

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 28.09.2026 11:03:19
Уникальный программный идентификатор:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Строительный институт

Кафедра теплогазоснабжения
и вентиляции

**РАСЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

Методические указания по выполнению курсового проекта
для обучающихся направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»
всех форм обучения

Составитель ***И. Е. Молостова***

Тюмень
ТИУ
2021

Расчет центральной системы кондиционирования воздуха: методические указания по выполнению курсового проекта для обучающихся направления подготовки 08.03.01 «Строительство» профиль " Теплогазоснабжение и вентиляция» всех форм обучения / сост. И. Е. Молостова; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2021. – 32 с. – Текст: непосредственный.

Ответственный редактор: Т. С. Жилина, к. т. н., доцент

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры теплогазоснабжения и вентиляции «02» сентября 2020 года, протокол № 1

Аннотация

Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине Кондиционирование воздуха предназначены для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль подготовки Теплогазоснабжение и вентиляция всех форм обучения.

В методических указаниях приведен состав курсового проекта, требования по его оформлению, порядок разработки, пояснения по выполнению отдельных расчетов, исходная информация для выполнения.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Общие положения	5
2 Структура курсового проекта	5
3 Основные разделы расчетно-пояснительной записки и методические указания по их выполнению	6
3.1 Исходные данные	6
3.2 Выбор расчетных параметров внутреннего и наружного воздуха	6
3.3 Расчет влаго-и газовыделений, составление теплового баланса	6
3.4 Выбор принципа тепловлажностной обработки воздуха, определение расчетного количества приточного воздуха и его пара- метров	11
3.5 Выбор СКВ, узлов регулирования, построение функциональной схемы СКВ	14
3.6 Определение расчетных расходов на теплоснабжение и холодо- снабжение	15
3.7 Построение диаграммы режимов работы СКВ	15
3.8 Расчет и подбор элементов кондиционера	16
3.9 Компоновка кондиционера из типовых секций	20
3.10 Подбор оборудования холодильной станции	21
3.11 Составление заказной спецификации на кондиционер	23
4 Графическая часть	23
4.1 Вычерчивание центрального кондиционера с нанесением оборудования, воздухопроводов, трубопроводов	23
4.2 Разработка и вычерчивание аксонометрической схемы обвязки кондиционера трубопроводами	24
5 Порядок защиты курсового проекта, критерии оценки	24
Библиографический список	26
Приложение А. Климатические параметры района застройки	27

ВВЕДЕНИЕ

Здоровье, работоспособность, да и просто самочувствие человека в значительной степени определяются условиями микроклимата и воздушной среды в помещениях жилых и общественных зданий, где он проводит значительную часть своего времени.

Если говорить о физиологическом воздействии на человека окружающего воздуха, то следует напомнить, что человек в среднем потребляет в сутки около 3 кг пищи и 15 кг воздуха. Что это за воздух, какова его свежесть и чистота, душно, жарко или холодно человеку в помещении, во многом зависит от инженерных систем, специально предназначенных для обеспечения воздушного комфорта. Среди таких систем можно выделить: систему вентиляции, систему и систему кондиционирования воздуха (СКВ).

Система кондиционирования воздуха представляет собой систему более высокого порядка (с большими возможностями). Принципиальное преимущество состоит в том, что, помимо задач вентиляции и отопления, СКВ позволяют создать благоприятный микроклимат (комфортный уровень температур) в летний, жаркий период года, благодаря использованию в своем составе фреоновой холодильной машины. Таким образом, подготовка воздуха в СКВ может включать его охлаждение, нагрев, увлажнение или осушку, очистку (фильтрацию, ионизацию и т.п.), причем система позволяет поддерживать в помещении заданные кондиции воздуха независимо от уровня и колебаний метеорологических параметров наружного (атмосферного) воздуха, а так же переменных поступлений в помещение тепла и влаги.

Следует отметить, что системы кондиционирования по своему назначению подразделяются на комфортные и технологические.

Комфортные СКВ предназначены для создания и автоматического поддержания температуры, относительной влажности, чистоты и скорости движения воздуха, отвечающих оптимальным санитарно – гигиеническим требованиям.

Технологические СКВ предназначены для обеспечения параметров воздуха, в максимальной степени отвечающих требованиям определенного производственного или технологического процесса

Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине Кондиционирование воздуха и холодоснабжение предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, программы подготовки Теплогазоснабжение и вентиляция всех форм обучения.

В работе решаются основные вопросы по проектированию центральной системы кондиционирования здания

В процессе работы студенты получают навыки практического применения теоретических знаний для расчета систем кондиционирования зданий.

Настоящие методические указания содержат рекомендации по проведению курсового проекта по кондиционированию воздуха и холодоснабжению зданий.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курсовой проект по дисциплине Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, программы подготовки Теплогазоснабжение и вентиляция всех форм обучения, имеет цель углубить и закрепить знания, полученные при изучении теоретического курса.

В процессе проектирования студент приобретает навыки расчетов, обучается использованию нормативной и справочной литературы, типовых материалов и каталогов отопительно-вентиляционного оборудования, конструированию энергосберегающих систем кондиционирования воздуха, применению типовых решений и новейших достижений отопительно-вентиляционной техники.

Студент обязан самостоятельно решить весь комплекс вопросов работы, выбрать и рассчитать систему кондиционирования воздуха (СКВ), выполнить графическую часть, подобрать оборудование по каталогам и оформить расчетно-пояснительную записку.

Задача руководителя заключается в рассмотрении принятых студентами решений, объяснении допущенных ошибок и проверке основных расчетных и графических материалов. Руководитель работы также знакомит студентов с эталоном оформления графической и расчетной частей работы.

Выдача вариантов для выполнения курсового проекта производится по двум последним цифрам зачетной книжки.

2 СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

- 1 Исходные данные.
- 2 Выбор расчетных параметров внутреннего и наружного воздуха.
- 3 Расчет влаго-и газовыделений, составление теплового баланса.
- 4 Выбор принципа тепловлажностной обработки воздуха, определение расчетного количества приточного воздуха и его параметров.
- 5 Выбор СКВ, узлов регулирования, построение функциональной схемы СКВ.
- 6 Определение расчетных расходов тепла и холода.
- 7 Построение диаграммы режимов работы СКВ.

- 8 Расчет и подбор элементов кондиционера.
- 9 Компоновка кондиционера из типовых секций.
- 10 Подбор оборудования холодильной станции.
- 11 Составление заказной спецификации на кондиционер.
- 12 Вычерчивание приточной камеры с нанесением оборудования, воздухопроводов, трубопроводов.
- 13 Разработка и вычерчивание аксонометрической схемы обвязки кондиционера трубопроводами.

3 ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

3.1 Исходные данные

В данном разделе необходимо отразить тепловлажностную характеристику расчетного помещения, режим его работы, характеристику строительной части здания в целом, а также помещения, для которого разрабатывается СКВ. Также следует указать географический район строительства здания, параметры теплоносителя в тепловой сети, количество людей в обслуживаемом помещении и другие данные, представленные руководителем.

3.2 Выбор расчетных параметров наружного и внутреннего воздуха

Параметры внутреннего воздуха для расчетного помещения необходимо выбирать по нормативной литературе, рекомендуемой руководителем, в зависимости от назначения обслуживаемого помещения. После чего в I-d диаграмме строят зону оптимальных параметров внутреннего воздуха для теплого и холодного периодов года. За расчетные параметры внутреннего воздуха следует выбирать максимальные для теплого и минимальные для холодного периодов года.

Параметры наружного воздуха выбирают по [1].

3.3 Составление теплового баланса и расчет газо- и влаговыведений

Тепловой баланс расчетного помещения составляют на основе полученных исходных данных и расчета незадаанных поступлений и потерь и поступлений тепла для теплого и холодного периодов года.

Тепловыделения, влаговыведения и газовыделения, называемые нагрузкой на систему кондиционирования воздуха, в отдельных помещениях определяются в зависимости от количества людей, ориентации и вида ограждений, технологии происходящего процесса, мощности освещения рабочих мест, режима работы. Изменения нагрузки на систему конди-

ционирования воздуха в отдельных помещениях могут не совпадать ни по времени, ни по абсолютной величине.

Расчет поступлений теплоты и влаги в помещения при проектировании СКВ должен быть выполнен на основе точных инженерных методик, а не по укрупненным показателям. При расчете нагрузки на систему кондиционирования воздуха необходимо учитывать следующие теплопоступления: 1) теплопоступления или теплопотери в результате разности температур снаружи и внутри здания через стены, потолки, полы, окна и двери. Разность температур снаружи здания и внутри него летом является положительной, в результате чего имеет место приток тепла снаружи во внутрь помещения; и наоборот – зимой эта разность является отрицательной и направление потока тепла меняется; 2) теплопоступления от солнечного излучения через застекленные площади; данная нагрузка проявляется в форме ощущаемого тепла. Солнечное излучение всегда создает положительную нагрузку как летом, так и зимой. Летом эта нагрузка должна быть компенсирована, а зимой она незначительная и интегрируется с теплом, вырабатываемого установкой искусственного климата; 3) тепло, выделяемого людьми; 4) теплопоступления от ламп и осветительных приборов; 4) тепло, выделяемое работающими приборами и оборудованием: компьютерами, печатающими устройствами, фотокопировальными машинами и пр. (в офисных и других помещениях);

Все перечисленные внутренние тепловые нагрузки являются всегда положительными, и поэтому в летний период они должны быть устранены, а зимой за их счет снижается нагрузка на установки обогрева.

Теплопоступления через вертикальные световые проемы.

Избыточная теплота от солнечного излучения немедленно поглощается средой помещения и, если речь идет о магазинах с большими застекленными витринами, зрелищных помещениях и пр., значительно увеличивает тепловую нагрузку.

Действительно, в зависимости от типа стекла почти до 90% тепла солнечного излучения передается в помещение, а остальная часть отражается. В большинстве случаев тепловая нагрузка от солнечного излучения в общественных и административных зданиях может составлять до 50% в общем балансе теплопоступления. Обычно максимальная тепловая нагрузка достигается при максимальном уровне излучения. Солнечное излучение состоит из двух компонентов: прямой составляющей и рассеянной. Интенсивность солнечного излучения зависит от широты местности и варьируется в зависимости от времени года и времени суток.

Поступление тепла от солнечной радиации зависит от рода и структуры материала наружных ограждений, состояния и цвета их поверхности, угла, под которым солнечные лучи попадают на поверхность, ориентация поверхности по сторонам света и др.

Поступление тепла от солнечной радиации учитывается для летнего и переходного периодов, начиная от наружных температур +10 °С и выше.

За расчетное количество тепла, поступающего от солнечной радиации, для данного помещения принимается большее из двух следующих значений:

а) количество тепла, поступающего через остекленную поверхность одной из стен, расположенной наиболее выгодно в отношении поступления тепла от радиации или имеющей наибольшую световую поверхность, включая и тепло, поступающие через облучаемые поверхности фонарей и покрытия;

б) 70% количества тепла, поступающие через остекленные поверхности двух взаимно перпендикулярных стен помещения, включая и тепло, поступающее через облучаемые поверхности фонарей и покрытия.

Поступление теплоты через вертикальные световые проемы определяют по формуле:

$$Q_{\text{ср}} = [(q_n^B K_{\text{инс}}^B + q_p^B K_{\text{обл}}^B) K_{\text{отн}} \tau_2 + (t_n^{\text{усл}} - t_v) R] F_0; \quad (3.1)$$

где q_n^B, q_p^B - количество теплоты соответственно прямой и рассеянной радиации, поступающей в расчетный час через одинарное остекление световых проемов, Вт/м², принимаемый по [3];

$K_{\text{инс}}^B$ - коэффициент инсоляции, показывающий, какая часть площади окна освещена в расчетный час солнечными лучами, зависит от положения солнца, ориентации светового проема, размеров окна, наличия наружных солнцезащитных устройств, для вертикальных окон определяется по формуле:

$$K_{\text{инс}}^B = [1 - (L_{\text{г}} \text{ctg} \beta - a \setminus H)] - [1 - (L_{\text{в}} \text{tg} A_{\text{сo}} - c \setminus B)]; \quad (3.2)$$

где $L_{\text{г}}, L_{\text{в}}$ - размер горизонтальных и вертикальных выступающих элементов затенения, м;

a, c - расстояние от горизонтального и вертикального элементов затенения до откоса, м;

H, B - высота и ширина окна, м;

$A_{\text{сo}}$ - солнечный азимут остекления (угол, град, между горизонтальной проекцией солнечного луча и горизонтальной проекцией нормали к рассматриваемой плоскости остекления;

β -угол (для горизонтальных затеняющих устройств), град, между вертикальной плоскостью остекления и проекцией солнечного луча на вертикальную плоскость, перпендикулярную плоскости остекления;

$$\beta = \arctg (\text{ctgh} \cos A_{\text{сo}}); \quad (3.3)$$

h - высота стояния солнца, град;

$K_{\text{обл}}$ - коэффициент облучения рассеянной радиацией, зависит от наличия наружных солнцезащитных устройств, зависит от углов α_1 и β_1 :

$$\alpha_1 = \arctg (L_{\text{в}} / (B + c)) \text{ и } \beta_1 = \arctg (L_{\text{г}} / (H + a)); \quad (3.4)$$

равен произведению коэффициентов облучения $k_{\text{обл}}^{\text{г}}$ и $k_{\text{обл}}^{\text{в}}$ соответственно для горизонтальной и вертикальной солнцезащитной конструкции;

$\kappa_{отн}$ – коэффициент относительного проникания солнечной радиации через заполнение светового проема, отличающегося от одинарного;

τ_2 – коэффициент, учитывающий затенение светового проема переплетами;

t_n^{ysl} – условная температура наружной среды, $^{\circ}\text{C}$;

$$t_n^{ysl} = t_n + 0,5A t_n \gamma + (SK_{инс}^B + DK_{обл}) \cdot \rho_0 \cdot \tau / \alpha_n, \quad (3.5)$$

где t_n – расчетная температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

At_n – удвоенная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха;

γ – коэффициент, учитывающий гармоническое изменение температуры наружного воздуха, определяемый по формуле:

$$\gamma = \cos((z - 15) \cdot 15), \quad (3.6)$$

S, D – количество теплоты свойственно прямой и рассеянной радиации, поступающей в каждый час расчетных суток на вертикальную или горизонтальную поверхность, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, $\text{Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$, определяемый для вертикальной поверхности $\alpha_n^B = 5,8 + 11\sqrt{v}$

для горизонтальной поверхности $\alpha_n^r = 8,7 + 2,6\sqrt{v}$

где v – расчетная скорость ветра в июле, $\text{м}/\text{с}$;

ρ_0 – приведенный коэффициент поглощения радиации заполнением светового проема;

R – сопротивление теплопередаче заполнения светового проема, $\text{м}^2 \text{ К}/\text{Вт}$;

F_0 – площадь окна, м^2 .

Теплопоступления через наружные стены или перекрытия.

Количество теплоты, поступающей в помещения через наружные стены или покрытия, определяют по формуле

$$Q_{cp}^n = (q_{lcp} + \gamma A_q) F; \quad (3.7)$$

где q_{lcp} – среднесуточные поступления через стены или покрытие, определяемые по формуле

$$q_{lcp} = (t_n + \rho q_{cp} \alpha_n - t_b) R_0; \quad (3.8)$$

где R_0 – сопротивление теплопередаче покрытия, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью стены или покрытия;

q_{cp} – среднесуточное поступление суммарной солнечной радиации на вертикальную или горизонтальную поверхность, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

γ – коэффициент, учитывающий гармоническое изменение теплового потока, поступающего через стену или покрытие, определяемый по формуле

$$\gamma = \cos((z - Z_{max}) \cdot 15), \quad (3.9)$$

где Z_{max} – час максимальных теплопоступлений через стену или покрытие, может быть определен как

$$Z_{max} = 13 + 2,7D; \quad (3.10)$$

где D – показатель инерционности наружной стены или покрытия;
 A_q – амплитуда колебаний теплового потока, поступающего через стену или покрытие, определяемого по формуле

$$A_q = k \alpha_v \nu (0,5 A_{\text{тн}} \gamma + \rho A_{\text{qn}} \alpha_n); \quad (3.11)$$

где α_v – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, Вт/(м²К);

k – коэффициент, учитывающий наличие в конструкции покрытия воздушной прослойки;

A_{qn} – количество теплоты, равное разности суммарной солнечной радиации в расчетный час и средней суточной суммарной радиации, Вт/м²;

ν – затухание колебаний температуры в стене или покрытии.

Теплопоступления от людей .

Поступление тепла от людей зависит от интенсивности выполняемой работы и параметров окружающего воздуха.

Тепло , выделяемое людьми, складывается из ощутимого (явного), т.е. передаваемого в воздух помещения путем конвекции и лучеиспускания, и скрытого тепла, затрачиваемого на испарение влаги с поверхности кожи и из легких. Соотношения между количеством ощутимого и скрытого тепла зависит от интенсивности мускульной работы , производимой человеком, и от параметров окружающего воздуха . С повышением интенсивности работы и температуры окружающего воздуха увеличивается доля тепла, передаваемого в виде скрытого тепла испарения .

При расчете поступлений тепла телом от людей нужно принимать во внимание тот факт , что не всегда количество людей , заявленное в исходных данных будет соответствовать одновременному их присутствию в данном помещении . Этот факт обосновывает применение коэффициента одновременности присутствия .

Чтобы сделать расчет более соответствующим реальности при проектировании систем кондиционирования воздуха , в учреждениях этот коэффициент принимается равным 0,95 , т.е. количество людей на 5% меньше заявленного количества . В случае других потребителей (объектов) , например , гостиница , ресторан и пр. , такой коэффициент должен быть установлен на основании опыта или на основании предположений заказчика .

Теплопоступления от ламп и осветительных приборов.

Теплопоступления от электрического освещения определяют по фактической или проектной электрической мощности освещения, а при отсутствии этих данных - путем умножения норм уровня освещенности, приведенных в [4], на удельные выделения теплоты.

В настоящее время в основном используются два типа осветительных приборов: лампы накаливания и люминисцентные лампы .

Теплопоступления от ламп накаливания ($Q_{\text{осв}}$) определяются по формуле :

$$Q_{\text{осв}} = \eta \cdot N_{\text{осв}}, \quad (3.12)$$

где $\eta = 0,92-0,97$ – коэффициент перехода электрической энергии в тепловую;

$N_{\text{осв}}$ – установочная мощность ламп .

При использовании люминисцентных ламп принимают $\eta = 0,5 - 0,6$.

В некоторых помещениях , особенно в таких , как магазины, выставочные залы , торговые залы и пр. , нагрузка от осветительных приборов составляет существенную часть в общей тепловой нагрузке. В торговом деле освещение является определяющим условием для успешных продаж, и освещение организовано , главным образом внутри помещения. Кроме того , в современных учреждениях освещение поддерживается в рабочем состоянии на протяжении целого рабочего дня .

Однако, необходимо учитывать, что тепловыделения от осветительных приборов могут и не совпадать по времени с тепловыделениями от солнечной радиации и др. Поэтому, в зависимости от месторасположения светильников и принятой схемой кондиционирования воздуха, необходимо определить количество тепла, подлежащего ассимиляции от электросветильников.

Для выявления расчетных (максимальных) теплоизбытков или недостатков тепла в помещении необходимо просуммировать потоки теплоты с соответствующими знаками от различных источников, составив сводную таблицу для каждого помещения.

Для каждого периода года выявляется расчетный час и максимальные значения, соответствующие этому часу. В холодный период года существует сложность в определении поступлений солнечной радиации через ограждения, допускается не учитывать эту составляющую как для пасмурного дня. В каждом расчетном периоде учитывают те виды потерь и поступлений теплоты, которые фактически могут действовать совместно. Расчет нагрузки на систему кондиционирования воздуха по часам необходим для правильного выбора производительности системы с учетом экономии затрат на выработку холода и теплоты.

3.4 Выбор принципа тепловлажностной обработки воздуха, определение расчетного количества приточного воздуха и его параметров

Для выбора принципа тепловлажностной обработки воздуха при кондиционировании воздуха с использованием центрального кондиционера необходимо ориентироваться на обеспечение требуемого воздухообмена в помещении.

При непрерывном поступлении вредных веществ снижение их концентрации до допустимой величины достигается непрерывным удалением из помещения загрязненного воздуха и подачей в него чистого (наружного) воздуха. Такая смена воздуха называется воздухообменом. При периоди-

ческом или кратковременном поступлении вредностей удаление их осуществляется периодическим извлечением из помещения загрязненного воздуха и подачей в него чистого (наружного) воздуха.

При выделении большого количества вредностей требуется интенсивная смена воздуха, при выделении меньшего количества вредностей— менее интенсивная. Интенсивность смены воздуха характеризуется кратностью воздухообмена, которая представляет собой отношение количества воздуха L (в м^3), подаваемого или удаляемого из помещения за час, к внутреннему объему помещения V (в м^3).

Кратность воздухообмена показывает, сколько раз воздух данного помещения сменяется в течение часа.

При определении количества и параметров приточного воздуха можно поступать двумя способами:

- задаться количеством приточного воздуха, ориентируясь на производительность типовых кондиционеров, нормативное количество подачи воздуха на одного человека или кратность воздухообмена. После чего определить параметры приточного воздуха, обращая внимание на то, чтобы рабочая разность температур ($t_y - t_n$) была не более 6°C ;

- задаться рабочей разностью температур (параметрами приточного воздуха) и определить количество приточного воздуха. При этом количество воздуха, подаваемого на одного человека не должно превышать нормативной величины, а кратность воздухообмена должна быть меньше допустимой.

Построение процессов обработки воздуха в $I-d$ диаграмме следует производить сначала для теплого периода года. При выборе схемы обработки воздуха следует стремиться к тому, чтобы производительность СКВ была постоянной, поэтому, как правило, количество приточного воздуха в холодный период принимают по теплоту.

Выбирая схему обработки воздуха, с целью экономии тепла и холода, рекомендуется применять переменную рециркуляцию внутреннего воздуха, если она разрешена нормами для расчетного помещения, либо системы кондиционирования с утилизацией тепла.

Система рециркуляции представляет собой подмешивание воздуха, удаляемого из помещения, к наружному воздуху, и подача этой смеси в помещение. Рециркуляция воздуха в системе приточно-вытяжной вентиляции и воздушного отопления применяется в холодное время года в целях экономии тепла, так как при этом приходится нагревать не весь приточный воздух, а только наружный воздух, необходимый для дыхания людей. Кроме того, использование рециркуляции позволяет стабилизировать режим распределения воздуха в помещении, так как система работает при постоянном расходе, и скорости приточных струй имеют постоянное значение во все периоды года.

В режиме рециркуляции не происходит никакого воздухообмена, часть воздуха, удаляемого из помещений, после соответствующей очистки от производственных вредностей снова направляется в помещение.

При использовании принципа рециркуляции необходимо соблюдать следующие условия:

количество чистого приточного воздуха должно составлять не менее 10% от общего количества воздуха подаваемого в помещение;

воздух, поступающий в помещение, должен содержать не более 30% вредных веществ по отношению к их предельно допустимой концентрации.

Применение рециркуляции недопустимо в помещениях, в воздушной среде которых могут быть вредные вещества 1, 2 и 3-го классов опасности, неприятные запахи и болезнетворные микроорганизмы или возможно резкое увеличение концентрации вредных и взрывоопасных пылей, паров и газов (в производствах категории А, Б, В1-В4 по взрывопожарной опасности).

Принцип рекуперации основан на использовании теплоты вытяжного воздуха. Передача тепла происходит за счет теплообменных агрегатов, различающихся по типу исполнения и способу движения воздуха.

В качестве установок рекуперации тепла принято использовать следующее оборудование:

1.Пластинчатый рекуператор;

Конструкция изготовлена из алюминиевых пластин, создающих систему каналов для протекания потоков воздуха. За счет высокой теплопроводности стенок каналов происходит передача тепла от вытяжного воздуха к приточному. КПД подобных установок достигает 70%.

Рекуператор выполняется из алюминиевых листов со специальным покрытием поверхности, которая оптимизирует характеристики рекуператора, обеспечивая высокий КПД и низкое аэродинамическое сопротивление. Рекуператор имеет встроенный байпас, который можно использовать для регулирования и прекращения рекуперации при угрозе замерзания. Такая система имеет два клапана: один в рекуператоре, другой — в байпасе. Управлять обоими клапанами можно с помощью одного электродвигателя. Под рекуператором устанавливается поддон для сбора конденсата. В линии отвода конденсата должен быть установлен водяной сифон с достаточной высотой затвора.

2.Роторный рекуператор;

Система роторного рекуператора представляет собой барабан, состоящий из множества алюминиевых ячеек, вращающихся вокруг своей оси. Ячейка, попадая в зону вытяжного воздуха, нагревается. Попадая в зону приточного воздуха, ячейка отдает накопленное тепло приточному воздуху. КПД данных установок достигает 85%.

Рекуператор поставляется с двумя типами приводов: С нерегулируемой скоростью — привод осуществляется от 3-фазного редукторного электродвигателя, рекуператор работает всегда с максимальной утилизацией тепла; С регулируемой скоростью — регулятор имеет средства отображения работы ротора и в случае непреднамеренной остановки включает аварийную сигнализацию; для реализации этой функции подключается датчик скорости и внешний аварийный индикатор. При низких температурах наружного воздуха ротор передает также влагу, конденсирующуюся из удаляемого воздуха.

3. Система с промежуточным теплоносителем.

Данные устройства представляют собой два жидкостных теплообменника. Один из теплообменников расположен в вытяжном канале, другой – в приточном. Теплоноситель нагревается вытяжным воздухом, а затем передает тепло приточному воздуху. Данный тип рекуператоров применяется, когда недопустимо смешивание приточного и вытяжного воздуха. КПД данных установок составляет порядка 60%.

При построении процессов обработки воздуха следует воспользоваться следующими рекомендациями:

- температура воздуха после камеры орошения должна быть не ниже $8-10^{\circ}\text{C}$ при политропном охлаждении и $3-4^{\circ}\text{C}$ при изохальтийном увлажнении. В противном случае следует изменить схему обработки воздуха или предусмотреть мероприятия по предотвращению замерзания воды в камере орошения;

- в теплый период года необходимо учитывать нагрев приточного воздуха в вентиляторе.

Схемы обработки воздуха строятся в I-d диаграмме и согласовываются с руководителем.

3.5 Выбор СКВ, узлов регулирования, построение функциональной схемы СКВ

Главный принцип, которым следует руководствоваться при выборе технического решения в процессе проектирования систем кондиционирования воздуха – достижение желаемой цели в экономически целесообразных пределах. Это означает, что потребление теплоты, холода и электроэнергии, а также капитальные затраты на оборудование, строительную площадь, занимаемую оборудованием должны быть приближены к их минимальным значениям.

Для обслуживания предлагаемых помещений рекомендуется применять центральные типовые секционные кондиционеры марки КЦКП. Производительность данных кондиционеров составляет 10, 20, 31.5, 40, 63, 80, 125, 160, 200, 250 тыс.м/ч.

Кондиционеры выбирают по расчетной производительности тыс.м/ч [3], причем помещение должно обслуживаться не менее чем двумя кондиционерами. Расчетная производительность кондиционеров может отличаться от номинальной производительности выбранных, поэтому к установке принимают большую суммарную номинальную производительность выбранных кондиционеров.

Построение функциональной схемы выполняют в соответствии с выбранной схемой обработки воздуха. Она должна содержать все элементы кондиционера, необходимые для осуществления принятой схемы обработки воздуха, а также узлы регулирования СКВ и узел защиты воздухонагревателей 1-го подогрева от замораживания.

Перед выбором узлов регулирования СКВ необходимо задаться способом регулирования параметров воздуха в обслуживаемом помещении. Для регулирования СКВ рекомендуется применять наиболее простой и широко распространенный способ "точки росы".

При построении функциональной схемы необходимо определить места установки регулирующих клапанов, датчиков и параметры их настройки.

3.6 Определение расчетных расходов тепла и холода

С целью последующего расчета элементов кондиционера (воздухонагревателей 1-го и 2-го подогрева, камеры орошения или блока тепломассообмена) необходимо определить расход тепла и холода для расчетных теплого и холодного периодов года. При определении расчетных нагрузок на элементы кондиционера начальные и конечные параметры обрабатываемого воздуха принимаются в соответствии с построениями процессов обработки воздуха в I-d диаграмме.

3.7 Построение диаграммы режимов работы кондиционера

Диаграмма режимов работы кондиционера позволяет наглядно проследить за потребностью СКВ в тепле и холоде в зависимости от параметров наружного воздуха. Построение диаграммы необходимо выполнять в масштабе. По горизонтальной оси откладывают энтальпию наружного воздуха в диапазоне от расчетной в холодный до расчетной в теплый период. По вертикальной оси откладывают величину затрат тепла и холода в воздухонагревателях 1-го подогрева и камере орошения. При этом необходимо учитывать знак нагрузки. Нагрузка по теплу откладывается вверх от горизонтальной оси энтальпии, а нагрузка по холоду - вниз.

На диаграмму режимов работы кондиционера также наносят ломаную расходов наружного и рециркуляционного воздуха. С этой целью по вертикальной оси выбирают отдельный удобный масштаб расхода воздуха.

На диаграмму наносят расходы воздуха и тепловые нагрузки в течение всего года.

В течении всего года расчетный расход воздуха подается постоянно для устойчивой работы вентиляционных систем. В холодном режиме температура т.р. поддерживается постоянной с помощью изменения нагрева в калорифере первого подогрева. Когда энтальпия наружного воздуха достигнет величины $J_{к1}$, калорифер первого подогрева отключается. Дальнейшее регулирование происходит с помощью изменения расходов. Постепенно количество регулируемого воздуха уменьшается. Когда $J_{н.в.}$ достигает $J_{кл}^x$ рециркуляция выключается. Система работает только на наружном воздухе.

Калорифер второго подогрева работает в течении всего года. Степень нагрева зависит от режима обработки. Когда $J_{н.в.}$ достигает $J_{к.о.}^r$ в камере орошения начинает подаваться холодная вода от холодильной машины, до этого момента камера орошения работала в адиабатном режиме. Забор воды производится из поддона. При дальнейшем увеличении $J_{н.в.}$ включается рециркуляция, которая позволяет уменьшить нагрузку на холодильную машину, поскольку внутренний воздух частично работает на охлаждение.

3.8 Расчет и подбор элементов кондиционера

Расчету подлежат следующие элементы кондиционера:

- воздухонагреватели 1-го и 2-го подогрева;
- камера орошения или блок теплообмена;
- вентиляторная секция.

Остальные элементы кондиционера подбирают в зависимости от производительности кондиционера.

При расчетах следует принять во внимание следующие рекомендации:

а) Типовые центральные секционные кондиционеры марки КТЦ 3 комплектуются базовыми теплообменниками трех типоразмеров: 1, 1.25, 1.5, 2-х метровыми, с расположением трубок по ходу воздуха в один ряд (однорядные), в полтора ряда (полуторорядные) и в два ряда (двухрядные), а также с обводным каналом (ВНО) и без обводного канала (ВН). Воздухонагреватели с обводным каналом применяют только в том случае, когда по расчетам невозможно подобрать воздухонагреватель без обводного канала.

Расчет воздухонагревателей производят по максимальным тепловым нагрузкам. Как правило, сначала решается прямая задача, т.е. при известных начальных и конечных параметрах нагреваемого воздуха и греющей среды (теплоносителя), а также известном расходе воздуха через воздухонагреватель определяют требуемую площадь поверхности нагрева. Полученную расчетом площадь набирают из наружного числа базовых тепло-

обменников, которые устанавливают последовательно или параллельно по ходу воздуха. При определении числа базовых теплообменников необходимо иметь в виду, что суммарная площадь поверхности теплообменников, принятых к установке, не должна превышать расчетную более чем на 15%.

При расчетах часто возникает ситуация, когда невозможно обеспечить нормируемый запас площади поверхности нагрева, воздухонагревателей. В этом случае выполняют поверочный расчет (решают обратную задачу), т.е., принимают площадь поверхности нагрева теплообменника и задавая скорость движения теплоносителя в трубках теплообменника и при известных начальных и конечных параметрах нагреваемого воздуха, его расхода и начальных параметрах теплоносителя определяют конечную температуру теплоносителя и уточняют скорость движения теплоносителя в трубках. При этом температура теплоносителя на выходе из воздухонагревателя должна быть не выше 70⁰С и с учетом защиты воздухонагревателей от замораживания не ниже 25⁰С. Данные расчеты должны выполняться методом последовательных приближений.

Выбор схемы теплообменников трубопроводами определяет живое сечение труб для прохода воды и ее скорость. В целях достижения больших значений коэффициента теплопередачи при умеренном гидравлическом сопротивлении обходимо выбрать такую схему обвязки, чтобы скорость течения в трубках теплообменников находилась в пределах от 0,15 до 0,3 м/с. Повышение скорости течения воды более 0,3 м/с. Повышение скорости течения воды более 0,3 м/с не приводит к существенному увеличению коэффициента теплопередачи, но - значительно возрастают гидравлические потери. При скоростях течения теплоносителя ниже 0,15м/с отмечается значительное снижение коэффициента теплопередачи, а также появляется опасность размораживания теплообменников.

При расчете калорифера, используемого для приточной вентиляции необходимо вычислить площадь поверхности подогрева и необходимую мощность. Начинать нужно с вычисления площади сечения теплообменника по фронту:

$$A_{\text{ф}} = L_{\text{р}} / 3600 (\vartheta_{\text{р}}), \quad (3.13)$$

где L – расход приточного воздуха по объему, м³/ч;

ρ – значение плотности наружного воздуха, кг/м³;

$\vartheta_{\text{р}}$ – массовая скорость воздушных масс в расчетном сечении, кг/(с м²).

Расчет мощности калорифера

Показатель фронтального сечения необходим для осведомленности о размере теплообменника. Далее нужно использовать для расчета ближайшее большее по размеру устройство. Если по расчетам вышла слишком значительная площадь сечения, понадобится остановить выбор на нескольких параллельно монтируемых калориферах, чтобы получить необходимую площадь.

Показатель реальной массовой скорости нужно вычислять, учитывая реальную площадь по фронту выбранных калориферов:

$$\vartheta_p = L_p / 3600 A_{ф.факт} \quad (3.14)$$

Далее, необходимое количество теплоты для нагревания воздушного потока рассчитывают по формуле:

$$Q = 0.278 G c (t_p - t_n), \quad (3.15)$$

где Q – количество теплоты, Вт;

G – массовый расход нагреваемого воздуха, кг/ч;

c – величина удельной теплоемкости воздушной смеси, принимается равной 1.005 кДж/кг °С;

t_p – температура притока, °С;

t_n – начальная температура воздуха с улицы.

Так как установка вентилятора в приточной вентиляции производится до теплообменника, массовый расход G вычисляется, принимая во внимание плотность воздуха на улице.

$$G = L_p \rho_n \quad (3.16)$$

В обратном случае плотность определяется по температуре воздуха после его подогрева. Вычисленное количество тепла позволяет сделать расчет затрат теплоносителя в калорифере (кг/ч) для отдачи этой теплоты пропускаемому воздуху:

$$G_w = Q / c_w (t_r - t_0) \quad (3.17)$$

где c_w – значение теплоемкости для воды, кДж/кг °С;

t_r – расчетная температура воды в подающем трубопроводе, °С;

t_0 – расчетная температура воды в обратном трубопроводе, °С.

Удельный величина теплоемкости воды — справочный показатель. Температурные характеристики теплоносителя, используемые для расчетов, берутся исходя из реальных показателей в существующих условиях. Если имеется котельная или подключение к центральной тепловой сети, для расчета понадобятся характеристики их теплоносителей. Имея информацию о расходе теплоносителя, можно рассчитать скорость (м/с) его передвижения по трубам калорифера:

$$w = G_w / 3600 \rho_w A_{mp}, \quad (3.18)$$

где A_{mp} – площадь поперечного сечения трубок теплообменника, м²;

ρ_w – плотность воды при средней температуре теплоносителя в калорифере, °С.

Расчет средней температуры воды, циркулирующей через калорифер, проводится по формуле:

$$(t_r + t_0) / 2 \quad (3.19)$$

Скорость, подсчитанная по указанной выше формуле, будет справедлива для комплекта последовательно подключенных теплообменников. Если же произведена параллельная обвязка, произойдет увеличение площади сечения труб более чем вдвое. В свою очередь, это станет причиной уменьшения скорости перемещения теплоносителя. Подобное уменьшение

не принесет увеличение производительности, но станет причиной снижения температуры в возвратном трубопроводе. Чтобы не столкнуться с чрезмерным ростом гидравлического сопротивления теплообменника, не нужно принимать скорость перемещения теплоносителя более чем 0,2 м/с.

Коэффициент отдачи тепла для нагревателя поверхностей определяют по справочникам для вычисленных показателей скорости движения теплоносителя и массовой скорости притока воздуха. Далее определяется площадь поверхности подогрева (кв. м) теплообменника, используя формулу:

$$Amp = 1.2Q / K (t_{cp.t} - t_{cp.v}), \quad (3.20)$$

где K – коэффициент передачи тепла калорифером, Вт/(м²°С);

$t_{cp.t}$ – значение средней температуры теплоносителя, °С;

$t_{cp.v}$ – значение средней температуры приточного воздуха для вентиляции, °С;

число 1,2 – необходимый коэффициент запаса, учитывает дальнейшее остывание воздушных масс в воздухопроводах.

Средняя температура воздуха вычисляется по формуле:

$$(t_n + t_h) / 2$$

В указанном варианте, если для прогрева воздуха не хватает нагревательной поверхности одного теплообменника, число калориферов одного вида необходимо рассчитать так:

$$N_{mp} = Amp / A_k, \quad (3.21)$$

Итоговый результат — это значение, полученное с использованием формулы, округленное в большую сторону.

Далее вычисляется фактическая тепловая производительность калориферов.

$$Q_{факт} = K (t_{cp.t} - t_{cp.v}) N_{факт} A_k \quad (3.22)$$

здесь $N_{факт}$ принимается с округленным значением N_{mp} , остальные параметры – как в предыдущих формулах.

Потребуется учесть дополнительный запас мощности теплообменника — 12-15%. Такому подходу есть объяснения: истинные показатели коэффициента передачи тепловой энергии калорифера практически никогда не совпадают с данными в таблицах, причем чаще в сторону снижения; производительность устройства уменьшается с увеличением срока эксплуатации оборудования и образования засоров труб.

Однако не желательно превосходить запас мощности, поскольку существенное расширение нагреваемой поверхности приводит к их избыточному охлаждению, а во время низких температур воздуха — к размораживанию. Некоторые производители дают гарантию на точность указанных параметров. В таком случае запас мощности можно установить в пределах 5%. Чтобы не столкнуться с размораживанием, скорость перемещения теплоносителя должна устанавливаться на уровне — 0,12 м/с. Обязка теплообменника может включать циркуляционную насосную систему, поддер-

живающую баланс производительности. Отдельные модели теплообменников выпускаются с вмонтированным обводным клапаном, защищающим от размораживания.

Воздухонагреватели первого подогрева следует подключать к подающему трубопроводу тепловых сетей, второго подогрева – к обратному.

б) Для термовлажностной обработки воздуха в типовых секционных кондиционерах применяют камеры орошения марки ОКФ-3 с широкофакельными форсунками типа ЭШФ 7/10 с диаметром выходного отверстия 10 мм. Устойчивая работа форсунок сохраняется при давлении воды перед ними от 20 до 300 кПа. Скорость воздуха, обрабатываемого в камере орошения, в любой точке оросительного пространства не должна превышать 3 м/с.

Камера орошения, как правило, работает в двух режимах: политропном охлаждении и осушении в теплый период года и адиабатном увлажнении в холодный период. Следовательно, расчет камеры орошения необходимо производить для двух режимов отдельно. Расчет камеры орошения сводится к определению расхода и параметров разбрызгиваемой в камере воды. Следует помнить, что температура подаваемой в камеру не должна быть ниже 3⁰С для адиабатного увлажнения и 5⁰С для режима политропного охлаждения и осушения.

Целью расчета камеры орошения является: выбор типа камеры; определение режимных параметров (расхода и давления воды на входе и выходе из камеры). Вначале расчет камеры производят на теплый период, затем на холодный.

в) Расчет вентиляторной секции сводится к подбору вентиляционного агрегата (вентилятора с электродвигателем), обеспечивающего расчетную производительность и давление.

Давление, развиваемое вентилятором определяется как сумма потерь давления во всех элементах кондиционера, воздухозаборного тракта или рециркуляционного воздуховода и потерь давления в сети приточных воздухопроводов. Потери давления в сети приточных воздухопроводов задаются руководителем.

Производительность вентиляционного агрегата принимают равной расходу приточного воздуха с учетом запаса на непроизводительные потери воздуха за счет неплотности воздухопроводов и подсосы в размере 10%.

3.9 Компоновка кондиционера из типовых секций

Компоновку кондиционера из типовых секций производят согласно функциональной схемы и расчетов элементов кондиционера.

Необходимо помнить, что все функциональные элементы (фильтр, воздухонагреватели, камера орошения, вентиляторная секция) должны соединяться между собой через соединительные секции. Число и расположе-

ние секций воздухонагревателей должно соответствовать расчету. Если схема обработки воздуха предполагает применение рециркуляции или байпасирование камеры орошения, то необходимо предусмотреть установку воздушных секций в местах соединения рециркуляционного воздуховода или байпаса с кондиционером. На рециркуляционном воздуховоде и байпасе необходимо установить воздушный клапан исполнительным механизмом для изменения количества рециркуляционного или байпасируемого воздуха. Схема компоновки вычерчивается в пояснительной записке, где все элементы нумеруются и указывается их название и марка.

3.10 Подбор холодильной машины

В теплый период года камера орошения работает, как правило, в режиме политропного охлаждения. При осуществлении данного режима требуется использовать холод. Для холодоснабжения центральных кондиционеров рекомендуется применять парокомпрессионные водоохлаждающие холодильные машины (чиллер).

В зависимости от способа охлаждения конденсатора чиллеры разделяются на чиллеры с воздушным охлаждением конденсатора и чиллеры с водяным охлаждением конденсатора. Наибольшее применение находят чиллеры с воздушным охлаждением конденсатора, когда теплота от конденсатора отводится воздухом, чаще наружным. Этот способ отвода теплоты требует установки чиллера снаружи здания или; применения специальных мероприятий, обеспечивающих такой способ охлаждения. Чиллеры с воздушным охлаждением конденсатора выпускаются в моноблочном исполнении, когда все элементы чиллера находятся в одном блоке, и чиллеры с выносным конденсатором, когда основной блок может устанавливаться в помещении, а конденсатор, охлаждаемый наружным воздухом, размещается вне здания, например на крыше или во дворе. Основной блок соединяется с воздушным конденсатором, установленным снаружи здания, медными фреоновыми трубами.

Чиллеры с центробежными вентиляторами предназначены для установки внутри здания. Основные требования к этим блокам: компактность и низкий уровень шума, связанные с установкой внутри помещения. В чиллерах данного типа используются центробежные вентиляторы с низкой скоростью вращения, большая часть типоразмеров малой и средней производительности имеет спиральный компрессор, отличающийся низким уровнем шума, в типоразмерах с герметичным поршневым компрессором он помещен в специальный звукоизолирующий кожух. При выборе данного типа чиллера и его размещении следует обеспечить свободный подвод охлаждающего воздуха к чиллеру и отвод воздуха, нагретого в конденсаторе. Это осуществляется с помощью всасывающих и нагнетательных воздухопроводов, при этом образуется вентиляционная сеть, состоящая из центробежного вентилятора, воздухонагревателя (конденсатор чиллера), воздухопроводов, заборной и выпускной вентиляционных жалюзийных

решеток. Размеры последних подбираются на основе рекомендуемых скоростей движения воздуха в сечении решеток и воздуховодов. Необходимо на основе аэродинамического расчета определить потери давления в вентиляционной сети. Потери давления в вентиляционной сети должны соответствовать давлению, развиваемому центробежным вентилятором, при значении расхода воздуха, охлаждающего конденсатор. Если давление центробежного вентилятора меньше, чем потери давления в вентиляционной сети, возможно применить более мощный электродвигатель к центробежному вентилятору по специальному заказу. Воздуховоды должны присоединяться к чиллеру при помощи гибких вставок, чтобы вибрация не передавалась на вентиляционную сеть.

Бесконденсаторные блоки устанавливаются в помещении и присоединяются к удаленным конденсаторам. Установка чиллера в помещении, как и в случае чиллеров с центробежными вентиляторами, упрощает эксплуатацию системы: использование воды в качестве холодоносителя в системе, которую не надо сливать в зимний период, меньшие затраты на транспортировку воды по сравнению с незамерзающими растворами и отсутствие прочих проблем, связанных с применением незамерзающих жидкостей. К недостаткам этого типа чиллеров относятся: работа только в режиме охлаждения, ограничения по общей длине фреонопроводов.

Чиллеры с водяным охлаждением конденсатора имеют меньшую стоимость, но требуют создания водяного контура для охлаждения конденсатора со всем необходимым оборудованием. Традиционно для охлаждения конденсатора холодильных машин применяются градирни, в которых вода, нагретая в конденсаторе, разбрызгивается через форсунки в потоке движущегося наружного воздуха, и при непосредственном контакте с воздухом охлаждается до температуры мокрого термометра наружного воздуха, поступая затем в конденсатор. Это довольно громоздкое устройство, требующее специального обслуживания, установки насоса и другого вспомогательного оборудования. В последнее время применяются так называемые «сухие» градирни или охладители конденсатора, которые представляют поверхностный теплообменник «вода-воздух» с осевыми вентиляторами, в котором теплота воды, нагретой в конденсаторе передается воздуху, циркуляцию которого через теплообменник обеспечивают осевые вентиляторы. В первом случае водяной контур разомкнутый, во втором случае — замкнутый, в котором необходимо установить все необходимое оборудование: циркуляционный насос, расширительный бак, предохранительный клапан, запорную арматуру. Для предотвращения замерзания воды при работе чиллера в режиме охлаждения при отрицательных температурах наружного воздуха, замкнутый контур заполняется водным раствором незамерзающей жидкости. При водяном охлаждении конденсатора теплота конденсации также бесполезно теряется и способ-

ствует тепловому загрязнению окружающей среды. При наличии источника теплоты, например системы горячего водоснабжения или технологической линии, в период выработки холода возможно полезно использовать теплоту конденсации.

Для передачи холода, вырабатываемого холодильными машинами, используется вода, которая поступает из камер орошения в испаритель холодильной машины, охлаждается до температуры ниже 5°C и вновь подается к камере орошения. Температура воды, подаваемой в камеру орошения, определяется расчетом режимов работы и достигается при помощи смешивания охлажденной воды от холодильной станции и отработанной воды из поддона камеры и орошения трехходовым клапане, устанавливаемом перед насосом камеры орошения.

Подбор холодильных машин сводится к определению их числа принимаемых к установке на холодильной станции. Число холодильных машин должно быть не менее 2-х, а их суммарная холодопроизводительность должна быть равна расчетной.

3.11 Составление заказной спецификации

Заказную спецификацию составляют с целью заказа кондиционера на заводе-изготовителе.

Спецификация должна включать все элементы, которые необходимы для компоновки кондиционера с учетом данных расчетов и подобранного оборудования. Спецификация должна включать только элементы кондиционера.

4 ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Вычерчивание приточной камеры с нанесением оборудования, воздухопроводов, трубопроводов

Чертежи выполняют на листе формата А1 в масштабе 1:20. Чертеж должен содержать план и разрез приточной камеры, строительные конструкции помещения приточной камеры, воздухозаборной шахты с нанесением размеров и строительных осей. Оборудование кондиционера должно быть привязано к строительным конструкциям и иметь маркировку согласно заказанной спецификации. На плане приточной камеры необходимо показать трубопроводы систем теплоснабжения, места установки узлов регулирования теплоотдачи воздухонагревателей и насоса камеры орошения с указанием диаметров трубопроводов и обязательным обозначением запорной арматуры.

4.2 Разработка и вычерчивание аксонометрической схемы обвязки кондиционера трубопроводами

Графическая часть должна содержать также аксонометрическую схему обвязки трубопроводами камеры орошения и воздухонагревателей. При разработке схем обвязки необходимо предусмотреть запорную и регулируемую арматуру, арматуру для удаления воздуха и опорожнения систем теплоснабжения воздухонагревателей с обязательным ее обозначением. Трубопроводы теплоснабжения должны иметь вертикальные отметки, а также указаны их диаметры.

5 ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Подведение итогов курсового проекта включает следующие этапы: сдачу курсового проекта на проверку руководителю; доработку курсового проекта с учетом замечаний руководителя; сдачу готового проекта на защиту; защиту курсового проекта.

Срок сдачи проекта на проверку руководителю определяется заданием.

Срок доработки проекта, если в этом есть необходимость, устанавливается руководителем с учетом времени на устранение замечаний.

Готовый проект подписывается студентом на титульном листе и представляется на защиту.

Курсовой проект, удовлетворяющий предъявленным требованиям, допускается руководителем к защите, что удостоверяется его подписью на титульном листе.

Оценка курсового проекта производится с учетом качества работы, обоснованности и оригинальности решения задач проектирования, соблюдения требований к оформлению пояснительной записки, содержания доклада при защите работы, ответов на вопросы и замечания.

Критерии оценки: курсовой проект оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Отлично (91-100 баллов):

- курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, последовательно, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы;

- графическая часть выполнена в полном объеме с соблюдением требований ГОСТ;

- защита курсового проекта проведена технически грамотно, охватывает все разделы работы;

- ответы на все поставленные вопросы верные, обоснованные и четкие.

Хорошо (76-90 баллов):

- курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию;

- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, но имеются некоторые замечания;

- графическая часть выполнена с незначительными отступлениями от стандартов;

- при защите курсового проекта доклад студента краток, строен, но допущены неточности в определениях и специальной терминологии;

- ответы на все поставленные вопросы верны, обоснованы, но на некоторые из них даны ответы после наводящих вопросов.

Удовлетворительно (61-75 баллов):

- курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию;

- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, записка составлена непоследовательно, с ошибками;

- графическая часть выполнена с отклонениями от требований ГОСТ;

- доклад студента сбивчив, непоследователен;

- на 30-40 % вопросов даны неправильные ответы.

Неудовлетворительно (меньше 61 балла):

- курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию;

- пояснительная записка содержит все необходимые разделы, но составлена непоследовательно, с ошибками, без учета требований стандартов по составлению текстовых документов;

- доклад студента непоследователен, сбивчив, без выделения ключевых моментов;

- нет ответов на 50 % и более поставленных вопросов;

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свистунов, Василий Михайлович. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства: учебник / В. М. Свистунов, Н. К. Пушняков .— 4-е изд. — Санкт-Петербург: Политехника, 2010 .— 432 с.
2. Полосин И. И. Инженерные системы зданий и сооружений: учебное пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования / И. И. Полосин.— Москва: Академия, 2012 .— 304 с.
3. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003./ Москва.: Минрегион России, 2013 г., - 82 с.
4. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*./ Москва: Минрегион России, 2013 г., - 88 с.
5. СП 73.13330.2012 Внутренние санитарно-технические системы зданий. Актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85. / Москва: Минрегион России, 2013 г., - 40 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Климатические параметры района застройки

Вариант	Район застройки	Параметры холодного периода		Параметры теплого периода	
		относительная влажность	средняя температура, °С	относительная влажность	Абсолютная максимальная температура, °С
1	2	4	5	6	7
00	Барнаул	78	-40	69	38
01	Беля	59	-26	72	35
02	Бийск-Зональная	78	-42	71	39
03	Змеиногорск*	74	-41	69	40
04	Катанда	81	-42	63	40
05	Кош-Агач	81	-44	67	41
06	Онгудай	79	-40	62	40
07	Родионо	80	-41	75	37
08	Рубцовск	79	-41	67	41
09	Славгород	81	-39	62	40
10	Тогул	79	-40	75	37
11	Архара	77	-38	78	37
12	Белогорск	76	-41	75	40
13	Благовещенск	73	-35	76	39
14	Бомнак	75	-42	75	36
15	Братолюбовка	75	-39	79	39
16	Бысса	76	-42	80	35
17	Гош	73	-43	80	40

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6
18	Дамбуки	66	-46	61	37
19	Ерофей Павлович	79	-40	55	37
20	Завитинск	79	-38	65	40
21	Зея	69	-43	60	36
22	Норский Склад	74	-44	63	35
23	Огорон	70	-41	61	35
24	Поярково	76	-39	64	40
25	Свободный	70	-41	60	40
26	Сковородино	73	-43	60	36
27	Средняя Нюкжа	76	-47	56	38
28	Тыган-Уркан	69	-38	58	38
29	Тында	75	-44	56	36
30	Унаха	59	-44	56	36
31	Усть-Нюкжа	74	-45	54	37
32	Черняево	66	-43	54	34
33	Шимановск	70	-40	58	37
34	Экимчан	69	-44	57	34
35	Архангельск	85	-35	62	34
36	Борковская	83	-44	60	35
37	Емецк	85	-35	58	35
38	Койнас	83	-44	57	36
39	Котлас	84	-41	60	35
40	Мезень	84	-38	65	35
41	Онега	84	-36	61	36
42	Астрахань	83	-23	40	41

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6
43	Бабушкин	78	-30	82	33
44	Баргузин	79	-42	70	38
45	Багдарин	76	-44	70	35
46	Кяхта	75	-35	64	40
47	Монды	65	-36	73	34
48	Нижнеангарск	74	-32	75	35
49	Сосново- Озер- ское*	77	-38	71	37
50	Уакит	74	-42	70	30
51	Улан-Удэ	76	-36	65	40
52	Хоринск	75	-43	64	40
53	Волгоград	85	-25	39	43
54	Камышин	86	-29	38	42
55	Костычевка	84	-29	39	43
56	Котельниково	85	-27	34	42
57	Новоаннинский	82	-29	39	42
58	Эльтон	81	-28	35	45
59	Бабаево	86	-36	73	35
60	Вологда	85	-37	76	39
61	Вытегра	84	-35	74	36
62	Никольск	84	-38	76	37
63	Тотьма	84	-36	75	37
64	Алыгджер	64	-38	78	35
65	Бодайбо	78	-49	71	40
66	Братск	81	-46	72	33
67	Верхняя Гутара	75	-37	79	36

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6
68	Дубровское	78	-52	74	38
69	Ербогачен	76	-53	66	36
70	Жигалово	81	-46	76	37
71	Зима	80	-43	73	35
72	Ика	75	-51	73	36
73	Илимск	79	-48	74	38
74	Иркутск	81	-38	75	37
75	Ичера	78	-53	74	36
76	Киренск	77	-50	73	37
77	Мама	77	-48	74	39
78	Марково	78	-51	74	37
79	Наканно	78	-56	68	36
80	Невон	78	-50	73	37
81	Непа	78	-51	76	39
82	Орлинга	80	-47	77	38
83	Перевоз	72	-48	73	38
84	Преображенка	78	-51	72	36
85	Саянск	81	-42	73	35
86	Слюдянка	76	-30	78	31
87	Тайшет	79	-42	72	36
88	Ича	77	-27	73	37
89	Ключи	82	-34	72	37
90	Козыревск	82	-39	75	32
91	Корф	72	-31	81	30
92	Лопатка, мыс	85	-15	88	28

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6
93	Мильково	82	-40	96	30
94	Начики	81	-34	76	28
95	о,Беринга	82	-12	82	20
96	Оссора	78	-32	92	32
97	Петропавловск- Камчатский*	67	-19	82	30
98	Семлячки	67	-16	82	22
99	Соболево	80	-33	80	30

Учебное издание

**РАСЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

Методические указания по выполнению курсового проекта

Составитель
МОЛОСТОВА Ирина Евгеньевна

Ответственный редактор
Т. С. Жилина, к. т. н., доцент

В авторской редакции

Подписано в печать 18.05.2021. Формат 60х90 1/16. Усл. печ. л. 2,0.
Тираж 100 экз. Заказ № 21-369.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.