

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 26.05.2022 12:34:59

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e54c912c6a4767612d0643d1781953be730a2574816f5dce936016

**МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное

Образовательное учреждение

«Юго-Западный государственный университет»

(ЮЗГУ)

Кафедра уникальных зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

С.В. Локтионова

« 15 » /

2022 г.



**ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ**

Методические указания к практическим занятиям  
по дисциплине "Инженерные системы высотных зданий  
и большепролетных зданий и сооружений" для студентов  
специальности 08.05.01

Курск 2017

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	4
2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	7
3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ .....	9
4. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ .....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 .....	24
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	25

ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования тепловой защиты здания будут выполнены, если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей «а» и «б» либо «б» и «в». В зданиях производственного назначения необходимо соблюдать требования показателей «а» и «б» [2, 3].

Приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания следует принимать не менее нормируемых значений, определяемых по таблице 4 СНиП 23-02

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{н.ср})z_{от},$$

в зависимости от величины *градусо-суток отопительного периода*. Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) определяются по формуле [2, 3]:

где:  $t_{в}$  - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания;  $t_{н.ср}$ ,  $z_{от}$  - средняя температура наружного воздуха и продолжительность отопительного периода, принимаемые по СНиП 23-01 для условий географического пункта, в котором находится здание.

Расчетный *температурный перепад* между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции *не должен превышать* нормируемых величин, установленных в таблице 5 СНиП 23-02-2003.

Расчетный *удельный расход тепловой энергии* на отопление здания  $q_{ЗР}$  определяется по формуле [2, 3]:

$$q_{ЗР} = Q_{ЗР} / (V_{ЗР} \text{ГСОП}),$$

где:  $Q_{ЗР}$  - расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода;  $V_{ЗР}$  - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания;

Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода  $Q_{ЗР}$ , равный общим потерям теплоты (*теплопотерям*) здания определяется по следующей зависимости [2, 3]:

$$Q_{ЗР} = k_{\text{общ}} F_{\text{отр}} \text{ГСОП},$$

где:  $S_{ост}$  - общая площадь поверхностей световых проемов наружных ограждающих конструкций (остекления);  $S_{отр}$  - суммарная площадь наружных ограждающих конструкций фасада здания, включая световые проемы.

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания *не должен превышать нормативного значения*, определяемого по данным таблицы 9 СНиП 23-02.

Контроль нормируемых показателей тепловой защиты и ее отдельных элементов *эксплуатируемых* зданий и оценку их энергетической эффективности следует выполнять путем *натурных испытаний*, и полученные результаты следует фиксировать в энергетическом паспорте.

Энергетический паспорт жилых и общественных зданий предназначен для *подтверждения соответствия* показателей энергетической эффективности и теплотехнических показателей здания показателям, установленным в настоящих нормах [2, 3].

Энергетический паспорт следует заполнять при разработке проектов новых, реконструируемых, капитально ремонтируемых жилых и общественных зданий, при приемке зданий в эксплуатацию, а также в процессе эксплуатации *построенных* зданий.

В *приложении 1* приводится расчет показателей энергетической эффективности и теплотехнических показателей зданий учебных корпусов *Института холода и биотехнологий*, расположенных в Санкт-Петербурге по адресу: ул. Ломоносова, дом 9.

## 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИИ

Для нейтрализации (компенсации) потерь теплоты здания и сооружения оборудуются системами отопления. Системы отопления предназначены для *возмещения потерь теплоты*, как правило, через наружные ограждающие конструкции здания в холодный период года и обеспечения необходимой (нормируемой) *температуры воздуха в помещениях*.

На мощность системы отопления существенное влияние оказывает величина теплового потока, который направлен из отапливаемого помещения через ограждающие строительные конструкции. Тепловой поток  $Q_{отр}$  между двумя средами, разделенными ограждением, вычисляется по *уравнению теплопередачи*:

$$Q_{отр} = (F_{отр} \cdot R_{отр}) (t_1 - t_2)$$

$$F_{on} = Q_{on} / [k_{on}(t_{on} - t_a)],$$

где:  $Q_{on}$  - тепловая нагрузка отопительного прибора;  $k_{on}$  - коэффициент теплопередачи прибора;  $t_{on}$  - средняя температура теплоносителя в приборе;  $t_a$  - расчетная температура воздуха в помещении.

Для обеспечения необходимого расхода теплоты в отопительный прибор должен поступать расчетный *расход теплоносителя*, величина которого вычисляется из уравнения теплового баланса:

$$G_{on} = Q_{on} / [c(t_{ex} - t_{вых})],$$

где:  $c$  - удельная теплоемкость воды;  $t_{ex}$  - температура теплоносителя, поступающего в отопительный прибор;  $t_{вых}$  - температура теплоносителя, выходящего из прибора.

Годовое потребление теплоты на отопление здания можно определить по следующей формуле:

$$Q_{год} = [Q_{от}(t_a - t_{н.р})](t_a - t_{н.р})z_{от}$$

где:  $Q_{от}$  - тепловая мощность системы отопления;  $t_a$  - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания;  $t_{н.р}$  - расчетная температура наружного воздуха;  $t_{н.р}$ ,  $z_{от}$  - средняя температура наружного воздуха и продолжительность отопительного периода.

### 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха (СВ и КВ) предназначены для обеспечения необходимого состояния *воздушной среды* в помещениях зданий и сооружений.

Состояние воздушной среды характеризуется рядом параметров, определяющих *микроклимат* в помещении [5, 6]. Значения основных параметров микроклимата (температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха) задаются нормативами [5, 6], в зависимости от назначения помещения и периода года: теплого или холодного [9].

На формирование температурно-влажностного режима в помещении влияют различные *воздействия*: поступления (потери) теплоты и испаряющейся влаги. Для нейтрализации воздействий, нарушающих необходимый температурно-влажностный режим, в помещении устанавливают приборы охлаждения (или нагрева) или подают приточный воздух, который ассимилирует поступления теплоты и испаряющейся влаги.

Расход воздуха, необходимый для *ассимиляции* поступлений теплоты и влаги, в установившемся режиме (стационарных условиях)

К наиболее характерным принципиальным схемам СОМ относятся следующие:

- центральные (с центральными узлами тепловлажностной обработки воздуха) одно- и многозональные, с центральными и концевыми (зональными) доводчиками;
- местные (с местными узлами тепловлажностной обработки воздуха), обслуживающими отдельные помещения;
- комбинированные, представляющие сочетание центральных и местных систем.

Состав функциональных элементов, необходимых для тепловлажностной обработки воздуха и образующих *технологическую схему* (ТС), зависит от режимов функционирования системы.

Так, например, для центральной однозональной системы, работающей без рециркуляции (когда ассимиляционная способность минимального расхода наружного воздуха достаточна), могут быть следующие *режимы функционирования*:

- режим функционирования с потреблением теплоты и влаги, когда энтальпия наружного воздуха *ниже* энтальпии приточного воздуха;
- режим функционирования без потребления теплоты и холода, когда энтальпия наружного воздуха *равна* энтальпии воздуха приточного;
- режим функционирования с потреблением холода, когда энтальпия наружного воздуха *выше* энтальпии приточного воздуха.

Для реализации перечисленных режимов функционирования необходимы следующие функциональные элементы, составляющие технологическую схему системы обеспечения микроклимата:

- воздухозаборное устройство (приемный блок);
- воздушный фильтр;
- поверхностный воздухонагреватель для повышения температуры и энтальпии воздуха;
- водяной (адиабатный испарительный) или паровой увлажнитель для повышения влагосодержания воздуха;
- воздухоохладитель (контактного или поверхностного типа) для снижения энтальпии, а также увеличения или снижения влагосодержания воздуха;
- приточный вентагрегат (вентиляторная секция) для перемещения наружного воздуха через аппараты и подачи в помещение;
- вытяжной вентагрегат для удаления воздуха из помещения и выброса в атмосферу.

ческих сопротивлений *последовательных* элементов, установленных в соответствии с технологической схемой.

Источниками шума в системах кондиционирования и вентиляции являются вентиляционные и насосные установки, компрессоры холодильных машин. Задача сводится к тому, чтобы не допустить распространения шума выше допустимых норм от этих источников в обслуживаемые помещения.

В *приложении 2* приводятся отдельные фрагменты примера расчета системы обеспечения микроклимата.

#### 4. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Системы *внутреннего водопровода* (хозяйственно-питьевого, противопожарного, производственного) устраивают с целью обеспечения водой зданий и сооружений, оборудуемых системами *водоотведения* (канализации) [7, 8].

В состав систем внутреннего водопровода входят: вводы, водомерные узлы, стояки, магистральная и разводящая сеть с подводками к санитарным приборам или технологическим установкам, водоразборная и регулирующая арматура. В зависимости от конкретных местных условий в систему внутреннего водопровода могут входить насосные установки и водопроводные баки, резервуары и другие сооружения, расположенные как внутри здания, так и около него.

Выбор системы внутреннего водопровода производится в зависимости технико-экономической целесообразности, санитарно-гигиенических и противопожарных требований, а также с учетом принятой системы *наружного* водопровода и требований технологии производства.

Вода, подаваемая для хозяйственно-питьевых нужд потребителей различных зданий и сооружений, по качеству должна удовлетворять требованиям нормативных документов [7, 8].

Вода в системе *холодного* водоснабжения, подаваемая на хозяйственно-питьевые нужды, должна быть *питьевого* качества, а её температура должна быть в пределах от 5 до 30 градусов.

Системы холодного, горячего водоснабжения и водоотведения должны обеспечивать подачу воды и отведение сточных вод, соответствующие расчетному числу *водопотребителей* или установленных санитарно-технических приборов.

Для расчета *расхода воды* системы в целом или на расчетном участке необходимо [7, 8]:

теплопотребления объекта необходимо иметь объективную информацию о его энергетических показателях.

В рамках отработки методики энергетического обследования общественных зданий были проведены натурные обследования и необходимые расчеты, позволившие определить энергетические показатели зданий учебных корпусов института холода и биотехнологий (ИХ и БТ). Здания были построены в разное время и имеют различные архитектурно-строительные решения.

Отсутствие необходимой технической документации потребовало проведения натурных обследований с целью получения необходимой расчетной информации о геометрических характеристиках фрагментов зданий и теплотехнических параметрах строительных ограждающих конструкций: светопрозрачных (окнах) и непрозрачных (стенах, покрытиях и т.д.).

Работы проводились в следующей последовательности:

- проведение натурных измерений архитектурно-строительных элементов всех зданий и сооружений с целью определения их геометрических размеров и теплотехнических свойств ограждающих конструкций;

- определение теплотехнических характеристик (общих термических сопротивлений теплопередаче) наружных ограждений;

- вычисление энергетических характеристик каждого здания или сооружения по методикам, представленным в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

В табл. 1 представлены результаты инструментальных измерений и расчетов для учебных корпусов ИХ и БТ.

Таблица 1

№№ учебных корпусов	Результаты измерений и расчетов					Объем здания, м <sup>3</sup>
	Площадь ограждений, м <sup>2</sup>					
	Стены	Покрытия	Окна	Стеклопакеты	Общая площадь	
1	4820	5000	332	150	10302	71500
2	5114	4215	421	465	10215	66955
3	2927	1426	357	172	4882	20376
4	2730	1556	414	86	4784	26500

Термические сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций (стен, покрытий, светопрозрачных элементов - окон) определялись по методикам, представленным в СНиП 23-02-2003 и Своде правил (СП 23-101-2003).



Кроме того, согласно предписаниям энергетического паспорта здания [2], необходимо определить расчетный показатель компактности здания и коэффициент остекленности фасада здания.

Расчетный *показатель компактности здания*:

$$k_{\text{комп}} = S_{\text{огр}}/V_{\text{зд}} = 10302/71500 = 0,14 \text{ (1/м)}.$$

*Коэффициент остекленности фасада здания*:

$$k_{\text{ост}} = S_{\text{ост}}/S_{\text{огр}} = (332 + 150)/10302 = 0,05.$$

Итоговые результаты расчетов для всех зданий (корпусов) представлены в табл. 2.

**Сводные данные по всем зданиям**

№№ учебных корпусов	Общий коэф. фициент теп лопередачи (Вт/м <sup>2</sup> ·град)	Годовой расход теплоты (тДж)	Удельный расход теплоты (кДж/м <sup>3</sup> ГСОП)	Коэффициент компактности (1/м)	Коэффициент остекленности
1	1,16	5,5	16,0	0,14	0,05
2	1,28	6,0	18,7	0,15	0,09
3	1,34	3,0	30,8	0,24	0,11
4	1,40	3,0	24,0	0,18	0,10

Таким образом, комплексный *показатель* энергетической эффективности зданий учебных корпусов - удельный расход тепловой энергии на отопление за отопительный период - *соответствует* нормативным значениям.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### 2.1. Пример расчета установки кондиционирования

Цель данной работы состоит в разработке технических решений системы кондиционирования воздуха (далее СКВ), обеспечивающей нормируемые метеорологические условия, чистоту и газовый состав воздуха в обслуживаемой зоне помещений офиса.

Для этого по заданным исходным данным производится расчёт внутренних и внешних составляющих тепловлажностных нагрузок и расхода наружного воздуха. Затем формируются принципиальные схемы вариантов технических решений СКВ и производится их сопоставление.

Для каждого варианта технического решения СКВ осуществляется подбор основного оборудования отдельных подсистем и оцениваются их технико-экономические показатели.

- энтальпия воздуха в обслуживаемой зоне: 40 (кДж/кг);
- влагосодержание воздуха в обслуживаемой зоне: 8 (г/кг).

Информация о наружном воздухе

В соответствии с п.5.10 СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» заданные параметры микроклимата следует обеспечивать в *пределах расчётных параметров наружного воздуха* для соответствующих регионов строительства по СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология» [9].

*Параметры А* - для систем вентиляции в тёплый период года;

*Параметры Б* - для систем отопления и систем вентиляции в холодный период года, а также для систем кондиционирования для тёплого и холодного периода года. Расчётные параметры наружного воздуха представлены в табл. 4.

Таблица 4

Расчётные параметры наружного воздуха

Расчетный градус широты (град. с.ш.)	Период года	Параметры А		Параметры Б		Среднесуточная амплитуда (°С)
		Температура (°С)	Удельная энтальпия (кДж/кг)	Температура (°С)	Удельная энтальпия (кДж/кг)	
60	Теплый	20,6	48,1	24,8	51,5	8,7
	Холодный	-11,0	-8,0	-26,0	-25,3	

### 2.3. Дополнительные условия

В здании функционирует центральная система отопления, которая компенсирует потери теплоты через наружные ограждающие конструкции в холодный период года и обеспечивает нормируемое значение температуры воздуха в помещениях объекта.

Кроме того, объект обеспечен всеми необходимыми ресурсами для работы систем обеспечения микроклимата: теплотой, холодом, влагой (и паром для увлажнения воздуха) и электроэнергией.

### Варианты технических решений системы кондиционирования

Для реализации поставленных целей для данного объекта можно предусмотреть следующие варианты технического решения системы кондиционирования воздуха:

1. Центральная прямоточная многозональная система кондиционирования воздуха.

Спецификация оборудования приточной установки

№ п/п	Наименование оборудования	Условное обозначение	Количество
1	Заслонка регулирующая	ZR 60-35	1
2	Фильтр канальный карманный с фильтрующей вставкой	FKU 60-35 WFU 60-35	1
3	Воздухонагреватель водяной	WWN 60-35/2	1
4	Воздухоохладитель водяной	WLO 60 - 35	1
5	Вставка гибкая	WG 60 - 35	2
6	Вентилятор канальный радиальный	WRW60- 35/31 4 D	1
7	Шумоглушитель канальный пластинчатый	SG 60 - 35	1

Акустический расчет приточной установки проводится по методике, изложенной в справочнике [8].

Основным источником аэродинамического шума является вентилятор. Снижение уровня звукового давления (УЗД) происходит при движении воздуха в элементах сети воздуховодов, а также в помещении.

Для коротких (малопротяженных) сетей воздуховодов снижением УЗД (заглушением шума) можно пренебречь. Уровни звукового давления (УЗД) для вентилятора представлены в п. 2 табл. 6.

Снижение УЗД (заглушение шума) в помещении зависит от архитектурно-строительных особенностей конкретного помещения и определяется в соответствии с рекомендациями [8].

Ожидаемые УЗД в октавных полосах частот в *расчетной точке* представлены в п. 5 табл. 6, а нормативные значения УЗД - в п. 1.

Сопоставление этих величин приводит к выводу о необходимости принятия мер по снижению аэродинамического шума. Для этого в приточной установке необходимо установить пластинчатый шумоглушитель (SG 60-35).

Данные о том, насколько шумоглушитель уменьшает уровень шума, представлены в п. 6 табл. 6.

УЗД в расчетной точке, с учётом снижения шума шумоглушителем, указан в п. 7 табл. 6.

*объемов потребляемых ресурсов* и формирование мероприятий по ресурсосбережению и повышению энергетической эффективности объекта.

**Потребление ресурсов объектом:**

Теплопотребление (Гкал).

Электропотребление (кВт/ч).

Водопотребление и водоотведение (м<sup>3</sup>).

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Перечень экзаменационных вопросов

1. Назначение и состав инженерных систем зданий и сооружений.
2. Системы отопления как потребители тепловой энергии.
3. Системы вентиляции и кондиционирования как потребители энергоресурсов.
4. Системы водоснабжения и водоотведения как потребители ресурсов.
5. Потребители электрической энергии в зданиях и сооружениях.
6. Потребители газа и иных ресурсов в зданиях и сооружениях.
7. Приведенное (требуемое) сопротивление теплопередачи наружной ограждающей конструкции здания или сооружения.
8. Приведенный коэффициент теплопередачи через наружные ограждающие конструкции зданий.
9. Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции.
10. Общий коэффициент теплопередачи здания, отапливаемый объем, показатель компактности здания и коэффициент остекленности фасада здания.
11. Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период.
12. Расход (потребность) тепловой энергии на отопление здания за отопительный период.
13. Расчетный и нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания.
14. Энергетический паспорт здания.
15. Основные положения нормативных документов по энергоресурсосбережению в зданиях, сооружениях и автономных объектах.