

Повышение энергоэффективности систем отопления и вентиляции: сравнительный анализ проектной документации

Рецензия эксперта на статью получена
05.06.2019 [Expert review on the article
received on June 5, 2019].

Введение

В 2019 году в России планируется ввод в строй 10–20 млн м² коммерческой недвижимости, по большей части за счёт коммерческих площадей и административных зданий социального назначения (лечебные и учебные учреждения, музеи и т.д.) [1]. Важно, чтобы весь этот объём недвижимости соответствовал современным представлениям об экономичности при строительстве, надёжности и потреблению энергоресурсов. Львиная доля последних тратится на системы ОВиК. Становится актуальной цель повышения энергоэффективности таких систем, составление рекомендаций, общих для проектировщиков, и внесения правок в существующую нормативно-техническую документацию. В контексте данной цели в настоящей статье решается задача выявления общих закономерностей и потенциальных упущений на этапе проектирования, что может послужить научным фундаментом для достижения поставленной выше цели.

Специфичность исследований отдельных авторов, чьи публикации посвящены, например, только религиозным объектам (православным храмам), да ещё и в определённых климатических условиях [2], не позволяет экстраполировать результаты их работы для решения обозначенной выше задачи. Невозможность применения способов расчёта и методов анализа зарубежных учёных в условиях Центральной части Российской Федерации уже показана на примере систем пассивного солнечного отопления [3]. В то же время Кай и Браун [4] описывают системы отопле-

Становится актуальной цель повышения энергоэффективности таких систем, составление рекомендаций, общих для проектировщиков, и внесения правок в существующую нормативно-техническую документацию

ния и вентиляции в США, приводя величины потребления электроэнергии для нескольких принципов компоновки и управления оборудованием, полученные при лабораторных и натурных испытаниях. Пользуясь исключительно программными методами, Маккарини и др. [5] моделируют перспективы применения идеи получения тепловой энергии, выделяемой при изменении агрегатного состояния некоторых материалов, для одновременного тепло- и холодоснабжения потребителей, подключённых к централизованным системам.

Повышение энергоэффективности наружных систем теплоснабжения (тепловых сетей) — популярная тема публикаций в отечественной печати [6], однако методы и средства, используемые для этого, не всегда применимы для внутренних инженерных систем зданий, особенно в контексте разработки соответствующих разделов проектной и рабочей документации.

С другой стороны, среди общих применимых методов и средств — замена традиционной запорной арматуры шаровыми кранами и снижение коэффициента теплопроводности при одновременном увеличении срока эксплуатации тепловой изоляции.

УДК 697.34. Научная специальность: 05.14.04.

Повышение энергоэффективности систем отопления и вентиляции: сравнительный анализ проектной документации

Станислав В. Чичерин, аспирант, Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

Рассчитывались величины тепловых нагрузок и потери давления в системе отопления. Применяемое зонирование систем отопления по фасадам позволяет регулировать теплоотдачу радиаторов с учётом климатических и погодных факторов. Наиболее популярным энергосберегающим мероприятием остаётся установка на отопительных приборах автоматических терморегуляторов. Проектами не закладываются системы централизованного холодоснабжения для поддержания микроклимата помещений в тёплое время года. Коллекторные (горизонтальные) схемы системы отопления получили распространение не только в жилищном строительстве, но и в административных зданиях. Даже для объектов, предназначенных для пребывания детей, не применяются системы отопления типа «тёплый пол». Продолжают использоваться местные отопительные приборы (радиаторы), для которых требуется теплоноситель более высокой температуры. Это не позволяет уделять должного внимания утилизации бросового тепла и вовлечению в процесс генерации нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, снижая автономность и показатели энергоэффективности социальных объектов. Проектирование систем отопления зданий скрытого исполнения с использованием труб из полиэтилена или пропилена ещё не стало общепринятой нормой.

Ключевые слова: здание, воздух, помещение, школа, трубопровод, установка, температура, теплоснабжение, столовая, давление, строительство.

UDC 697.34. Number of scientific specialty: 05.14.04.

Heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) project comparison framework: a content-based approach in drawing management

Stanislav V. Chicherin, postgraduate student, Omsk State Transport University (OSTU)

An important aspect of the load assessment is to determine if the available loads are addressable by the HVAC system. Hence, each building load should be carefully verified in terms of the type and quality of energy required to satisfy facility needs. The pressure drop of a heating pipeline is also calculated. Washrooms are treated as a separate zone and provided only with exhaust. The zone is supplied from a central system that has a separate control for each zone adapted to the climatic conditions and solar gain. The only energy-conservation-measure is usually, but not always, a thermostat. Either directly or indirectly, a thermostat controls the temperature at its location. The cooling load of a building are mostly satisfied by electrical air-conditioners directly which consume lot of electricity from the supply side. Horizontal distribution is typical for most heating systems. To accommodate this need, the design engineer needs to take into account the even spacing over the entire area that requires heating. Another consideration in the horizontal space cavity is accommodating the valves and individual metering devices. A floor that uses the floor surface for heating is called a radiant floor. The regulations for occupants limits its use. The small-bore plastic piping that snakes back and forth is specific for hydronic systems. The design considerations differ from area to area including the circuiting through the carbon steel pipe loop. Therefore, the hot water is still distributed by seamless, butt-welded, or spiral-welded pipe.

Key words: building, air, room, school, pipe, installation, temperature, district heating, catering, pressure, construction.

Материалы и методы исследования

Сравнение базируется на 16 основных составляющих, определяющих энергоэффективность систем отопления и вентиляции на стадии проектирования:

1. Общие:

- величина тепловых нагрузок;
- температурный график работы систем отопления и вентиляции;
- автоматизация оборудования отопления и вентиляции;

- размещение средств автоматизации;
- наличие электрического обогрева;

2. В части системы вентиляции:

- тип системы вентиляции, наличие рекуператоров тепловой энергии;
- исполнение системы воздухопроводов;
- мероприятия по борьбе с шумом;
- тип исполнения оборудования вентиляционных установок;

3. В части системы отопления:

- схема системы отопления;
- тип отопительных приборов;
- наличие на отопительных приборах устройств регулирования расхода;
- тип запорной и регулирующей арматуры;
- исполнение трубопроводов отопительной системы;
- потеря давления в системе отопления;
- способ удаления воздуха.

Характеристика отдельных объектов по приведённым критериям — распространённый подход в научных публикациях [4, 5]. Однако сравнения нескольких объектов по всем приведённым критериям (по имеющимся у автора этой статьи данным) ранее не проводилось, что и обуславливает научную новизну настоящего исследования.

Отопительная нагрузка рассчитывалась следующим образом:

$$Q_{o,max} = \alpha V q_0 (t_j - t_0) (1 + K_{и,р}) 10^{-6}, \quad (1)$$

где α — поправочный коэффициент, учитывающий отличие расчётной температуры наружного воздуха для проектирования отопления t_0 от величины -30°C , при которой определено соответствующее значение q_0 ; V — отапливаемый объём здания, м^3 ; q_0 — удельная отопительная характеристика здания при -30°C , $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$; $K_{и,р}$ — расчётный коэффициент инфильтрации.

Несмотря на потребность модернизации расчёта удельной вентиляционной характеристики, способы теплотехнического расчёта, завязанные на удельных характеристиках расхода тепловой энергии на нужды отопления и вентиляции, наиболее просты и дают результаты с приемлемой погрешностью [7].



Последняя величина $K_{и,р}$ рассчитывается по выражению:

$$K_{и,р} = 10^{-2} \sqrt{2gL \left(1 - \frac{273 + t_0}{273 + t_j} \right) + w_0^2}, \quad (2)$$

где L — строительная высота здания, м ; w_0 — расчётная для данного населённого пункта скорость движения воздуха в течение отопительного сезона, м/с .

Потеря давления в системе отопления [Па] определяется по формуле:

$$\Delta P = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м,с}, \quad (3)$$

где $\Delta P_{м,с}$ — потери в местных сопротивлениях, Па; $\Delta P_{тр}$ — потери давления на трение, Па:

$$\Delta P_{тр} = \lambda \frac{l v^2 \rho_{ж}}{2d} = R l, \quad (4)$$

где R — удельная потеря давления на трение, Па/м ; λ — коэффициент гидравлического трения:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_3}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (5)$$

здесь k_3 — коэффициент эквивалентной шероховатости трубопроводов; Re — критерий Рейнольдса:

$$Re = \frac{v d}{\nu}, \quad (6)$$

где l — общая длина трубопроводов отопительной системы, м ; λ — средний коэффициент трения; ν — скорость движения потока теплоносителя, м/с ; d — внутренний диаметр трубы, м .

При зависимом подключении удельную потерю давления на трение [Па] возможно определять, задаваясь напором в тепловой сети:

$$\Delta P_{м,с} = \sum \xi \frac{v^2 \rho_{ж}}{2}, \quad (7)$$

$$\Delta P_{ср} = 0,65 \frac{\Delta P_p}{\sum l}, \quad (8)$$

где $\sum \xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений; ΔP_p — располагаемое циркуляционное давление, Па:

$$\Delta P_p = \Delta P_n + B \Delta P_e, \quad (9)$$

где ΔP_n — циркуляционное давление, развиваемое насосом, Па; ΔP_e — естественное циркулярное давление, Па; B — эмпирическая величина, показывающая долю естественного циркуляционного давления в расчётном располагаемом давлении (для двухтрубных систем принимается 0,4, для одноконтурных систем — 1,0).

Насосное циркуляционное давление ΔP_n зависит от схемы подключения системы отопления к тепловым сетям. Естественное циркулярное давление ΔP_e определяется в зависимости от типа системы отопления (одно- или двухтрубная).

Объектами исследования стали следующие здания:

- **Артёмовского городского суда** со строительством пристройки (город Владивосток);

- **филиала (второй сцены) Федерального государственного бюджетного учреждения культуры Московского художественного академического театра (МХАТ) им. А.П. Чехова** (по адресу: г. Москва, ЮАО, пересечение проспекта Андропова с Нагатинской улицей);

- **муниципального казённого общеобразовательного учреждения Кадыйской средней общеобразовательной школы им. М.А. Четвертного** в посёлке городского типа Кадый Костромской области;

- **страхового товарищества «Саламандра» (1913–1914 годы)** для размещения бюджетного учреждения культуры Омской области Омского областного музея изобразительных искусств им. М.А. Врубелья (г. Омск, ул. Музейная, д. 4);

- и др.

Системы отопления и вентиляции школ также исследованы в [8] — большая часть статьи посвящена проблемам, выявленным при эксплуатации таких систем в учебных учреждениях, построенных по разным типовым проектам.

Воздухообмен по помещениям проверялся:

- по нормируемым кратностям;
- по нормам минимального расхода наружного воздуха на одного человека;
- по расчёту на ассимиляцию избыточных тепловыделений и на разбавление выделяющихся вредностей до концентраций, не превышающих предельно-допустимые для рабочей зоны помещений.

Количество приточного воздуха для нежилых пространств и кабинетов взято по норме минимально допустимого расхода наружного воздуха на одного работника, пребывающего в помещении более двух часов (40 или 60 $\text{м}^3/\text{ч}$ при наличии или отсутствии возможности естественного проветривания, соответственно) и менее двух часов непрерывно (20 $\text{м}^3/\text{ч}$).



❖ Проект здания филиала (второй сцены) Московского художественного академического театра

При расчёте тепловых потерь были приняты значения приведённых термических сопротивлений теплопередаче наружных ограждающих конструкций: наружных стен — $2,55 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; покрытий — $5,64 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; неэксплуатируемых покрытий — $4,58 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; внутренних стен — $0,6162 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; окон — $0,41 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; дверей — $0,67 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; утеплённых полов на грунте — от $0,05$ до $0,13 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Климатические условия по температуре наружного воздуха приняты согласно СП 131.13330.2012 и СНиП 41-02-2003 и, например, для Омска: расчётная температура наружного воздуха составляет -31°C (для проектирования отопления и вентиляции в холодный период года, параметры Б); расчётная температура наружного воздуха составляет $+23,3^\circ\text{C}$ (для проектирования вентиляции в тёплый период года, параметры А).

Результаты исследования и их обсуждение

Транспортируемый теплоноситель для системы теплоснабжения приточных установок и систем отопления — вода, с расчётным графиком температур $60/45^\circ\text{C}$. Выбор температурного графика обусловлен тем, что теплоснабжение здания столовой Кадыйской средней школы с тёплым переходом осуществляется от котельной посёлка Кадый, где отпуск тепловой энергии осуществляется по температурному графику $60/45^\circ\text{C}$.

Теплоноситель в здании страхового товарищества «Саламандра» для размещения Омского областного музея изобразительных искусств с параметрами $t_{11} = 85^\circ\text{C}$, $t_{21} = 65^\circ\text{C}$ поступает к отопительным приборам из теплового пункта от распределительного коллектора. Система теплоснабжения калориферов приточных установок подключается к тепловым сетям по независимой схеме через теплообменник марки Funke.



❖ Реконструируемое здание страхового товарищества «Саламандра» (1913–1914 годы) в Омске



❖ Фото 1. Насосная группа на тепловом пункте существующего потребителя, выполненная из насосов Grundfos типа UPS с частотно-регулируемым приводом (ЧРП)

Теплоносителем служит воднопропиленгликолиевая смесь ($115/65^\circ\text{C}$). Смесь предназначена для предупреждения замерзания воды, 50%-я концентрация поддерживается водосмесительными узлами.

Ёмкость для приготовления раствора гликоля с водой, насос Grundfos и расширительный бак устанавливаются в помещении узла управления или в тепловом пункте (фото 1).

В здании филиала Федерального государственного бюджетного учреждения культуры Московского художественного академического театра в соответствии с техническим заданием система отопления подключается к теплосети по гидрав-

лически независимой схеме через теплообменник (фото 2). Точка подключения системы отопления — распределительная гребёнка, установленная в индивидуальном тепловом пункте (ИТП). Теплоноситель для системы отопления — вода с расчётными параметрами $95/70^\circ\text{C}$. Температура подаваемой воды регулируется по отопительному графику. Теплоноситель для системы вентиляции — вода с расчётными параметрами $90/70^\circ\text{C}$. Температура подаваемой воды регулируется по отопительному графику. Для отопления театра в нерабочее время предусмотрена возможность регулирования расхода теплоносителя с помощью регулятора расхода.

В помещениях столовой Кадыйской средней общеобразовательной школы, расположенных вдоль наружных стен, комфортабельные климатические условия поддерживаются местными нагревательными приборами. Теплотери помещений, не имеющих наружных стен, компенсируются за счёт теплопоступлений из смежных помещений.

Фото: Администрация Кадыкского МР, admkad.ru



❖ Здание Кадыкской средней школы со строящейся столовой

Теплоснабжение caloriferов приточных установок осуществляется от теплового пункта здания отдельной системой водяного теплоснабжения. Способ прокладки трубопроводов системы отопления и теплоснабжения caloriferов — открытый. В верхних точках систем теплоснабжения и отопления установлена воздухоотпускная арматура (автоматические воздухоотводчики). Для выпуска воздуха в верхней пробке каждого радиатора также устанавливаются воздухоотводчики, например, краны Маевского. Удаление воздуха из систем отопления осуществляется в верхних точках систем через автоматические воздухоотводчики Oventrop.

Во всех рассмотренных проектах каждая ветка систем отопления и вентиляции оборудованы отсечной и балансирующей арматурой. Запорная и регулирующая арматура на ответвлениях систем



❖ Фото 3. Регулирующий фланцевый клапан типа VB2 с редукторным электроприводом AMV10 для управления им производства Danfoss



❖ Фото 2. Пример подключения моноблочного теплообменного аппарата к распределительному коллектору (на заднем плане)

отопления и теплоснабжения принята производства Danfoss и Valtec (фото 3). На отдельных ветках системы отопления для автоматической регулировки системы предусмотрена установка автоматических балансирующих клапанов ASV-PV и ASV-M производства Danfoss.

Для гидравлической увязки на ветках системы отопления предусматривается установка балансирующих клапанов марки Oventrop. Для гидравлической увязки систем теплоснабжения предусматривается установка ручных балансирующих клапанов Danfoss.

В части инженерных коммуникаций столовой Кадыкской средней школы с це-

лью предотвращения коррозии предусмотрено покрытие трубопроводов под тепловой изоляцией краской БТ-177 ГОСТ 5631-79 за два раза по грунту ГФ-021 ГОСТ 25129-82. Вертикальные стояки систем отопления страхового товарищества «Саламандра» также покрываются грунтовкой ГФ-021 и окрашиваются краской БТ-177 за два раза. Магистральные трубопроводы, проложенные под потолком подвального этажа, проектируются с антикоррозийной защитой грунтовкой ГФ-021 и краской БТ-177 по одному слою, затем изолируются трубчатой изоляцией из вспененного каучука Thermaflex FRZ толщиной 13 мм.

Что касается теплоизоляции трубопроводов Кадыкской средней школы, то все они (на caloriferы приточных установок, транзитные трубопроводы системы отопления отапливаемого перехода) изолированы трубками технической изоляции K-Flex ST на основе синтетического каучука (толщина изоляции 19 мм).



Фото: kcsn@kady.ru

На здание ОГБУ «Кадынский КЦСОН» в посёлке городского типа Кадый так же можно распространить энергосберегающий подход, аналогичный Кадыйской средней школе

Воздуховоды приточных систем от воздухозабора до водяных калориферов, воздуховоды вытяжных систем от обратных клапанов систем до места выброса вытяжного воздуха также подлежат тепловой изоляции. Воздуховоды предполагается изолировать тепло- и звукоизоляционными матами из минеральной ваты на основе стекловолокна Isotec Mat-Al (слой 50 мм). В здании филиала учреждения культуры Московского художественного академического театра в качестве изоляционного материала для трубопроводов предусмотрены минераловатные цилиндры Rockwool с покровным слоем из алюминиевой фольги. Трубопроводы теплоснабжения калориферов здания страхового товарищества «Саламандра» приняты из стальных электросварных прямошовных труб по ГОСТ 10704-91 Сm20 ГОСТ1050-88*, изолируются цилиндрами Rockwool 100 толщиной 30 мм, кашированными алюминиевой фольгой.

Можно заметить, что во всех рассмотренных проектах магистральные трубопроводы диаметром от 15 до 50 мм выполняются из стальных водогазопроводных труб по ГОСТ 3262-75* (Сm20), при больших диаметрах — из электросварных труб по ГОСТ 10704-91 (СтЗсп2).

При стояковой разводке (Кадыйская средняя школа) трубопроводы системы отопления выполняются из полипропиленовых труб Valtec PP-Fiber PN25, армированных стекловолокном, а горизонтальные поэтажные ветки, прокладываемые в конструкции пола (страховое товарищество «Саламандра»), приняты из многослойных трубопроводов KAN-therm. Все трубопроводы систем отопления, скрытые в стяжке пола, выполнены в защитном гофрированном кожухе.

Трубы в полу предлагается проложить в защитной гофрированной трубе. Температура монтажа такой трубы должна быть не ниже +10°C. Монтаж многослойных труб KAN-therm PE-RT/Al/PE-RT возможен при следующих условиях:

- все работы по монтажу систем отопления должны выполняться только организациями, имеющими на это лицензию;
- трубы, фасонные изделия, элементы и детали должны иметь сертификат Госстандарта РФ и гигиенический сертификат на расчётную температуру теплоносителя +9°C при давлении в трубах 1 МПа со сроком службы трубопроводов при этих условиях эксплуатации не менее 25 лет;
- применение зажимных фитингов для труб в полу.



Фото: Юрий Геннадьевич / CC BY-SA 3.0 (creativecommons.org)

Здание страхового товарищества «Саламандра» (1913–1914 годы) в Омске

На проектируемых объектах общепринятым решением является приточно-вытяжная общеобменная и местная вентиляция с механическим побуждением, принимаемая исходя из типа помещения и его категории пожароопасности.

Административные здания отличаются от жилых тем, что в них, как правило, закладываются системы и отопления, и вентиляции. Присоединение всех зданий к существующим тепловым сетям осуществляется путём врезки в систему теплоснабжения вновь проектируемых наружных тепловых сетей во вновь возводимых тепловых камерах.

В административных зданиях местные системы вентиляции, как правило, закладываются отдельными для следующих типов помещений: обеденные залы; помещения пищеблока общего назначения; помещения установки мукопросеивателя (при наличии); цеха мойки столовой посуды; помещение сбора пищевых отходов; санитарные узлы и душевые; кладовые и инвентарные.

Единой системой приточной вентиляции обычно обеспечиваются все помещения административного здания. Для пространства пищеблока (столовой) предусматривается отдельная система приточной вентиляции. Похожих принципов разделения систем вентиляции придерживаются проектировщики инженерных коммуникаций всех социальных объектов, в том числе учебных и социальных учреждений [9].

Приточный воздух подаётся системами с механическим побуждением воздуха непосредственно в пространствах, где постоянно работают или находятся люди.

В комплексе пищеблока обеспечивается воздушно-тепловой баланс помещений с подпором приточного воздуха в наиболее чистые помещения.

Системы приточно-вытяжной вентиляции горячего цеха запроектированы с применением приточно-вытяжных и вытяжных локализирующих устройств над оборудованием, выделяющим избыточное тепло, влагу, канцерогены (электрическая плита, пароконвектомат, электропекарный шкаф). В качестве локализирующих устройств применены зонты МВО (производитель — ЗАО «Сота»).

Моечные столовой посуды, где устанавливается промышленная машина, — это горячий цех высокой влажности, для которых требуется местная вытяжная вентиляция с механическим побуждением (система В4) с преимущественной вытяжкой в зоне максимального загрязнения. Местная вытяжная вентиляция от мукопросеивателя выполнена обособлено (система В3). Объёмы воздуха приняты в соответствии с рекомендуемой скоростью в проёме зонты. Оборудование приточных установок и вытяжных систем В2, В4 располагается в приточной венткамере. Канальный вентилятор системы В3 расположен на улице на фасаде здания столовой. Оставшееся вытяжное оборудование располагается у потолка коридоров либо непосредственно у потолка обслуживаемых помещений.

Забор наружного воздуха приточными системами производится через воздухозаборную решётку. Перед подачей в помещения приточный воздух очищается от пыли на ячейковых фильтрах. В холодное время года приточный воздух нагревается в водяных воздухонагревателях. Например, в случае школы роль воздухоприём-



Фото: EuroVentGroup (EVG), euroventgroup.ru

❖ Прстенный вытяжной зонт МВО (местный вентиляционный отсос) типа 3

ного устройства, предназначенного для забора с улицы наружного воздуха, играет решётка «ЛюфтКон» LKR-1400×800, расположенная на отметке более двух метров от уровня земли с западного фасада здания. Выброс воздуха вытяжными системами, как правило, осуществляется из выбросных отверстий на высоте не менее 0,5 м над кровлей здания.

Всё оборудование для всех вытяжных и приточных установок, за исключением пищеблоков, принято общепромышлен-

ного исполнения. Отличие обусловлено тем, что установка систем для помещений приготовления пищи выполнена в «кухонном» исполнении: установлен фильтр-жироуловитель, а двигатель изолирован от рабочего колеса. Установка вентиляционной системы, обслуживающей мукопросеиватель, выполнена во взрывозащитном исполнении, для помещения моечной машины — в коррозионно-стойком исполнении.

Популярными изготовителями подобного оборудования являются компании «ЛюфтКон», «Арктика», «КлиматВентМаш», «Арктос», «Лиссант».

Воздуховоды вентиляционных систем выполняются прямоугольного и круглого сечения из листовой оцинкованной холоднокатаной стали по ГОСТ 14918–80*. Толщина воздуховодов вентиляционных систем — в соответствии со Сводом Правил 60.13330.2012, Приложение Л. Трассировка воздуховодов проектируемых вентиляционных систем выполняется наиболее рациональным образом с учётом свода правил, требований пожарной безопасности и с учётом взаимного расположения обслуживаемых помещений. Одновременно трассировка производится таким образом, чтобы минимизировать длину транзитных воздуховодов и уменьшить количество пересечений в плане воздуховодов различных систем.

Прокладка воздуховодов по помещениям осуществляется по стенам и по потолку с учётом расположения осветительных приборов. При прокладке воздуховодов через стены отверстия предлагается заделывать цементным раствором марки М200 на толщину конструкции в соответствии с требованиями свода Правил 2.13130.2009 «Система противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».

Забор наружного воздуха приточными системами производится через воздухозаборную решётку. Перед подачей в помещения приточный воздух очищается от пыли на ячейковых фильтрах. В холодное время года воздух нагревается в водяных воздухонагревателях



❖ Помещение моечной столовой посуды — горячий цех высокой влажности



Фото: Даниил Сарасеко, m2ajis.ru/omsk

Омский областной музей изобразительных искусств имени М. А. Врубеля

Воздуховоды располагаются по возможности в местах, доступных для осмотра внешней поверхности и проверки плотности соединения воздуховодов (в случае необходимости). Крепление воздуховодов осуществляется по типовой серии 5.904-1, не нарушая несущей способности существующих строительных конструкций.

Системы автоматики приточных установок предназначены для поддержания нормируемой температуры и обеспечения допустимого микроклимата и качества воздуха в обслуживаемой зоне в автоматическом режиме. Для этого в проектах обычно принимаются серийно изготавливаемые промышленностью приборы и средства автоматизации, в соответствии с действующими номенклатурами и с учётом условий среды помещений

нестойкости не менее EI45, для системы местного отсоса взрыво- и пожароопасной смеси от мукопросеивателя столовой школы — не менее EI30. Для достижения требуемого предела огнестойкости применить систему конструктивной огнезащиты воздуховодов «ЕТ Вент» (производитель — «Тизол»).

Для оборудования приточно-вытяжных вентиляционных систем, как правило, предусматривается:

- управление и сигнализация положения на местных щитах, поставляемых комплектно с приточно-вытяжными установками (ПВУ);
- автоматизация по схемам, разработанным изготовителем оборудования приточных установок;
- автоматическое отключение вентилятора при неоткрытии клапанов на всасывание и напоре в течение заданного времени;
- автоматическое отключение при пожаре по сигналам автоматической пожарной сигнализации (АПС).

Перечисленные выше решения обусловлены требованиями технологии, охраны труда и пожарной безопасности. Системы автоматики приточных установок предназначены для поддержания нормируемой температуры и обеспечения допустимого микроклимата и качества воздуха в обслуживаемой зоне в автоматическом режиме. Для этого в проектах обычно принимаются серийно изготавливаемые промышленностью приборы и средства автоматизации, в соответствии с действующими номенклатурами и с учётом условий среды помещений.

Например, в соответствующем разделе проекта школы разработаны принципиальные решения по автоматизации приточных систем типа LK и LKP компании «Люфткон», поставляемых комплектно с системами автоматики.

Для вентиляторов вытяжных вентиляционных систем предусматривается:

- местное управление и сигнализация положения на силовых шкафах;
- автоматическое отключение при пожаре в здании по сигналам автоматической пожарной сигнализации.

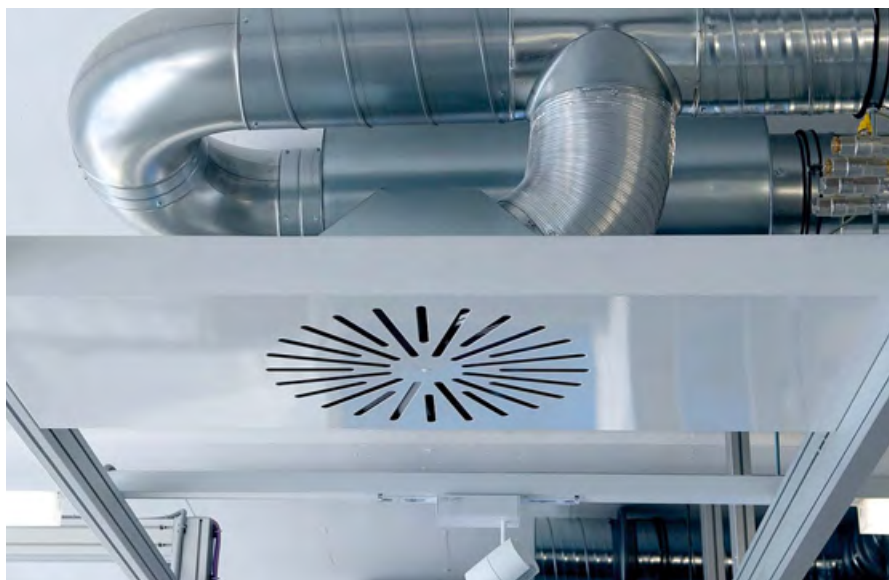
Шафы управления устанавливаются в венткамере рядом с приточными вентиляционными системами и обеспечивают:

- ручной пуск и останов;
- управление воздушными клапанами с электроприводом, установленными на воздухозаборах;
- управление исполнительными механизмами клапанов отопительной воды;
- управление циркуляционными насосами отопительной воды;
- регулирование температуры приточного воздуха, в части поддержания заданной температуры, посредством воздействия на исполнительные механизмы смесительных регулирующих клапанов, установленных на теплоносителе водяных калориферов и на преобразователи частоты

Подача и удаление воздуха в помещении осуществляется через вентиляционные решётки с регулировкой направления воздушного потока и расхода воздуха.

Для предотвращения обратного движения воздуха, при неработающем механическом побуждении, на приточные системы предлагается монтировать обратные клапаны с электроприводом. Участки горизонтальных воздуховодов от противопожарной преграды помещений, защищаемых противопожарными клапанами, до лопаток противопожарных клапанов систем приточной и вытяжной вентиляции всех проектов предлагается выполнять огнестойкими с пределом ог-





приточных вентиляторов (температура воздуха контролируется датчиками, установленными в приточных воздуховодах, для регулирования температуры приточного воздуха на обратном трубопроводе обвязок воздушонагревателей вентиляционных систем могут быть установлены двухходовые регулирующие клапаны с электроприводом, для обеспечения регулирования температуры приточного воздуха за счёт изменения температуры теплоносителя, подаваемого в воздушонагреватель, — качественное регулирование, то есть обвязка воздушонагревателя выполнена с подмешивающим насосом Grundfos, причём данная схема обвязки воздушонагревателя обеспечивает также более надёжную защиту воздушонагревателя от замораживания);

□ защиту водяных калориферов от замораживания, которая производится по температуре воды и воздуха (термостат защиты от замораживания по воде встроен в калорифер на выходе сетевой воды из

теплообменника — при понижении температуры ниже $+3^{\circ}\text{C}$ поступает сигнал на отключение вентиляционной системы, а при понижении температуры воздуха за калорифером до $+6^{\circ}\text{C}$ поступает сигнал на останов вентиляционной системы от термостата защиты от замораживания по воздуху, устанавливаемого в воздуховоде за водяным калорифером);

□ аварийный останов систем при уменьшении перепада давления на воздушных фильтрах;

□ отключение системы по сигналу о пожаре;

□ защиту электродвигателя вентилятора от коротких замыканий и перегрузок в электрических цепях.

Для противопожарных клапанов предусматривается:

□ местное управление и сигнализация положения на кнопочных постах;

□ автоматическое закрытие при пожаре в здании по сигналам автоматической пожарной сигнализации.

Также может предусматриваться защитное отключение приточных вентиляционных систем при пожаре по цепям управления с сохранением цепей защиты от замораживания.

Для размещения приборов и средств автоматизации проектами обычно предусматриваются:

□ щиты — готовые изделия комплектной поставки;

□ типовые конструкции — для установки датчиков и местных приборов.

Для питания приборов и средств автоматизации используется однофазный переменный ток напряжением 220 В / 50 Гц или постоянный ток напряжением 24 В.

Проектом школы дополнительно предусматривается:

□ контроль температуры и давления прямого и обратного теплоносителя в системе теплоснабжения приточных установок. Для индикации параметров приняты термоманометры типа ТМТБ (производитель — ЗАО «Росма»);

□ управление приточными вентиляционными системами на базе систем автоматического управления (САУ) типа ACS-LK и ACS-LKP, поставляемых комплектно и обеспечивающих работу установок в автоматическом режиме (в состав САУ входят приборы, средства автоматизации и шкафы автоматического управления на базе контроллеров Segnetik, которые служат для управления, защиты и регулирования, причём контроллер, установленный в шкафу управления, обеспечивает высокую точность регулирования, стабильность, а также безопасность использования оборудования).

В целях снижения механического и аэродинамического шума от вентиляционных установок реализуются следующие мероприятия:

□ предусматриваются ПВУ в шумоизолированном корпусе, что обеспечивает первичное шумоподавление;

□ применяются осевые вентиляторы с пониженным уровнем шума;

□ в вентиляционных системах, подающих воздух для пространств с лимитированным уровнем звукового давления, предусматривается обязательная установка шумоглушителей;

□ скорость движения воздуха в воздуховодах и воздушораспределителях определяется с учётом акустических требований (для магистральных воздуховодов, прокладываемых по коридорам, она составляет до 8 м/с, для ответвлений воздуховодов, прокладываемых по основным и вспомогательным помещениям, — до 5 м/с, а для воздушораспределителей — от 1,5 до 3 м/с).



Фот.: Airo-Climate, vvent.ru

□ Противопожарный клапан для системы дымоудаления

Как правило, выполняется обустройство нескольких независимых друг от друга систем отопления. Так, здание школы со столовой обслуживается тремя системами водяного отопления, включая собственную систему отопления отапливаемого перехода и систему отопления столовой. Схемы всех этих трёх систем водяного отопления помещений: двухтрубные тупиковые, горизонтальные, пофасадные, с нижней разводкой подающей и обратной магистрали. Разводка магистральных трубопроводов системы отопления перехода, идущих по столовой, предусмотрена под потолком.

Разводка магистральных трубопроводов от ИТП здания филиала МХАТ им. А.П. Чехова выполняется на уровне пола первого этажа. Далее систему отопления предлагается выполнять двухтрубной стояковой с нижней разводкой с тупико-

радиаторы Logatrend с боковым подключением (производитель — Buderus). В помещениях АТС, серверных, ВРУ, электрощитовой, трансформаторной в качестве отопительных приборов используются регистры из стальных гладких труб (фото 5).

Для наиболее равномерного отопления складских помещений, расположенных на подземном этаже, было принято решение использовать отопительные агрегаты Frico SWS-02 (фото 6).

Для регулирования теплоотдачи отопительные приборы оборудуются клапанами регулирующими прямыми VT.008 (производитель — Valtec). Отопительные приборы размещаются преимущественно под световыми проёмами у наружных стен — в местах, где возможно их обслуживание. Приборы отопления приняты преимущественно с узлом нижнего подключения. Регулирование теплоотдачи

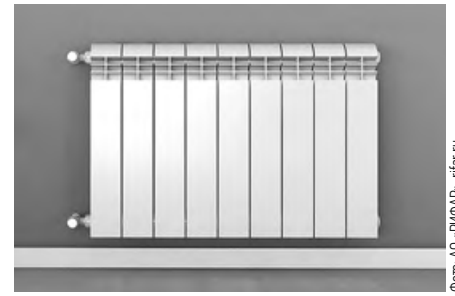


Фото: АО «РиФАР», rifar.ru

❖ Фото 4. Биметаллический секционный радиатор Base 500 (производитель — Rifar)



❖ Фото 5. Приборы отопления в виде регистра из гладких труб (вид при 3D-проектировании)

приборов осуществляется встроенными термовентильми и термостатическими элементами Oventrop.

Распределение теплоносителя к отопительным приборам производится от коллекторов с отсечными кранами и регулировочными вентилями Oventrop.

У нагревательных приборов предусмотрены автоматические терморегуляторы для регулирования теплоотдачи и запорная арматура. В холле, вестибюле, технических и подсобных помещениях устанавливаются терморегуляторы с ручным управлением (то есть без термостатических головок).



Фото: Официальный сайт мэра Москвы, mos.ru

❖ Проект здания филиала (второй сцены) Московского художественного академического театра

вым движением теплоносителя. Для отопления здания страхового товарищества «Саламандра» (так же, как и для школы) заложены три системы отопления, исполненные двухтрубными, горизонтальными с коллекторной разводкой.

В здании школы предусмотрено отопление с помощью биметаллических секционных радиаторов Base 500 (производитель — Rifar) с межосевым расстоянием 500 мм с боковым подключением (фото 4).

Система отопления рассчитана на поддержание оптимальной внутренней температуры воздуха. В качестве нагревательных приборов здания страхового товарищества «Саламандра» приняты профильные панельные радиаторы и конвекторы Radik Klasik (производитель — Korado). В качестве отопительных приборов здания филиала Московского художественного академического театра используются



Фото: Mijinklimaatshop.nl

❖ Фото 6. Схема компоновки отопительного агрегата Frico SWS-02

Фото: МБОУ СОШ №7 (г.о. Тихорецк), sch71h.edu.site.ru



■ Горячее водоснабжение столовой школы запроектировано от электрических водонагревателей

В работе [10] подчёркиваются достоинства низкотемпературного лучистого отопления, приводится способ расчёта тепловых потерь помещений, где таким способом производится нагрев воздуха, но никакого описания традиционных систем с целью сравнения теплотехнических и технико-экономических характеристик, к сожалению, не даётся.

Горячее водоснабжение столовой школы запроектировано от электрических водонагревателей. Отопление электроотопительной системы здания страхового товарищества «Саламандра» (1913–1914 годы) для размещения Омского областного музея изобразительных искусств им. М.А. Врубеля также предполагается осуществлять электрическим конвектором Nordic C4E 05 (производитель — Nobo) в комплекте с электронным термостатом, который поддерживает в помещении заданную пользователем температуру.

Три принятые проектом здания страхового товарищества «Саламандра» системы отопления снабжают теплом:

- административно-бытовые и технические помещения здания в осях «1-8/Б-Д» (её мощность составляет 155,29 кВт, потери давления в системе — 45,123 кПа);
- административно-бытовые и технические помещения здания в осях «1-8/Д-Ж» (145,39 кВт и 15,668 кПа, соответственно);
- лестничные клетки (соответственно, 62,89 кВт, 11,527 кПа).

Основные показатели по потребителям тепла здания Кадыжской средней школы приведены в табл. 1.

■ Основные показатели по потребителям тепла

табл. 1

Периоды года при $t_n, ^\circ\text{C}$	Тип и параметры теплоносителя	Расход тепла, кВт				Установленная мощность электродвигателей, кВт
		отопление	вентиляция	ГВС	общий	
–31 °C (зимний)	Вода 60/45 °C	36,90	141,60	–	178,50	15,35*

* С учётом нагрузки на воздушную тепловую завесу с электрическим источником тепла.

Заключение

Закладываемые для всех рассмотренных объектов двухтрубные системы отопления дают возможность поддерживать требуемые параметры внутреннего воздуха с гораздо меньшими расходами тепловой и электрической энергии на нагрев и перекачку теплоносителя, соответственно. Такие системы обладают сравнительно высокой гидравлической и тепловой устойчивостью. Применяемое зонирование систем отопления по фасадам позволяет регулировать теплоотдачу радиаторов с учётом климатических и погодных факторов.

Наиболее популярными энергосберегающими мероприятиями остаются: установка на отопительных приборах автоматических терморегуляторов; теплоизоляция стояков, оборудования тепловых пунктов и наружных тепловых сетей материалами, имеющими низкие показатели теплопроводности и сохраняющими их в течение продолжительного срока.

Для систем приточно-вытяжной вентиляции не предусматривается рекуперация. Проектами не закладываются системы централизованного холодоснабжения для поддержания микроклимата помещений в тёплое время года.

В РФ для объектов, предназначенных для пребывания детей, не применяются системы отопления типа «тёплый пол» — до сих пор используются радиаторы

Для объектов, предназначенных для пребывания детей, не применяются системы отопления вида «тёплый пол». Продолжают использоваться местные отопительные приборы (радиаторы), для которых требуется теплоноситель более высокой температуры. Это не позволяет уделять должного внимания утилизации бросового тепла и вовлечению в процесс генерации нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (получивших в настоящее время наибольшее распространение в странах ЕС [11, 12]), а значит — снижает автономность и показатели энергоэффективности социальных объектов.

Проектирование систем отопления зданий скрытого исполнения с использованием труб из полиэтилена или пропилена ещё не стало общепринятой нормой; для одного из объектов предлагается монтаж внутренних инженерных систем из стальных цельнотянутых и сварных водогазопроводных труб, что увеличивает металлоёмкость проекта и завышает сроки исполнения работ. Коллекторные (горизонтальные) схемы системы отопления получили распространение не только в жилищном строительстве, но и в административных зданиях. ●

1. Мутко: объёмы ввода жилья в РФ в 2019 году будут сопоставимы с 2018 годом. «РИА Недвижимость» от 24.01.2019. Режим доступа: realty.ria.ru. Дата обращения: 10.03.2019.
2. Алексеенко В.Н., Михеева Ю.Л. Влияние различных систем климатизации на формирование микроклимата реставрируемых объектов культурного наследия в Крыму // Строительство и реконструкция, 2018. №3. С. 52–61.
3. Брызгалов В.В. Тепловой баланс стены трюма в климате центральной России // Жилищное строительство, 2018. №6. С. 15–18.
4. Jie Cai, James E. Braun. A regulation capacity reset strategy for HVAC frequency regulation control. Energy and Buildings. Vol. 185. Pp. 272–286.
5. Maccarini A., Hultmark G., Bergsøe N.C., Afshari A. Free cooling potential of a PCM-based heat exchanger coupled with a novel HVAC system for simultaneous heating and cooling of buildings. Sustainable Cities and Society. Vol. 42. Pp. 384–395.
6. Чичерин С.В., Абдулаев Д.А. Иерархичность построения и другие способы обеспечения надёжности тепловой сети // Вестник СКФУ, 2018. №2. С. 38–46.
7. Неклюдов А.Ю. Развитие современного расчёта потребления энергии на отопление и вентиляцию // Строительство и реконструкция, 2018. №3. С. 75–82.
8. Синицын В.И. Перспективы реконструкции систем отопления и вентиляции в школах Москвы // АВОК, 2018. №5. С. 32–39.
9. Агафонова И.А. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха больничного корпуса // АВОК, 2018. №5. С. 22–31.
10. Шацков А.О., Перерва А.А. Теплотери помещения, оборудованного низкотемпературным лучистым отоплением // Colloquium-journal (Польша), 2018. №4-1. С. 13–16.
11. Чичерин С.В. Место теплоснабжения в современном городе // Вестник ПНИПУ. Серия: Строительство и архитектура, 2018. Т. 9. №3. С. 79–87.
12. Чичерин С.В., Збарва Л.И. Теплотехническая характеристика квартальной застройки — причина прекратить строительство микрорайонов // Известия КГАСУ, 2019. №1. С. 194–206.

References — see page 94.

Heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) project comparison framework: a content-based approach in drawing management. Pp. 40–49.

Stanislav V. Chicherin, postgraduate student, Omsk State Transport University (OSTU)

1. *Mutko: ob#emy vvoda zhil'ja v RF v 2019 godu budut sopostavimy s 2018 godom* [Mutko: the volume of housing construction in the Russian Federation in 2019 will be comparable to 2018]. "RIA Nedvizhimost'" ot 24.01.2019 ["RIA News: Real Estate" from January 24, 2019]. Web-source: realty.ria.ru. Access data: Mart 10, 2019. [In Russian]
2. Alekseenko V.N., Miheeva Ju.L. *Vlijanie razlichnyh sistem klimatizacii na formirovanie mikroklimate restavriremykh ob#ektov kul'turnogo nasledija v Krymu* [The influence of various air-conditioning systems on the formation of the microclimate of restored cultural heritage sites in the Crimea]. *Stroitel'stvo i rekonstrukcija* ["Construction and reconstruction" Magazine]. 2018. No. 3. Pp. 52–61. [In Russian]
3. Bryzgalin V.V. *Teplovoj balans steny tromba v klimate central'noj Rossii* [The heat balance of the wall of a blood clot in the climate of central Russia]. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* ["Housing construction" Magazine]. 2018. No. 6. Pp. 15–18. [In Russian]
4. Jie Cai, James E. Braun. A regulation capacity reset strategy for HVAC frequency regulation control. *Energy and Buildings*. Vol. 185. Pp. 272–286.
5. Maccarini A., Hultmark G., Bergsøe N.C., Afshari A. Free cooling potential of a PCM-based heat exchanger coupled with a novel HVAC system for simultaneous heating and cooling of buildings. *Sustainable Cities and Society*. Vol. 42. Pp. 384–395.
6. Chicherin S.V., Abdulaev D.A. *Ierarhichnost' postroenija i drugie sposoby obespechenija na-dezhnosti teplovoj seti* [The hierarchy of construction and other ways to ensure the reliability of the heat network]. *Vestnik SKFU* [Bulletin of the North Caucasus Federal University]. 2018. No. 2. Pp. 38–46. [In Russian]
7. Nekljudov A.Ju. *Razvitie sovremennogo rascheta potreblenija jenerгии na otopenie i ventiljaciju* [The development of modern calculation of energy consumption for heating and ventilation]. *Stroitel'stvo i rekonstrukcija* ["Construction and reconstruction" Magazine]. 2018. No. 3. Pp. 75–82. [In Russian]
8. Sinicyn V.I. *Perspektivy rekonstrukcii sistem otopenija i ventiljacii v shkolah Moskv* [Prospects for the reconstruction of heating and ventilation systems in schools in Moscow]. *AVOK* [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics]. 2018. No. 5. Pp. 32–39. [In Russian]
9. Agafonova I.A. *Sistemy otopenija, ventiljacii i kondicionirovanija vozduha bol'nichnogo korpusa* [Heating, ventilation and air conditioning systems of the hospital building]. *AVOK* [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics]. 2018. No. 5. Pp. 22–31. [In Russian]
10. Shakov A.O., Pererva A.A. *Teplopoteri pomeshhenija, oborudovannogo nizkotemperaturnym luchistym otopeniem* [Heat loss of a room equipped with low-temperature radiant heating]. *Colloquium-journal* (Poland). 2018. No. 4-1. Pp. 13–16. [In Russian]
11. Chicherin S.V. *Mesto teplosnabzhenija v sovremennom gorode* [The place of heat supply in the modern city]. *Vestnik PNIPU. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Series: Building and Architecture]. 2018. Vol. 9. No. 3. Pp. 79–87. [In Russian]
12. Chicherin S.V., Zbaraz L.I. *Teplotehnickeskaja harakteristika kvartal'noj zastrojki — pri-china prekratit' stroitel'stvo mikrorajonov* [Thermal characteristics of quarterly development — the reason to stop the construction of neighborhoods]. *Izvestija KGASU* [Proc. of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering]. 2019. No. 1. Pp. 194–206. [In Russian]