источники энергоснабжения многоэтажных зданий.
8. Опишите алгоритм расчета и подбора мини-ТЭЦ.
9. Каковы особенности проектирования центрального теплового пункта высотного жилого здания.

Лекция 3

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦТП И ТРУБОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

План лекции

- 3.1 Узел ввода
 - 3.2 Станция заполнения
 - 3.3 Система аварийного поддержания давления
 - 3.4 Теплообменники системы отопления и их обвязка
 - 3.5 Насосное оборудование
 - 3.6 Станция поддержания давления
 - 3.7 Дренажные системы
 - 3.8 Системы автоматизации и диспетчеризации
 - 3.9 Рекомендации по расчету трубопроводных сетей инженерных систем высотных зданий
- 3.2 Характеристики основных узлов центрального теплового пункта высотного жилого здания.

3.1. Узел ввода

Для обеспечения стабильной работы ЦТП необходимо минимизировать перепады давления, характерные для городских тепловых сетей. Для этого на подающих магистралях устанавливаются регуляторы перепада давления (рис. 11). В зимний период между прямой и обратной магистралями поддерживается перепад давления 2 бара, а в летний период, когда работают только системы горячего водоснабжения и вентиляции (последняя необходима для помещений аквапарка, где требуется поддерживать температуру 29–30 °С, или для детского бассейна, где температура воздуха может быть еще выше), перепад давления между прямой и обратной магистралями поддерживается на уровне 1–1,2 бара. Данного перепада вполне достаточно для нагрева воды до рабочей температуры, но в то же время такой малый перепад позволяет снизить температуру обратной воды, т. е. более качественно осуществлять отбор теплоты с подающих сетей.

Расходы теплоносителя в зимний и летний периоды времени сильно отличаются. Часто бывают дни, когда расход горячей воды составляет около 1,5–2 т/сут, в результате этого регулятор перепа-

да давления постоянно должен находиться в закрытом состоянии. Он имеет так называемый пилотный клапан и достаточно точно контролирует перепад давления на вводе между прямой и обратной водой (рис. 12). Это позволяет предотвратить эффект «гидравлического помпажа», когда давление в системе начинает интенсивно изменяться.

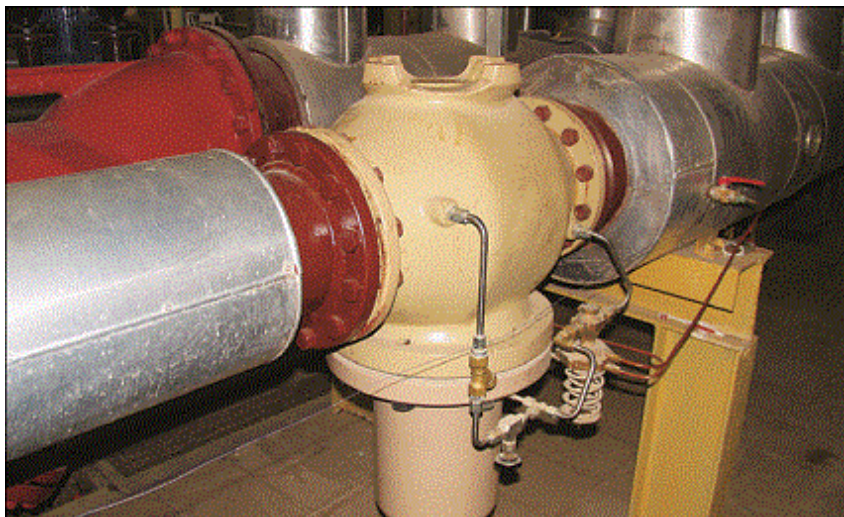


Рис. 11. Регуляторы перепада давления на узле ввода

При установке на ЦТП регуляторов другой конструкции каждое лето, когда начинается «раскачка» гидравлической системы на вводе, возникают одни и те же проблемы. В качестве предупреждающей меры можно поджимать краны на импульсных трубках, но это оказывается недостаточно эффективно, поскольку необходима очень точная регулировка. Избавиться от данных проблем позволила установка капилляров на импульсных трубках, в результате чего сгладилось управляющее усилие на мембранных регуляторах перепада давления.

На прямой и обратной магистралях установлены ультразвуковые расходомеры, а на подпиточной магистрали теплоснабжающая организация ставит обычный механический водомер. Это является существенным конструктивным недостатком.

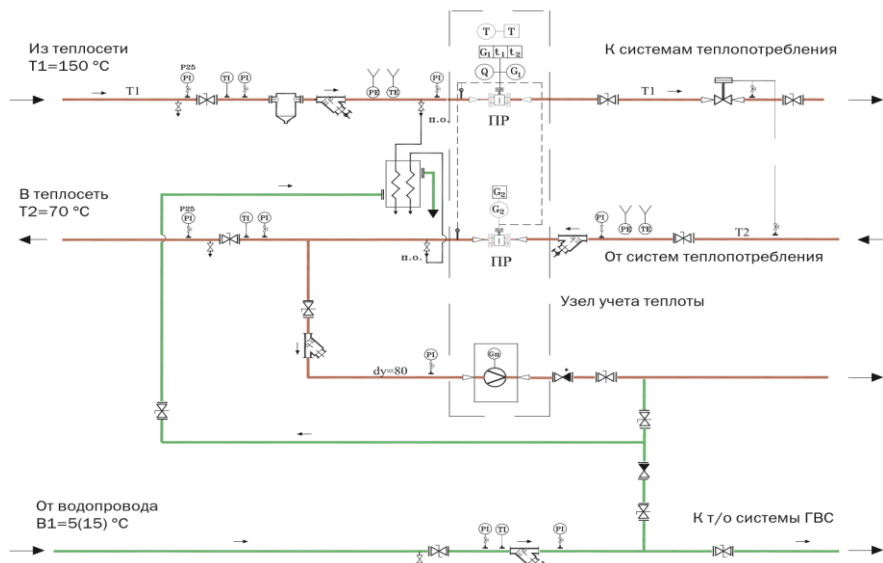


Рис. 12. Тепловой ввод

В случае аварии, например, по вине владельца квартиры и строителей, когда вода начинает уходить, по алгоритму поддержания давления включаются насосы заполнения на данную систему. После нескольких подобных аварий происходит разрушение крыльчатки водомера. Чтобы этого избежать, необходимо устанавливать ультразвуковые расходомеры и на подпиточной магистрали. Данный ультразвуковой расходомер должен быть рассчитан на достаточно широкий диапазон измерений, который позволяет с высокой степенью точности учитывать, как малые, так и пиковые расходы, когда в работу включается насос заполнения.

Все вводные шаровые краны на диаметры от 150 мм и выше устанавливаются с редукторами на шпинделе управления. Это, во-первых, позволяет уменьшить рабочий объем вокруг данной запорной арматуры, а во-вторых, позволяет обслуживающему персоналу закрывать такие задвижки без особых физических усилий. Опыт эксплуатации показывает, что если кран не был закрыт в течение одного сезона, то даже кран на диаметре 150 мм можно закрыть только при помощи отстукивания корпуса кувалдой, поскольку уплотнительное кольцо «врастает» в шар [1].

3.2. Станция заполнения

В ЦТП смонтировано 12 систем, и все они обвязаны на одну станцию заполнения. Насосы станции заполнения подобраны таким образом, чтобы обеспечить заполнение системы самой высокой зоны. Чтобы исключить при этом повышение давления при заполнении более низких зон, на каждой врезке от данной магистрали установлены электромагнитные клапаны, рассчитанные на давление 25 бар, которые открываются только на заполняемую зону системы. Для поддержания давления в системах используются станции поддержания давления (см. с. 84 [1]).

3.3. Система аварийного поддержания давления

Рядом с узлом ввода смонтированы насосы заполнения систем комплекса. Гидростатическое давление в системах составляет от 3,5 до 21 бара. Поэтому, чтобы можно было использовать эти насосы в качестве аварийной системы поддержания давления, в точках присоединения магистрали заполнения к системам отопления и вентиляции были установлены соленоидные парные электромагнитные клапаны. Система автоматизации всегда отслеживает работоспособность станции поддержания давления и в случае выхода ее из строя и появления сигнала аварии переходит на резервную программу поддержания давления через соленоидные клапаны. После соленоидного стоит обратный клапан, который позволяет защитить данный соленоидный клапан от гидравлических ударов в момент остановки насосов заполнения системы [1].

3.4. Теплообменники системы отопления и их обвязка

В состав данного узла входят два насоса (рис. 13.). Один из насосов работает за счет частотного регулирования и поддерживает необходимый перепад давления с учетом всех гидропотерь в системе. Второй находится в резерве. На входе установлен фильтр, который может отсекается посредством дискового затвора.

В обвязке блока теплообменников применены как шаровые краны, так и дисковые затворы. Известны случаи, когда шаровые краны, установленные на системах горячего водоснабжения, выходили из строя через два года эксплуатации из-за сквозной корро-

зии корпуса крана. В связи с этим обстоятельством шаровые краны устанавливаются только на подготовленной воде от ТЭЦ. На местной воде применяются только дисковые затворы. Температура этой воды не может превышать $95\text{ }^{\circ}\text{C}$, а это рабочая температура для данного типа арматуры. Установка дисковых затворов приводит к существенному уменьшению геометрических размеров обвязки блока. Кроме того, такое деление по типам арматуры позволяет службе эксплуатации четко различать магистрали [1].

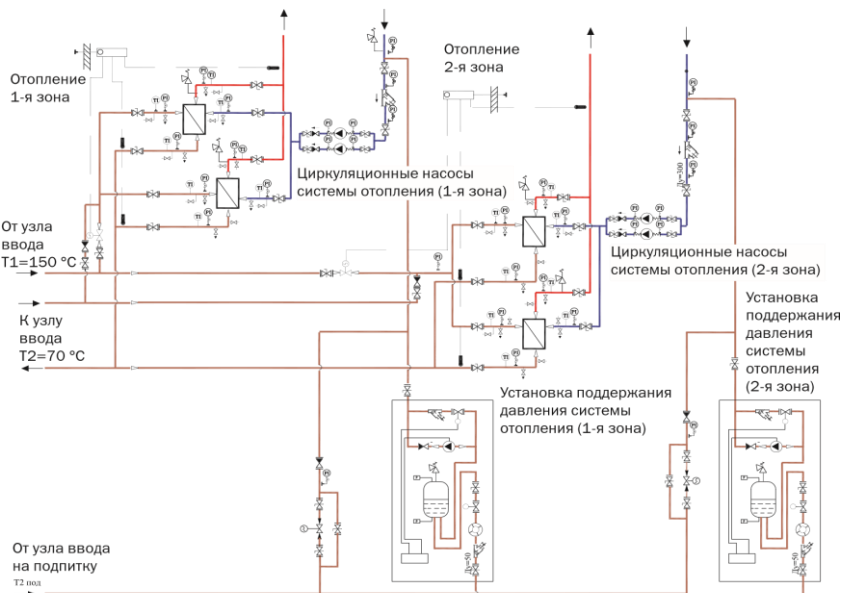


Рис. 13. Блок системы отопления, теплообменники, циркуляционные насосы, установка поддержания давления

Согласно требованиям изготовителей, дисковые затворы обвязывают только воротниковыми фланцами, которые имеют такой же внутренний диаметр, как D_u данного клапана. Это связано с тем, что уплотняющий манжет должен прижиматься к фланцу по всей своей площади, обращенной к данному фланцу, во избежание выдавливания резинового уплотнения из корпуса затвора. Для исключения ошибки при монтаже использовались воротниковые фланцы по всему ЦТП.

В ЦТП использованы 40-барные запорные краны с девятью нитками резьбы. Этот вид арматуры был выбран из-за высокой надежности и во избежание аварийных ситуаций, вызванных разрывом корпусов по резьбовому соединению запорных кранов. Такая проблема может возникнуть в связи с тем, что европейский стандарт предусматривает пять ниток резьбы, отечественный – семь ниток. В результате при монтаже слесарь, пытаясь затянуть оставшиеся две нитки, упирается во внутренний фланец крана, вследствие чего в корпусе возникают очень большие напряжения, которые затем инициируют образование микротрещин [1].

3.5. Насосное оборудование

В составе системы используются насосы с U-образным элементом. Данный элемент позволяет уплотнить монтажную зону, поскольку посредством него можно отсечь один или оба насоса без использования дополнительной запорной арматуры. В U-образном элементе с одной стороны устанавливается запорный кран, с другой стороны – запорный кран и обратный клапан. В результате на обвязке ставятся либо два U-образных элемента, либо четыре дисковых затвора и два обратных клапана. В первом случае капитальные затраты существенно меньше, кроме того, существенно уменьшаются габаритные размеры обвязки. Тем не менее при всех достоинствах подобные насосы не рекомендуется ставить на системы горячего водоснабжения, поскольку растворенный в воде кислород приводит к выходу из строя обратных клапанов, выполненных из нержавеющей стали.

Все датчики системы автоматизации и диспетчеризации установлены на отдельной стойке и обвязаны медными трубками на места присоединений. Такой вынос датчиков на отдельную стойку позволяет, во-первых, защитить их от повреждений при каких-либо слесарных работах на насосном оборудовании или на обратных клапанах, во-вторых, легко их обслуживать. Медная трубка, посредством которой датчики присоединяются к местам съема показаний, из-за своей длины и малого объема позволяет защитить достаточно дорогостоящие датчики от загрязнений, так или иначе присутствующих в системе – данные загрязнения осаждаются в трубке. В межсезонье трубка отсоединяется от датчиков и промывается [1].

3.6. Станция поддержания давления

Для поддержания давления в системах применяются специальные станции или насосы с мембранными баками. Недостаток последних – высокая стоимость эксплуатации. В частности, один раз в два года необходимо делать рентгеноскопию баков, стоимость которой достаточно высока.

На рассматриваемом ЦТП применяются станции поддержания давления (рис. 14). В их состав входят подпиточная линия и безнапорные расширительные баки. Подпиточная линия включает кран, регулятор давления с фильтром, счетчик, электромагнитный клапан и насосы. Клапан с электроприводом позволяет сбрасывать избыточное давление. Станции с электронным управлением сброса давления обладают некоторыми недостатками, один из которых – зависимость от внешнего источника электроснабжения. Если система, которую обслуживает данная станция поддержания давления, находится в разгоне по теплоте, то в случае аварии в системе электроснабжения этой станции избыточное давление за счет расширения воды при нагревании приведет к сбросу воды через предохранительные клапаны и, таким образом, ее потере и необходимости дальнейшего заполнения системы с соответствующими финансовыми затратами [1].

Вода из системы отопления при расширении сбрасывается в безнапорные баки. Чтобы предупредить доступ воздуха в эти баки, устанавливается предохранительный клапан на 0,5 бара. Внутри бака установлена резиновая каучуковая мембрана, препятствующая контакту воды со сталью.

На объекте применяются станции с регуляторами давления прямого действия (регуляторами давления «до себя»). Эти регуляторы могут нормально функционировать и в случае перебоев в электроснабжении. Данный вариант отличается большей надежностью, т. к. регуляторы всегда могут сбросить излишнее давление в свой бак. Даже если бак полностью заполнится, вода через предохранительный клапан будет выливаться на пол ЦТП, который оборудован хорошей дренажной системой.

Станции, рассчитанные на большое давление, производители оборудуют дополнительными промежуточными баками для гашения стартовых гидравлических ударов от насосов, хотя в данных

баках нет особой необходимости, поскольку насосы имеют частотное управление и порог старта задается с контроллера [1]



Рис. 14. Станция поддержания давления

3.7. Дренажные системы

На ЦТП установлена дренажная система закрытого типа. Дренажи от инженерных систем ЦТП объединяются в три различные магистрали, которые выводятся в приемки. В отдельную магистраль собирается вода от ТЭЦ, в отдельную магистраль – холодная вода, которая так или иначе присутствует в ЦТП, и в отдельную магистраль собираются дренажи горячей воды. В эти же магистрали выведены все предохранительные клапаны, которые установлены в системе. Преимуществом такой схемы является возможность быстрой идентификации участка возможной аварии – зная, в каком месте в приемок подведена каждая дренажная магистраль, можно четко локализовать место утечки [1].

В ЦТП устроены два приемка. В приемке установлены два насоса: основной и резервный. В процессе проектирования высказывались возражения представителями теплоснабжающей организации, которые требовали обеспечить разрыв струи, отказавшись

от закрытых дренажных систем с крановыми соединениями. В ходе дискуссии, опираясь на нормативные документы, удалось доказать, что приямок является элементом разрыва струи, поэтому закрытая дренажная система со сбросом в приямок соответствует всем требованиям.

Следует обратить особое внимание на обвязку дренажного трубопровода. Дело в том, что вода достаточно грязная. Краны получают повреждения и начинают пропускать воду. Периодически их необходимо менять. Поэтому после каждого крана стоит торцевое соединение с прокладкой (а не конусное – в этом случае соединение невозможно будет разобрать). После каждого торцевого соединения стоят два угольника, которые позволяют разворачивать соединение в различных плоскостях (если первый угольник поворачивается по горизонтали, то второй – обязательно по вертикали). Подобная схема позволяет на одном из угольников безнапорного трубопровода отодвинуть часть торцевого соединения от ответной части и, соответственно, поменять кран, что невозможно сделать при какой-то другой схеме. Та же самая схема применяется на всех дренажных кранах в системах отопления на технических этажах [1].

3.8. Системы автоматизации и диспетчеризации

На основе опыта использования различных вариантов систем автоматизации и диспетчеризации была принята система на основе оборудования, не только позволяющего реализовать практически все необходимые функции системы, но и имеющего в наличии свободно программируемые контроллеры, позволяющие реализовать и те функции, которые изначально не были предусмотрены проектом. Так, например, в настоящее время в жилом комплексе «Воробьевы горы» реализуется система аварийного поддержания давления в системах при выходе из строя установки поддержания давления. В системах автоматизации ЦТП используются совмещенные шкафы управления, в которых установлены как контроллеры, так и силовое оборудование (рис. 15) [1].

Важными преимуществами системы являются также простота и наглядность визуализации информации и легкость управления, позволяющие обслуживать систему персоналу не очень высокой квали-

фикации. Минимальный уровень доступа, который дается диспетчеру, позволяет ему полностью контролировать работу ЦТП, но, разумеется, без права вмешательства в его работу. У каждого специалиста службы эксплуатации есть свой уровень доступа, определяющий уровень возможности вмешательства в работу системы.

Тем самым резко уменьшается количество шкафов, стены не загромождаются данным оборудованием. Все насосы имеют частотное управление. Подробнее о системах автоматизации см. [1].

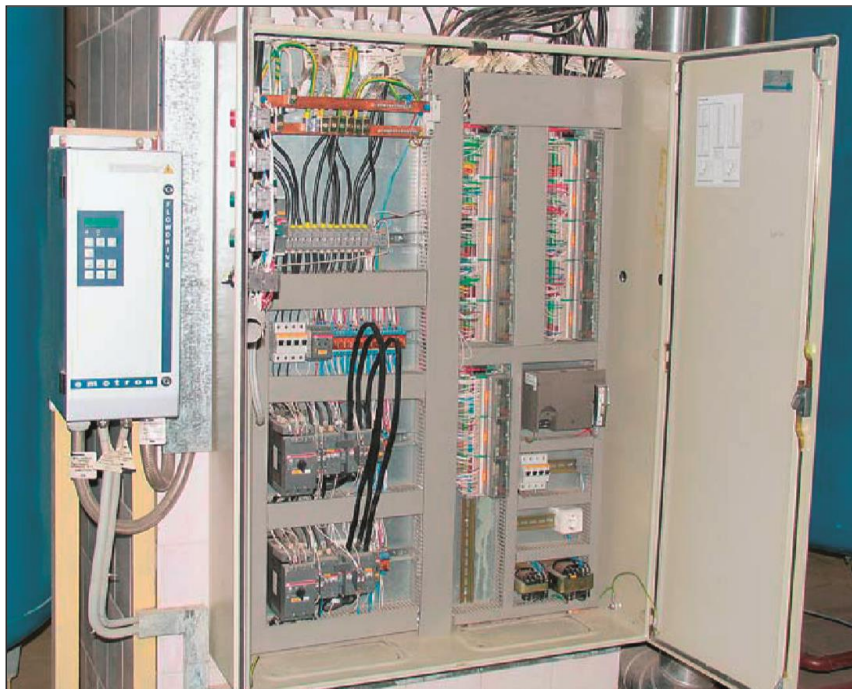


Рис. 15. Щиты автоматики

3.9. Рекомендации по расчету трубопроводных сетей инженерных систем высотных зданий

На электропривод нагнетателей для перекачки среды (насосов, вентиляторов) приходится до 50 % расходов электроэнергии на обслуживание высотных зданий. Тем не менее проблеме энергосбере-

жения в трубопроводных системах в практике проектирования, строительства и эксплуатации не уделяется должного внимания.

Целевой функцией трубопроводных систем считается доставка заданного количества среды (воздуха, воды, холодоносителя) в определенные зоны здания. Расход энергии будет зависеть от сечения трубопроводов. Чем меньше сечение трубопровода, тем большее количество энергии надо затратить на перекачку заданного количества среды.

Выбор сечения трубопровода и скорости перемещения среды с экономической точки зрения оптимизационная задача, устанавливающая самый выгодный баланс между эксплуатационными затратами (и в первую очередь расходом электроэнергии на перекачку среды) и инвестициями в создание системы.

Расход электроэнергии N пропорционален напору H нагнетателя для преодоления местных сопротивлений и линейных гидравлических потерь трубопроводов. В свою очередь величина потерь и, следовательно, напор возрастают пропорционально квадрату скорости движения среды, а диаметр трубопровода при заданном расходе среды обратно пропорционален квадратному корню из величины скорости. Таким образом, при прокачке одного и того же расхода среды увеличение диаметра трубопровода в два раза приведет к снижению энергетических затрат в 16 раз [1].

Вместе с тем существуют и технические ограничения скорости движения среды в трубопроводах. Так, верхний предел скорости в трубопроводах отопления определяется по акустическим требованиям величиной в 1,5–2 м/с, а минимальная скорость из условий воздухоудаления должна быть не менее 0,2 м/с.

Для воздуховодов систем вентиляции гражданских зданий по акустическим требованиям скорость воздуха ограничивается 6 м/с, а по условиям воздухораспределения в помещениях скорость выпуска воздуха может варьироваться от 0,5 до 3–4 м/с.

С позиций энергосбережения надо стремиться к минимальным скоростям перемещения среды, но при этом возрастает стоимость самих трубопроводных сетей, а также необходимо учитывать и дополнительный полезный объем здания для более громоздких коммуникаций.

Важным вопросом для высотных зданий является степень централизации инженерных систем. При разработке концепции инже-

нерного обеспечения высотных зданий и определении видов, количества и протяженности коммуникаций инженерных систем необходимо учитывать энергетические потери в трубопроводных сетях. Нередко стремление сократить число технических зон приводит к неоправданному увеличению протяженности транзитных магистралей, как следствие, растут энергетические потери и увеличивается полезный объем здания, занимаемый коммуникациями [1].

Следует обратить внимание и на то обстоятельство, что расход электроэнергии на привод вентиляторов и насосов складывается не только из сетевых энергетических потерь, но и включает преодоление местных сопротивлений оборудования (фильтры, теплообменники и др.). Энергетической оптимизации подлежат все элементы системы.

В практике проектирования и строительства, как правило, стремятся выбирать максимальные скорости движения среды, мотивируя это стремлением минимизировать затраты на инженерные системы и сэкономить побольше полезной площади здания. В какой-то степени этот подход был оправдан низкими тарифами на электроэнергию. В современных условиях такой подход недопустим, пренебрежение энергетическими затратами в сфере инженерного обеспечения зданий, срок службы которых около 100 лет, приведет к тяжелым энергетическим и экологическим последствиям.

Алгоритм оценки и выбора трубопроводных систем по показателям энергоэффективности может быть следующим [1]:

1. Разрабатывается концепция инженерных систем. Определяются количество систем и их производительность.

2. Определяются зоны и расходы среды, которые система должна транспортировать в эти зоны.

3. Определяется трассировка системы и строится пространственная схема трубопроводной системы.

4. Выбираются четыре-пять вариантов скорости движения среды в трубопроводах, охватывая весь диапазон допустимых по техническим ограничениям значений. При этом принимается во внимание унифицированный параметрический ряд сечений трубопроводов. При наличии альтернативных видов трубопроводов, например, в системах отопления «сталь – полиэтилен», оценка делается для всех рассматриваемых видов трубопроводов. Следует

иметь в виду, что полимерные трубопроводы имеют значительно меньшую гидравлическую шероховатость и их линейные потери давления ниже, чем у металлических труб. Выбираются сетевые элементы оборудования (фильтры, теплообменники, арматура и др.) с пониженными местными сопротивлениями.

5. Производится гидравлический расчет сети трубопроводов по всем вариантам и определяются необходимые напоры нагнетателей. В современной практике проектирования используются специальные расчетные программы, решающие как прямую, так и обратную задачи.

6. По потребным напорам и заданной производительности систем подбираются нагнетатели. Подбор производится в зонах характеристики нагнетателей с максимальным КПД.

7. Определяются годовой эксплуатационный режим и число часов работы нагнетателя в году.

8. Определяются годовые расходы электроэнергии в каждом из вариантов и их стоимостное выражение.

9. Выполняются сметные расчеты затрат на монтаж всех вариантов системы. При этом учитывается и стоимость полезного объема здания, занимаемого системой в каждом из вариантов.

10. Производится упрощенная экспресс-оценка изменяемой части эксплуатационных затрат – затрат на электроэнергию за 10-летний период службы системы.

11. В случае необходимости производится расчет инвестиционной составляющей на установленную электрическую мощность системы.

12. Производится расчет инвестиционно-эксплуатационного показателя энергоэффективности всех вариантов системы как суммы всех инвестиционных затрат и затрат на электроэнергию за 10-летний период службы системы.

13. Строится график зависимости инвестиционно-эксплуатационного показателя энергоэффективности от средней скорости движения среды в трубопроводах и выбирается вариант, соответствующий минимальному показателю инвестиционно-эксплуатационного показателя энергоэффективности.

14. Определяется экономия инвестиционно-эксплуатационного показателя энергоэффективности выбранного варианта по отно-

шению к традиционному, в качестве которого используется вариант максимальных скоростей в пределах технических ограничений, а также величина экономии электроэнергии. Рекомендуемые скорости движения рабочей среды в системах холодоснабжения, отопления, водоснабжения и канализации в зависимости от количества рабочих часов систем в году приведены в табл. 4. Эти значения следует рассматривать как максимальные при оценочных расчетах. Удельные гидравлические потери резко возрастают с уменьшением диаметра трубопроводов. Ориентируясь на среднюю скорость среды в системе, рекомендуется предусматривать большие значения скорости среды для магистралей и меньшие – для ответвлений и подводов [1].

Таблица 4

Рекомендуемые скорости движения воды в трубопроводах

Трубопроводные системы	Расчетная максимальная скорость воды, м/с	Рекомендуемая скорость воды, м/с		Экономия электроэнергии, %
		Магистраль	Ответвление	
Системы холодоснабжения при загрузженности, ч/год: до 1 000 1000–2 000 2000–3 000	2,0			
		1,3–1,5	0,5–0,8	65–70
		1,0–6,3	0,4–0,6	80–85
		0,8–1,0	0,3–0,5	85–90
Системы отопления при загрузженности, ч/год: до 3 000 2000–4 000 4 000–5 000 свыше 5 000	1,5			
		0,8–1,0	0,4–0,5	60–70
		0,6–0,8	0,4–0,5	75–80
		0,4–0,6	0,3–0,4	80–85
		0,3–0,5	0,2–0,3	85–90
Система циркуляции горячего водоснабжения	1,5	0,5–0,6	0,3–0,5	80–90

Вопросы для самопроверки

1. Назовите назначение основных элементов узла ввода.
2. Назовите назначение основных элементов станции заполнения.
3. Назовите назначение основных элементов системы аварийного поддержания давления.
4. Опишите обвязку теплообменников системы отопления.
5. Дайте характеристику насосного оборудования ТП высотного здания.
6. Опишите назначение и основные элементы станции поддержания давления.
7. Для чего необходимы дренажные системы.
8. Основное назначение системы автоматизации и диспетчеризации.
9. Особенности расчета трубопроводных сетей инженерных систем высотных зданий.
10. Перечислите основные узлы центрального теплового пункта высотного жилого здания.

Лекция 4

СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

План лекции

- 4.1. Требования к системам отопления высотных зданий.
- 4.2. Оборудование и материалы систем отопления.
- 4.3. Энергосбережение.
- 4.4. Монтаж, наладка и эксплуатация систем отопления.
- 4.5. Особенности устройства систем отопления высотных жилых зданий.
- 4.6. Типы систем поквартирного отопления.
- 4.7. Особенности применения труб из термостойких полимерных материалов.
- 4.8. Особенности применения труб из меди.
- 4.9. Автоматические балансировочные клапаны в системах отопления.
- 4.10. Эксплуатация систем отопления.

4.1. Требования к системам отопления высотных зданий

Системы отопления должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- поддерживать расчетную температуру воздуха в помещениях на протяжении всего отопительного периода;
- быть безопасными для жизни и здоровья обитателей и обслуживающего персонала;
- обеспечивать сохранность здания и имущества;
- обладать надежностью, долговечностью, ремонтпригодностью;
- обеспечивать возможность регулирования воздушно-теплового режима помещений;
- соответствовать требованиям энергоэффективности.

При проектировании, монтаже и эксплуатации следует руководствоваться действующими нормативными требованиями. Система отопления здания подразделяется на подсистемы для конструктивных и функциональных зон. Деление подсистем по конструктивным зонам осуществляется с учетом:

- ограничения гидравлического давления в подсистемах по высоте из условия соответствия рабочему давлению элементов подсистем;

- протяженности и размеров теплопроводов, схемных решений систем отопления, условий тепловой и гидравлической устойчивости;

- пофасадной ориентации.

Деление подсистем по функциональным зонам осуществляется с учетом:

- различия расчетной температуры в обслуживаемых зонах;
- режимов эксплуатации зон;
- требований к теплоносителю;
- балансовой принадлежности зон.

Каждую из подсистем оборудуют отдельным узлом управления с запорной и регулирующей арматурой, фильтрами и узлом учета тепловой энергии (при необходимости). Поквартирные подсистемы отопления оборудуют узлом ввода с запорной, регулирующей и спускной арматурой, фильтрами и теплосчетчиком. Узел ввода располагают вне квартиры.

Проектирование систем отопления осуществляется на основе технического задания, утвержденного заказчиком. В состав технического задания следует включать:

- нормативные требования;
- расчетные внутренние температурные условия для всех зон;
- требования к основному оборудованию и материалам;
- технические условия по смежным разделам проекта (объемно-планировочные и конструктивные решения, вентиляция и кондиционирование воздуха, водопровод и канализация, теплоснабжение, электроснабжение и автоматизация).

Теплопроизводительность системы отопления следует рассчитывать на обеспечение расчетной температуры воздуха (помещения) с учетом:

- теплопотерь через наружные ограждения;
- теплопотерь через внутренние ограждения;
- расхода теплоты на нагрев инфильтрационного воздуха;
- расхода теплоты на нагрев (догрев) вентиляционного воздуха;
- бытовых тепловыделений (от электрооборудования, оргтехники, освещения, людей и др.);

- теплопоступлений от солнечной радиации.

В высотных зданиях могут использоваться следующие типы систем отопления:

- водяные двухтрубные с горизонтальной разводкой по этажам или вертикальные;
- воздушные с отопительно-рециркуляционными агрегатами в пределах одного помещения или совмещенные с системой механической приточной вентиляции;
- электрические по заданию на проектирование и при получении технических условий от энергоснабжающей организации с учетом требований [12]. Допускается применять напольное (водяное или электрическое) отопление для обогрева ванных комнат, раздевалок, помещений бассейнов и т. п.

Виды систем отопления для функциональных зон приведены в табл. 5.

Таблица 5

Системы отопления зон высотных зданий

Зона	Системы отопления
Жилая	Водяные двухтрубные с горизонтальной разводкой, с радиаторами, конвекторами, вентиляторными конвекторами, с поквартирными вводами с температурой теплоносителя до 95 °С* при использовании стальных или медных теплопроводов и до 90 °С – полимерных и металлополимерных
	Воздушные, совмещенные с системой механической вентиляции
	Водяные, электрические напольные со змеевиковой укладкой в конструкции пола для ванных комнат, детских, спален как дополнительное отопление
Офисная, гостиничная	Водяные двухтрубные с горизонтальной разводкой, разводкой по этажам с радиаторами, конвекторами, вентиляторными конвекторами, потолочными и стеновыми панелями с температурой теплоносителя до 95 °С* при использовании стальных или медных теплопроводов и до 90 °С – полимерных и металлополимерных
	Воздушные, совмещенные с системой механической вентиляции

	Воздушные с отопительно-рециркуляционными агрегатами с рециркуляцией в пределах одного помещения
Подземные гаражи и автостоянки	Водяные одно- или двухтрубные с регистрами и радиаторами со стальными или медными теплопроводами с температурой теплоносителя до 110 °С*
	Воздушные, совмещенные с системой механической вентиляции
	Воздушные с отопительно-рециркуляционными агрегатами
Зрительные залы, торговые залы, рестораны	Водяные двухтрубные с радиаторами и конвекторами, вентиляторными конвекторами, потолочными и стеновыми панелями с температурой теплоносителя до 95 °С* при использовании стальных или медных теплопроводов и до 90 °С — полимерных и металлополимерных
	Воздушные, совмещенные с системой механической вентиляции
Спортзалы, фитнес-центры, бассейны	Водяные двухтрубные с радиаторами, конвекторами, вентиляторными конвекторами, потолочными и стеновыми панелями с температурой теплоносителя до 95 °С* при использовании стальных и медных теплопроводов и до 90 °С – металлополимерных
	Воздушные, совмещенные с системой механической вентиляции
	Воздушные с отопительно-рециркуляционными агрегатами
* Рекомендуется при наличии обоснования ограничивать температуру теплоносителя 90 °С.	

Во избежание разбалансировки действующей системы отопления применение отопительных приборов, оснащенных автоматическими терморегулирующими клапанами, допускается согласно [13] при наличии запаса тепловой мощности системы отопления не менее 15 %.

Срок службы систем отопления должен быть не менее 40 лет. При отказе системы отопления или отдельных ее элементов должны быть предусмотрены резервные способы отопления из условия

обеспечения температуры воздуха не менее 10 °С на период восстановления или ремонта основной системы отопления. Ремонтопригодность системы отопления должна обеспечивать ее восстановление в срок не более 54 ч [1].

4.2. Оборудование и материалы системы отопления

Отопительные приборы, трубопроводы, тепловая изоляция, запорная и регулирующая арматура должны иметь сертификаты соответствия.

Рабочее избыточное давление в элементах системы отопления должно быть не менее чем на 10 м выше геометрической высоты системы. Системы отопления оборудуют предохранительными клапанами. Настройка предохранительных клапанов должна соответствовать минимальному рабочему избыточному давлению элементов системы отопления с учетом гидростатического давления в месте их установки. Испытательное избыточное давление должно быть в полтора раза выше рабочего.

На теплопроводах системы отопления предусматривают компенсацию тепловых удлинений. Использование сальниковых компенсаторов не допускается. Системы отопления оборудуют устройствами для опорожнения систем, в том числе с использованием воздушных компрессоров. Для разводящих теплопроводов, прокладываемых в шахтах, нишах, штрабах, замоноличиваемых в конструкции пола, используют тепловую изоляцию с защитной оболочкой [1].

4.3. Энергосбережение

Системы отопления должны обеспечивать переменные режимы отпуска теплоты, адекватные режимам теплоснабжения. Отопительные системы следует оборудовать системами автоматизации и учета тепловой энергии. На отопительных приборах или их группах устанавливают индивидуальные регуляторы прямого действия, как правило автоматические.

В зависимости от режимов эксплуатации отдельных зон и помещений следует разрабатывать алгоритм и программное

обеспечение централизованного контроля и управления системами отопления из диспетчерского пункта.

Учет потребления тепловой энергии должен обеспечивать доступность и наглядность информации для потребителей и адекватное снижение платы за тепловую энергию при ее экономии.

Транзитные теплопроводы и магистрали должны иметь эффективную тепловую изоляцию.

4.4. Монтаж, наладка и эксплуатация систем отопления

Монтаж, наладку и эксплуатацию осуществляют в соответствии с регламентом, разработанным для здания и включающим:

- требования к сдаче-приемке фронта работ под монтаж;
- спецификацию оборудования и материалов с техническими паспортами и сертификатами, с указанием поставщиков, изготовителей и выходных данных партий изделий;
- график производства работ по монтажу и наладке;
- акты скрытых работ;
- акты испытаний систем и их элементов;
- исполнительную документацию;
- журналы ведения работ и авторского надзора;
- акты выборочных проверок материалов и оборудования, экспертиз;
- регламент технического обслуживания и эксплуатации систем.

Монтаж систем отопления и их элементов осуществляют при температуре воздуха в помещениях, соответствующей техническим паспортам на эти элементы.

Пуск и опробование систем отопления проводят при обеспечении температуры воздуха в помещениях не ниже 10 °С и температуре строительных конструкций в местах пересечения теплопроводов не ниже 5 °С. При отрицательной температуре помещений допускается испытание систем на герметичность сжатым воздухом.

Наладка систем отопления проводится на тепловой эффект (обеспечение расчетной температуры помещения) и на соответствие расходов теплоносителя расчетным по проекту.

Следует воздерживаться от немотивированного опорожнения систем водяного отопления. При необходимости допускается

опорожнение систем водяного отопления на срок не более 10 суток одновременно и не более чем на 15 суток в год.

Эксплуатация водяных систем отопления разрешается с теплоносителем, соответствующим требованиям Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.

Для обеспечения защиты от электрохимической коррозии и токов утечки устройства крепления металлических элементов системы отопления и узлы прохождения через строительные конструкции должны быть электроизолированы. Металлические элементы системы отопления, в том числе магистральные теплопроводы и стояки, должны иметь заземление. Не допускается использование трубопроводных систем в качестве основного заземляющего (зануляющего) проводника. Для снижения опасности коррозии от блуждающих токов рекомендуется комбинировать металлические теплопроводы с полимерными.

В системах отопления не допускается сочетание материалов, образующих электрохимическую пару. С особым вниманием следует относиться к выбору отопительных приборов, изготовленных из алюминия (сплавов алюминия). После сдачи системы отопления в эксплуатацию на нее оформляется гарантийный сертификат, включающий гарантии на оборудование, материалы и качество монтажных работ, на срок не менее трех лет [1].

4.5. Особенности устройства систем отопления высотных жилых зданий

Системы отопления, применяемые в высотных зданиях, разделяют на вертикальные (стояковые) и горизонтальные (поквартирная, поэтажная разводка). И те, и другие имеют как преимущества, так и недостатки.

Вертикальную (стояковую) разводку, как правило, применяют в зданиях с единым учетом теплопотребления (только домовый учет). Этот тип разводки, в свою очередь, можно условно разделить на два подтипа, которые наиболее часто встречаются в современных зданиях. Это системы с нижним или верхним расположением подающей магистрали (рис. 16, 17). В последнее время первые получили более широкое распространение. Например, в

многофункциональных высотных жилых комплексах «Алые паруса», «Воробьевы горы», «ТриумфПалас» и других предусмотрены многозонные двухтрубные системы водяного отопления с вертикальными стояками с нижней разводкой магистралей по техническому этажу и тупиковым движением теплоносителя. Такие системы хорошо налаживаются (для наладки систем проектом предусматриваются балансировочные клапаны на стояках и на распределительных гребенках технических этажей), устойчиво работают и отличаются простотой обслуживания. Балансировочные клапаны, отключающую и сливную арматуру возможно разместить как в подвале, так и при зональном разделении системы отопления высотного здания на техническом этаже. Однако при такой разводке системы терморегуляторы различных этажей, как правило, имеют разные настройки, что является причиной возможных ошибок при наладке системы. Кроме этого, необходимым условием устойчивой работы таких систем является наличие в здании квалифицированной службы эксплуатации [1].

Система имеет низкую замкнутоустойчивость. Под данным термином понимаются те последствия, которые возникают при несанкционированной замене жильцами отопительных приборов и установленных на них терморегуляторов. В высотных зданиях служба эксплуатации тщательно следит за состоянием инженерных систем, в том числе и за системой отопления, и любое несанкционированное вмешательство жильцов в работу этих систем, например, замена отопительных приборов, запрещено (такая замена возможна, но только при согласовании со службой эксплуатации).

Опыт проектирования и эксплуатации ряда муниципальных жилых зданий показал, что в таких зданиях через некоторое время двухтрубные системы водяного отопления с вертикальными стояками перестают работать устойчиво. Во время ремонта жильцы меняют отопительные приборы, выбрасывают термостаты, не информируя об этом службу эксплуатации. В итоге системы разбалансируются. Зачастую после жалоб жильцов работники эксплуатирующих организаций, не имеющие информации о переделках, пытаются отрегулировать систему, раскручивают балансировочные пары, которые стоят на технических этажах, что приводит к еще большей разбалансировке системы отопления. Си-

туация становится неконтролируемой. В результате разбалансировки на части этажей наблюдается недогрев, а на другой части этажей — перегрев помещений [1]. Приведем конкретный пример для 16-этажной зоны. При замене терморегулятора на шаровый кран на среднем по ходу теплоносителя отопительном приборе расход увеличится на 159 % (в 2,5 раза), а на остальных – снизится примерно на 30–40 %. В качестве эксперимента консультанты должны были определить причину неработоспособности смонтированной системы отопления в уже сданном доме. Проверка показала, что в ЦТП обеспечивается требуемый напор, но теплоноситель поступает только на первые два или три этажа [1].

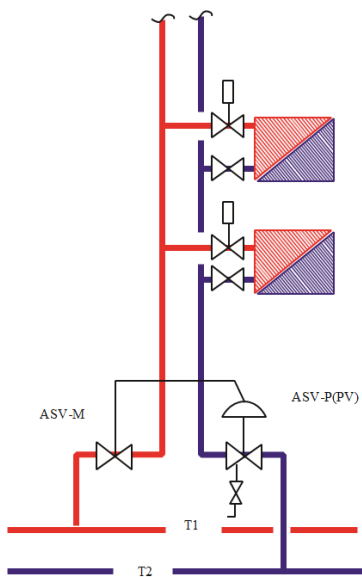


Рис. 16. Схема двухтрубной системы водяного отопления с вертикальными стояками с нижней разводкой магистралей по техническому этажу

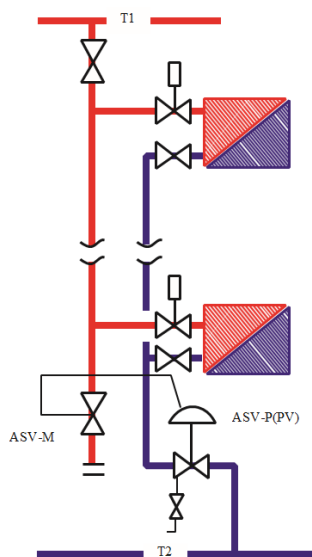


Рис. 17. Схема двухтрубной системы водяного отопления с вертикальными стояками с верхней разводкой магистралей по техническому этажу

Оказалось, что с целью экономии заказчик отказался от установки запорной и термостатической арматуры на подводках к приборам, предусмотренной проектом, и, несмотря на наличие

балансировочных пар на стояках, теплоноситель циркулировал только в отопительных приборах нижних этажей. Для выхода из этой ситуации, учитывая, что здание уже сдавалось в эксплуатацию, было предложено перейти на верхнюю разводку с минимумом переделок по магистралям, после чего система наконец была запущена в эксплуатацию. Применение систем отопления с верхней разводкой и попутным движением теплоносителя является одним из вариантов снижения влияния замен отопительных приборов и арматуры. По этим соображениям в муниципальных высотных жилых зданиях часто предусматривают системы отопления с верхней разводкой [1].

Одинаковая протяженность циркуляционных колец существенно облегчает как проектирование, так и гидравлическую балансировку. Верхняя разводка гарантирует удаление воздуха из системы. Настройки терморегуляторов, как правило, имеют одинаковое значение. Снижается эффект от изменения сопротивления отдельных циркуляционных колец (отопительный прибор). Так, для рассмотренного выше примера только при верхней разводке увеличение расхода через средний отопительный прибор составит всего 120 %, а в остальных – снизится на 20–30 %. Балансировочные клапаны в данном случае также размещают в нижней части стояков. При таком расположении клапанов необходимо продлить подающий стояк для возможности подключения импульсной трубки к балансировочному клапану (максимальная длина трубки – 5 м). Также на данном участке после запорного клапана размещают сливной кран для дренажа и удаления грязи из системы. Но и у такой конструкции двухтрубной системы отопления есть определенные недостатки. Необходимо предусмотреть дополнительные помещения для размещения как подающей, так и обратной магистралей – различные диаметры стояков, проходящие через квартиры, не украшают интерьер [1].

Одним из общих недостатков стояковых систем отопления является тот факт, что располагаемое давление для отопительных приборов каждого этажа различно из-за влияния гравитационного давления. Избежать данного влияния, даже при помощи автоматических регуляторов перепада давления на стояках, практически невозможно.

Кроме того, применение таких систем существенно ограничивает возможности организации учета теплотребления каждым

потребителем, который регламентируется Федеральным законом от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ [14]. При стояковых разводках единственным вариантом является применение распределителей теплоты на каждом отопительном приборе. В принципе, такие схемы учета широко применяются в странах Западной и Восточной Европы, однако при этом невозможно воздействовать на неплательщика, а при заселении новых зданий непонятно, на кого относить затраты на отопление незаселенных квартир. Избежать перечисленных недостатков позволяет только система отопления с поквартирной или поэтажной разводкой (рис. 18).

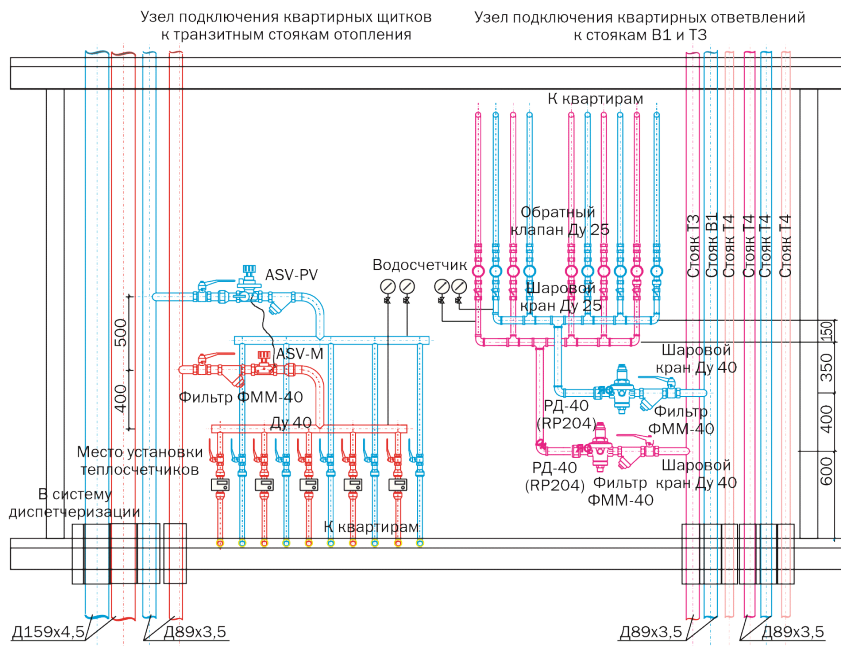


Рис. 18. Схема этажного узла подключения поквартирных систем отопления и водоснабжения к вертикальным стоякам

Такие системы обладают целым рядом преимуществ по сравнению с системами с вертикальными стояками.

Горизонтальные двухтрубные поквартирные системы отопления с разводкой в полу имеют ряд преимуществ перед системами отопления с вертикальными стояками.

Применение поквартирной системы позволяет:

- отключать только одну квартиру, например, в случае аварии или при необходимости ремонта или замены отопительных приборов;
- отрегулировать систему отопления одной квартиры независимо от других квартир;
- избежать проблем, возникающих из-за несанкционированного переустройства систем отопления внутри квартир (замене приборов и термостатов);
- осуществлять индивидуальное проектирование системы отопления каждой квартиры в зависимости от пожелания владельца;
- установить поквартирные теплосчетчики и перейти на оплату фактически потребленной тепловой энергии по показаниям данных теплосчетчиков.

Применение поквартирных систем отопления по сравнению с вертикальными приводит к уменьшению протяженности магистральных теплопроводов, которые всегда имеют наибольший диаметр (наиболее дорогие), снижению потерь теплоты в необогреваемых помещениях (где проложены трубопроводы), упрощению поэтажного и посекционного ввода здания в эксплуатацию.

Стоимость устройства поквартирной системы отопления сопоставима со стоимостью стандартных схем с вертикальными стояками, однако срок службы такой системы примерно в два раза выше за счет применения труб из термостойких полимерных материалов.

Таким образом, использование данной схемы экономически целесообразнее (рис. 19).

Установка теплосчетчиков не относится к энергосберегающим мероприятиям, однако оплата фактически потребленной тепловой энергии является мощным стимулом, заставляющим жителей проводить в квартире такие мероприятия и устанавливать наиболее экономичные параметры микроклимата. Например, при длительном отсутствии можно понизить температуру воздуха в помещениях до некоторого минимального значения посредством термостатов на отопительных приборах.

В соответствии с требованиями [14], многоквартирные дома, вводимые в эксплуатацию с 1 января 2012 года, должны быть оснащены индивидуальными (квартирными) приборами учета,

а такой учет наилучшим образом возможно обеспечить при использовании поквартирной системы отопления.



*Рис. 19. Пример узла внутриквартирного подключения отопления, горячего и холодного водоснабжения с фильтрами и водосчетчиками:
1 – водосчетчики с импульсным выходом; 2 – узел подключения полотенцесушителя с краном на перемычке; 3 – фильтр грубой очистки с обратной промывкой; 4 – фильтр тонкой очистки; 5 – гребенки системы отопления; 6 – горячее водоснабжение; 7 – холодное водоснабжение*

4.6. Типы систем поквартирного отопления

Разводка труб в системе отопления квартир, как правило, выполняется в полу. Поскольку электрическая проводка и различные слаботочные линии могут также располагаться в конструкции пола, необходимо выполнять разводку труб таким образом, чтобы максимально обезопасить систему от возможных пересечений с электропроводкой.

Горизонтальные поквартирные системы отопления бывают лучевые (рис. 20), периметральные (рис. 21) и смешанные.

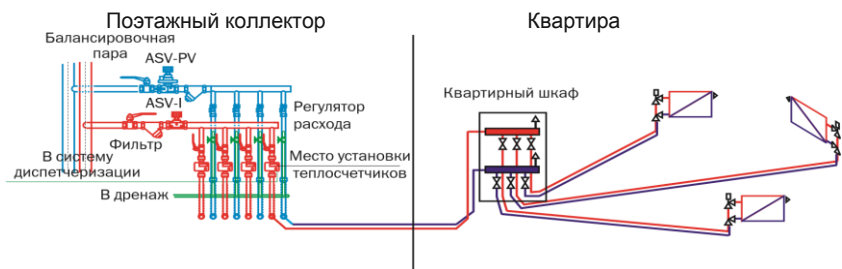


Рис. 20. Лучевая схема

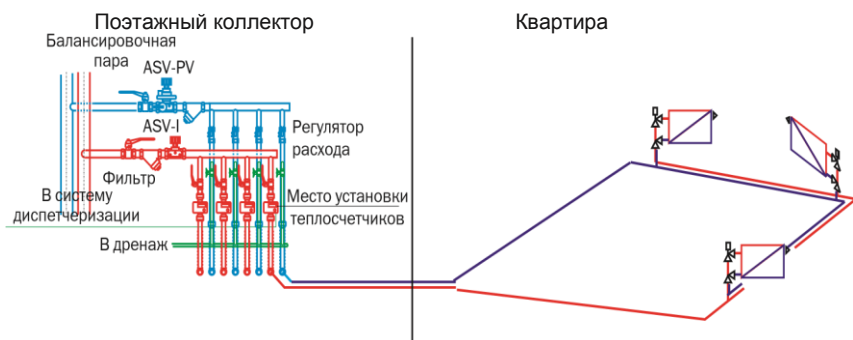


Рис. 21. Периметральная схема

В муниципальных жилых зданиях площадь одной квартиры относительно невелика. С другой стороны, ограждающие конструкции современных зданий отличаются хорошей теплозащитой. Тепловые потери квартир невелики. В связи с этим система отопления рассчитана на небольшую тепловую нагрузку, что позволяет использовать трубы малых диаметров. Например, при тепловой нагрузке до 7 кВт достаточно применять трубу диаметром 20 мм. В этом случае квартирная разводка подключается непосредственно к вертикальному стояку в лифтовом холле, без промежуточных шкафов, а внутри квартиры используется периметральная или смешанная разводка.

В жилых зданиях элитного класса квартиры, как правило, очень большие. Часто используется витражное остекление, устраиваются зимние сады. Несмотря на хорошую теплозащиту, тепловые потери квартир достаточно велики. Из-за значительной

тепловой нагрузки в подобных квартирах не всегда удается применять даже трубы диаметром 25 мм. В связи с этим на вводе в квартиру труб системы отопления устанавливается промежуточный распределительный шкаф, в котором располагается запорная арматура, воздухоотводчики.

Питание квартирных шкафов предусматривается от распределительных коллекторов, установленных в выделенных местах лестнично-лифтового узла. Обычно это место оборудовано дверями, ключ от которых находится только у службы эксплуатации. В этом же месте, как правило, организуется подключение квартир к системам водоснабжения, а также устанавливаются тепло- и счетчики воды.

Современные модели теплосчетчиков позволяют подать на вход импульс с водяных счетчиков, удешевив таким образом систему диспетчеризации. Даже если тепло- и водяные счетчики не устанавливаются, предусматривают место для их размещения, а также для прокладки информационной шины.

Внутри квартиры разводка систем отопления выполняется в полу, как правило, по лучевой схеме (рис. 22), хотя может использоваться и периметральная. Обе схемы хорошо работают, но все же использование лучевой схемы более предпочтительно, особенно для квартир большой площади. Одно из преимуществ лучевой разводки – использование труб меньшего диаметра [1].

Для большой квартиры при периметральной системе отопления необходима труба диаметром 25 или 32 мм. В этом случае, во-первых, увеличивается подготовка пола. Во-вторых, увеличивается стоимость необходимых материалов (тройник большого диаметра соизмерим по цене с самой трубой). В подобных случаях выгоднее применять лучевую разводку, т. е. увеличивать число труб при одновременном уменьшении их диаметра. При этом вместо шумопоглощающей керамзитовой засыпки используются современные звукопоглощающие материалы небольшой толщины. Стяжка пола получается тоньше, что позволяет выиграть в высоте потолков и объеме квартир (в современных квартирах элитного класса это обстоятельство является достаточно значимым, поскольку влияет на коммерческую стоимость квартиры). Система с

лучевой разводкой проще в монтаже и очень удобна в эксплуатации. Система с лучевой разводкой позволяет:

- заменять отопительный прибор отдельного луча, не отключая остальные приборы;
- не останавливать отопление всей квартиры при ремонте отопительного прибора или в случае аварии. Следовательно, в зимнее время квартира выстужаться не будет;
- не проделывать отверстия в несущих стенах;
- при перепланировке квартиры переносить стены и трассы отопления.

Если в процессе перепланировки или ремонта материал пола крепится по периметру помещения, возможны повреждения труб периметральной разводки (такие случаи были отмечены в процессе эксплуатации здания, в котором применялась поквартирная система отопления, выполненная по периметральной схеме из полипропиленовых труб).



Рис. 22. Подключение отопительных приборов при лучевой разводке в полу

С другой стороны, если в квартире укладывается паркет, то используется фанерная подготовка, которая крепится большим

числом гвоздей, забиваемых в стяжку. В этом случае лучевая схема более уязвима, чем периметральная. Были отмечены ситуации, при которых в процессе ремонта при снятых отопительных приборах строительные растворы попадали в трубы, что приводило к их засорению и отключению отопления всей квартиры. Появляющиеся засоры достаточно сложно локализовать. При использовании лучевой разводки в таких случаях отключается только та ветвь, в которой произошел засор, притом, что место засора обнаружить очень просто.

Вертикальные стояки системы отопления могут быть расположены внутри квартир. Однако, несмотря на то что стояки оборудуются балансировочными парами и система отрегулирована, при аварии попасть в квартиру для минимизации ущерба зачастую затруднительно. Исходя из этого вертикальные стояки систем отопления и горячего водоснабжения с необходимой запорной арматурой лучше располагать в лестнично-лифтовом холле, где к ним возможен доступ сотрудников службы эксплуатации.

Отопительные приборы требуют индивидуальных ручных или автоматических воздуховыпускных клапанов, которые также монтируются на распределителе.

4.7. Особенности применения труб из термостойких полимерных материалов

Нормативные документы декларируют применение в жилых зданиях поквартирных систем отопления. Трубы систем отопления следует проектировать из стальных, медных, латунных труб, термостойких труб из полимерных материалов (в том числе металлополимерных), разрешенных к применению в строительстве. К системам отопления с трубами из полимерных материалов действующими нормами предъявляются следующие требования:

Системы поквартирного отопления в зданиях следует проектировать двух- и однотрубными с плintусной разводкой, предусматривая при этом установку приборов регулирования, контроля и учета расхода теплоты для каждой квартиры.

- В комплекте с полимерными трубами следует применять соединительные детали и изделия, соответствующие применяемому типу труб.

- Параметры теплоносителя (температура, давление) в системах отопления с трубами из термостойких полимерных материалов не должны превышать предельно допустимые значения, указанные в нормативной документации на их изготовление, но не более 90 °С и 1,0 МПа.

- Трубы из полимерных материалов, применяемые в системах отопления совместно с металлическими трубами или с приборами и оборудованием, в том числе в наружных системах теплоснабжения, имеющих ограничения по содержанию растворенного кислорода в теплоносителе, должны иметь антидиффузный слой.

В поквартирной системе отопления многофункционального высотного комплекса на Мосфильмовской улице использованы трубы из сшитого полиэтилена (РЕХ). Основные преимущества применения данного типа труб следующие:

- Однородность стенки и прочностные характеристики материала, позволяющие монтировать системы водоснабжения и отопления, включая центральное, в домах повышенной этажности с расчетным сроком службы не менее 50 лет, что допускает применение скрытой разводки и в свою очередь соответствует современным эстетическим требованиям.

- Способность к воссозданию формы, «молекулярная память», позволяющая восстановить трубопровод после «надлома» (чрезмерного изгиба), а также эксплуатировать систему после размораживания.

- Надежность соединения трубы и фитинга.

- Разнообразие типов и большая номенклатура фитингов в сочетании с гибкостью и большой длиной намотки бухт, позволяющие минимизировать количество соединений и отходов труб.

- Ремонтопригодность системы: скрытая прокладка трубопровода в гофре (канале), в соответствии с требованиями СНиПа, позволит при необходимости заменить поврежденный участок трубы без вскрытия конструкции стены или пола.

- Гладкая внутренняя поверхность, не позволяющая твердым частицам «приставать» к стенкам, способствует тому, что трубы практически «не зарастают», сохраняя внутреннее сечение; коэффициент гидравлического сопротивления уменьшается по сравнению со стальными трубами на 25–30 % [1].

Можно отметить также, что срок, сложность монтажа и количество занятых при этом людей гораздо ниже, чем при использовании стальных труб, системы очень просты в работе и для их монтажа не требуются специалисты такой высокой квалификации, как сварщики.

Существует три наиболее распространенных способа изготовления модифицированного полиэтилена: пероксидный (РЕХ-а), силановый (РЕХ-б), радиационный (РЕХ-с).

Различие в способах сшивки приводит к различиям и в термомеханических свойствах. В общем случае более высокая плотность сетчатой структуры, повышая прочность, одновременно увеличивает жесткость материала, делая трубы менее эластичными. Наиболее прочную конструкцию обеспечивает силановый способ изготовления и в настоящее время можно отметить тенденцию уверенного увеличения на рынке доли труб, изготовленных по технологии РЕХ-б. Кроме этого, данные трубы отличаются более низкой ценой, поскольку производятся отечественными производителями.

Скорость теплоносителя в трубах систем поквартирного отопления из сшитого полиэтилена принимается, как правило, на уровне значений, соответствующих экономичным гидравлическим сопротивлениям ($R = 150\text{--}250$ Па/м). При этом ориентировочно для подбора диаметров труб в системе поквартирного отопления с горизонтальной разводкой можно принимать значения скорости движения теплоносителя и соответственно тепловой нагрузки при разнице температур в подающем и обратном трубопроводе в $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (табл. 6).

Таблица 6

Значения скорости движения теплоносителя и соответственно тепловой нагрузки для различных диаметров труб из сшитого полиэтилена

Диаметр трубы, мм	Скорость движения теплоносителя, м/с	Тепловая нагрузка, Вт
14	0,30–0,40	1 900–2 500
16	0,35–0,45	3 000–4 000
18	0,40–0,50	5 000–6 000
20	0,45–0,60	6 000–8 000
25	0,50–0,60	10 000–13 000

Как указывалось выше, по требованиям нормативных документов давление теплоносителя в системах отопления с трубами из термостойких полимерных материалов не должно превышать 1,0 МПа. Теоретически такое предельное давление позволяет увеличить высоту зоны. По этим соображениям и поквартирные системы отопления зонированы по вертикали, высота зоны при этом, как правило, ограничивается 75–80 м. На объектах часто используются трубы из РЕХ-а и РЕХ-б. Причиной выбора РЕХ-а является гарантированная надежность и долговечность: первые здания с такими трубами были построены еще в 1972 году, и таким образом можно говорить о том, что минимум 30-летний срок службы подтвержден опытом успешной эксплуатации. Ограничение применения РЕХ-труб заключается в узком выборе сочетаний рабочего давления и температуры. Допустимое давление в трубе зависит в том числе от рабочей температуры и диаметра трубы: например, производителем могут быть предложены трубы 18×2 и $18 \times 2,5$ мм, и при одной и той же температуре первая труба рассчитана на давление 6 атм, а вторая – на 10 атм [1].

После разработки проекта системы отопления инвестор может принять решение об увеличении высоты здания на несколько этажей, в результате чего предельное гидростатическое давление может превысить допустимое. Поэтому для надежности, во избежание превышения предельного гидростатического давления, лучше предусмотреть «лишнюю» зону в здании (рис. 23).

Не следует завышать и рабочую температуру. Если система отопления рассчитана на теплоноситель с температурой 95 °С, трубы из РЕХ применять нельзя, поскольку они рассчитаны максимум на 90 °С (эта же температура указана и в СНиПе). Некоторые проектировщики, тем не менее, мотивируют возможность применения в этом случае РЕХ-трубы тем, что график теплоснабжения практически никогда не выдерживается, и данная температура (95 °С) никогда достигнута не будет. Однако это мнение является ошибочным, и завышения рабочей температуры ни в коем случае допускать нельзя. При применении систем с трубами из сшитого полиэтилена можно рекомендовать придерживаться температурного графика 90–70 °С, 90–65 °С, поскольку дальнейшее понижение температуры приведет к значительному

увеличению поверхности отопительных приборов, что не приветствуется инвесторами из-за роста стоимости систем.

Зарубежный опыт эксплуатации систем с трубами из сшитого полиэтилена может использоваться в нашей стране очень ограниченно. Это связано с различием в температуре теплоносителя, подаваемого в здание от городских тепловых сетей. Например, в Нидерландах, Дании, Германии теплоноситель подается в здания с температурой 70—75 °С. Состояние труб из сшитого полиэтилена внимательно контролируется, и накопленный опыт позволяет говорить о том, что и при монтаже, и эксплуатации систем из РЕХ-труб в зданиях, подключенных к сетям через ЦТП, проблем возникает значительно меньше, чем у систем с трубами из других материалов [1]. Еще одно преимущество труб из РЕХ – возможность замоноличивания в бетон (рис. 24). Строительные нормы и правила допускают замоноличивать в бетон неразрывные соединения. Система натяжных фитингов РЕХ-труб относится как раз к неразрывным соединениям, в отличие от других систем: например, металлополимерные трубы соединяются посредством накидных гаек, поэтому замоноличивание таких труб является нарушением нормативных требований.

Срок службы РЕХ-труб зависит от температуры теплоносителя – чем ниже эта температура, тем больше срок службы трубы. Производители указывают минимальные сроки службы труб в зависимости от температуры от 25 до 50 лет.

Внутренняя поверхность труб из сшитого полиэтилена практически всегда чистая, в отличие от стальных, там не накапливается ржавчина, окалина и т. д. Старение материала таких труб происходит только в результате воздействия ультрафиолетового излучения. Поскольку в упомянутых в этой главе зданиях все трубы защищены от солнечного света – проложены в гофре, в стяжке пола, в пространстве подшивного потолка, в штрабах, – старения и разрушения этих труб не происходит.

Отопительные приборы подключаются либо посредством специальной розетки, установленной в стене, либо посредством металлической стандартизированной подводки снизу (рис. 24).

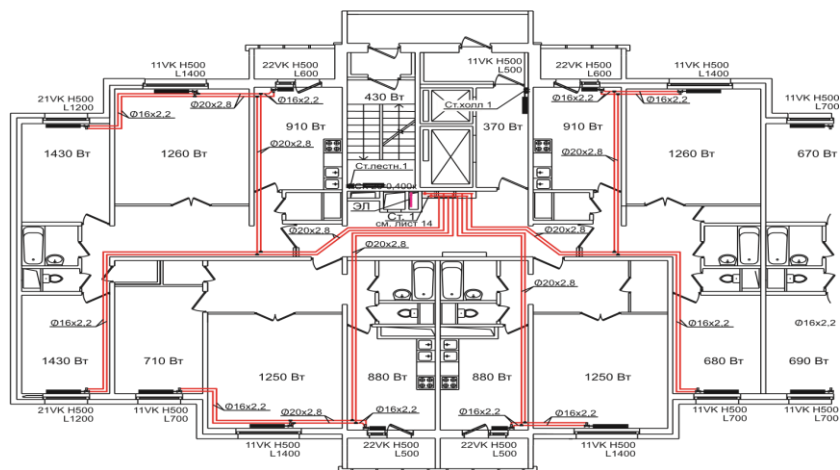


Рис. 23. Пример решения поквартирной системы отопления со смешанной разводкой



Рис. 24. Подключение отопительных приборов при периметральной разводке в полу

Опыт применения металлополимерных труб в системах отопления высотных зданий, например «Гриумф-Паласа», был признан неудачным. В процессе эксплуатации было установлено, что в ре-

зультате старения разрушается клеевой слой и внутренний слой такой трубы «схлопывается», вследствие чего меняется проходное сечение, и система отопления перестает нормально работать. Такое место очень сложно обнаружить, обычно в этом случае неисправность ищется в термостатах, насосах и т. п.

Для обнаружения неисправности был разработан специальный способ, предусматривающий установку в линию водомера, по показаниям которого и удавалось локализовать место «схлопывания». Помимо «схлопывания» в системах отопления из металлополимерных труб отмечались случаи потери герметичности накидных резьбовых соединений из-за старения резиновых уплотнений [1]. Одно из значительных преимуществ труб из сшитого полиэтилена по сравнению со стальными – отсутствие резьбовых соединений, что значительно повышает надежность системы. Из-за отсутствия резьбовых соединений значительно уменьшается число очагов механического напряжения, которые появляются в резьбовых соединениях при нагревании и остывании системы.

Примеры решений поквартирной системы отопления с лучевой разводкой жилых зданий приведены на (рис. 25).

В системах с трубами из сшитого полиэтилена очаги механического напряжения равномерно распределяются по всей длине труб. Здесь играет роль и тот фактор, что данные трубы поставляются в виде бухт, и таким образом длина магистрали без соединений может достигать значительной величины (например, 200 м).

Система отопления или водоснабжения может быть построена только в том случае, если труба обеспечена необходимым ассортиментом фитингов. Не все производители предлагают полный ассортимент фитингов, что вынуждает закупать их на стороне.

При закупке фитингов на стороне, необходимо учитывать, что фитинги одного производителя могут не соответствовать трубам другого производителя, несмотря на то что типоразмеры труб у всех производителей стандартизованы. Использование фитингов и труб, не соответствующих друг другу, приводит к не герметичности соединений, в результате чего в процессе эксплуатации в системе отопления могут появиться протечки.

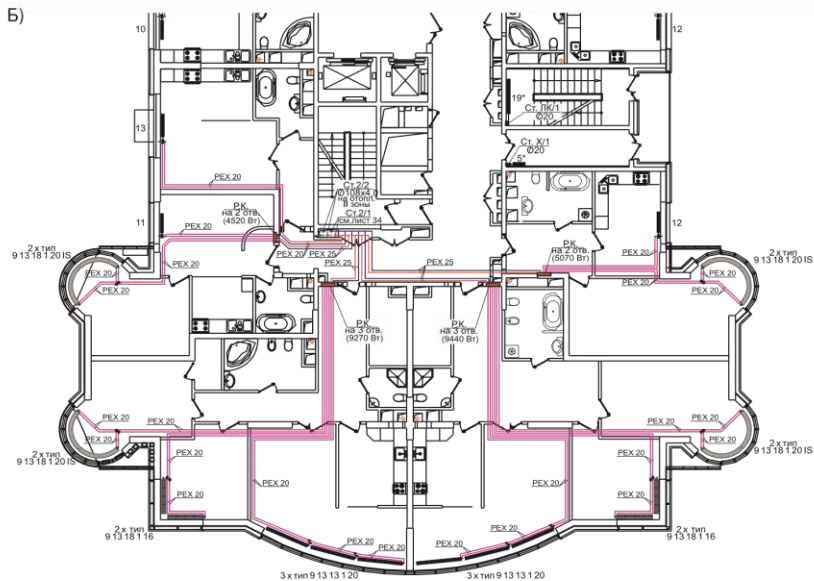
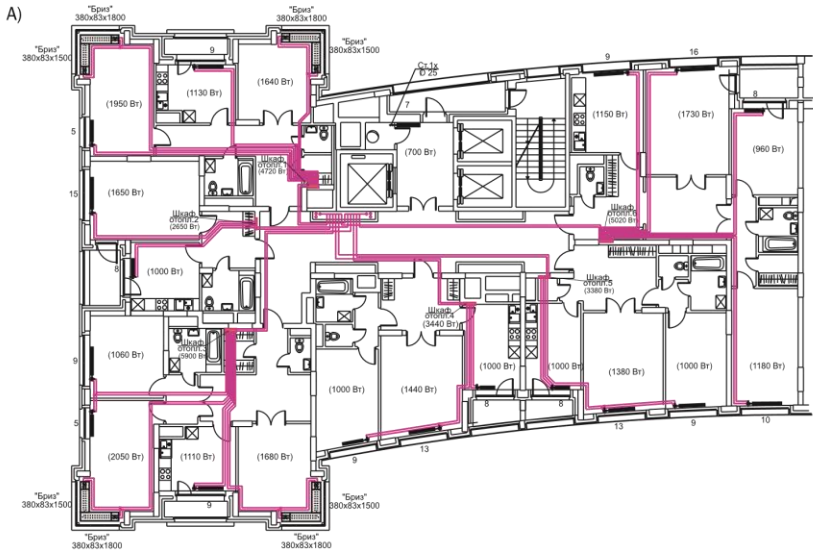


Рис. 25. Примеры решений поквартирной системы отопления с лучевой разводкой жилых зданий: А – здание по ул. Маршала Соколовского; Б – здание по просп. Вернадского, 90

4.8. Особенности применения труб из меди

Нормативные документы рекомендуют применение в системах отопления жилых зданий теплопроводов из различных материалов, в том числе из меди. Нормативные документы в области высотного строительства, в частности МГСН 4.19–2005 [3], также рекомендуют для систем отопления металлические теплопроводы (стальные с надежным антикоррозионным покрытием внутренней и наружной поверхностей, из нержавеющей стали, медные) при значениях температуры теплоносителя до 95 °С. При значениях температуры теплоносителя менее 90 °С допускается, как указывалось, при согласовании с органами пожарной охраны применение теплопроводов из полимерных материалов с кислородопроницаемостью не более 0,1 г/(м³•сут), в случае если они применяются совместно с металлическими трубами (в том числе в наружных системах теплоснабжения) или с приборами и оборудованием, имеющими ограничения по содержанию в теплоносителе растворенного кислорода.

На практике при устройстве систем отопления предпочтение отдается металлическим теплопроводам. Это связано с тем, что для их применения не требуется согласования с органами пожарной охраны, а кислородонепроницаемость обеспечивается свойствами металла [1].

Применение медных теплопроводов в системах теплоснабжения и поквартирного отопления во всем мире практикуется не один десяток лет, а в нашей стране началось только в 1979 году из-за того, что медь была востребована прежде всего в военно-промышленном комплексе и большой энергетике. Применение медных труб в системах отопления имеет следующие преимущества:

- значения давления теплоносителя на разрыв для медных труб многократно превышают значения рабочего давления;
- медные трубы и их соединения индифферентны к любым значениям температуры теплоносителя или пара;
- медные трубы соединяются без использования гильз, а характер стыков соединений таков, что значениями потерь давления на местное гидравлическое сопротивление в соединениях можно пренебречь;

- при соблюдении требований к содержанию кислорода в системах отопления на уровне до 0,1 мг/дм³ срок службы медных теплопроводов систем в отоплении значительно превышает требования СНиПа и составляет (по опыту эксплуатации) от 80 до 100 лет;

- соединения, выполненные способом капиллярной пайки или прессования, относятся к числу необслуживаемых, допускают замоналичивание и выдерживают значения давления жидкости на разрыв, превышающие соответствующие значения для медных труб;

- из-за тонкостенности медных труб и малых значений шероховатости внутренней поверхности системы обладают малыми монтажными размерами: типичное значение наружного диаметра теплопроводов при подводке к приборам отопления 12 и 15 мм (рис. 26);

- все медные теплопроводы и соединительные части для них соответствующих типоразмеров взаимосовместимы и взаимозаменяемы, при условии, что гармонизированного с ним российского ГОСТ Р 52318–2005 [15], европейского стандарта EN 1254 и они произведены в зоне действия европейского стандарта EN 1057 и гармонизированных с ним ГОСТ Р 52948–2008 [16], ГОСТ Р 52949–2008 [17], ГОСТ Р 52922–2008 [18], т. е. в Европе, России, СНГ и большей части Азии, включая КНР;

- ассортимент типоразмеров медных труб от 6 до 267 мм;

- медные трубы обеспечивают устойчивость систем отопления до одного-трех циклов аварийного замораживания. В случае нарушения герметичности при аварийном замораживании частота и характер разрывов таковы, что специалист невысокой квалификации с минимальным набором инструментов может оперативно восстановить герметичность системы [1].

В качестве примера зданий, в системах отопления которых использовались медные теплопроводы, можно назвать мэрию Москвы, бизнес-центр «Миллениум Хаус», комплекс жилых зданий в государственной резиденции «Русь» в Завидове, Тверской области, объекты коммерческой недвижимости, жилые здания в Норильске Красноярского края. Одна из самых больших систем напольного отопления с применением медных труб устроена в новом здании железнодорожного вокзала Минска [1].

Системы поквартирного отопления с использованием медных труб проектируют как по одно-, так и по двухтрубной схемам с

любыми, допускаемыми нормативами, схемами подключения. Проектирование и монтаж осуществляются по общим правилам, согласно действующим СНиП 41-01–2003 [12] и СП 40-108– 2004 [19]. При этом следует помнить о некоторых, свойственных именно медным трубопроводам особенностям. Так, скорость теплоносителя в теплопроводах систем поквартирного отопления из меди рекомендуется принимать на уровне 0,3–0,5 м/с, хотя допускаются и иные значения.



Рис. 26. Окрашенные медные трубы при подводке к отопительным приборам. Типичный наружный диаметр 12–15 мм

Как указывалось, для медных труб не существует практических ограничений по значениям температуры и давления в диапазоне наиболее востребованных типоразмеров – от 6 до 108 мм. Для тонкостенных труб большого диаметра (133, 159, 219 и 267 мм) при возможных значениях давления теплоносителя свыше 10 атм следует свериться с рекомендациями производителя в части выбора значения толщины стенки. При проектировании с использованием основного ассортимента типоразмеров (от 6 до 108 мм) следует выбирать трубы с наименьшей толщиной стенки (например – $10 \times 0,7$; $42 \times 1,2$ мм). При выборе фитингов для прессового обжатия, а также при выборе крепежной арматуры, если она

изготовлена из полимерных материалов, следует обратить внимание на то, что у разных производителей могут отличаться значения максимально допустимой температуры – от 95 до 120 °С [1].

Медные трубы подразделяются на мягкие, полутвердые и твердые. Мягкие легко отличить по форме поставки — в бухтах. Их можно изгибать руками, а длина трубы в бухте может составлять до 50 м, что удобно при устройстве систем напольного или панельного отопления, при подводке к приборам. Полутвердые и твердые трубы поставляются прямыми отрезками длиной, как правило, до 5 м. Их практичнее изгибать при помощи трубогибов или посредством местного отжига (придания свойства мягкости) в зоне изгиба. Такие трубы сохраняют прямолинейность и наиболее пригодны при открытой прокладке и в качестве стояков. Обилие способов соединения медных теплопроводов позволяет в каждом конкретном случае выбрать наиболее соответствующий условиям монтажа и специфике работ (табл. 7) [1].

Таблица 7

Виды наиболее распространенных соединений медных труб

Вид соединения	Фасонные детали	Функциональная классификация	
Капиллярная пайка, низкотемпературная (мягкая)	Фитинги для капиллярной пайки, мягкий припой, флюс	Неразъемное	Необслуживаемое*
Капиллярная пайка, высокотемпературная (твердая)	Без фитингов (организуемые монтажником раструбы прямо на трубах), фитинги для капиллярной пайки, фитинги для капиллярной пайки с укороченным раструбом, твердый припой, в некоторых случаях флюс	Неразъемное	Необслуживаемое
Капиллярная пайка, низкотемпературная (мягкая) с использованием фитингов с припоем	Специальные фитинги для капиллярной пайки с припоем, флюс	Неразъемное	Необслуживаемое
Компрессионное обжатие	Компрессионные фитинги	Неразъемное	Обслуживаемое**

Прессование	Пресс-фитинги	Неразъемное	Необслуживаемое
Сварка	—	Неразъемное	Необслуживаемое
Соединение комбинированное, для перехода с пайки на резьбу, с накидной гайкой	Переходные фитинги пайка-резьба	Разъемное в части резьбового соединения	Обслуживаемое, по принципам резьбовых соединений
Фланцевое	Фланцы с раструбом для капиллярной пайки, комплект для пайки	Разъемное	Необслуживаемое
Вид соединения	Фасонные детали	Функциональная классификация	
На самофиксирующихся фитингах	Самофиксирующиеся фитинги (для рассоединения необходима специальная оправка)	Разъемное	Обслуживаемое
При помощи соединительных разъемных муфт	Специальные разъемные соединительные муфты	Разъемное	Обслуживаемое
* Необслуживаемые соединения отличаются надежностью и долговечностью и не требуют организации доступа к ним. ** К обслуживаемым соединениям необходимо обеспечить доступ для проведения проверки и при необходимости подтяжки соединений.			

Отопительные приборы подключаются к медным системам при помощи переходных фитингов (латунных или бронзовых), которые с одной стороны имеют посадочный раструб или конец для присоединения посредством капиллярной пайки, прессования или компрессионного обжатия, а с другой стороны имеют резьбу [1].

В качестве общего правила, распространяющегося на все материалы теплопроводов, не рекомендуется включение в контур отопления приборов из алюминия первого поколения (со слабой защитой от коррозии) при наличии ненормативных уровней кислорода в теплоносителе или значении pH > 8,5 теплоносителя.

Ряд алюминиевых отопительных приборов с повышенной стойкостью к коррозии может применяться в контурах систем отопления, выполненных из медных труб без ограничений, если содержание кислорода в теплоносителе не превышает 0,036 мг/дм³. Следует избегать пополнения теплоносителя кислородом, в том числе необоснованного опорожнения системы в летний период. При подпитке теплоносителя можно применять составы гидразина или сульфита натрия согласно инструкции по их применению.

Медные теплопроводы в системах отопления должны иметь теплоизолирующий слой (рис. 27). Равной популярностью пользуется как устройство теплоизоляции после монтажа системы, так и использование медных труб с теплоизоляцией, нанесенной в заводских условиях производителем. Для обеспечения эстетического эффекта медные трубы покрывают лаками, красят (рис. 28) [1].

При монтаже наряду с фиксированными применяются и скользящие опоры которые допускают перемещение медных труб в результате теплового линейного удлинения (укорочения), а при проектировании предусматриваются компенсаторы теплового удлинения (укорочения).

Незамерзающие жидкости (антифризы) в качестве теплоносителя должны применяться в соответствии с рекомендациями их производителя.

Общее правило: не контрафактный высококачественный антифриз может прослужить в зависимости от рабочей температу-



Рис. 27. Теплоизолированные(система отопления) не изолированные (система водоснабжения) медные теплопроводы в жилом здании

ры пять-восемь лет без причинения коррозионного воздействия латуни, стали, чугуна, припою, меди, алюминию.



Рис. 28. Окрашенные медные трубы при открытой прокладке.

Весь крепеж должен быть выполнен из меди, латуни, бронзы, нержавеющей стали или полимеров. При использовании других материалов крепежа (сталь, железо, чугун, оцинкованные детали) следует применять изолирующие прокладки из диэлектрика, например, резины [1].

4.9. Автоматические балансировочные клапаны в системах отопления

К современным системам отопления зданий предъявляются повышенные требования к надежности и регулируемости, особенно в высотных и протяженных зданиях. В таких условиях обеспечение гидравлической устойчивости является основной задачей как проектировщиков, так и службы эксплуатации. Системы должны эффективно работать и быть управляемыми во всех режимах. Традиционно такая управляемость достигается повышением сопротивления узлов отопительных приборов (радиатор и термо-

регулятор) и гидравлической увязкой циркуляционных колец. С этой целью на объектах применяются радиаторные терморегуляторы с повышенным гидравлическим сопротивлением на обвязке отопительных приборов, а на стояках или приборных ветвях системы - автоматические балансировочные клапаны [1].

Автоматические балансировочные клапаны выполняют следующие функции:

- разделяют систему отопления на независимые подсистемы со стабилизированным перепадом давлений;
- устраняют влияние естественного давления до регулируемого участка;
- стабилизируют работу системы в течение длительного времени;
- обеспечивают оптимальные условия работы терморегуляторов;
- упрощают гидравлические расчеты системы отопления;
- не требуют дорогостоящей наладки системы;
- предотвращают шумообразование;
- позволяют постепенно запускать систему отопления.

Возникает вопрос: насколько оправдано применение автоматических балансировочных клапанов в двухтрубной системе отопления, ведь ручные балансировочные клапаны дешевле? Это не совсем так. При таком подходе не учитываются те затраты, которые необходимы для наладки и запуска двухтрубной системы отопления с ручными балансировочными клапанами. Наладка систем с ручными балансировочными клапанами, как правило, осуществляется по одному из трех наиболее распространенных методов: пропорциональному, компенсационному или компьютерному (при помощи специализированного прибора PFM 3 000). Подробно здесь эти методы не рассматриваются, необходимо коснуться только подготовительного этапа, единого для всех методик.

Перед наладкой системы проводят следующие мероприятия: испытывают систему на герметичность, промывают и прочищают фильтры, удаляют воздух из системы, выводят в рабочий режим насос (100 %-я нагрузка). Все термостатические клапаны устанавливают в положение, соответствующее проектной настройке (только так можно определить перегревы и недогревы помещений). Для этого колпачок термостатического клапана не должен упираться

в шток. Колпачками защищают шток от грязи и поломок. Замена колпачков на термостатические элементы осуществляется только по окончании наладки. Проведение всех этих мероприятий возможно фактически только при наладке системы отопления нового, незаселенного дома. После заселения, когда те или иные переделки существенно изменяют гидравлику системы, проведение даже подготовительных мероприятий может быть существенно затруднено.

В среднем на наладку одного балансировочного клапана требуется 20 мин. Таким образом, в разветвленных системах отопления высотных зданий наладка только одной зоны может занять до 12 ч. В то же время при использовании первых двух методик (пропорциональной и компенсационной) необходимы два прибора PFM 3 000. Системы отопления с радиаторными терморегуляторами - это системы с переменными гидравлическими характеристиками в них постоянно меняются сопротивления циркуляционных колец. Рассчитанные исходя из 100 %-й нагрузки системы ручные балансировочные клапаны не способны реагировать на изменение гидравлических параметров при снижении расходов. Это приводит к шуму на радиаторных терморегуляторах, отсутствию теплового комфорта в помещениях, увеличению теплопотребления. Работа терморегуляторов может из плавного регулирования трансформироваться в двухпозиционное. Причиной этих проблем являются возникающие избыточные перепады давлений в отдельных кольцах и стояках системы, которые могут в большой степени отличаться от расчетных. Радиаторные терморегуляторы зачастую не рассчитаны на избыточные перепады давлений. Кроме того, большое количество ступеней увязки системы отопления существенно влияет на ее регулируемость [1].

Клапаны ASV-P или ASV-PV, установленные на обратном трубопроводе, связываются через импульсную трубку с клапанами ASV-M, установленными на подаче, и образуют регулятор перепада давлений (прямого действия), или совместно с клапаном ASV-I – регулятором перепада давлений с возможностью ограничения расхода.

Автоматические балансировочные клапаны разделяют систему отопления на несколько независимых подсистем. Подсистемами могут быть поэтажные, квартирные ветки или стояки. В подсистеме образуется свойственный только ей гидравлический режим, в пределах которого следует обеспечивать гидравлическую устойчивость. Количество ступеней увязывания циркуляционных колец в этом слу-

чае зависит от места установки автоматического регулятора перепада давления и разветвленности регулируемого им участка системы. Чем ближе автоматический балансировочный клапан к отопительным приборам, тем проще гидравлическая увязка системы. Отсутствие большого количества ручных балансировочных клапанов снижает гидравлическое сопротивление системы, экономит стоимость энергии на перекачивание теплоносителя и улучшает тепловой комфорт в помещении. При наличии автоматических регуляторов перепада давления на неразветвленных ветках увязывание циркуляционных колец сводится к одноступенчатой процедуре. Количество циркуляционных колец в такой подсистеме равно количеству отопительных приборов.

При поквартирной разводке оптимальным решением является применение автоматических балансировочных клапанов ASV-P (PV) на обратном теплопроводе и запорно-измерительных клапанов ASV-I – на подающем. Использование этой пары клапанов дает возможность не только компенсировать влияние гравитационной составляющей, но и ограничивать расход на каждую квартиру в соответствии с расчетными параметрами. Клапаны, как правило, подбирают по диаметру трубопроводов и настраивают на поддержание перепада давлений на уровне 10 кПа. Такое значение настройки клапанов выбирается исходя из значения требуемых потерь давления на терморегуляторах отопительных приборов для обеспечения их оптимальной работы.

Ограничение расхода на квартиру задается настройкой на клапанах ASV-I. При этом учитывается, что в этом случае потери давления на данных клапанах необходимо включить в перепад давлений, поддерживаемый регулятором ASV-PV.

4.10. Эксплуатация систем отопления

Большая часть проблем, с которыми сталкивается служба эксплуатации, возникает при перепланировках квартир.

Одна из наиболее распространенных проблем в проектах планировки квартир связана с размещением отопительных приборов. Понятно желание дизайнеров и владельцев квартир скрыть эти элементы инженерного оборудования таким образом, чтобы не нарушать эстетического восприятия интерьера квартиры. За образец

отделки зачастую берется интерьер, разработанный зарубежным дизайнером, но при этом не учитывается то обстоятельство, что этот интерьер был разработан для здания, расположенного в других климатических условиях, с другими ограждающими конструкциями и иным составом инженерного оборудования. Особенности размещения отопительных приборов регламентируются как отечественными нормативно-методическими документами, так и рекомендациями фирм – производителей оборудования, но, к сожалению, не всегда эти рекомендации выполняются.

Множество нарушений требований отечественных нормативных документов, требований Жилищного кодекса РФ связано с присоединением к помещениям квартир балконов. Демонтаж стены между квартирой и балконом может быть разрешен, но категорически запрещен вынос на эти балконы отопительных приборов, поскольку присоединенные площади лежат за пределами теплового контура здания. Несмотря на мероприятия по дополнительному утеплению этих площадей, температура в них все равно остается более низкой по отношению к прочим помещениям квартиры.

Как правило, жильцы, изначально рассчитывая разместить на этих площадях, например, зимние сады, в дальнейшем отказываются от этой идеи, поскольку достаточно низкая локальная температура воздуха и температура внутренних поверхностей в зимнее время не позволяют создать условия для нормального роста растений. Для поддержания требуемого температурного режима владельцу квартиры приходится использовать электрические отопительные приборы, и часто, оценив после первого отопительного сезона затраты на электроэнергию, владелец квартиры отказывается от идеи использования присоединенной площади балкона для того же зимнего сада.

Сходная ситуация возникает в случаях, когда владелец квартиры не выполняет рекомендации службы эксплуатации в части подбора отопительных приборов. Не имея представления о принципах расчета требуемой производительности отопительного прибора, владелец квартиры или даже приглашенный им дизайнер выбирают отопительный прибор исходя из его габаритов и внешнего вида, подбирая в итоге приборы с существенно заниженной производительностью [1].

Существующее многообразие предлагаемого различными производителями оборудования позволяет подобрать его так, чтобы обеспечить требуемую теплопроизводительность, не нарушая целостности облика интерьера.

Отопительные приборы зарубежного производства, в том числе имеющие необходимые сертификаты, тем не менее, не всегда соответствуют российским условиям. Сетевую воду химически подготавливают таким образом, чтобы защитить свое оборудование, и часто при этом уровень рН повышается до значений 10,5. Для стальных труб такой уровень рН обоснован, но для, например, алюминиевых отопительных приборов и даже биметаллических, в которых не удается полностью исключить контакт между теплоносителем и алюминиевой «рубашкой», такая вода приводит к возникновению интенсивной коррозии и разрушению резьбы (подробно данные вопросы были рассмотрены в статье [20]). В сертификате требуемые значения рН отражены, равно как и требуемые значения температуры и давления.

Подразумевается, что подобного рода приборы предназначены для применения в коттеджах, в которых, во-первых, теплоноситель циркулирует по замкнутому контуру, в результате чего устанавливается электрохимическое равновесие, а, во-вторых, давление относительно невелико. Об этих ограничениях недобросовестные продавцы или умалчивают, или не имеют достаточной информации, и в результате подобные приборы появляются в многоэтажных и даже высотных жилых зданиях. После нескольких (четырёх-пяти) лет эксплуатации, как правило, в холодную погоду, когда температура теплоносителя повышается, происходит разрушение прибора, в результате чего может быть залита как собственная квартира, так и квартиры на нижних этажах. Служба эксплуатации занимает очень жесткую позицию, не допуская применение таких отопительных приборов, однако, к сожалению, иногда эти запреты жильцами обходятся.

Здания с остеклением от пола до потолка отличаются достаточно большими значениями трансмиссионных теплопотерь. Такое решение в условиях нашего климата имеет ограниченное применение. Тем не менее архитекторы в последние годы довольно охотно его применяют. В этом случае в качестве отопительных приборов принимаются встраиваемые в пол

конвекторы или устанавливаемые на ножках вдоль окна низкие конвекторы. Однако иногда жильцы таких зданий отказываются от конвекторов в пользу теплых полов. Впоследствии, по итогам отопительного сезона, оценив затраты на электроэнергию, жильцы понимают ошибочность своего решения.

Некоторые специалисты высказывают сомнения насчет эффективности систем поквартирного отопления и в качестве примера своей правоты приводят случай, когда из-за нарушения целостности одной из труб поквартирной разводки в системе отопления возникла утечка теплоносителя. Поскольку размеры повреждения были невелики, утечка не была обнаружена в течение длительного времени; в результате из-за продолжительного воздействия воды получили повреждения конструкции здания. В данном случае наиболее вероятной причиной возникновения таких последствий аварии были не особенности системы, а, скорее, ошибки проектировщиков либо эксплуатирующей организации. Если в системе устанавливается насос подпитки с мембранными баками, очень сложно оценить время работы насоса, число его включений в работу. Если же в системе устанавливаются станции поддержания давления, у которых жестко ограничен лимит подпитки, все утечки легко диагностировать. В ходе подготовки к отопительному сезону систему проверяют на герметичность, и в дальнейшем объем подпитки ограничивается буквально 100 л на весь сезон. Если станция поддержания давления останавливается по исчерпанию лимита подпитки, выдается аварийный сигнал. В этом случае сотрудники службы эксплуатации должны в обязательном порядке найти и устранить причины аварии, и пока это не будет сделано, система не должна быть запущена в эксплуатацию [1].

Повреждение трубы вряд ли могло произойти во время отопительного сезона, в этом случае его быстро бы заметили. Скорее всего, авария произошла в межсезонье, а это означает, что, вероятно, была нарушена процедура подготовки здания к отопительному сезону, не проводились гидравлические испытания системы и т. д. При соблюдении процедуры утечка была бы обнаружена и повреждение локализовано.

Станция поддержания давления дороже обычных насосов, но это удорожание не столь значительно. Здесь нужно учитывать, что

зачастую не соблюдаются нормативные требования по проверке сосудов, работающих под давлением. Такие проверки должны проводиться с определенной периодичностью, и на их проведение затрачиваются определенные финансовые средства. Баки станций поддержания давления не подпадают под действие требований и не нуждаются в нормативной проверке. В результате более высокие капитальные затраты на станции поддержания давления позволяют снизить эксплуатационные расходы. По расчетам повышение стоимости окупается за пять лет.

При горизонтальной разводке ошибки проекта будут выявлены уже на этапе наладки системы. Целесообразно устанавливать ограничитель расхода на каждую квартиру. При наладке системы с термостатов снимаются термоголовки, т. е. система работает с полностью открытыми термостатами. При этих условиях на квартиру устанавливается требуемый максимальный расход.

Проектировщики не рассчитывают минимальный расход теплоносителя на квартиру, ограничиваясь расчетным расходом. Минимальный расход теплоносителя соответствует положению термостатов в позиции максимального закрытия. При организации поквартирного учета с целью минимизации коммунальных платежей жители будут стремиться полностью отключить систему отопления в своей квартире при длительном отсутствии. В российских условиях термостаты следует ограничивать «снизу» — должны иметь нижний предел, соответствующий минимально допустимой температуре (16 °С). Это позволит избежать ситуации, когда жильцы квартиры, отключая отопление, «экономят» за счет соседних квартир, жители которых вынуждены переплачивать за дополнительное теплоснабжение. В дополнение к ограничениям настройки термостата целесообразно предоставлять службе эксплуатации таблицу минимальных расходов теплоносителя, соответствующих максимально закрытым термостатам. Это позволит сотрудникам службы эксплуатации контролировать отключение отопления с целью «экономии». В случае поквартирной системы отопления в процессе строительства этажи могут вводиться в отделку еще до окончания строительства. Для запуска отопления не обязательно дожидаться возведения всех этажей здания. По окончании строительства отдельной зоны монтируют центральный стояк, устанавливают краны на поэтажных вводах, после чего

монтаж поквартирных разводок можно начинать с любой зоны — сверху вниз, снизу вверх, с любого этажа. После монтажа системы отопления квартиры на этаже сразу попадают в тепловой контур здания, и в зимнее время в них могут быть начаты отделочные работы. Это ощутимо сокращает сроки строительства и в конечном итоге существенно снижает накладные расходы застройщика.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные требования к системам отопления высотных зданий.
2. Охарактеризуйте оборудование и материалы систем отопления высотных зданий.
3. Назовите основные меры по энергосбережению для систем отопления высотных объектов строительства.
4. Назовите основные технологические принципы, используемые при монтаже систем отопления.
5. Назовите основные технологические принципы, используемые при наладке и эксплуатации систем отопления.
6. Опишите особенности устройства систем отопления высотных жилых зданий.
7. Опишите типы систем поквартирного отопления.
8. Расскажите об особенностях применения труб из термостойких полимерных материалов.
9. Расскажите об особенностях применения труб из меди.
10. Расскажите о работе автоматических балансировочных клапанов в системах отопления.
11. Назовите особенности эксплуатации систем отопления высотных зданий.

Лекция 5

ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

План лекции

- 5.1. Требования предъявляемые к системам вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий
- 5.2. Источники холода для системы кондиционирования воздуха высотных зданий
- 5.3. Выбор системы кондиционирования воздуха
- 5.4. Сравнение местных и центральных систем кондиционирования воздуха
- 5.5. Системы кондиционирования воздуха жилой части высотного здания
- 5.6. Системы кондиционирования воздуха общественной части высотного здания
- 5.7. Особенности проектирования систем вентиляции воздуха высотных зданий

5.1. Требования предъявляемые к системам вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий

К системам вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий предъявляются более жесткие требования по сравнению с обычными зданиями. Это относится к выбору расчетных параметров наружного и внутреннего воздуха, к надежности принятых схемных решений и применяемого оборудования и, конечно, к системам противодымной вентиляции (ПД и ВД).

В кондиционируемых помещениях следует принимать оптимальные расчетные параметры внутреннего воздуха. Учитывая особые условия эксплуатации высотных зданий и повышенные требования к комфорту, по согласованию с заказчиком рекомендуется принимать температуру внутреннего воздуха в холодный период на 1–2 °С выше, а в теплый период на 1–2 °С ниже оптимальных значений.

Регулирование относительной влажности внутреннего воздуха в кондиционируемых помещениях в теплый период не предусматривается. В холодный период относительную влажность воздуха в кондиционируемых помещениях принимают в пределах 30–40 %.

Каждое высотное здание является уникальным сооружением, и при проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха необходимо выполнять технические и экономические расчеты для нескольких альтернативных вариантов с обоснованием окончательно принятого решения. Причем для нижней зоны здания, которая определяется функциональными, архитектурными, конструктивными и технологическими требованиями, можно использовать имеющиеся нормативные данные и опыт проектирования обычных многофункциональных зданий [1].

В зарубежной и отечественной практике при проектировании высотных зданий применяются три варианта компоновки систем вентиляции и кондиционирования воздуха:

- децентрализованная поэтажная компоновка, при которой системы расположены на обслуживаемом этаже и не имеют вертикальных каналов;

- централизованная компоновка с техническими этажами, на которых размещается вентиляционное оборудование, обслуживающее несколько рабочих этажей вверх или вниз от технического с вертикальными вентиляционными каналами;

- комбинированная компоновка, когда часть вентиляционного оборудования установлена на технических этажах и связана с рабочими помещениями вертикальными каналами, а часть оборудования размещается на рабочих этажах.

Преимущества и недостатки каждого варианта следует оценивать непосредственно для конкретного объекта. При этом необходимо учитывать:

- капитальные и эксплуатационные затраты;
- сложность, стоимость и продолжительность монтажа систем вентиляции и кондиционирования воздуха;

- площадь, занимаемую оборудованием, каналами и шахтами;

- энергетические затраты систем в процессе эксплуатации;

- архитектурно-планировочные решения;

- надежность систем и возможность их ремонта;

- схемы размещения электрооборудования и движения лифтов;

- функциональное назначение обслуживаемых помещений.

При поэтажной компоновке, если площадь помещений, обслуживаемых центральным кондиционером, менее 2 000 м², разрешается предусматривать один кондиционер и одну вытяжную общеобменную установку с одним вентилятором.

При компоновке с техническими этажами рекомендуется проектировать отдельные центральные кондиционеры для каждого фасада здания. При этом следует предусматривать не менее двух кондиционеров и вытяжных систем, обеспечивающих по 50 % требуемого воздухообмена, причем при подборе оборудования, особенно электродвигателей вентиляторов, необходимо учитывать увеличение расхода воздуха в работающей системе при отключении параллельной.

Допускается применение одного центрального кондиционера и одной вытяжной системы при техническом обосновании возможности замены вышедшего из строя оборудования в течение 24 ч. Данное исключение не распространяется на жилые здания [1].

При рассмотрении альтернативных вариантов особое внимание следует уделять выбору принципиальной схемы кондиционирования воздуха.

Наиболее часто применяются схемы с центральными кондиционерами, подающими санитарную норму наружного воздуха, и местными охладителями доводчиками, а в американской практике схемы с системами с переменным объемом приточного воздуха – так называемые VAV-системы. В качестве местных доводчиков могут быть использованы:

- фэнкойлы;
- эжекционные доводчики;
- пассивные и активные охлаждающие балки и потолки;
- VRF-системы с воздушным охлаждением наружных блоков;
- VRF-системы с водяным охлаждением внешних блоков.

Для помещений, в которых требуется значительный объем наружного воздуха или в которых имеются местные отсосы, – например, для ресторанов, столовых, тренажерных залов, фитнес-центров, конференц-залов и т. п. – наиболее целесообразной является схема, когда расход наружного воздуха принимают из условия ассимиляции теплоизбытков в холодный период. Такое

решение позволяет отказаться от сухих охладителей, пластинчатых теплообменников и контура этиленгликоля.

В зарубежной практике довольно часто применяют фэнкойлы не только для охлаждения, но и для отопления помещений, однако большинство отечественных специалистов считают целесообразным применять фэнкойлы только в сочетании с центральной системой отопления, рассчитанной на поддержание температуры внутреннего воздуха не ниже 12 °С, причем подключение фэнкойлов, работающих в режиме нагрева и охлаждения, следует выполнять только по четырехтрубной схеме.

В то же время опыт проектирования показывает, что применение фэнкойлов для отопления и охлаждения иногда является не просто целесообразным, а единственно возможным решением, например, для вестибюлей, холлов, атриумов и других помещений с развитой поверхностью остекления, но при этом температуру подаваемого воздуха не следует принимать выше 45 °С.

В некоторых высотных зданиях в Европе в отдельные периоды года применяется естественная вентиляция, но необходимо отметить, что такие системы служат для проветривания помещений при благоприятных параметрах наружного воздуха в переходный и теплый периоды только при использовании поперечного течения воздуха с применением специальных открываемых конструкций, управление которыми осуществляется автоматически по показаниям датчиков, измеряющих скорость и направление ветра, интенсивность солнечной радиации, температуру наружного воздуха и объем дождевых осадков. Причем естественную вентиляцию в этих зданиях рассматривают только как дополнение к системам кондиционирования воздуха [1].

Для создания повышенных комфортных условий в помещениях без естественного проветривания в высотной части здания рекомендуется принимать минимальный расход наружного воздуха в час не менее двухкратного объема помещения.

Для офисов при нормируемой площади 12—15 м² на одно рабочее место минимальный объем наружного воздуха на одного человека принимают 100 м³/ч.

Рециркуляция внутреннего воздуха допускается только в пределах одного обслуживаемого помещения, без сокращения нормы

подачи наружного воздуха. Это требование относится и к обычным многофункциональным зданиям, однако, к сожалению, оно часто не соблюдается в проектах, выполняемых зарубежными фирмами.

Расход приточного воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха следует определять в соответствии с рекомендациями [12] и других справочных материалов в зависимости от выбранной схемы системы кондиционирования воздуха для обслуживаемого помещения: центральная или центральная с местными доводчиками-охладителями.

Для последних систем расход приточного воздуха надо обязательно проверять на ассимиляцию расчетных теплоизбытков в помещении в переходный и холодный периоды года при работающей системе отопления, рассчитанной на температуру внутреннего воздуха 12 °С.

Если теплоизбытки в помещении могут быть ассимилированы за счет увеличения производительности центрального кондиционера в полтора-два раза, то выбор схемы с охладителями-доводчиками и внешними источниками холода (чиллерами и сухими охладителями) требует технико-экономического обоснования, особенно при поэтажной компоновке систем [1].

В высотных зданиях серьезной проблемой является размещение приемных устройств для наружного воздуха и для выброса удаляемого воздуха. Согласно [3], эти устройства можно «размещать в одном уровне технического или обслуживаемого этажа, на одном фасаде с неоткрываемыми при эксплуатации окнами на расстоянии между ними:

- не менее 10 м по горизонтали;
- не менее 6 м по вертикали при горизонтальном расстоянии менее 10 м».

Совершенно очевидно, что последнее требование противоречит самому смыслу данного пункта, т. к. разнести по высоте воздухозаборные и выбросные решетки на 6 м «в одном уровне технического или обслуживаемого этажа» просто невозможно. Поэтому расстояние между решетками надо ограничивать только по горизонтали и принимать, как в обычных зданиях, не менее 6 м.

Выбросы воздуха надо предусматривать под углом 45° вниз со скоростью в живом сечении решетки не менее 6 м/с.

Особое внимание следует уделять размещению выбросов из подземных автостоянок, санузлов, курительных, кухонь и других помещений, чтобы исключить попадание вредностей и запахов в воздухозаборные устройства. Вентиляторы вытяжных вентиляционных систем из указанных помещений необходимо располагать как можно ближе к месту выброса для того, чтобы воздуховоды были только под разрежением.

В высотных зданиях можно размещать в одном помещении при поэтажной компоновке или на одном техническом этаже без перегородок приточные или вытяжные вентиляционные системы, центральные кондиционеры, холодильное оборудование, насосы, теплообменники систем теплоснабжения и отопления, вентиляторные градирни и другое оборудование за исключением систем ПД и ВД с учетом требований [21].

В указанных выше помещениях необходимо предусматривать усиленную гидроизоляцию с уклоном от наружных и внутренних ограждающих конструкций, с устройством лотков и трапов, а также улучшенную звукоизоляцию стен, перекрытия и пола и защиту от вибрации.

В совмещенных помещениях вентиляционных камер следует предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию в объеме не менее однократного воздухообмена без дисбаланса.

Для подачи и удаления воздуха из вентиляционных камер можно использовать установленное в них оборудование или отдельные системы.

Все вышеизложенное можно отнести и к проектированию высотных жилых зданий и комплексов, однако следует иметь в виду, что указанные здания имеют свои особенности, связанные в основном с проблемами эксплуатации и повышенными требованиями к уровню шума в жилых квартирах.

Целесообразно оборудовать высотные жилые здания системами приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением. Допускается при обосновании замена централизованной подачи приточного воздуха на децентрализованную (приточные клапаны, устройства щелевого проветривания и пр.).

Исходя из повышенных требований к уровню шума в жилых помещениях рекомендуется расположение приточных вентиляционных камер, тепловых пунктов, повысительных насосных станций систем водоснабжения, станций холодоснабжения на нижних уровнях этих зданий. При нижнем расположении приточных установок, обслуживающих разные пожарные отсеки по высоте здания, допускается их расположение в одной вентиляционной камере с одним общим воздухозабором при условии установки противопожарных клапанов с учетом требований [21].

Целесообразно также решать вопросы размещения вытяжных вентиляционных камер встраиваемых помещений, подземных гаражей-стоянок вне рекомендуемого СТО 01422789-001–2009 [22] верхнего технического этажа жилого дома, поскольку эти вентиляционные камеры оторваны от обслуживаемых ими помещений, как правило относящихся к другому пожарному отсеку.

Вытяжные вентиляторы, обслуживающие разные пожарные отсеки по высоте здания, допускается располагать в общей вентиляционной камере, как правило, на верхнем техническом этаже здания при условии установки противопожарных клапанов с учетом требований [21].

При расположении вентиляционных камер смежно с жилыми помещениями комплекс мероприятий по звукоизоляции не должен превышать нормативные уровни шума в ночное время.

Системы приточной и вытяжной вентиляции, обслуживающие жилые помещения высотных зданий, работают в круглосуточном режиме, поэтому необходимо предусматривать резервирование указанных систем. По согласованию с заказчиком возможно иметь резервный электродвигатель в вентиляторном отсеке установок.

Воздухообмен в жилых квартирах следует определять расчетом исходя из нормы подачи наружного воздуха не менее 30 м³/ч на человека. При отсутствии данных о количестве проживающих допускается определять воздухообмен по балансу вытяжки из кухни и санузлов, но не менее 0,3–0,5 л/ч в зависимости от размера квартир и уровня элитности здания [1].

5.2. Источники холода для системы кондиционирования воздуха высотных зданий

Для охлаждения приточного и внутреннего воздуха в теплый период года, как правило, используют искусственные источники холода, в качестве которых могут быть парокомпрессионные холодильные машины с воздушным или водяным охлаждением конденсаторов или наружные блоки VRF также с воздушным или водяным охлаждением. Однако в зависимости от особенностей конкретного объекта возможны и другие варианты. Например, использование в качестве доводчиков VRF-систем с воздушным охлаждением наружных блоков (подробнее см. раздел «Расчет системы кондиционирования воздуха с косвенным испарительным охлаждением» на с. 143 [1]).

Если для энергоснабжения высотного здания применяются собственные теплогазогенераторы, то в качестве источника холода целесообразно использовать бромисто-литиевые абсорбционные машины.

В холодный период года для охлаждения внутреннего воздуха следует максимально использовать холод наружного воздуха. С этой целью рекомендуется применять сухие охладители с раствором этиленгликоля в качестве промежуточного хладагента.

Часто из-за конструктивных особенностей высотных зданий установка сухих охладителей оказывается невозможной. В этом случае в качестве источников холода для местных охладителей-доводчиков используют чиллеры и наружные блоки VRF, обеспечив условия для их бесперебойной работы при низких отрицательных температурах наружного воздуха.

При использовании сухих охладителей в интервале температур наружного воздуха от 4 до -5 °C требуется дополнительное охлаждение холодоносителя, поэтому надо применять схемы обвязки и регулирования, исключающие скачкообразные переходы с режима искусственного охлаждения к естественному и наоборот.

Выбор принципиальных схем холодоснабжения и холодильного оборудования, а также компоновочных решений по его размещению необходимо выполнять на основании вариантного проектирования с технико-экономическим сравнением централизованного и децентрализованных холодильных центров, холодильных машин и систем

VRF с воздушным и водяным охлаждением, т. к. каждый из указанных вариантов имеет свои преимущества и недостатки, которые могут стать определяющими для конкретного здания.

Хладоновые холодильные машины и наружные блоки VRF допустимо размещать в подземной части здания и на обслуживаемых и технических этажах высотной части здания.

При подборе и размещении холодильного и вспомогательного оборудования, насосов, арматуры и других элементов необходимо учитывать величину гидравлического давления в контуре холодоснабжения. Рабочее давление оборудования и других элементов должно быть больше расчетного не менее чем на 1 бар.

Рекомендуется предусматривать отдельные холодильные машины для холодоснабжения центральных кондиционеров и фэнкойлов, которые работают в холодный и теплый периоды.

В качестве холодоносителя для центральных кондиционеров могут применяться вода, раствор этиленгликоля или пропиленгликоля, а при использовании воздухоохладителей прямого охлаждения – фреон.

В качестве холодоносителя для местных доводчиков могут применяться только вода и фреон. В последнем случае необходимо выполнять поверочный расчет концентрации фреона при его полной утечке из замкнутого контура в обслуживаемом помещении наименьшего объема.

Все применяемые в здании парокомпрессионные холодильные машины должны быть с плавным или многоступенчатым регулированием холодопроизводительности.

Конденсаторы холодильных машин и систем VRF могут быть с воздушным или водяным охлаждением, причем для холодильных машин можно использовать раствор этиленгликоля.

Для охлаждения оборотной воды или раствора этиленгликоля следует использовать вентиляторные градирни открытого и закрытого типа или сухие охладители. При температуре наружного воздуха 8–10 °С для предупреждения парения градирни должны работать только в «сухом» режиме, т. е. без непосредственного контакта распыливаемой воды с наружным воздухом.

Конденсаторные блоки холодильных машин с воздушным охлаждением и вентиляторные градирни являются мощными ис-

точниками тепловых потоков, кроме того, в выбросах градирен могут содержаться опасные микроорганизмы, включая легионеллу, поэтому при размещении холодильных машин необходимо по возможности ограничить, а при размещении градирен полностью исключить попадание удаляемого воздуха к воздухозаборным решеткам центральных кондиционеров и приточных вентиляционных систем [1].

5.3. Выбор системы кондиционирования воздуха

В практике проектирования инженерных систем зданий часто возникает необходимость изменения схемных решений. Зачастую требуется менять состав инженерного оборудования, место его размещения. Может сложиться ситуация, при которой проект успешно прошел согласование, но к моменту начала строительства условия меняются и утвержденное проектное решение не может быть реализовано. В результате уже на стадии строительства приходится искать альтернативный вариант, и не всегда удается найти даже равноценную замену изначальному решению, не говоря уже о варианте, превосходящем первоначальный.

При проектировании одного из офисных высотных зданий в Москве рассматривалось два варианта системы кондиционирования: централизованная и децентрализованная компоновка.

Высота здания — 76 м (22 этажа).

Общая площадь — 20 000 м².

Высота этажа от пола до перекрытия — 3,3 м.

Высота подшивного потолка — 0,4 м.

План одного из этажей площадью 852 м² приведен на рис. 29.

В соответствии с требованиями [3], здание по высоте разделено на два пожарных отсека, и при централизованной компоновке 11-й этаж здания площадью 852 м² должен был стать полностью техническим этажом.

Вместе с тем применение поэтажной компоновки, как полагают некоторые специалисты, приводит к более высоким капитальным затратам; использованию большей площади для оборудования вентиляционных камер; и сама система менее надежна вследствие значительного увеличения количества кондиционеров.

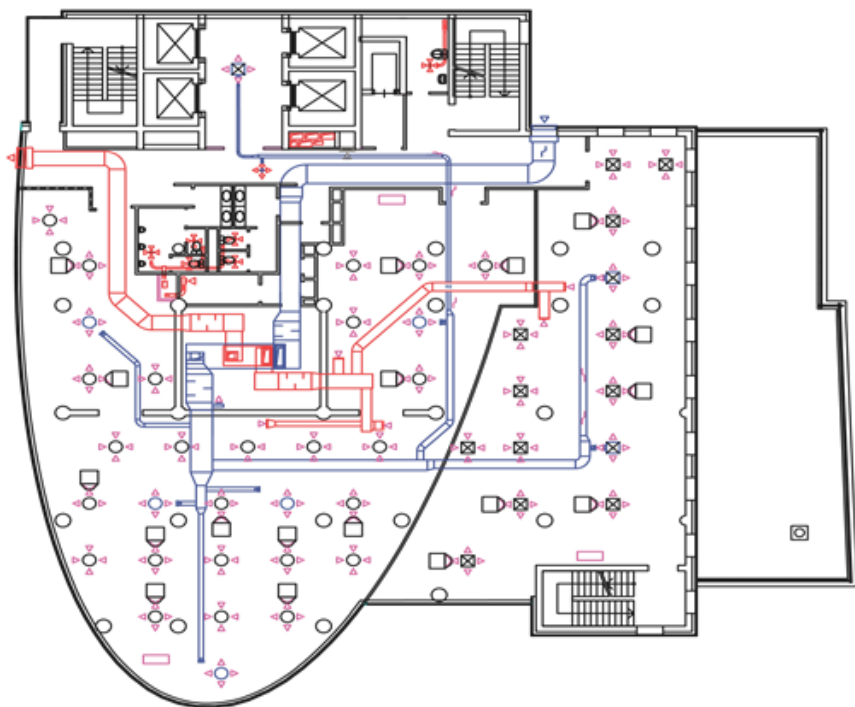


Рис. 29. План типового этажа высотного офисного здания

Существует и другое мнение: указанные доводы основаны на бытовых представлениях и не выдерживают профессионального анализа.

В итоге в проекте был принят децентрализованный поэтажный вариант компоновки. С этой целью внутри несущего монолитного ядра здания на каждом этаже были выделены технические помещения площадью $6,0 \times 5,2$ м.

В каждом из этих помещений установлены центральный кондиционер, подающий минимальное количество наружного воздуха, требуемое по санитарным нормам на одного человека, вытяжная система, узлы регулирования, электрические шкафы и шкафы управления. Кроме того, в пределах этой же площади предусмотрен канал для прокладки трубопроводов систем тепло-

холодоснабжения и электрических кабелей, а также стояков центральной системы отопления. Технические и экономические расчеты показали следующее:

- суммарная площадь поэтажных вентиляционных камер оказалась на 230 м^2 меньше, чем площадь технического этажа при централизованной компоновке. Причем при сравнении не учитывали площадь вентиляционных каналов и шахт, которую они занимают дополнительно на каждом этаже;

- суммарная стоимость оборудования при поэтажной компоновке действительно оказалась больше примерно на 10 %, однако с учетом стоимости воздуховодов, огнезадерживающих клапанов и непосредственно монтажных работ общие капитальные затраты при централизованной компоновке оказались даже несколько выше, причем без учета стоимости «потерянной» полезной площади.

При комплексной оценке надежность поэтажных систем выше, чем централизованных. По долговечности и сохраняемости небольшие установки не отличаются от крупных систем кондиционирования воздуха, а по ремонтпригодности и по последствиям отказа значительно превосходят последние.

В частности, любая неисправность небольшого кондиционера, включая выход из строя вентилятора, воздухонагревателя или воздухоохладителя, не говоря о более мелких элементах, может быть устранена в течение нескольких часов, причем на этот период только один этаж здания остается без механической вентиляции.

Ремонт соответствующего оборудования в кондиционере производительностью $30\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и более может занять несколько суток, причем на этот период без механической вентиляции окажутся уже несколько этажей, т. е. последствия отказа при централизованной компоновке будут более тяжелыми [1].

Кроме того, если под надежностью системы понимают вероятность отказа, то она возрастает при увеличении количества единиц оборудования.

И в заключение сравнения оценим энергетическую эффективность рассматриваемых систем. И здесь полное преимущество имеют децентрализованные системы. В этих системах не надо предусматривать запас производительности кондиционера на потери воздуха в

воздуховодах и шахтах, т. к. весь приточный воздух так или иначе поступает в обслуживаемые помещения на данном этаже. Потери давления на трение и местные сопротивления в сети значительно меньше при малой длине воздуховодов, следовательно, давление вентилятора у небольших систем кондиционирования воздуха также меньше, т. е. даже при одном и том же расходе приточного воздуха без учета запаса и утечки, мощность, потребляемая электродвигателями вентиляторов поэтажных систем, будет меньше, чем при централизованной компоновке

Важное значение имеет и тот фактор, что поэтажные системы функционально идеально связаны с обслуживаемыми помещениями, т. е. их можно включать и выключать четко по графику работы в помещении как по времени суток, так и по дням недели.

5.4. Сравнение местных и центральных систем кондиционирования воздуха

Как отмечалось выше, для климатизации квартир могут быть использованы либо местные, либо центральные системы кондиционирования воздуха.

В первом случае в специально отведенных местах на фасаде здания устанавливаются наружные блоки, от которых к одному или нескольким внутренним блокам подводятся фреоновые магистрали (рис. 30). В случае использования центральных систем холодильные машины устанавливаются в большинстве случаев в нижней части здания или на кровле, а в квартиры подается охлажденная вода.

В процессе проектирования часто возникает вопрос: что выгоднее использовать для охлаждения квартир – местные мультizonальные системы или центральные системы с чиллерами и фэнкойлами? Однозначного ответа не существует. Решение о целесообразности того или иного варианта принимается после изучения каждого конкретного проекта.

При выборе вариантов системы охлаждения жилой зоны (местной или центральной) учитываются не только технические аспекты, но и экономические соображения. В частности, при установке местной системы кондиционирования воздуха все затраты на проектирование, монтаж и эксплуатацию оборудования относятся на счет заказчика – владельца квартиры (со службой эксплуатации оговари-

вается только размещение наружных блоков). При использовании для климатизации помещений центральной системы кондиционирования воздуха затраты на установку оборудования – это затраты инвестора, который затем возвращает вложенные средства, увеличивая стоимость квартир. Потенциальные покупатели в данном случае согласны оплачивать дополнительные услуги, повышающие потребительские качества здания и увеличивающие коммерческую привлекательность жилья. Но для оборудования здания центральной системой кондиционирования необходимы значительные капитальные вложения. Инвестор же зачастую стремится к удешевлению проекта, что приводит к отказу от центральной системы кондиционирования в пользу местных систем.

При интенсивной эксплуатации сплит-систем владелец квартиры через несколько лет может столкнуться с необходимостью замены оборудования, в частности ресурс компрессоров может оказаться выработанным за четыре-пять лет интенсивной эксплуатации. При этом может оказаться, что данная модель уже снята с производства (в настоящее время модельный ряд обновляется каждые два-три года), что приведет к необходимости вписывать новое оборудование в интерьер, заново подводить фреоновые магистрали и т. д. При использовании в здании центральной системы кондиционирования воздуха в каждой квартире устанавливается внутренний блок, например фэнкойл, к которому подводится охлажденная вода от источника холодоснабжения и от которого в канализацию отводится через гидрозатвор конденсат. Обязка – двухходовой (при установке водосчетчиков) либо трехходовой клапаны. Срок службы такого оборудования достаточно велик, и его эксплуатация не вызывает у жильцов никаких трудностей. При монтаже сплит-систем требуется прокладка фреоновых магистралей, которая более трудоемка, чем монтаж магистралей для охлажденной воды, поскольку используются паяные соединения. Несмотря на то что эксплуатация сплит-систем осуществляется владельцем квартиры, зачастую службе эксплуатации здания все равно приходится обслуживать и эти системы – как правило, ликвидировать нештатные ситуации [1].

Обслуживание центральных систем кондиционирования осуществляется службой эксплуатации, но в большинстве случаев оно

сводится к своевременному проведению текущих регламентных работ. Нештатные ситуации возникают относительно редко. Кроме того, существует четкое разделение обязанностей, и, например, эксплуатация магистралей (трубопроводов) центральной системы кондиционирования воздуха осуществляется не инженерами по отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха, а инженерами-сантехниками.



Рис. 30. Скрытое размещение наружных блоков в специально отведенных местах на наружных балконах

Проблемы взаиморасчетов возникают при монтаже мультizonальных сплитсистем, обслуживающих несколько квартир, например, в пределах одного этажа. В этом случае возникает вопрос: кто должен оплачивать потребленную энергию (энергию, потребляемую смонтированной в пределах одной квартиры системой, оплачивает владелец данной квартиры)? Равномерное распределение расходов между всеми владельцами квартир, обслуживаемых одной мультizonальной системой, вызывает нарекания жильцов, поскольку в период эксплуатации оборудования

кто-то мог отсутствовать и не пользоваться системой, в то время как другие пользовались этой услугой в полном объеме.

При наличии центральной системы расходы на ее эксплуатацию (как и расходы на механическую вентиляцию), как отмечалось выше, жильцами специально не оплачиваются, они входят в стоимость технического обслуживания, причем равномерно распределяются в течение всего года. Такая форма взаиморасчетов никогда не вызывает вопросов и нареканий у жильцов.

Высотные жилые здания сдаются с законченной отделкой межквартирных холлов. Эта отделка может быть очень дорогой: здесь применяются и венецианская штукатурка, и лепнина, и натяжные потолки, и т. д. Трассы сплит-систем разводят через пространство межквартирного холла. Если холл имеет не более одного поворота, в запотолочном пространстве устанавливаются закладные трубы из полиэтилена, в которых возможна прокладка трасс. Если для прокладки трассы необходимо сделать хотя бы два-три поворота, вариант с закладными трубами невозможно реализовать, и в этом случае для прокладки трасс необходимо сначала разобрать, а затем снова смонтировать отделку межквартирного холла. В этом случае стоимость монтажа системы многократно возрастает. В то же время сдавать здания без отделки невозможно: в зданиях такого класса процесс отделки квартиры зачастую растягивается на несколько лет, и в то время, как часть квартир давно заселена, в других может идти монтаж климатического оборудования.

Места для размещения наружных блоков систем выбирают совместно проектировщик и архитектор. Хаотичное размещение этих устройств портит внешний облик здания, особенно в случае установки разными фирмами наружных блоков разных моделей. Кроме этого, наружные стены здания зачастую выполняются из пустотного щелевого кирпича. Известны случаи, когда крепление наружных блоков не выдерживало знакопеременной ветровой нагрузки, поскольку анкерные болты сложно надежно зафиксировать в пустотном кирпиче. В таких случаях необходимо использовать специальный узел крепления со сквозными анкерами с утапливанием во внутреннюю стену и теплоизоляцией, что, разумеется, приводит к удорожанию проекта. Сложности возникают и в случае необходимости размещения наружных блоков на вентилируемом фасаде. Решением этих проблем является размещение

наружных блоков в специально выделенных нишах на балконах квартир или незадымляемых лестничных клетках. Согласно требованиям нормативных документов, запрещается устанавливать квартирное оборудование в местах общего пользования. То есть наружные блоки сплит-систем не могут размещаться на лестничных маршах, а тем более — на фасаде здания.

Некоторую проблему представляет отведение конденсата от наружных блоков сплит-систем. Конденсат из внутренних блоков отводится обязательно в систему канализации через гидрозатвор, категорически запрещен его выброс на фасад. Однако если сплит-система работает в режиме теплового насоса (не на охлаждение, а на подогрев воздуха в помещении при температуре наружного воздуха $-8...5$ °С), то конденсат образуется не на внутренних, а на наружных блоках. Этот конденсат стекает вниз на стилобатную часть здания, что может привести к обледенению фасадов. В связи с этим наружные блоки сплит-систем размещены в нишах пожарных балконов, на которых предусмотрено водоотведение — ливнестоки. На зимний период необходимо оборудовать такие ливнестоки греющим кабелем. Отдельный безнапорный выпуск в водосток выводится на теплый технический этаж, что позволит для предотвращения обледенения обогревать только наружный вертикальный ливнесток. Затраты энергии при этом невелики, достаточно одного греющего кабеля. Этот кабель не обязательно располагать в трубе спиралью, достаточно проложить его вдоль трубы. Даже если ливнесток полностью зарастет льдом, будет обеспечен сток воды вдоль греющего кабеля [1].

При установке сплит-систем или мультизональных сплит-систем возникают споры между жильцами. Например, для обеспечения микроклимата в квартире необходима установка мультизональной системы с одним наружным блоком, и такой блок можно подобрать из числа представленных на рынке и выделить для его установки место на пожарном балконе. Однако зачастую владелец квартиры по каким-то собственным соображениям желает установить вместо одной мультизональной системы несколько сплит-систем (для обоснования этого часто приводится аргумент, что в случае выхода из строя единственного наружного блока вся квартира останется без охлаждения). Количество наружных блоков увеличивается, и для их установки исполь-

зуется место, отведенное владельцам соседних квартир. Урегулировать такие споры нелегко.

Центральная система кондиционирования исключает возникновение подобных ситуаций. При использовании центральных кондиционеров к квартирным теплообменникам подводится охлажденная вода, и в этом случае длина магистралей не столь критична. Кроме этого, такая система обладает большей гибкостью: в случае необходимости можно достаточно легко изменить конфигурацию магистралей, при достаточной пропускной способности возможно подключение новых потребителей. В случае использования фреоновых трасс подобные изменения выполнить сложнее.

В высотных жилых зданиях для климатизации квартир используются местные системы кондиционирования воздуха. Тем не менее непреодолимых технических сложностей в организации центральной системы кондиционирования высотных зданий нет. В данном случае потребителям подается охлажденная вода, и все проблемы, возникающие из-за высотности объекта, решаются точно так же, как и при организации систем отопления и водоснабжения. Для ограничения гидростатического давления эти системы зонированы, на промежуточных технических этажах устанавливаются промежуточные теплообменники и т. д. Кроме этого, в отличие от оборудования теплоснабжения, холодильные машины могут устанавливаться как в нижней, так и в верхней части здания. Например, в IV корпусе комплекса «Алые Паруса» оборудование размещено и в нижней части здания (чиллеры с воздушным охлаждением системы климатизации теннисных кортов), и на верхнем техническом этаже (неавтономные кондиционеры бассейна коттеджа-пентхауса), и на кровле здания под вертолетной площадкой (выносной конденсатор системы кондиционирования воздуха жилой зоны коттеджа-пентхауса) [1].





5.5. Системы кондиционирования воздуха жилой части высотного здания

Для климатизации квартир используется два варианта систем местного кондиционирования: схемы с канальными или настенными кондиционерами (неавтономными доводчиками).

В схеме с канальными кондиционерами приток наружного воздуха производится от приточной системы вентиляции. Приточный воздух подается в канал рециркуляции внутренних блоков кондицио-

нера и распределяется по помещениям посредством сети воздуховодов с теплоизоляцией. Подача в помещения осуществляется настенными воздухораспределителями. При отключении вентилятора местной системы приточный воздух поступает в обслуживаемые помещения через рециркуляционные решетки местной системы. Управление производительностью кондиционеров осуществляется автоматически по заданной температуре воздуха в помещении. Расположение наружных блоков согласовывается со службой эксплуатации. Магистраль прокладывается в теплоизоляции толщиной 20 мм. Для отведения конденсата предусмотрены дренажные трассы с отводом конденсата в канализацию через гидрозатвор. В схеме с настенными кондиционерами приточный воздух распределяется по помещениям через сети воздуховодов.

Размеры и опуски потолков указаны без учета толщины конструкции

-  Сервисный люк
-  Трубопровод фреона
-  Трубопровод дренажа с подключением в канализацию
-  Дренажный насос

Экспликация		
N	Помещение	Площадь
1.	Холл	23,4 м ²
2.	Гостиная	34,8 м ²
3.	Кухня	12,0 м ²
4.	Санузел	6,3 м ²
5.	Гардеробная	4,9 м ²
6.	Спальня	22,2 м ²
7.	Гардероб	5,8 м ²
8.	Спальня	15,0 м ²
9.	Гардероб	5,8 м ²
10.	Спальня	21,7 м ²
11.	Спальня	19,7 м ²
12.	Гардероб	3,5 м ²
13.	Ванная	8,5 м ²
14.	Постирочная	2,7 м ²
15.	Санузел	2,8 м ²

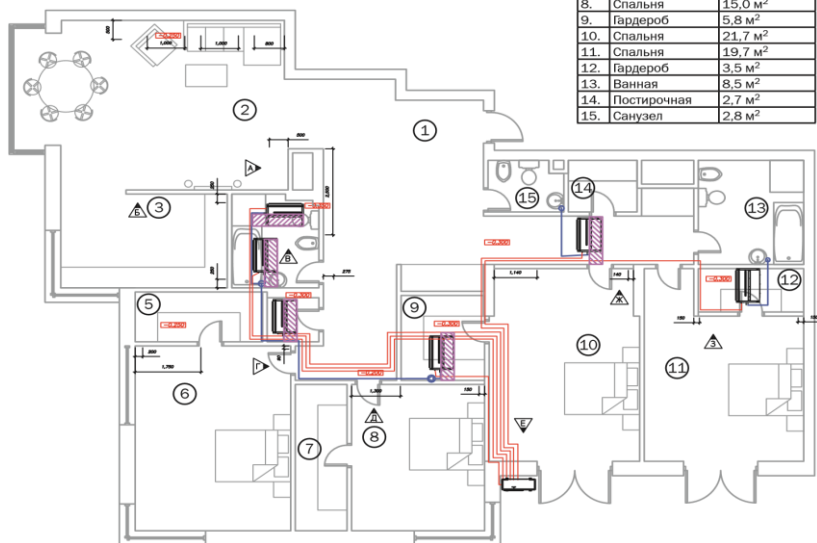


Рис. 30. Схема системы кондиционирования воздуха квартиры с канальными кондиционерами

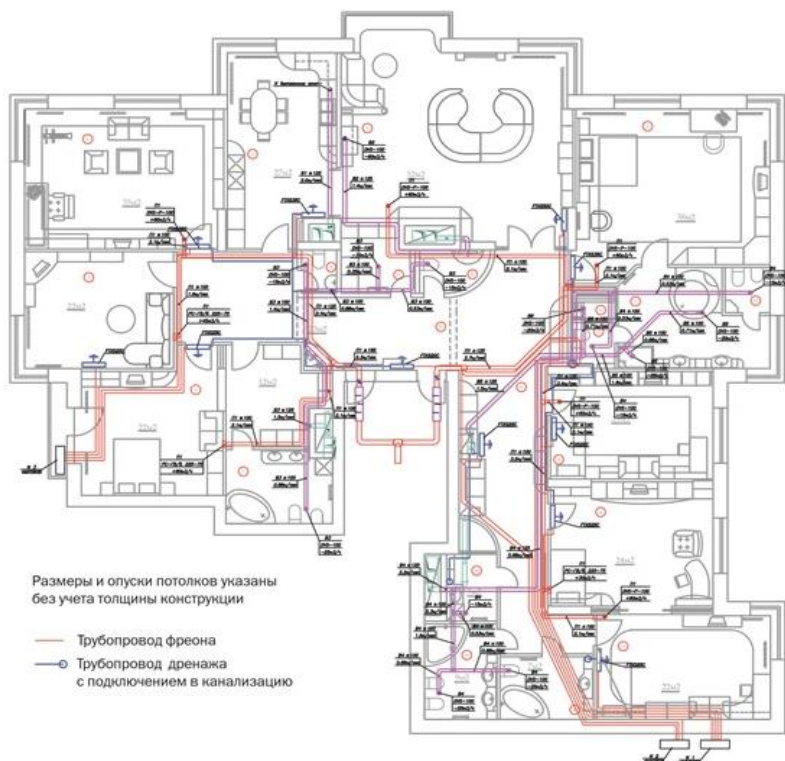


Рис. 31. Схема системы кондиционирования воздуха квартиры с настенными кондиционерами

Регулирование температуры воздуха в помещениях осуществляется настенными кондиционерами. Управление производительностью кондиционеров, как в первом случае. Примеры реализации систем кондиционирования воздуха квартир с канальными и настенными кондиционерами приведены на рис. 30, 31

5.6. Системы кондиционирования воздуха общественной части зданий

Для климатизации всех общественных помещений (магазины, рестораны, аквапарки, физкультурно-оздоровительные комплексы)

используются только центральные кондиционеры. Исключение составляют несколько небольших офисов, обслуживаемых сплит-системами. При проектировании систем кондиционирования необходимо учитывать, что в ряде случаев первоначальный проект может быть несколько изменен, в результате чего увеличивается величина теплоизбытков. Поэтому при проектировании либо четко определяется назначение помещений, либо предусматривается возможность варьировать систему, с тем чтобы в случае изменения проектного назначения помещений избежать возможной замены оборудования (это же относится и к оборудованию тепло-, водо- и электроснабжения).

Для охлаждения теннисных кортов высотного комплекса «Алые Паруса» использовалась моноблочная холодильная машина с воздушным охлаждением. На фасадах здания в этом случае размещаются только воздухозаборные и воздуховыпускные решетки. Такую машину проще разместить в здании. Защита от шума в этом случае осуществляется стандартными способами: установкой шумоглушителей, использованием малошумных центробежных вентиляторов, использованием гибких вставок для присоединения воздуховодов, ограждением вентиляционной камеры шумоизолирующими перегородками [1].

5.7. Особенности проектирования систем вентиляции высотных жилых зданий

В жилой и общественной частях высотных многофункциональных жилых комплексов обычно применяется механическая приточно-вытяжная вентиляция. Системы кондиционирования воздуха используются и в жилой, и в общественной частях, но варианты систем варьируются в зависимости от назначения помещений. Для общественных зон применяются системы центрального кондиционирования; в жилой зоне — местные (поквартирные) установки (такие как сплит- и мульти-сплит-системы) или системы центрального кондиционирования.

В муниципальных жилых зданиях вытяжная вентиляция квартир часто организована следующим образом: в зимнее время, когда при большой разности температур между наружным и внутренним воздухом в системе вентиляции образуется сильная тяга,

используется естественная вытяжка, а в летнее время, когда она не может гарантированно обеспечить требуемый воздухообмен, для побуждения движения воздуха используется вытяжной вентилятор с клапанами, который устанавливается на обводном канале и включается вручную специалистами службы эксплуатации.

Для правильной работы системы вентиляции вытяжка, естественная или механическая, компенсируется притоком. Если используется приточная механическая вентиляция, никаких проблем не возникает. В случае естественного притока использование герметичных окон нарушает работу системы вентиляции. Самым простым способом организации притока в этом случае является установка приточных клапанов на окна или в наружную стену. Могут использоваться и другие решения. Например, в отдельных квартирах для обеспечения притока можно устанавливать небольшие канальные приточные установки с электрокалориферами мощностью 3–6 кВт, однако такое решение возможно лишь в том случае, если данная электрическая мощность может быть предоставлена.

Помимо приточных установок использовались также варианты с рекуператором (с утилизацией теплоты удаляемого воздуха для подогрева приточного), а также со встроенным воздухоохладителем. Однако в этом случае возникает вопрос правильной эксплуатации оборудования, его периодического обслуживания, замены фильтров и т. д. Сама установка достаточно дорогая, и электрическая энергия, потребляемая ею, оплачивается владельцем квартиры по показаниям электросчетчика. Капитальные и эксплуатационные затраты достаточно велики, поэтому в муниципальной части здания для компенсации вытяжки выгоднее использовать относительно недорогие приточные клапаны.

Использование приточно-вытяжной механической вентиляции незначительно влияет на себестоимость квартир, но при этом может быть подан требуемый расход воздуха независимо от наружных погодных условий. При экономическом обосновании применения на объекте механической централизованной приточно-вытяжной вентиляции следует иметь в виду, что при использовании естественного притока через открываемые окна подогрев приточного воздуха осуществляется за счет системы отопления. Поэтому при проектировании системы отопления необходимо

учесть это обстоятельство и соответственно увеличить поверхность отопительных приборов, т. е. установить, например, дополнительные секции. При использовании централизованной механической приточно-вытяжной вентиляции, когда, подогрев наружного воздуха осуществляется в приточной установке, необходимость в этих дополнительных секциях отпадает.

Вытяжная вентиляция может быть решена различными способами. Например, в случае естественной вытяжки вытяжная шахта пропускается транзитом через чердак. В этом случае увеличивается высота шахты и, следовательно, повышается эффективность естественной вентиляции. При использовании механической вытяжки может быть установлен шумоглушитель и тихоходный крышный вентилятор на каждую вытяжную шахту, либо воздух из всех вытяжных шахт секции собирается на теплом чердаке и удаляется одним вентилятором. Крышные вентиляторы (рис. 32) отличаются относительно небольшим энергопотреблением. Устройство теплого чердака удобно тем, что в нем можно расположить шумоглушители, поскольку на кровле, над жилым этажом, это сделать достаточно сложно. В этом случае шумоглушители убирают в вытяжные шахты.

Приведем случай, показывающий высокую герметичность современных квартир и связанную с этим необходимость организации какого-либо притока. После сдачи здания в эксплуатацию и частичного заселения был произведен пуск системы механической вытяжной вентиляции. Однако двумя месяцами ранее владелец одной из квартир по каким-то соображениям, несмотря на возражения службы эксплуатации, отключил приточную вентиляцию в квартире (просто заглушил приток). При включении вытяжной вентиляции даже небольшое разрежение привело к тому, что усилий человека не хватало для открытия входной двери. Владелец квартиры ошибочно решил, что дверь заклинило, были вызваны спасатели, и только вмешательство службы эксплуатации позволило установить истинную причину. Дверь удалось открыть после отключения механической вытяжки.

Интересен еще один случай, который произошел в здании, где была запроектирована естественная вытяжная вентиляция. Приток не обеспечивался из-за высокой герметичности окон. В каждой

квартире располагалось три вентиляционных стояка – небольшие на кухне, в туалете и большой в ванной комнате. Кухонный и туалетный вентиляционные стояки проходят в одной шахте параллельными каналами, стояк ванной комнаты — в другом месте квартиры. Максимальную температуру имеет вытяжной воздух, удаляемый через кухонный стояк (из-за больших бытовых тепловыделений), минимальную температуру – вытяжной воздух, удаляемый через стояк ванной комнаты. В зимнее время при температурах наружного воздуха ниже $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ вытяжка через вентиляционный стояк кухни при герметичных ограждающих конструкциях приводила к «опрокидыванию» вентиляции в вентиляционном стояке ванной комнаты, и в ванную комнату через этот вентиляционный стояк начиналось поступление наружного воздуха с низкой температурой, например $-15\dots-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1].

В связи с вышеизложенным рекомендуется включить в соответствующие нормативные документы требования об обязательном обеспечении возможности притока. Посредством использования механической приточной вентиляции, использования приточных клапанов в окнах или каким-либо другим способом, но подобные решения должны обязательно иметь место. В противном случае никакой воздухообмен не может быть обеспечен, а систему вентиляции невозможно наладить.

В высотных комплексах «Алые Паруса» и «Триумф-Палас» из-за недостатка места применяется схема вытяжных воздуховодов со спутниками, подключаемыми к сборному коробу под потолком вышерасположенного этажа.

Вытяжные воздуховоды выполняются из тонколистовой оцинкованной стали, прокладываются скрыто в выгороженных шахтах квартир. В процессе монтажа инженерных коммуникаций вентиляционные спутники вытяжной вентиляции выводятся за пределы вентиляционной шахты на 50 мм, поскольку все квартиры имеют индивидуальную планировку, и владелец квартиры в зависимости от собственных потребностей может разместить вытяжные решетки в нужном месте. Квартирные механические вытяжные устройства запрещены во избежание разбалансировки налаженных систем вентиляции.



Рис. 32. Вытяжные крышные вентиляторы и дефлекторы на кровле здания в Тепличном пер.

Вследствие высокой стоимости квадратного метра в высотных комплексах каждая вентиляционная шахта в лестнично-лифтовом узле при механическом притоке используется дважды. Если кончается приток в зону, выше в этой же шахте располагается вытяжка из этой же зоны (с переставкой на техническом этаже). При механической приточной вентиляции приточный вертикальный воздуховод прокладывается в выгороженной шахте лестнично-лифтового узла. Горизонтальные поэтажные воздуховоды подключаются к вертикальному воздуховоду через огнезадерживающий клапан и разводятся в каждую квартиру под потолком лифтового холла каждого этажа (рис. 33). Ввод в квартиру организован над входной дверью. Каждый индивидуальный воздуховод оборудуется шумоглушителем, а для обеспечения противопожарной защиты – огнезадерживающим клапаном, связанным с системой противопожарной автоматики.

Внутри квартиры разводка воздуховодов выполняется самим владельцем квартиры по индивидуальному проекту, согласованному

со службой эксплуатации. Например, приточный воздух, подаваемый в помещения, может быть предварительно охлажден посредством канальных кондиционеров. Преимуществом такой схемы является ее удобство с точки зрения службы эксплуатации. Кроме этого, такая схема выгодна экономически, поскольку вертикальные приточные каналы не занимают площадь квартир.



Рис. 33. Разводка приточных воздуховодов в квартиры под потолком лестнично-лифтовых холлов

Для жилых помещений приняты следующие нормы расхода вытяжного воздуха: ванная комната — $50 \text{ м}^3/\text{ч}$, гостевой санузел — $25 \text{ м}^3/\text{ч}$, кухня — $90 \text{ м}^3/\text{ч}$, что превышает требования нормативных документов. Дополнительно учитывается расход воздуха из

кладовых, гладильных и прочих подсобных помещений. Таким образом, расчетная вытяжка для квартиры с двумя ванными комнатами и одним гостевым санузлом составляет порядка 210–240 м³/ч. Приток принимается равным вытяжке, поскольку при использовании герметичных окон и входных дверей необходимости в превышении притока над вытяжкой не возникает [1].

В комплексах «Алые Паруса» и «Триумф-Палас» обеспечена отдельная вентиляция мусоросборной камеры. В высотных зданиях эта камера полностью герметична, а ствол мусоропровода оборудован мойкой, поэтому вытяжка через данный ствол практически отсутствует, особенно летом в жаркие дни, когда велик риск возникновения неприятных запахов и распространения их по зданию. Поэтому на всех объектах мусоросборная камера оборудуется отдельной вытяжной вентиляцией.

Специальное решение по вентиляции применено для машинных отделений лифтов. Лифты рассматриваемых комплексов управляются специальными контроллерами, установленными в машинном отделении. Данные контроллеры очень чувствительны к повышению температуры: лифты автоматически отключаются, если температура воздуха в помещении превышает 45 °С. Для обеспечения требуемой температуры можно поставить сплит-системы или приточновытяжную вентиляцию машинных отделений, однако было найдено более простое решение. В машинные отделения лифтов по сигналам от датчиков температуры направляется часть вытяжного воздуха из жилых помещений. Этот воздух имеет постоянную круглогодичную температуру 22–25 °С, и поэтому его использование эффективно для вентиляции машинных отделений.

На воздухозаборных устройствах систем подпора воздуха необходима обязательная установка утепленных клапанов. Подпор воздуха в лифтовую шахту в случае пожара осуществляется сверху вниз, и, если нет клапана, в зимнее время происходит «стекание» холодного воздуха в эту шахту. В этом случае помимо неудобств для жильцов (в кабине лифта температура понижается примерно до 7 °С) возможна остановка лифтов, поскольку по сигналам датчиков температуры срабатывает защитная автоматика [1].

Вопросы для самопроверки

1. Назовите требования предъявляемые к системам вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий.
2. Охарактеризуйте источники холода для системы кондиционирования воздуха высотных зданий.
3. Перечислите основные принципы выбора системы кондиционирования воздуха.
4. Дайте сравнительную характеристику местных и центральных систем кондиционирования воздуха.
5. Опишите систему кондиционирования воздуха жилой части высотного здания.
6. Опишите систему кондиционирования воздуха общественной части высотного здания.
7. Назовите Основные особенности проектирования систем вентиляции воздуха высотных зданий.

Лекция 6

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

План лекции

6.1 Особенности проектирования систем кондиционирования воздуха, тепло-, холодоснабжения, обратного водоснабжения и утилизации теплоты высотного общественного здания

6.2 Меры по снижению энергопотребления в системах вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий

6.3 Энергоэффективность децентрализованных систем кондиционирования воздуха при высотном жилом строительстве

6.1. Особенности проектирования систем кондиционирования воздуха, тепло-, холодоснабжения, обратного водоснабжения и утилизации теплоты высотного общественного здания

Особенности проектирования инженерных систем рассмотрим на примере высотного здания Москва-Сити в котором расположена законодательная и исполнительная власть города Москвы. Здание разделено по вертикали на две функционально разные зоны: 1) зона законодательной и исполнительной власти Москвы; 2) зона инвесторов.

Для каждой зоны в проекте предусмотрены принципиально разные решения систем холодоснабжения [1].

В первой зоне запроектированы центральные системы кондиционирования воздуха с холодоснабжением от водоохлаждаемых винтовых чиллеров, установленных вместе с кондиционерами на технических этажах, и VRF-системы с водяным охлаждением внешних блоков, размещенных непосредственно на обслуживаемых этажах.

Во второй зоне в качестве доводчиков применены фэнкойлы с холодоснабжением от самостоятельных водоохлаждаемых чиллеров, установленных на технических этажах в своей зоне.

Через каждые 12 этажей в здании предусмотрены двухэтажные технические этажи, на которых установлены центральные кондиционеры, водоохлаждаемые холодильные машины, вытяж-

ные вентиляционные системы и вентиляторные градирни закрытого типа.

Особое внимание в проекте было уделено вопросам утилизации теплоты удаляемого воздуха и систем оборотного водоснабжения внешних блоков VRF и чиллеров.

План здания с установкой основного оборудования и принципиальные схемы систем кондиционирования воздуха, тепло- и холодо-снабжения и оборотного водоснабжения приведены на рис. 34–35.

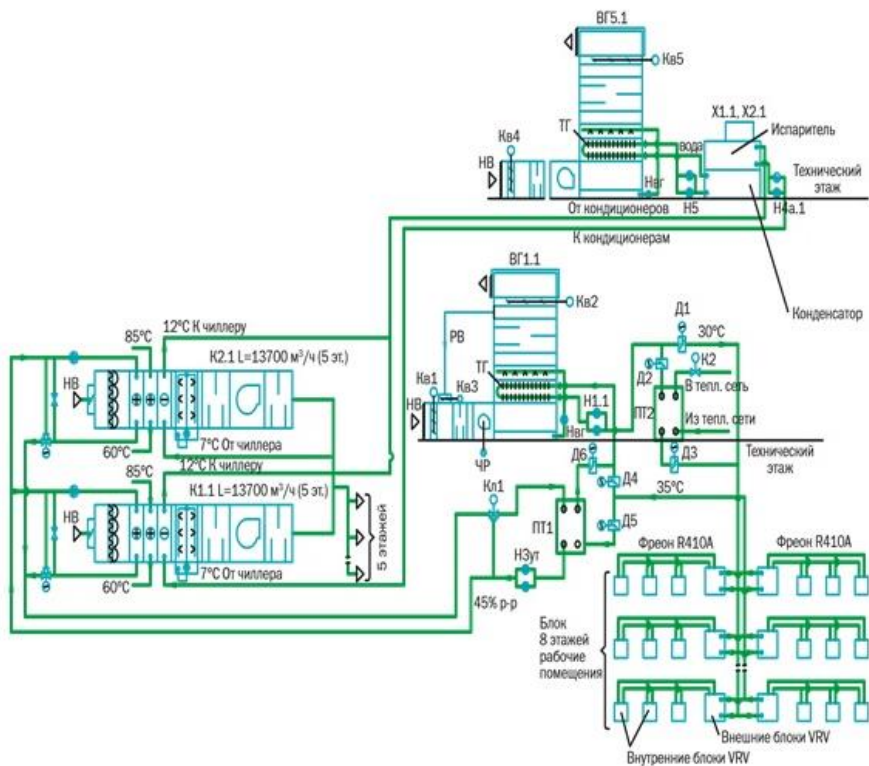


Рис. 34. Принципиальная схема центральных систем кондиционирования воздуха, холодоснабжения, местного охлаждения (VRF), утилизации и оборотного водоснабжения зоны 1 (мэрия), модуль 1

Характеристики здания: общая площадь – 636 332 м²; надземных этажей – 73; подземных этажей – 6; размеры в плане примерно 100 × 100 м.

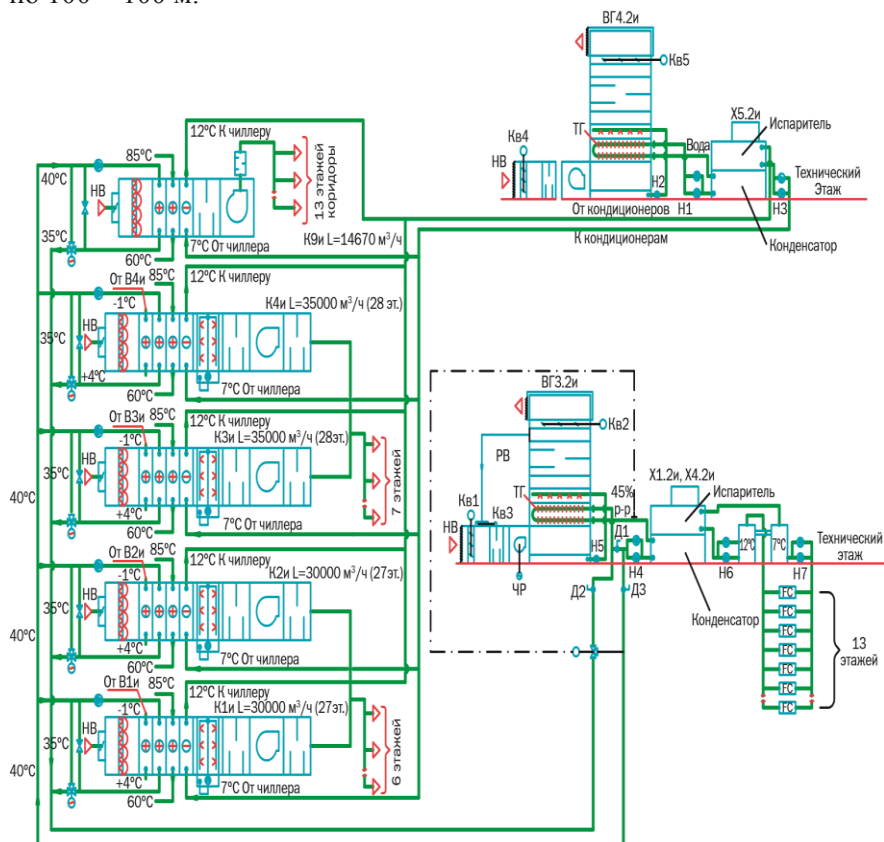


Рис. 35. Принципиальная схема центральных систем кондиционирования воздуха, холодоснабжения, местного охлаждения (VRF), утилизации и оборотного водоснабжения зоны 2 (инвесторы), модули 2–4

Потребителями холода в рассматриваемом здании являются:

- центральные кондиционеры, которым требуется холод при температуре наружного воздуха выше 16 °С;
- местные охладители-доводчики для дополнительного охлаждения внутреннего воздуха в рабочих помещениях круглогодично, т. к. в холодный период расчетные теплопоступления не могут

быть ассимилированы приточным воздухом, а также в теплый период для атриумов и технологических помещений.

Источниками холода приняты:

- для центральных кондиционеров и местных охладителей в атриумах — холодильные машины (чиллеры) с водяным охлаждением конденсаторов, работающие только в теплый период года;
- для местных охладителей-доводчиков в рабочих помещениях от 14 до 68 этажей в обеих зонах — холодильные машины с водяным охлаждением конденсаторов, работающие круглый год;
- для местных охладителей-доводчиков в рабочих помещениях первой зоны на этажах с 4-го по 10-й – VRF-система с водяным охлаждением внешних блоков.

Водоохлаждаемые внешние блоки VRF-систем размещены в четырех специальных помещениях каждого обслуживаемого этажа внутри вентиляционных шахт.

Для охлаждения оборотной воды применены закрытые вентиляторные градирни ВГ, установленные на 12, 27, 42, 57, 70-м, технических, этажах. В холодный период года в помещениях, где расположены градирни, поддерживается внутренняя температура 12 °С.

В каждом холодильном центре предусмотрены два независимых контура, как на стороне испарителей, так и на стороне конденсаторов для холодоснабжения центральных кондиционеров и местных охладителей-доводчиков [1].

6.2. Меры по снижению энергопотребления в системах вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий

Для снижения энергопотребления в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, холодоснабжения и оборотного водоснабжения необходимы:

- энергоэффективные схемы вентиляции, кондиционирования воздуха и холодоснабжения, разработанные специально для данного здания с учетом его архитектурно-конструктивных особенностей;
- вентиляторы и насосы с высоким КПД и с частотными регуляторами для оптимизации работы;
- холодильное оборудование с высоким значением показателя энергетической эффективности (холодильный коэффициент 5,1)

с плавным регулированием холодопроизводительности и поддержанием заданной температуры холодной воды на выходе из машины;

- высокоэффективные схемы VRF с водяным охлаждением внешних блоков;

- оборудование для утилизации теплоты удаляемого воздуха, а также теплоты, отводимой в градирнях от чиллеров и внешних блоков VRF.

Для рабочих помещений, в которых в холодный период предусмотрено увлажнение воздуха, предпочтителен следующий алгоритм работы центральных кондиционеров. До начала рабочего дня при включении центрального кондиционера его первый подогрев нагревает приточный воздух до 24 °С и при этом форсуночная камера не работает. После начала рабочего дня кондиционер переходит на расчетный режим, т. е. включается форсуночная камера, а первый подогрев поддерживает температуру мокрого термометра. Данное решение позволяет сократить расчетное потребление теплоты на 12 %.

Применение трехтрубной схемы VRF позволяет перераспределять потоки теплоты и холода внутри фреонового контура, сводя к минимуму потребление энергии от внешних источников. Предусмотренные в схеме пластинчатые теплообменники могут вообще не работать или включаться на 1–2 ч в сутки [1].

6.3. Энергоэффективность децентрализованных систем кондиционирования воздуха при высотном жилом строительстве

Первоначально для рассматриваемых далее комплексов предусматривалась система кондиционирования на базе водоохлаждающих машин с вентиляторными доводчиками. Реализация такой системы предполагала установку застройщиком основного оборудования для этих систем: холодильных машины, градирен, теплообменников, насосов, магистральной арматуры, тогда как квартирные доводчики должны были приобретаться и монтироваться жильцами квартир по мере их заселения за свой счет.

По такому принципу были построены и введены в эксплуатацию системы холодоснабжения жилых комплексов «Миракс Парк» и «Кутузовская Ривьера».

Для комплекса «Миракс Парк» была спроектирована система холодоснабжения с использованием холодильных машин с водяным охлаждением конденсатора, и в этом случае потребовалась установка градирен испарительного типа, с размещением их в стилобате здания, а для комплекса «Кутузовская Ривьера» – применены холодильные машины моноблочного типа, с воздушным конденсатором, которые были размещены на кровле здания. На этих объектах магистральные стояки системы холодоснабжения проложены в вертикальных шахтах, а в приквартирных коридорах размещены поэтажные гребенки с ответвлением к каждой квартире. На вводе в квартиру размещена запорная арматура, а доводчики должны были устанавливаться хозяевами квартир [1].

Однако в процессе реализации систем кондиционирования указанных объектов выявились определенные трудности, решение которых легло на плечи службы эксплуатации зданий и, естественно, на хозяев квартир:

1. Поэтапный (поквартирный) ввод в эксплуатацию системы кондиционирования воздуха и работа ее при тепловых нагрузках менее 20 %.

Обычно система климатизации здания проектируется для определенных значений параметров климата в холодный и теплый периоды года. Однако наружные температуры изменяются в достаточно широких диапазонах не только в течение сезона, но и в течение суток. Естественно, что система кондиционирования, производительность которой была подобрана с учетом 100% соответствия максимальным расчетным значениям тепловой нагрузки, определяемой на основании теплового баланса помещений, практически всегда будет работать с неполной производительностью, которая к тому же будет меняться в зависимости не только от внешних, но и от внутренних факторов. Внешними факторами, влияющими на производительность системы кондиционирования, так же, как и в случае обычных бытовых сплит-систем, являются температурные параметры снаружи и внутри здания. Основным внутренним фактором, который может существенно изменить степень загрузки системы, является изменение количества людей в здании. Этот фактор обычно учитывается так называемым коэффициентом одновременности, который для жилого строитель-

ства может достигать 20 %. Причем это значение принимается для полностью или почти полностью заселенных зданий [1].

Известно, что любая водоохлаждающая машина имеет наиболее высокую энергоэффективность в диапазоне производительности от 40 до 75 %. При малых тепловых нагрузках на систему кондиционирования, в которой используется такая водоохлаждающая машина, необходимо увеличивать инерционность системы, т. е. увеличивать объем накопительного бака. При этом увеличиваются потери теплоты из системы, следовательно, и ее энергопотребление. Если система кондиционирования предполагает работу при производительности ниже 40 % необходимо использовать в такой системе несколько холодильных машин с суммарной номинальной производительностью в соответствии с техническим заданием. И в том и в другом случае потребуются существенное увеличение площади, выделяемой застройщиком для размещения оборудования.

2. Индивидуальный учет энергопотребления пользователями системы кондиционирования.

Имеющаяся практика эксплуатации аналогичных систем в других жилых комплексах содержит много примеров конфликтных ситуаций между жильцами и службой эксплуатации именно по причине невозможности точно определить долю того или иного пользователя в общих затратах энергии и финансов на эксплуатацию системы кондиционирования данного типа. Эта проблема легко была бы решена с помощью центрального управления работой внутренних блоков, установленных у пользователей. Однако системы с промежуточным теплоносителем в целом и вентиляторные доводчики в частности были разработаны еще в середине прошлого века, когда инженеры не предполагали использовать какие-либо централизованные системы управления. Поэтому даже в начале XXI века практически невозможно (с точки зрения рентабельности) обеспечить диспетчеризацию доводчиков, выбор и монтаж которых предполагается отдать на усмотрение жильцов.

3. Индивидуальное включение/выключение системы центрального кондиционирования пользователем.

Отсутствие такой возможности у пользователя, который полностью зависит от соответствующего решения службы эксплуата-

ции здания, а та, в свою очередь, – от тепловой нагрузки на здание в целом, не является показателем комфортности, который был бы уместен в жилье элитного и, тем более, премиум-класса.

С учетом перечисленных выше недостатков систем кондиционирования с промежуточным теплоносителем для комплексов «Дом на Таганке» и «Форт Кутузов» была запроектирована система кондиционирования на базе систем типа VRF. Благодаря целому ряду уникальных достоинств VRF-системы составляют серьезную конкуренцию традиционным центральным системам кондиционирования воздуха с промежуточным теплоносителем. В первую очередь, применение этих систем на объектах жилищного строительства позволяет решить описанные выше проблемы.

Наружные блоки сгруппированы на кровле над обслуживаемыми секциями. Производительность и количество блоков выбрано из расчета холодоснабжения одного этажа одним блоком. Каждый наружный блок, с последующим подключением к нему внутренних блоков, составляет независимую систему. Внутренние блоки устанавливаются жильцами квартир по мере их заселения. Стояки фреоновых труб от наружных блоков проложены в вертикальных шахтах. На этажах установлены электросчетчики для учета холодопотребления квартир. В пределах коридора выполнена разводка фреоновых трубопроводов, заведенных в каждую квартиру с установкой запорных вентилей [1].

Системы полностью автоматизированы, контроль и управление ими выведены на диспетчерский пункт.

Для управления кондиционированием объекта предусматривается система диспетчеризации и индивидуального поквартирного учета потребляемой электроэнергии.

VRF-системы, которыми оснащены комплексы «Дом на Таганке» и «Форт Кутузов», оказываются более децентрализованными в отличие от традиционных систем. Использование VRF-систем позволяет более точно поддерживать задаваемые пользователем параметры микроклимата, тем самым обеспечивая оптимальную производительность и, соответственно, более низкое потребление энергии системой кондиционирования.

Однако, при размещении наружных блоков VRF на кровле, внутренние блоки систем, размещенные на нижних этажах, по-

требляют электроэнергии больше, чем блоки на верхних этажах. Это обусловлено энергетическими потерями, которые возникают при больших вертикальных трубопроводах, по которым происходит движение хладагента.

В этом случае поэтажное размещение VRF-систем предпочтительнее с точки зрения энергоэффективности.

При проектировании комплексов «Веллхаус на Дубровке» и «Рублевская Ривьера» было учтено неравномерное распределение потребляемой энергии системой кондиционирования с размещением наружных блоков на кровле и вертикальными магистральными фреоновыми трубами и принято решение о применении децентрализованных систем холодоснабжения, т. е. VRF-системы с поэтажным размещением наружных блоков, место расположения которых определялось еще на стадии архитектурного проектирования.

Для жилой части комплекса «Веллхаус на Дубровке» была запроектирована децентрализованная система кондиционирования (рис. 34).

При определении места расположения наружных блоков было рассмотрено два варианта. Во-первых, разместить блоки в технической зоне, выделенной на каждом этаже. При этом требовалось выделить площадь, которая могла бы быть использована с большей выгодой для риелторов. Второй вариант предусматривал размещение блоков системы на переходных пожарных балконах лестничных клеток каждого этажа, по два наружных блока на один этаж каждой секции. Для того чтобы исключить трудности при согласовании с органами пожарного надзора проекта системы кондиционирования объекта «Веллхаус на Дубровке» с подобным техническим решением, проектировщики системы обратились в ВНИИПО с запросом относительно такой возможности. На основании технических характеристик этой системы ВНИИПО дало заключение о том, что можно размещать наружные блоки данной системы кондиционирования на переходных балконах незадымляемых лестничных клеток без устройства дополнительного дорогостоящего ограждения. Что касается комплекса «Рублевская Ривьера», то в технические условия противопожарных мероприятий внесены противопожарные перегородки с дверью [1].

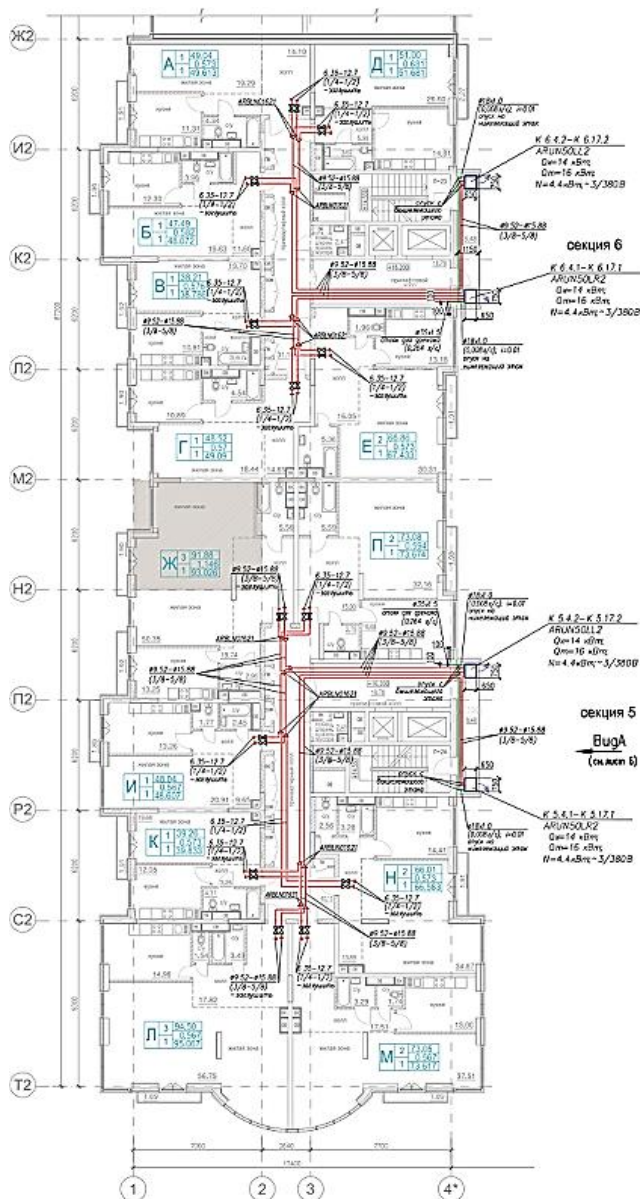


Рис. 34а. Типовой план системы кондиционирования комплекса «Веллхаус на Дубровке»

Выбор именно этого типа наружных блоков VRF-системы был не случаен.

При реализации проектов высотных зданий следует обращать особое внимание на их аэродинамические характеристики, которые в некоторых случаях являются определяющими при выборе концепции и типа системы кондиционирования. Имеются в виду конвективные воздушные потоки, возникающие у наружной поверхности здания вследствие разности температур между самим зданием и окружающим воздухом. Интенсивность этих потоков возрастает с увеличением этажности строения (см. главу 1 [1]).

При поэтажном расположении систем кондиционирования в здании и с учетом неизменности планировок несущих конструкций наружные блоки оказываются установленными друг над другом. При одновременной работе блоков возникает так называемый эффект «плавучести», который заключается в следующем. При наличии ветра, направленного на фасад, горячий воздух, выбрасываемый работающими блоками, поднимается к верхним этажам. Возникают зоны застоя горячего воздуха вдоль всего фасада здания.

Если системы кондиционирования имеют наружные блоки традиционной конструкции (с выбросом воздуха из конденсатора вверх и дефлектором, изменяющим направление потока отработанного воздуха на горизонтальное), то блоки, расположенные на верхних этажах, будут всасывать воздух с повышенной температурой, что неизбежно приведет к снижению производительности, энергоэффективности и надежности систем кондиционирования, расположенных на верхних этажах по сравнению с системами, на нижних.

Конструкция наружного блока используемой VRF-системы позволяет системе нормально функционировать даже при скоростях набегающего на фасад здания потока воздуха до 10 м/с. Это стало возможно только благодаря тому, что в наружном блоке этой системы кондиционирования весь воздух, необходимый для осуществления процесса теплообмена, циркулирует со стороны, обращенной к фасаду здания. Вентилятор центробежного типа с регулируемой частотой вращения забирает наружный воздух в нижней части, а выбрасывает его в верхней части блока с отклонением в сторону примерно на 45°, что приводит к тому, что образующиеся

застойные зоны и восходящие потоки горячего воздуха не влияют на температуру воздуха на всасывании. Как следствие, системы кондиционирования, расположенные на нижних и верхних этажах здания, имеют одинаковую энергоэффективность [1].

Кроме того, наружный блок используемой системы имеет существенно более низкие, чем у традиционного блока, шумовые характеристики. Поскольку вокруг блока традиционной конструкции воздух циркулирует практически со всех сторон, то шум от работающего блока также распространяется во все стороны, и в том числе в примыкающую к техническому помещению рабочую зону. В наружном блоке системы воздух циркулирует только с одной стороны, обращенной на фасад здания. При этом корпус блока является звукоизолирующим экраном, который практически вдвое снижает уровень шума в рабочей зоне [23].

В комплексах «Веллхаус на Дубровке» и «Рублевская Ривьера» предусматривается система диспетчеризации и поквартирного учета потребления электроэнергии, а внутренние блоки устанавливаются жильцами квартир по мере их заселения.

Основные показатели пяти запроектированных систем холодоснабжения позволяющие оценить их эффективность как по энергетическим, так и по эксплуатационным показателям, сведены в табл. 8.

В рассматриваемых комплексах подводка трубопроводов с холодоносителем или хладагентом осуществляется до входа в квартиры, а установка внутренних блоков кондиционеров или фэнкойлов выполняется владельцами квартир, поэтому сравнение систем по энергетическим показателям проводилось для холодильных машин, градирен, насосов, наружных блоков VRF-систем без учета энергопотребления квартирных доводчиков. В среднем квартирный доводчик (внутренний блок VRF-системы или фэнкойл) потребляет от 50 до 60 Вт, и впоследствии было бы также необходимо учитывать и эти энергетические затраты, чтобы более объективно оценить эффективности систем кондиционирования [1].

Из таблицы 8 видно, что коэффициент преобразования энергии, по которому обычно оценивается энергоэффективность систем холодоснабжения, а также приведенное энергопотребление (Вт/м²) для системы с холодильными машинами с водяным охлаждением конденсатора примерно такие же, как и для VRF-систем.

Таблица 8

Основные показатели пяти запроектированных систем холодоснабжения

Объект	Система кондиционирования	Площадь квартир, м ²	Холодопроизводительность, кВт	Потребляемая мощность, кВт	Коэффициент эффективности, Вт/Вт	Приведенная холодопроизводительность, Вт/м ²	
						Приведенная холодопроизводительность, Вт/м ²	Приведенное энергопотребление Вт/м ²
«Миракс Парк»	Холодильная машина Carrier 30НХС230*2 Градирия ВАС VTL198N*2	27 266	1 644	458	3,59	60,29	16,80
«Кутузовская Ривьера»	Холодильная машина Carrier 30XA1002*2	27 700	1 864	934	2,00	67,29	33,70
«Дом на Таганке»	VRF Система MELCO City Multi	21 903	1 564	456	3,43	71,41	20,82
«Веллхаус на Дубровке»	VRF Система LG Electronics MULTI V Space	82 101	4 564	1 370	3,33	55,59	16,69
«Форт Кутузов»	VRF Система MELCO City Multi, серия Y	17 239	1 222	361	3,39	70,89	20,94

Значительно уступает по энергоэффективности этим системам система, в которой источником холода является холодильная ма-

шина с воздушным охлаждением конденсатора («Кутузовская Ривьера»). Следует заметить, что значения холодопроизводительности и потребляемой энергии для оборудования брались из каталогов производителей при стандартных условиях: температура в помещении 27°C по сухому термометру, 19°C по влажному термометру; температура наружного воздуха 35°C по сухому термометру, 24°C по влажному термометру, производительность оборудования 100%. Как уже отмечалось выше, реальная холодопроизводительность и потребление электроэнергии систем зависят от тепловой нагрузки на здание и могут значительно отличаться от номинальных значений, причем не в пользу систем с промежуточным теплоносителем [24].

Сравнение систем кондиционирования воздуха пяти комплексов с точки зрения эксплуатации технической службой здания и пользователями приводится в [1].

Основным отличием децентрализованной системы кондиционирования от традиционной центральной является возможность для пользователя управлять работой всей системы, которая, благодаря своей конструкции, автоматически реагирует на команды, генерируемые локальным доводчиком (внутренним блоком VRF-системы).

Уровень комфортности в помещениях, создаваемый традиционными центральными системами и децентрализованными VRF-системами, также отличается в пользу VRF-систем.

Сравнение систем с точки зрения приведенных капитальных затрат, в частности по приведенной стоимости систем на квадратный метр жилья, полностью опровергает распространенное мнение о том, что мультizonальные системы намного дороже систем с промежуточным теплоносителем [1].

На основании вышеизложенного материала, можно сделать следующие выводы:

1. Традиционные центральные системы кондиционирования воздуха с промежуточным теплоносителем по своей энергоэффективности значительно уступают системам кондиционирования типа VRF.

2. Одной из тенденций развития инженерных систем является принцип децентрализации [130]. Пример — системы децентрали-

зованного (поквартирного) отопления. Применение VRF-систем для жилья элитного и премиум-класса является примером аналогичной децентрализации.

3. VRF-системы обеспечивают для пользователя более высокий уровень комфорта (параметры микроклимата и удобство использования).

4. Сравнение капитальных затрат показывает, что с точки зрения инвестора VRF-системы оказываются выгодней систем с промежуточным теплоносителем.

5. В многофункциональном жилом комплексе «Рублевская Ривьера» (жилая площадь 132 470 м²) еще на стадии архитектурного проектирования для жилой части была предусмотрена децентрализованная система холодоснабжения на базе VRF, а для встроенных помещений и общественных зон предусмотрен центральный холодильный центр производительностью 300 кВт на базе водоохлаждающей машины. Таким образом на данном объекте предусмотрена система холодоснабжения комбинированного типа [1].

Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризуйте особенности проектирования системы кондиционирования воздуха, высотного общественного здания.

2. Охарактеризуйте особенности проектирования системы теплоснабжения высотного общественного здания.

3. Охарактеризуйте особенности проектирования системы холодоснабжения высотного общественного здания.

4. Охарактеризуйте особенности проектирования системы обратного водоснабжения и утилизации теплоты высотного общественного здания.

5. Назовите меры по снижению энергопотребления в системах вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий.

6. Каким образом достигается энергоэффективность децентрализованных систем кондиционирования воздуха при высотном жилом строительстве.

Лекция 7

ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ДИСПЕТЧЕРЕЗАЦИИ

План лекции

7.1. Расчет воздушного режима высотного здания.

7.2. Особенности проектирования систем автоматизации и диспетчеризации высотных зданий.

7.1. Расчет воздушного режима высотного жилого здания

Высотное здание представляет собой сложную аэродинамическую сеть, воздушные потоки в которой движутся по внутренним аэродинамическим трактам, определяемым объемно-планировочным решением здания, воздухопроницаемостью элементов тракта и температурами наружного и внутреннего воздуха, а также направлением и скоростью ветра.

Решение задачи воздушного режима здания сводится к решению системы уравнений воздушных балансов помещений, где сумма расходов воздуха рассчитывается по всем воздухопроницаемым его элементам. Число уравнений равно числу помещений в здании. Расходы воздуха через каждый воздухопроницаемый элемент определяются по разности давлений перед и за элементом (с учетом направления движения) и по его характеристикам сопротивления. Неизвестными в этой системе уравнений являются расходы через все воздухопроницаемые элементы здания и давления в каждом помещении. Решение системы уравнений дает искомое распределение потоков по зданию в целом [1].

Специфика расчета воздушного режима высотных зданий заключается в необходимости учитывать увеличение скорости ветра при увеличении высоты здания.

Основные рекомендации по расчету воздушного режима высотного жилого здания:

1. Системы естественного притока и вытяжки не обеспечивают расчетного воздухообмена квартир в расчетном вентиляционном режиме. Такие системы не должны рекомендоваться к применению. В помещениях, в которых не разрешено открывание окон, в летнем режиме вентиляция осуществляться не будет тем более.

2. Вытяжные устройства всех рассмотренных систем должны иметь ограничители расхода как на случай повышения естественного давления вследствие понижения температуры наружного воздуха или увеличения скорости ветра, так и на случай увеличения разрежения за вентиляционной решеткой при закрытии вентиляционных решеток в других квартирах на том же стояке вентиляции. Системы механического притока также должны быть регулируемы и иметь ограничители расхода. Общие вытяжные вентиляторы на стволах вытяжных систем должны иметь возможность регулирования.

3. Механические системы вытяжной вентиляции с притоком через клапаны могут применяться в случае обеспечения в расчетном вентиляционном режиме достаточной пропускной способности клапанов, например, за счет установки двух клапанов на комнату. В любом случае приточные клапаны должны быть оснащены ограничителями расхода для контроля за расходом воздуха при понижении температуры наружного воздуха или увеличении скорости ветра.

4. Системы естественной вытяжки и механического притока поэтажными установками в расчетном вентиляционном режиме работают хорошо.

5. В здании без вертикальных вентиляционных шахт наибольшая разность наружного и внутреннего давлений значительно меньше, чем по упрощенной инженерной методике. Это объясняется тем, что в ней не учитываются сопротивления внутренних дверей и проемов, хотя на самом деле большая часть перепада давлений расходуется именно на них. В результате требуемые нормы воздухопроницаемости окон (не более $5-6 \text{ кг}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$), выполняются при достаточно низком сопротивлении воздухопроницанию окон $R_{и} = 0,30-0,35 \text{ м}^2\cdot\text{ч}/\text{кг}$ при $\Delta P = 10 \text{ Па}$. Проверка окон на воздухопроницаемость и подбор их сопротивления воздухопроницанию выполнялись для направления ветра на наименее остекленный фасад, т. к. в этом случае внутреннее избыточное давление в здании будет минимальным, а его разность с наружным давлением на наветренной стороне — максимальной. Кроме того, зависимость разности наружного и внутреннего давлений от высоты также слабее, чем это дает инженерная методика, что связано с отсутствием тракта, выводящего воздух через кровлю,

а также с увеличением ветрового давления с высотой, что компенсирует снижение гравитационной составляющей и приводит к выравниванию полного наружного давления на разных высотах.

6. На воздушный режим высотных зданий большое влияние оказывает наличие вертикальных шахт. Причем степень влияния на работу систем вентиляции и инфильтрацию в функциональных помещениях зависит от двух факторов. Во-первых, от сопротивления воздухопроницанию воздушного тракта от шахты до помещения в плане здания. И, во-вторых, от расхода воздуха, приходящегося на одно помещение из врывающегося на этаже в шахту. Вертикальные шахты, пронизывающие здание снизу доверху, по влиянию на воздушный режим здания можно разделить на три группы:

- шахты лестнично-лифтового узла, находящиеся на удалении от наружного периметра здания и отделенные от него несколькими дверями, оказывают наименьшее влияние на создание разрежения в функциональных помещениях, примыкающих к наружным стенам, а, следовательно, относительно мало влияют на инфильтрацию наружного воздуха через окна. Однако этот вывод верен только для случая большого сопротивления воздухопроницанию от шахты к функциональному помещению (чем больше последовательность дверей и других преград на пути воздуха, тем лучше);

- открытые сверху шахты дымоудаления с поэтажными клапанами (в закрытом состоянии), находящиеся в коридорах гостиниц, офисных и других зданий оказывают умеренное влияние на распределение потоков в здании, т. к. обслуживают коридор длиной не более 45 м (в одну сторону от клапана), в который выходит достаточно много дверей из комнат. В то же время при учете подсосов воздуха открытой сверху шахтой дымоудаления в гостинице высотой 120 м (при сопротивлении воздухопроницанию клапана по паспорту заводского изготовления) на нижних этажах стала наблюдаться инфильтрация около 10–30 кг/ч воздуха на гостиничный номер. И это при сохранении подпора воздуха с расходом 10 м³/ч, тогда как без учета шахт дымоудаления наблюдалась эксфильтрация. Таким образом, в высотных зданиях шахта дымоудаления должна обязательно перекрываться клапаном сверху и к клапанам дымо-

удаления должны быть предъявлены более высокие требования по плотности, чем в обычных зданиях;

- шахты вытяжной вентиляции, расположенные непосредственно в квартирах жилого здания, имеют наибольшее значение для работы систем вентиляции и инфильтрации через окна и квартирные двери и создают неравномерность работы систем вентиляции в течение отопительного периода. Кроме того, они формируют большие разности давлений на окнах здания, изменяющиеся при естественной вытяжке в расчетный зимний период от 280 до 490 Па при изменении высоты здания от 120 до 220 м.

7. В жилых зданиях с вентиляционными вытяжными шахтами, обслуживающими помещения в пределах высоты пожарного отсека (около 50 м), вентиляционные решетки размещены внутри квартир. Таким образом, вытяжная шахта связана с функциональными помещениями. В этом случае плотность окон должна быть несколько выше, чем дает приближенная формула СП 23-101–2004. В высотных зданиях должно быть учтено то, что вытяжка осуществляется непосредственно из помещений, примыкающих к окнам.

8. При системах вентиляции с вертикальными шахтами, по которым воздух выбрасывается на кровлю, воздухопроницаемость дверей $R_n = 1,5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ может быть обеспечена только при разности давлений на дверях нижних этажей более 150 Па. Разности давлений на квартирных дверях в расчетном зимнем режиме при естественной вытяжке составляют 200–380 Па (соответственно в зданиях 120 и 220 м), а при механической – доходит до 425 Па в здании 220 м.

9. При проектировании механической вытяжной вентиляции с выводом на кровлю всех стволов необходимо учитывать возможную инфильтрацию в расчетном летнем режиме даже в условиях механического притока.

10. Индивидуальные архитектурные особенности объемно-планировочных решений каждого здания вносят специфику в формирование его воздушного режима. Для получения адекватной картины потокораспределения в конкретном здании и влияния воздушного режима на работу вентиляционных систем желательно выполнять машинные расчеты этих показателей [1].

7.2. Особенности проектирования систем автоматизации и диспетчеризации высотных зданий

Современная технология строительства зданий подразумевает наличие большого количества инженерных систем. Возрастают требования к потребительским качествам жилых помещений: покупатели квартир стараются получить высококачественное жилье, более комфортные условия проживания. Эти обстоятельства вынуждают застройщиков использовать для климатизации жилых и общественных помещений достаточно сложные системы вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха. Помимо систем климатизации на подобных объектах функционирует целый ряд других систем: освещение, противопожарные системы, система безопасности и охранного телевидения и др. Обеспечивают надежную и безотказную работу этих систем средства автоматизации и диспетчеризации. Данные системы позволяют при относительно низких капитальных затратах обеспечить высокое качество микроклимата (высокие потребительские качества здания) и снижение расходов на эксплуатацию за счет уменьшения энергопотребления и повышения надежности работы оборудования.

С точки зрения построения системы автоматизации и диспетчеризации в инженерных системах многофункциональных высотных жилых комплексов можно выделить две основные функциональные части: тепловой узел ввода (поставщик тепловой энергии в здание) и несколько контуров потребителей теплоты [1].

Тепловой узел ввода – это ЦТП или ИТП. Обычно на подобных объектах речь идет о ЦТП, поскольку помимо жилой части в этих комплексах имеются и помещения общественного назначения. Например, тепловой пункт IV корпуса комплекса «Алые Паруса» помимо жилых квартир обеспечивает тепловой энергией помещения пентхауса (в том числе бассейн), спортивный комплекс, подземный гараж-автостоянку и яхт-клуб.

Контуров потребителей теплоты, как правило, включают в себя контуры вентиляции и кондиционирования, радиаторного отопления, горячего водоснабжения на хозяйственно-бытовые нужды, контур теплых полов. И тепловые узлы, и контуры потребителей теплоты включают в себя определенное количество оборудования – насосы, теплообменники, различную регулирующую арматуру и т. д.

Контролировать работу и обеспечивать поддержание требуемых параметров перечисленного оборудования возможно посредством систем автоматизации и диспетчеризации. С технической стороны нет никаких препятствий. Однако на этапе составления технического задания необходимо ответить на ряд вопросов: насколько оправдано применение систем автоматизации и диспетчеризации, какие системы следует автоматизировать, какова степень этой автоматизации (простейшая автоматика, система автоматизации и диспетчеризации, интеллектуализация здания)? Экономическая целесообразность использования систем автоматизации и диспетчеризации подобных объектов определяется с учетом того факта, что заказчик в дальнейшем сам будет эксплуатировать этот объект, т. е. заказчик рассматривает не отдельно взятую стоимость инсталлированной системы, а стоимость системы с учетом ее эксплуатации в течение 5–10 лет (этот срок выбран потому, что производители систем автоматизации заявляют гарантированный срок эксплуатации – 10 лет и более, что подтверждается опытом эксплуатации ряда объектов). Стоимость тепловой и электрической энергии из года в год возрастает. Если грамотно подходить к реализации поставленных задач, то в конечном итоге заказчик получает достаточно значительную экономию тепловой энергии за счет эффективного использования ее самой и установок (если не нужно эксплуатировать некоторый контур — насосы и бойлеры, – оборудование отключается). Такая экономия тепловой и электрической энергии снижает себестоимость эксплуатации здания, поскольку расчет с поставщиком тепловой и электрической энергии ведется по факту ее использования [1].

В высотных многофункциональных комплексах «Алые Паруса», «Воробьевы горы» и «Триумф-Палас» именно такая ситуация: заказчик сам эксплуатирует объект. Эти комплексы потребляют большое количество тепловой энергии, поэтому снижение расхода теплоты на 10–20 % за счет использования системы автоматического управления инженерным оборудованием позволяет достичь значительной экономии при снижении эксплуатационных расходов.

Срок окупаемости системы автоматизации и диспетчеризации по различным оценкам составляет от трех до пяти лет. Заказчик

определяет системы, которые он хочет видеть автоматизированными. Например, в разделе управления инженерным оборудованием могут автоматизироваться приточные и вытяжные установки, ИТП, поддержание и контроль температуры во вторичных контурах систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, холодильные машины. Эффективное использование энергии обеспечивается грамотной реализацией поставленных задач. Например, регулирование температуры теплоносителя во вторичных контурах вентиляционных систем может производиться по нескольким параметрам: математически увязывается с температурой наружного воздуха, учитывается человеческий фактор. Нет необходимости точно поддерживать одну и ту же температуру круглый год. Можно выделить ярко выраженные сезоны — зима, лето, межсезонье — и определить алгоритм работы системы для каждого из периодов (фактически установив четыре разных режима, увязанных с условиями окружающей среды). Другим примером снижения эксплуатационных затрат за счет использования систем автоматизации является одна из функций, реализованная при автоматизации тепловых пунктов. Поставщик тепловой энергии (горячей воды) обязывает соблюдать температурный график, иначе возможны штрафные санкции [1].

Автоматизация других систем здания также позволяет снижать затраты энергии. Например, освещением помещений общественного назначения можно управлять по расписанию, по датчикам движения, по датчикам освещенности.

В составе системы автоматизации можно выделить три функциональные части: периферийное оборудование, контроллеры и силовая часть. Периферийное оборудование представляет собой набор датчиков (датчики температуры воздуха, давления воды, температуры воды — т. е. для любых возмущающих воздействий) (рис. 35) и исполнительные механизмы — клапаны (рис. 36), приводы (рис. 37) и другая запорно-регулирующая арматура.

Контроллеры, по сути, представляют собой мини-компьютеры, которые год от года становятся все мощнее (рис. 38). Контроллеры могут иметь модульную структуру, а могут быть реализованы в виде «все в одном», при этом — они позволяют

подключить все необходимые датчики, приводы, исполнительные механизмы.



Рис. 35. Периферийное оборудование систем автоматизации – датчики возмущающих воздействий: датчик CO₂; аналоговый преобразователь статического давления газа; настенный модуль управления климатом в помещении



Рис. 36. Клапаны системы автоматизации: клапан бабочка моторизованный; фланцевый клапан; резьбовой клапан.



Рис. 37. Привод системы автоматизации: привод воздушной заслонки; привод запорно-регулирующего клапана; привод клапана радиаторного отопления и фэнкойлов



Рис. 38. Контроллеры системы автоматизации

Третья часть системы автоматизации – силовая. Исполнительные механизмы — слаботочные; как указывалось, они относятся к периферийному оборудованию. Однако помимо этих слаботочных механизмов необходимо осуществлять управление оборудованием, являющимся мощным потребителем энергии и требующим внешнего источника питания – двигателя вентиляторов, циркуляционных насосов и т. д. Управление силовыми нагрузками осуществляется посредством электрических шкафов. С точки зрения силовой части существует два типа компоновки систем. Использование той или иной компоновки определяется организацией и структурой службы эксплуатации заказчика. Если на объекте су-

ществуют две службы эксплуатации, одна из которых отвечает за системы автоматизации, а другая – за системы электроснабжения, то возможна раздельная компоновка шкафов автоматики и силовых электрических шкафов. Однако на рассматриваемых объектах была предложена и утверждена заказчиком концепция, которая предусматривает комбинированные щиты автоматики, поскольку в настоящее время существует оборудование, которое позволяет производить установку контроллеров автоматики непосредственно в шкафы управления. В этом случае контроллеры должны отличаться хорошей помехозащищенностью от воздействия сильных электрических полей. Преимуществом является сокращение кабельной продукции и промежуточных клеммных соединений (в случае отдельных силовых шкафов и шкафов автоматики необходимо соединение их между собой кабельными трассами), что в конечном итоге повышает надежность системы при снижении стоимости инсталляции.

Вопросы для самопроверки

1. Основные рекомендации по расчету воздушного режима высотного здания.
2. Порядок расчета воздушного режима высотного здания.
3. Функции системы автоматизации высотных зданий.
4. Назовите функциональные части системы автоматизации высотных зданий.
5. Каковы особенности проектирования системы автоматизации высотных зданий.
6. Назовите функциональные части системы диспетчеризации высотных зданий.
7. Каковы особенности проектирования системы диспетчеризации высотных зданий.

Лекция 8

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ, ИНЖИНИРИНГ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

План лекции

- 8.1. Интеллектуализация здания.
- 8.2. Инжиниринг и эксплуатация.
- 8.3. Пример использования систем автоматизации и диспетчеризации в высотных жилых зданиях.
- 8.4. Система автоматизации вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления.
- 8.5. Система диспетчеризации инженерных систем.
- 8.6. Задачи системы учета и тарификации потребления ресурсов инженерных систем.

8.1. Интеллектуализация здания

В настоящее время среди специалистов нет единого мнения, какие здания могут называться интеллектуальными и в чем отличие интеллектуального здания от высокоавтоматизированного здания с развитой системой автоматизации и диспетчеризации. С другой стороны, зачастую нет реальной необходимости в установке высокоавтоматизированных и тем более интеллектуальных систем управления. В результате сейчас в нашей стране реализовано лишь несколько объектов, которые можно отнести к интеллектуальным.

Наличие единого информационного поля (определенный набор датчиков, сигналов и т. д.) позволяет добиться любого уровня интеллектуализации здания. Математическая модель в этом случае представляет собой объемную матрицу, и вариант выборки действий из этой матрицы может быть сколь угодно велик. Однако даже в высокоавтоматизированном здании часть функций может не использоваться в силу отсутствия в них реальной потребности.

С точки зрения автоматизации можно выделить три сегмента: автоматика для малоэтажных жилых домов, автоматика для жилых и общественных зданий и сооружений, автоматика для промышленных зданий [1].

Примером реализации концепции интеллектуального здания можно считать одно из офисных зданий в Москве. В этом здании бы-

ла создана система управления и диспетчеризации инженерного оборудования и офисного освещения. Использовалось оборудование автоматизации трех различных производителей – система управления освещением, автоматика теплового пункта, автоматика прочего инженерного оборудования. Все системы автоматизации были интегрированы посредством протокола LON в единую систему. В рабочее время системы климатизации и освещение включены постоянно. В нерабочее время или в выходные дни, когда присутствие людей не ожидается, оборудование климатизации работает в дежурном режиме, а освещение отключается. Если в помещении в эти часы находятся люди, их присутствие фиксируется датчиками движения, и по сигналам от этих датчиков включается освещение и соответствующее оборудование в данной зоне в автоматическом режиме без вмешательства оператора. В то же время на диспетчерский пульт выдается соответствующий сигнал, и оператор может внести коррективы в режимы работы оборудования (например, если проводятся какие-либо работы в большом помещении, то, несмотря на присутствие нескольких рабочих, систему кондиционирования в нем можно отключить) [1].

8.2. Инжиниринг и эксплуатация

Большое внимание необходимо уделять инжинирингу (в данном случае под инжинирингом понимается комплекс инженерно-консультационных услуг коммерческого характера по обеспечению установки и ввода в эксплуатацию систем автоматизации). Использование современных технологий привело к тому, что процесс пуска-наладки стал очень сложен. Просто купив оборудование, с ним ничего нельзя сделать – требуется инжиниринг. Зачастую оборудование поставляется по относительно низким ценам, но затем больших затрат требует процесс пуска-наладки. Необходимое программное обеспечение оплачивается дополнительно и поставляется производителем оборудования или несколькими уполномоченными компаниями – партнерами. В результате неграмотного инжиниринга может произойти поломка системы, но заказчик в этом случае часто предъявляет претензии к производителю оборудования. На самом деле поломка происходит либо в результате неграмотных действий

службы эксплуатации, либо в результате изначально неправильного программирования контроллеров.

После создания проекта, согласования и утверждения всех решений, поставки оборудования, необходим монтаж и шеф-монтаж оборудования. Шефмонтаж включает в себя проверку правильности подключения, правильности установки. Например, оборудование будет функционировать неправильно, если датчик температуры расположен в «мертвой» зоне. Зачастую монтаж и шефмонтаж выполняют разные организации, шеф-монтаж выполняется организацией, осуществляющей пусконаладку.

В процессе наладки необходимо выдерживать необходимые перепады температуры и другие показатели, но это возможно только тогда, когда объект находится под нагрузкой (динамическая наладка).

Основными потребителями тепловой энергии являются системы вентиляции и кондиционирования, т. е. для рассматриваемых комплексов даже не жилая часть, а помещения общественного назначения (офисы, аквапарк, магазины и т. д.). Когда завершен шеф-монтаж, осуществляется предварительный пуск в ручном режиме – проверяется работа, правильность направления вращения вентиляторов, насосов и т. д., затем механическая обкатка в течение 72 ч на предмет натяжки ремней, после чего передается пусконаладочной организации для динамической пусконаладки, когда осуществляется подбор и выставление необходимых параметров, регулирование и т. д. В случае необходимости параметры могут поддерживаться с точностью $\pm 0,1$ °C по воздуху и $\pm 1,0$ °C по воде. Неграмотные монтаж и пусконаладка, как отмечалось выше, могут привести к выходу оборудования из строя. Все эти факторы повышают требования к пусконаладочной организации и в то же время к службе эксплуатации, поскольку эксплуатировать оборудование становится все сложнее.

В идеальном случае даже такие крупные объекты, как рассматриваемые высотные жилые комплексы, могут управляться всего пятью операторами, по числу подразделений: подразделения тепло- и холодоснабжения, электроснабжения, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, системы водоснабжения и водоотведения, прочие системы. В этом случае, однако, квалификация этих пяти специалистов должна быть очень

высокой. Можно установить сервер с базой данных, в которой аккумулируется вся информация по всем упомянутым системам. К серверу подключается сколько угодно большое число рабочих станций. Рабочая станция позволяет отображать для оператора лишь ту информацию, которая необходима именно для его области, т. е. реализуется разграничение доступа. Время реакции системы в настоящее время исчисляется секундами, и помимо этого имеется возможность прогнозирования нештатных ситуаций и принятия соответствующих превентивных мер.

Например, один из самых важных опасных режимов – «угроза замораживания». Использование системы автоматизации позволяет на нескольких уровнях предотвратить эту угрозу (путем остановки системы, открывания дополнительных клапанов и т. д.). Может быть организовано оповещение специалистов службы эксплуатации, например, посредством отсылки смс-сообщений или пейджинговой связи. В любом случае сведения об аварийной ситуации, реакции системы, реакции службы эксплуатации на эту аварийную ситуацию будут занесены в «Журнал аварий». Эта информация в ряде случаев может помочь в разрешении спорных ситуаций, например претензий жильцов или арендаторов.

Большую роль в обеспечении правильной работы систем климатизации и автоматизации играет правильное и своевременное сервисное обслуживание. На подобных объектах обязательно должна работать служба эксплуатации заказчика, которая и будет осуществлять эксплуатацию оборудования. Обучение специалистов службы эксплуатации проводит, как правило, организация, осуществляющая пусконаладку. Есть еще одна возможность – удаленный мониторинг работы оборудования. В этом случае сторонняя организация (например, организация, осуществлявшая пусконаладку) может заключить контракт на мониторинг и наблюдать за ситуацией на объекте из собственного офиса.

Некоторые современные контроллеры изначально поддерживают IP-протоколы и имеют веб-интерфейс – точку доступа RJ-45. Это позволяет, зная логин и пароль, из любой точки, где есть доступ в Интернет, отслеживать режимы работы с системой и производить с ней какие-либо действия. Как правило, в этом случае поддерживаются пять различных уровней доступа – от оператора, который может

только отслеживать информацию, до администратора, который может осуществлять любые воздействия над системой.

8.3. Пример использования систем автоматизации и диспетчеризации в высотных жилых зданиях

Системы автоматизации комплексов «Алые Паруса», «Воробьевы горы», «Триумф-Палас» похожи по комплектности, используемым инженерным решениям, функциям. Различаются емкостью — больше или меньше систем. В большинстве случаев применяются комбинированные силовые шкафы, что позволяет повысить надежность и снизить себестоимость инсталляции и пуска наладки. Оборудование автоматики и программное обеспечение ЕВИ, интегрированных систем нет. Системы безопасности выделены в независимые потоки. Все решения были отработаны на первом объекте, проработаны, приняты и в дальнейшем применялись и на других объектах.

Системы вентиляции и кондиционирования с точки зрения автоматизации относительно несложные. Все проблемы, вызванные большой протяженностью систем по вертикали, решаются главным образом посредством механических систем. Например, зонирование высотных зданий по вертикали приводит к разделению инженерного оборудования, что, в свою очередь, с точки зрения системы автоматизации подразумевает несколько каскадов регулирования на разных отметках.

В жилых помещениях используются системы общеобменной вентиляции, систем центрального кондиционирования нет. Центральные системы кондиционирования воздуха используются в ряде помещений общественного назначения. В отдельных зонах, например, в торговом центре, используется зональное регулирование.

Особенностью этих комплексов являются очень сложные тепловые пункты, к автоматизации которых предъявляются самые высокие требования. Для автоматизации тепловых пунктов поставщики оборудования зачастую предлагают комплексные решения, например насосную станцию, работающую в автономном режиме, которую нужно только смонтировать и подключить. Здесь от подобных решений ушли. При проектировании определялась компоновка систем, рассчитывались количество насосов, их мощ-

ность и в дальнейшем реализовывалась достаточно сложная схема управления. Например, управление группой из четырех насосов осуществляется всего одним инвертором, соответственно, индивидуально разрабатывался проект электрического шкафа, его реализация на базе свободного программирования. В результате эти насосы могут работать в любом режиме: каскадное управление, резервирование (два насоса рабочих, два резервных, либо один рабочий и три в резерве, меняются каждую неделю) и т. д. Используется один инвертор необходимой мощности в качестве разгонного – посредством него разгоняется насос. Если мощности насоса недостаточно для поддержания давления, насос переводится на максимальную мощность, а тем же самым инвертором начинает разгоняться второй насос. Такие функции реализованы и в вышеупомянутых комплексных решениях поставщиков оборудования, но там они реализованы на уровне контроллеров (фиксированная логика), и нельзя, например, ввести временные задержки, нельзя контролировать удаленно процесс работы, максимум – можно получить сигнал аварии.

В данном случае можно отслеживать (с учетом обвязки), например, загрязнение теплообменников, перепады давлений на грязевиках, напорное давление, т. е. все прогнозируемые варианты в принципе реализуемы. Для управления и контроля работы технологического оборудования инженерных систем ЦТП комплекса «Триумф-Палас» используются контроллеры XCL5010 с распределенными модулями входа/выхода, периферийные приборы и средства автоматики (датчики давления, температуры, электромеханические приводы, клапаны, реле перепада давления и т. д.).

Контроллеры Excel 500 размещаются в совмещенных шкафах автоматики, установленных в технических помещениях теплового пункта. В совмещенных шкафах устанавливается также пусковая аппаратура. Контроллеры Excel 500 соединяются между собой шиной передачи данных C-Bus. Периферийные приборы и средства автоматики устанавливаются на технологическом оборудовании инженерных систем в местах, удобных для монтажа, эксплуатации и обеспечения максимальной точности показаний.

Автоматизируются инженерное оборудование ЦТП (узел ввода теплоносителя, теплообменники и циркуляционные насосы),

оборудование станции поддержания давления всех систем, насосы системы снеготаяния, насосы и клапаны системы заполнения дренажных приемков и т. д. Контролируются давление в сети прямой и обратной воды, на теплообменниках, на фильтрах, во вторичных контурах, температура сетевой воды во вторичных контурах, на теплообменниках, перепад давления на насосах, состояние двигателей насосов, датчика перегрева двигателя и т. д.

В составе систем автоматизации и диспетчеризации рассматриваемых объектов выделяются две независимые подсистемы: система диспетчеризации и управления инженерным оборудованием и система безопасности.

В составе системы диспетчеризации и управления инженерным оборудованием выделяются следующие подсистемы:

- автоматизация приточно-вытяжной вентиляции и воздушно-тепловых завес;
- автоматизация ЦТП;
- автоматизация системы холодоснабжения;
- автоматизация внутреннего и наружного освещения и световой рекламы;
- автоматизация насосов дренажных приемков;
- автоматизация устройств полива территории и управления фонтанами;
- учет ресурсов.

В состав системы безопасности входят следующие подсистемы:

- пожарная сигнализация и автоматика;
- контроль доступа и охранная сигнализация;
- телевизионное наблюдение и цифровая запись видеоизображения.

8.4. Система автоматизации вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления

Реализация функций систем автоматизации вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления выполняется системой автоматизации с помощью следующего периферийного оборудования и средств автоматики:

- датчики температуры воды и воздуха;
- датчики-реле перепада давления по воздуху;

- датчики-реле перепада давления по воде;
- регулируемые клапаны;
- приводы регулируемых клапанов и др.;
- частотные преобразователи;
- модули связи и коммутации;
- модули входа/выхода сигналов;
- контроллеры.

Для реализации логического управления и обеспечения автоматизированного управления системой необходимо применить шкафы автоматического управления: совмещенного типа (оборудование автоматики и пускорегулирующая аппаратура смонтированы в один корпус) и отдельного исполнения.

Для управления и диспетчеризации фэнкойлов используются контроллеры Excel 10 и Excel 12, включающие в себя встроенные модули управления для работы с датчиками и исполнительными механизмами. Связь между контроллерами Excel 10/12 осуществляется по протоколу LON. Для обеспечения связи Excel 10/12 и сервера используется роутер iLon600, преобразующий LON в Ethernet-протокол, далее поступающий на сервер.

Система вентиляции осуществляется приточными и вытяжными системами, системой кондиционирования воздуха, тепловыми завесами.

Для регулирования температуры воздуха в приточном воздуховоде устанавливаются термометры сопротивления. Регулирование температуры при этом предусматривается путем изменения теплопроизводительности воздухонагревателя воздействием на регулирующий клапан на теплоносителе.

8.5. Система диспетчеризации инженерных систем

Система автоматизации и диспетчеризации жизнеобеспечения является многоуровневой. На нижнем уровне используются универсальные свободно программируемые контроллеры непосредственного цифрового управления различным оборудованием (локальное управление), с возможностью дальнейшего расширения управляемых элементов. На верхнем уровне применяется система диспетчерского контроля и управления на базе персонального компьютера (в поставку оборудования должен быть

включен программный пакет для дальнейшей эксплуатации и перепрограммирования контроллеров). Локальные контроллеры обеспечивают:

- работу различных систем по заранее утвержденному расписанию (временному графику);
- при наличии резервирования (например, насосов) должно обеспечиваться автоматическое переключение на резервный насос по истечении определенного заранее установленного времени при неисправности одного из них;
- при нарушении связи между диспетчерской и нижним уровнем, оборудование, управляемое контроллерами, продолжает функционировать по заранее установленному алгоритму;
- защиту от несанкционированного доступа посредством системы паролей для входа в систему;
- мониторинг и управление параметрами работы управляемого оборудования с помощью монитора;
- отключение систем приточно-вытяжной вентиляции и кондиционирования воздуха по сигналу, поступающему от станции пожарной сигнализации.

Диспетчерские системы обеспечивают выполнение следующих функций:

- выдачу аудио-визуальных сообщений при наступлении определенных событий;
- конфигурирование и параметрирование систем (в частности, при различных контурах регулирования);
- ручной выбор — вызов любых доступных этой системе видеокладов;
- дистанционное управление (включение/выключение доступных устройств и изменение положения регулирующих органов);
- обеспечение авторизации совершаемых действий при наличии системы паролей для входа в систему;
- автоматическое архивирование и выдачу различных предварительно разработанных документов.

Реализация указанных функций системы автоматизации и диспетчеризации жизнеобеспечения возможна с применением следующего периферийного оборудования и средств автоматизации:

- графической станции и принтера;

- сервера;
- программного обеспечения.

Общий программный комплекс состоит из базового программного обеспечения, программных коммуникационных интерфейсов для аппаратных средств отдельных систем и дополнительных программных пакетов, обеспечивающих требуемые возможности систем (лицензии дополнительных рабочих станций, приложения для формирования отчетов, для построения сетевых конфигураций, для представления данных в требуемых форматах и др.).

Программное обеспечение - система верхнего уровня, обеспечивающая централизованное управление сбором данных от подсистем и реализующая контрольно-наблюдательные функции для широкого спектра прикладных режимов и задач [1].

8.6. Задачи системы учета и тарификации потребления ресурсов инженерных систем

Задачами автоматизированного учета потребления ресурсов являются:

- непрерывный учет и контроль локального потребления электроэнергии локально и по объектам;
- непрерывный учет и контроль потребления тепловой энергии (горячей воды) локально и по объектам;
- непрерывный учет и контроль потребления холодной воды локально и по объектам;
- предоставление возможности для формирования отчетов потребления ресурсов;
- архивирование и хранение информации о потреблении ресурсов;
- вывод на мониторы диспетчерского пункта данных об учете и тарификации потребления ресурсов;
- предоставление возможности для некоммерческого учета потребления ресурсов [1].

Вопросы для самопроверки

1. Объясните в чем состоит суть интеллектуализации здания.
2. Докажите на примерах необходимость инжиниринг систем здания.
3. Опишите общие подходы к автоматизации и диспетчеризации комплексов «Алые Паруса», «Воробьевы горы», «Триумф-Палас».
4. Какие подсистемы входят в состав системы диспетчеризации и управления инженерным оборудованием.
5. Перечислите состав периферийного оборудования и средств автоматики, входящие в систему автоматизации инженерных систем.
6. Что обеспечивают локальные контроллеры системы диспетчеризации инженерных систем. Перечислите функции диспетчерской системы.
7. Перечислите задачи системы учета и тарификации потребления ресурсов инженерных систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном пособии рассмотрены основные вопросы проектирования, монтажа и наладки инженерного оборудования, которые приходится решать инженерам-проектировщикам, монтажникам, а также эксплуатирующим организациям высотных строительных объектов.

Широкий круг и высокая сложность решаемых инженерных задач при строительстве многоэтажных и высотных зданий, требует специального изучения каждого объекта и принятия нестандартных решений. Концентрация большого количества систем жизнеобеспечения, таких как, системы отопления, вентиляции, холодоснабжения, водоснабжения, канализации, электроснабжения, мусороудаления, пожарной безопасности, автоматизации, пассажирского подъемного оборудования, доступа в здание, управление энергопотреблением и др., требует разработки комплексной системы управления инженерным оборудованием всего здания еще на начальном этапе проектирования объекта. В связи с тем, что современное высотное строительство в России достаточно молодое, принятие полного комплекта документов, регламентирующих этот вид деятельности, отстает от темпов возведения зданий. В настоящее время пока нет единых для России требований по строительству высотных объектов. Поэтому отсутствие полной нормативной базы для инженерного обеспечения высотного домостроения усложняет проектирование и монтаж внутренних инженерных сетей в высотных зданиях. Кроме того, отсутствует и современная нормативная база, отображающая критерии безопасности высотных сооружений. Московские НИИ и проектные институты по заказу Москомархитектуры разработали «Общие положения к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м» [3], согласованные со всеми органами надзора. Этот документ также можно принимать как практическое руководство при проектировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иженерное оборудование высотных зданий / под общ. ред. М. М. Бродач. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2011. – 458 с. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-98267-068-7.
2. Foster Catalogue 2001. Prestel. Munich, London, New York, 2001.
3. МГСН 4.19–2005. Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий - комплексов в городе Москве.
4. Табунщиков Ю. А. Основы математического моделирования теплового режима здания как единой энергетической системы: дис. д-ра техн. наук. – М.: НИИСФ, 1983.
5. Daniels K. The Technology of Ecological Building. Birkhauser, 1997.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Серия 3. Многолетние данные. – Ч. 1–6. – СПб.: Гидрометеиздат, 1989–1998. – Вып. 1–34.
7. СНиП 2.04.05–91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
8. СП 23-101–2004 (2009). Проектирование тепловой защиты зданий.
9. СП 41-104–2000. Проектирование автономных источников теплоснабжения.
10. ПЛ АВОК 7–2005. Положение об экономическом стимулировании проектирования и строительства энергоэффективных зданий и выпуска для них энергосберегающей продукции.
11. СП 41-101–95. Проектирование тепловых пунктов.
12. СНиП 41-01–2003 (2009). Отопление, вентиляция,
13. СТО НП «АВОК» 4.2.2–2006. Радиаторы и конвекторы отопительные. Общие технические условия. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006.
14. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федер. закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ.
15. ГОСТ Р 52318–2005. Трубы медные круглого сечения для воды и газа. Технические условия (EN 1057).

16. ГОСТ Р 52948–2008. Фитинги из меди и медных сплавов для соединения медных труб способом прессования. Технические условия (EN 1254).

17. ГОСТ Р 52949–2008. Фитинги-переходники из меди и медных сплавов для соединения трубопроводов. Технические условия.

18. ГОСТ Р 52922–2008. Фитинги из меди и медных сплавов для соединения медных труб способом капиллярной пайки. Технические условия.

19. СП 40-108–2004. Проектирование, монтаж и эксплуатация внутренних систем водоснабжения и отопления зданий из медных труб.

20. Сасин В. И. Отопительные приборы в современном строительстве // АВОК. 2007. № 8.

21. СП 7.13130.2009. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования.

22. СТО 01422789-001–2009. Проектирование высотных зданий

23. Колубков А. Н., Шилкин Н. В. Инженерное оборудование современных жилых зданий в Южной Корее // АВОК. 2008. № 7.

24. Прижижецкий С. И., Бичев А. А. Энергосберегающие системы кондиционирования для гостиниц // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 5.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лекция 1. Современные подходы к проектированию энергоснабжения многоэтажных и высотных зданий	5
1.1. Современное высотное строительство: актуальность, опыт проектирования, перспективы	5
1.2. Проблемы при проектировании инженерных систем высотных зданий	8
1.3. Естественная вентиляция помещений	9
1.4. Интеллектуализация здания	18
1.5. Автономные источники теплоэнергоснабжения	18
1.6. Использование низкопотенциальной теплоты Земли для отопления или охлаждения	19
1.7. Использование энергии солнца для выработки электроэнергии..	19
1.8. Использование топливных элементов	20
1.9. Использование ветроэнергетических установок	20
1.10. Экологически нейтральное здание	21
1.11. «Зеленые» здания: рейтинговая система оценки	22
<i>Вопросы для самопроверки</i>	26
Лекция 2. Требования к инженерным системам. источники энергоснабжения	27
2.1. Особенности выбора климатических параметров при расчете систем энергоснабжения высотных зданий	27
2.2. Температура наружного воздуха	28
2.3. Солнечная радиация	29
2.4. Конвективные потоки у наружной поверхности здания	30
2.5. Требования к системам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха	31
2.6. Совместная работа автономного источника энергоснабжения с централизованной системой	32
2.7. Автономные источники энергоснабжения	35
2.8. Общий алгоритм расчета и подбора мини-ТЭЦ	38
2.9. Особенности проектирования центрального теплового пункта высотного жилого здания	41
<i>Вопросы для самопроверки</i>	46

Лекция 3. Особенности проектирования цпг и трубопроводных сетей высотного здания	47
3.1. Узел ввода	47
3.2. Станция заполнения	50
3.3. Система аварийного поддержания давления	50
3.4. Теплообменники системы отопления и их обвязка	50
3.5. Насосное оборудование	52
3.6. Станция поддержания давления	53
3.7. Дренажные системы	54
3.8. Системы автоматизации и диспетчеризации	55
3.9. Рекомендации по расчету трубопроводных сетей инженерных систем высотных зданий	56
<i>Вопросы для самопроверки</i>	61
Лекция 4. Системы отопления высотных зданий	62
4.1. Требования к системам отопления высотных зданий	62
4.2. Оборудование и материалы систем отопления	66
4.3. Энергосбережение	66
4.4. Монтаж, наладка и эксплуатация систем отопления	67
4.5. Особенности устройства систем отопления высотных жилых зданий	68
4.6. Типы систем поквартирного отопления	74
4.7. Особенности применения труб из термостойких полимерных материалов	78
4.8. Особенности применения труб из меди	86
4.9. Автоматические балансировочные клапаны в системах отопления	92
4.10. Эксплуатация систем отопления	95
<i>Вопросы для самопроверки</i>	100
Лекция 5. Вентиляция и кондиционирование воздуха высотных зданий	101
5.1. Требования предъявляемые к системам вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий	101
5.2. Источники холода для системы кондиционирования воздуха высотных зданий	108
5.3. Выбор системы кондиционирования воздуха	110
5.4. Сравнение местных и центральных систем кондиционирования воздуха	113

5.5. Системы кондиционирования воздуха жилой части высотного здания	118
5.6. Системы кондиционирования воздуха общественной части высотного здания	120
5.7. Особенности проектирования систем вентиляции воздуха высотных зданий	121
<i>Вопросы для самопроверки</i>	128
Лекция 6. Комплексный подход к проектированию систем холодоснабжения высотных зданий	129
6.1. Особенности проектирования систем кондиционирования воздуха, тепло-, холодоснабжения, оборотного водоснабжения и утилизации теплоты высотного общественного здания	129
6.2. Меры по снижению энергопотребления в системах вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий	132
6.3. Энергоэффективность децентрализованных систем кондиционирования воздуха при высотном жилом строительстве	133
<i>Вопросы для самопроверки</i>	144
Лекция 7. Воздушный режим высотного здания. Системы автоматизации и диспетчеризации	145
7.1. Расчет воздушного режима высотного здания	145
7.2. Особенности проектирования систем автоматизации и диспетчеризации высотных зданий	149
<i>Вопросы для самопроверки</i>	154
Лекция 8. Интеллектуализация, инжиниринг и эксплуатация высотных зданий	155
8.1. Интеллектуализация здания	155
8.2. Инжиниринг и эксплуатация	156
8.3. Пример использования систем автоматизации и диспетчеризации в высотных жилых зданиях	159
8.4. Система автоматизации вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления	161
8.5. Система диспетчеризации инженерных систем	162
8.6. Задачи системы учета и тарификации потребления ресурсов инженерных систем	164
<i>Вопросы для самопроверки</i>	165
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	166
ЛИТЕРАТУРА	167

Учебное издание

Вислогузов Александр Николаевич

ОСОБЕННОСТИ
СОВРЕМЕННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ,
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА
ОБЩЕСТВЕННЫХ, МНОГОЭТАЖНЫХ
И ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Технический редактор, компьютерная верстка М. И. Толмачёв

Подписано в печать 26.07.2016

Формат 60x84 1/16

Усл. печ. л. 10,01

Уч.-изд. л. 9,53

Бумага офсетная

Заказ 91

Тираж 30 экз.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»
355029, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2