

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»
Институт горного дела и строительства
Кафедра "*Санитарно-технические системы*"

Утверждено на заседании кафедры
«Санитарно-технические системы»
« 20 » января 2022 г., протокол № 5
Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА
учебной дисциплины (модуля)

«Вентиляция»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки
08.03.01 – "Строительство"

с направленностью (профилем)
"Теплогазоснабжение и вентиляция"

Форма(ы) обучения: *очная, очно-заочная*

Идентификационный номер образовательной программы: 080301-06-22

Тула 2022 год

Методические указания к курсовому проекту составлены ст. преподавателем Зеленко Г.Н. и доцентом Рожковым В.Ф. и обсуждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы»

протокол № 5 от «20» _____ 01_____ 2022 г.

Зав. кафедрой _____ Р.А. Ковалев



Методические указания к практическим занятиям пересмотрены и утверждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы»

протокол № _____ от «____» _____ 20 г.

Зав. кафедрой _____ Р.А. Ковалев

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность систем вентиляции, их технико-экономические характеристики зависят не только от правильно принятой схемы воздухообмена и достоверности проведенных расчетов, но и от правильно организованных монтажа, наладки и эксплуатации. Возможности монтажа, наладки и эксплуатации систем и оборудования, обеспечивающие вентиляцию помещений, закладываются на стадии проектирования.

Настоящие методические указания составлены для выполнения курсового проекта вентиляции гражданских зданий. В них изложены методики определения количества выделяющихся вредностей (теплота, влага, газы), составления тепловоздушных балансов помещений, по этажам и здания в целом. Даны расчеты воздухообмена по кратностям, газовым вредностям, ассимиляции тепло- и влагоизбытков, воздухораспределения и воздухоораспределителей

В методические указания включены материалы, необходимые для расчета систем и устройств вентиляции гражданских зданий, основы конструирования вентиляционных систем. Дано описание состава, оформления и содержания расчетно-пояснительной записки и чертежей проекта.

Для работы над курсовым проектом одних рекомендаций настоящего методического указания недостаточно. Следует пользоваться учебником по курсу Вентиляция, Справочником проектировщика, Строительными нормами и правилами и Санитарными нормами, конспектами лекций по курсу «Вентиляция».

1. ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО КЛИМАТА И ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

1.1 Выбор расчетных параметров наружного воздуха

Параметры наружного воздуха принимаются согласно рекомендациям СП 60.13330 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» в соответствии с географическим районом расположения объекта. Различают два варианта наружного климата при проектировании вентиляции – параметры А и Б, выбор которых обуславливается следующими положениями.

Согласно п. 5.13 СП 60.13330 [10] параметры А принимают для систем вентиляции и воздушного душирования для теплого периода года;

Параметры Б – для систем отопления, вентиляции и воздушного душирования для холодного периода года, а также для систем кондиционирования для теплого и холодного периодов года.

Параметры наружного воздуха для переходных условий года следует принимать 10 °С и удельную энтальпию 26,5 кДж/кг.

Климатические данные заданного района строительства в соответствии с рекомендуемыми нормами обеспеченности определяют по СП 131.13330 «Строительная климатология» [11] или принимаются согласно заданию на курсовой проект по **прил.1**.

По заданию на проектирование допускается принимать более низкие параметры наружного воздуха в холодный период года и более высокие параметры наружного воздуха в теплый период года, п.5.15 СП 60.13330 [10].

1.2 Выбор расчетных параметров внутреннего воздуха

Выбор расчетных параметров внутреннего воздуха в обслуживаемой зоне помещения определяются в зависимости от назначения помещения. Они могут быть оптимальными и допустимыми. Оптимальные метеорологические условия в рабочей и обслуживаемой зоне помещения жилых и общественных зданий следует принимать за расчетные при наличии соответствующих требований заказчика

Параметры микроклимата при вентиляции помещений (кроме помещений, для которых метеорологические условия установлены другими нормативными документами) следует принимать по ГОСТ 30494-96, ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ, СанПиН 2.1.2.1002-00, СанПиН 2.2.4.548-96 и СП 60.13330 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» для обеспечения метеорологических условий и поддержания чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне помещений:

а) в холодный период года в обслуживаемой зоне жилых помещений температуру воздуха – минимальную из оптимальных температур; при согласовании с органами Госсанэпиднадзора России и по заданию заказчика допускается принимать температуру воздуха в пределах допустимых норм;

б) в холодный период года в обслуживаемой или рабочей зоне жилых зданий (кроме жилых помещений), общественных и административно-бытовых помещений температуру воздуха – минимальную из допустимых температур при отсутствии избытков явной теплоты в помещениях; экономически целесообразную температуру воздуха в пределах допустимых норм в помещениях с избытками явной теплоты.

в) для теплого периода года в помещениях с избытками теплоты - температуру воздуха в пределах допустимых температур, но не более чем на 3 °С для общественных и административно-бытовых помещений и не более чем на 4 °С для производственных помещений выше расчетной температуры наружного воздуха (по параметрам А) и не более максимально допустимых температур по приложению А (СП 60.13330).

При проектировании вентиляции горячих цехов предприятий общественного питания допустимые параметры принимаются, как для производственных помещений со значительными теплоизбытками, для категории работ средней тяжести.

Значения допустимых норм температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне общественных, административно-бытовых и производственных помещений для теплого и холодного периодов года, приведены в **прил.2**.

2. ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЯ

2.1 Общие положения

Термин «тепловой режим помещения» объединяет ряд физических процессов, происходящих в помещении или здании и определяющих тепловую обстановку в нем. На тепловую обстановку влияют следующие факторы: температура, подвижность и влажность воздуха, наличие конвективных и излучающих источников и стоков тепла, их размеры и температуры поверхностей и пр.

При расчете вентиляционных воздухообменов, при выборе принципиальных схем вентиляции и при определении способов подачи – удаления воздуха из помещения учитывается большинство из элементов теплового режима помещения.

2.2. Тепловой баланс помещения в здании

Теплопоступления в помещения жилых и общественных зданий складывается в основном из теплопоступлений от людей, через наружные ограждения (в теплый период), от искусственного освещения, от потребляемой электрической мощности технического оборудования, расположенного в помещении, и от других источников тепла (горячей пищи, нагретых поверхностей оборудования или горячей воды и пр.) При расчетах для

определения максимальной тепловой нагрузки следует задавать одновременные теплопоступления от всех источников.

Теплопотери помещения складываются из величин: теплопотерь через наружные ограждения, теплопотерь инфильтрации воздуха через наружные ограждения, теплопотерь на нагрев воздуха, врывающегося в помещение через периодически открываемые наружные двери.

Разность теплопоступлений и теплопотерь в помещении называется теплоизбытками ($Q_{изб}$) или теплонедостатками ($Q_{нед}$). Эти величины определяются в результате составления уравнения теплового баланса.

Уравнение теплового баланса представляет собой сумму всех теплопоступлений и теплопотерь помещения, которая по закону сохранения энергии равна нулю:

$$\Sigma Q_{пост} - \Sigma Q_{пот} = 0, \quad (2.1)$$

где $\Sigma Q_{пост}$ – сумма теплопоступлений в помещение; $\Sigma Q_{пот}$ – сумма теплопотерь помещения.

Величины $Q_{изб}$ и $Q_{нед}$ находят по формулам

$$Q_{изб} = \Sigma Q_{пост} - \Sigma Q_{пот} > 0; \quad (2.2)$$

$$Q_{нед} = \Sigma Q_{пот} - \Sigma Q_{пост} < 0. \quad (2.3)$$

В первом случае роль вентиляции заключается в ассимиляции избыточного тепла, во втором – в совмещении функций отопления (воздушное отопление).

Так как в данном курсовом проекте вентиляция не совмещена с отоплением, то тепло, теряемое зданием в холодный период года, компенсируется нагревательными приборами систем отопления. Поэтому в курсовом проекте производить расчет теплопотерь не требуется.

Для защиты зон помещений вблизи наружных дверей от переохлаждений при прорыве наружного воздуха следует предусматривать у ворот или наружных дверей устройство воздушных завес в соответствии с п.7.7 СП 60.13330.

2.3. Расчет поступлений теплоты в помещения

2.3.1. Теплопоступления от людей

От людей в помещения поступает явная теплота (за счет лучисто-конвективного теплообмена с воздухом и поверхностями помещения) и скрытая теплота (выделяемая с влагой выдыхаемого воздуха и за счет испарений с поверхности кожи). Полная теплота равна сумме явной и скрытой теплоты. Теплопоступления от людей определяются теплопродукцией, зависящей от тяжести выполняемой работы; температурой и влажностью окружающего воздуха, его подвижностью; теплоизолирующими свойствами одежды и ее паропроницаемостью; особенностями терморегуляции самого человека. Теплопродукция человека и его способность к терморегуляции зависят от пола и возраста.

$$Q_{пол} = Q_{яв} + Q_{ск}; \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{яв}} = 3,6 \cdot q_{\text{яв}} \cdot n; \quad Q_{\text{пол}} = 3,6 \cdot q_{\text{пол}} \cdot n,$$

где $Q_{\text{пол}}, Q_{\text{яв}}, Q_{\text{ск}}$ – тепловыделения от людей соответственно полные, явные, скрытые $\text{кДж} / \text{ч}$; $q_{\text{пол}}, q_{\text{яв}}$ – тепловыделения одним человеком (соответственно полные и явные), принимаемые в зависимости от интенсивности физической нагрузки у людей и температуры в помещении, Вт , принимаются по [7] или по **табл. 2.1**; n – количество людей в помещении, чел.

В **табл. 2.1** приведены данные о тепловыделениях взрослого мужчины в легкой одежде при различных температурах воздуха в помещении и различных видах деятельности. Теплопоступления от женщин считаются равными 85% от величины, указанной в **табл. 2.1**, от детей до 10 лет — 75%. Теплопоступления от людей в верхней одежде следует вводить в расчет с коэффициентом 0,75.

Следует суммировать теплопоступления от людей, занятых трудовой деятельностью различных категорий и находящихся в одном помещении. Например, для определения избытков явного тепла $Q_{\text{люд.я}}, \text{Вт}$:

$$Q_{\text{люд.я}} = q_{\text{я. пок}} \cdot n_{\text{пок}} + q_{\text{я. л}} \cdot n_{\text{л}} + q_{\text{я. ср}} \cdot n_{\text{ср}}. (2.4)$$

Где: $q_{\text{я. пок}}, q_{\text{я. л}}, q_{\text{я. ср}}$ — количество явной теплоты, выделяемой человеком соответственно в покое, при легкой работе и при работе средней тяжести, $\text{Вт}/(\text{ч} \cdot \text{чел})$ по **табл. 2.1**; $n_{\text{пок}}, n_{\text{л}}, n_{\text{ср}}$ — число людей, соответственно находящихся в покое, занятых легкой работой и работой средней тяжести.

Таблица 2.1. Количества тепла $q, \text{Вт}$, влаги $W, \text{г}/\text{ч}$, и диоксида углерода $\text{CO}_2, \text{г}/\text{ч}$, выделяемых человеком

Показатели	Значения параметров при температуре воздуха в помещении. °С					
	10	15	20	25	30	35
В состоянии покоя (в театрах, клубах, залах собраний)						
Теплота: явная	140	120	90	60	40	10
полная	165	145	120	95	95	95
Влага	30	30	40	50	75	115
Двуокись углерода	23	23	23	23	23	23
При легкой работе (учреждения, вузы, персонал поликлиник, покупатели магазинов, посетители кафе швейное производство, приборостроение. машиностроение, полиграфическая промышленность и др.)						
Теплота: явная	150	120	100	65	40	5
полная	180	160	150	145	145	145
Влага	40	55	75	115	150	200
Двуокись углерода	25	25	25	25	25	25

Продолжение таблицы 2.1.

Показатели		Значения параметров при температуре воздуха в помещении. °С					
		10	15	20	25	30	35
При работе средней тяжести (стоячая работа персонала магазинов, кафе, столовых, мастерских, ткацко-прядельное производство, механо-сборочные, деревообрабатывающие, сварочные цехи)							
Теплота:	явная	165	135	105	70	40	5
	полная	215	210	205	200	200	200
Влага		70	110	140	185	230	280
Двуокись углерода		35	35	35	35	35	35
При тяжелой работе (кузнечные, литейные, термические, мартеновские, прокатные цехи)							
Теплота:	явная	200	165	130	95	50	10
	полная	290	290	290	290	290	290
Влага		135	185	240	295	355	415
Двуокись углерода		45	45	45	45	45	45

Пример 2.1. Требуется определить явные, полные и скрытые тепловыделения от людей в зрительном зале с числом посадочных мест 600 при температуре внутреннего воздуха 23 °С.

Решение. По табл. 2.1 путем интерполирования определяем, что в состоянии покоя 1 чел. при температуре 23 °С выделяет 72 Вт явного тепла и 105 Вт полного тепла. Отсюда явные тепловыделения от 1 чел. составят: $Q_{яв} = 3,6 \cdot q_{яв} = 3,6 \cdot 72 = 259,2$ кДж/ч, а полные - $Q_{пол} = 3,6 \cdot q_{пол} = 3,6 \cdot 105 = 378$ кДж/ч. Следовательно, явные тепловыделения от 600 чел. составляют 155520 кДж/ч, а полные 226800 кДж/ч. Таким образом, скрытые тепловыделения от 600 чел. составляют $Q_{ск} = Q_{пол} - Q_{яв} = 226800 - 155520 = 71280$ кДж/ч.

2.3.2. Тепловыделения от источников искусственного освещения

Принято считать, что вся энергия, затрачиваемая на освещение, переходит в теплоту, нагревающую воздух помещения; при этом пренебрегают частью энергии, нагревающей конструкции здания и уходящей через них.

Количество тепла, выделяемое источниками искусственного освещения, определяют по электрической мощности светильников. В тех случаях, когда мощность светильников известна, тепловыделения от источников света $Q_{осв}$, кДж/ч, можно определить по формуле:

$$Q_{осв} = 3,6 \cdot N_{осв} \cdot \eta_{осв}, \quad (2.5)$$

если мощность светильников не известна,

$$Q_{осв} = 3,6 \cdot F \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв}, \quad (2.6)$$

где $N_{осв}$ – установленная мощность освещения, Вт; F – площадь пола помещения, м²; $q_{осв}$ – максимально допустимая удельная установленная мощность освещения, Вт/м². Определяется по [19] или **табл.2.2**; $\eta_{осв}$ – доля

тепла, поступающая от светильника в различные зоны помещения, определяется по [19] или **табл. 2.3**.

Если в помещении предусматривается подача приточного воздуха, не возмущающая верхнюю зону помещения, из которой осуществляется вытяжка, то $\eta_{\text{осв}}$ можно определить по графе 3 **табл.2.3**. В противном случае следует считать все тепло поступающим в помещение ($\eta_{\text{осв}}$ определяется по графе 2 **табл. 2.3**). Если светильник расположен в пределах вентилируемого подшивного потолка или чердака, $\eta_{\text{осв}}$ определяется по графе 4 **табл. 2.3** вне зависимости от схемы подачи и удаления воздуха из помещения. При установке вентилируемых плафонов, через которые осуществляется вытяжка, $\eta_{\text{осв}}$ определяется по графе 5 **табл. 2.3**.

Если осветительная арматура и лампы находятся вне пределов помещения (чердачные помещения бесфонарного здания, остекленные стены и т.д.), то доля тепла, поступающего в помещение $\eta_{\text{осв}}$, составляет 0,5 при люминесцентных лампах и 0,2 при лампах накаливания.

Тепловыделения от источников освещения рабочих мест учитывают независимо от периода года и времени суток, а от источников общего освещения – с учетом времени суток и архитектурно-планировочных решений.

Таблица 2.2. Максимальная удельная установленная мощность освещения $q_{\text{осв}}$, Вт/м²

Наименование помещения	$q_{\text{осв}}$, Вт/м ²
1	2
Кабинеты и рабочие комнаты, офисы, машинописные бюро	25
Проектные комнаты и залы, конструкторские и чертежные бюро	35
Помещения для ксерокопирования, электрофотографирования и т.п.	25
Помещения для работы с дисплеями, видеотерминалами, мониторами, серверные, помещения межбанковских электронных расчетов, помещения для электронной почты	25
Читальные залы	25
Операционные и кассовые залы банковских и страховых учреждений	35
Помещения отдела инкассаций	20
Классные комнаты, аудитории, учебные кабинеты, лаборатории, лаборантские, кабинеты информатики и вычислительной техники различных образовательных учреждений	25
Групповые, игральные, столовые, комнаты для музыкальных и гимнастических занятий детских дошкольных учреждений	25
Обеденные залы столовых, закусочных, кафетериев, буфетов, ресторанов 2-й категории	14
Обеденные залы ресторанов 1-й категории	20
Помещения приготовления пищи, резки хлеба, моечные	25
Залы парикмахерских	25
Залы заседаний, спортивные залы, фойе театров	25
Палаты и спальные комнаты санатория	12
Номера гостиниц	12

Продолжение таблицы 2.2.

Наименование помещения	$q_{\text{осв}}, \text{Вт/м}^2$
1	2
Крытые бассейны, фойе клубов и кинотеатров	20
Мастерские по ремонту часов, ювелирных изделий, радиоаппаратуры, бытовых машин и приборов, пошивочные, обувные:	
• общее освещение	20
• на рабочем месте	52
Залы обслуживания посетителей аптек	14
Репетиционные залы досуговых и любительских клубов	11
Зрительные залы клубов	12
Торговые залы магазинов:	
• супермаркетов	35
• продовольственных	25
• промтоварных	20
• хозяйственных	14
Помещения хранения автомобилей	10

Примечания:

1. В теплый период года тепло от искусственного освещения, как правило, не учитывают. Исключение составляет помещение, не имеющее окон, помещения торговых залов магазинов, помещения многопролетных зданий при отсутствии верхнего естественного света и помещения, режим работы, которых вечерний или ночной.

2. Частичный учет тепла от искусственного освещения в теплый период года с коэффициентом 0,3-0,5 возможен в помещениях обеденных и актовых залах, в фойе и других подобных помещениях, в которых часть светильников работает днем

Таблица 2.3. Доли тепла, $\eta_{\text{осв}}$, излучаемого источником света, поступающие в рабочую (числитель) и верхнюю (знаменатель) зоны помещения

Тип источника освещения	Способ установки светильника			
	у потолка	> 0,5 м от потолка	за подшивным потолком	вентилируемый светильник
1	2	3	4	5
Лампы накаливания	1/0	0,9/0,1	0,85/0,15 ¹	0,8/0,2
Люминесцентные лампы	1/0	0,7/0,3	0,6/0,4 ¹	0,5/0,5

¹ В знаменателе указана доля тепла, поступающая в пространство подшивного потолка

Пример 2.2. Требуется определить тепловыделения от источников общего освещения люминесцентными лампами диффузного рассеянного света в торговом зале магазина промышленных товаров площадью 200 м². Светильники находятся вне помещения.

Решение. По табл. 2.2 принимаем Максимальную удельную установленную мощность освещения $q_{\text{осв}} = 20 \text{ Вт/м}^2$. Доля тепловой энергии, попадающей в помещение, $\eta_{\text{осв}} = 0,5$. Тогда тепловыделения в помещении, определяемые по формуле (2.6), будут равны

$$Q_{\text{осв}} = 3,6 \cdot 200 \cdot 20 \cdot 0,5 = 8640 \text{ кДж/ч.}$$

2.3.3. Теплопоступления от солнечной радиации

Теплопоступления от солнечной радиации, через световые проемы и через покрытия учитываются в тепловом балансе для теплого периода года, для наиболее жаркого месяца года и расчетного времени суток.

Расчетным часом суток для выбора воздухообмена является час, когда ожидаются самые большие теплоизбытки в помещении, т.е. когда наиболее суммарные теплопоступления от солнечной радиации и прочих источников теплопоступлений. Час максимальных тепловыделений по технологическим условиям указывается в задании на разработку проекта.

А. Теплопоступления от солнечной радиации через световые проемы

Максимальные теплопоступления от солнечной радиации через окна, фонари, витражи, остекленные части балконных и входных дверей в здание $Q_{ср}$, кДж/ч, происходят в периоды максимального солнечного облучения наружной поверхности соответствующего ограждения. Эти поступления теплоты складываются из тепла солнечной радиации, непосредственно прошедшей через остекленную часть конструкции ограждения $Q_{n,p}$, и из теплового потока за счет теплопередачи через заполнение Q_{mn}

При проектировании вентиляции, в том числе и с (адиабатическим) охлаждением приточного воздуха, поступление тепла в помещение за счет солнечной радиации и разности температур наружного и внутреннего воздуха, через световые проемы $Q_{с.р}$, кДж/ч, следует определить по формуле:

$$Q_{с.р} = Q_{n,p} + Q_{m,n}, \quad (2.7)$$

Первое слагаемое этой суммы находим по формуле

$$Q_{n,p} = 3.6 \cdot (q_n \cdot K_{инс} + q_p \cdot K_{обл}) \cdot A_{ок} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3, \quad (2.8)$$

где q_n , q_p — максимальная интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на светопроем, Вт/м². В зависимости от географической широты района строительства и ориентации ограждения определяется по [19] или **табл. 2.4**; $A_{ок}$ — площадь светопроема, м²; β_1 — коэффициент теплопропускания окон с учетом затенения непрозрачной частью (переплетами) заполнения светопроема, определяется по [19] или **табл. 2.5**; β_2 — коэффициент теплопропускания прозрачной частью заполнения светопроема, определяется по [19] или **табл. 2.6**; β_3 — коэффициент теплопропускания нестационарными солнцезащитными устройствами, определяется по [19] или **табл. 2.7**; $K_{обл}$ — коэффициент облучения поверхности светопроема рассеянной радиацией $K_{обл} = 0,85$; $K_{инс}$ — коэффициент инсоляции, учитывающий долю прошедшего потока падающей на вертикальный световой проем прямой солнечной радиации после затенения

наружными козырьками или вертикальными ребрами. При отсутствии козырьков о вертикальных ребер $K_{inc}=1$

Таблица 2.4. Максимальная солнечная радиация (прямая q_n / рассеянная q_p) на горизонтальную и различно ориентированные вертикальные поверхности при безоблачном небе в июле, Вт/м²

Географическая широта, град.с.ш	Горизонтальная поверхность	Ориентация по сторонам света вертикальной поверхности				
		южная	юго-восточная и юго-западная	восточная и западная	северо-восточная и северо-западная	северная
40	778/140	257/110	425/146	561/179	428/154	104/95
44	761/133	314/114	467/148	579/177	424/149	125/80
48	733/133	370/120	497/151	590/175	437/133	141/75
52	719/133	424/123	521/154	607/174	449/131	155/73
56	691/126	479/124	551/145	621/165	460/125	159/71
60	663/105	534/123	579/137	632/149	469/116	165/68
64	628/91	582/121	622/135	655/145	490/101	170/65
68	607/91	637/121	663/134	669/143	541/106	186/60

Таблица 2.5. Коэффициенты теплопропускания окна β_1 с учетом затенения непрозрачной частью заполнения светопроема

№ п/п	Конструкция переплета	β_1	
		для деревянного и ПВХ переплета	для металлического переплета
1	Одинарный переплет	0,8	0,9
2	Однокамерный стеклопакет	0,8	0,9
3	Двухкамерный стеклопакет	0,78	0,85
4	Спаренный переплет	0,75	—
5	Однокамерный стеклопакет и отдельный переплет	0,75	—
6	Двухкамерный стеклопакет и отдельный переплет	0,73	—
7	Отдельный переплет двойного остекления	0,65	0,8
8	Отдельно-спаренный переплет	0,5	0,7
9	Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7	—
10	Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах	0,6	—
11	Два спаренных переплета в отдельных переплетах	0,5	—

Таблица 2.6. Коэффициент теплопропускания β_2 прозрачной частью заполнения светопроема

№ п/п	Заполнение проема*	β_2
1	Одинарное остекление из обыкновенного стекла:	
	толщиной 2,5 – 3,5 мм	0,95
	толщиной 4 – 6 мм	0,9
	толщиной 8 – 12 мм	0,855
	из стекла толщиной 2,5 – 3,5 мм с твердым или мягким селективным покрытием	

Продолжение таблицы 2.6.

№ п/п	Заполнение проема*	β_2
2	Двойное остекление из обыкновенного стекла:	
	толщиной 2,5 – 3,5 мм	0,85
	толщиной 4 – 6 мм	0,76
	из стекла толщиной 2,5 – 3,5 мм с твердым или мягким селективным покрытием	0,57
	из органического стекла для зенитных фонарей	0,9
3	Тройное остекление из обыкновенного стекла:	
	толщиной 2,5 – 3,5 мм	0,76
	толщиной 4 – 6 мм	0,66
	из стекла толщиной 2,5 – 3,5 мм с твердым или мягким селективным покрытием	0,51
	из органического стекла для зенитных фонарей	0,83
4	Четверное остекление из обыкновенного стекла:	
	толщиной 2,5 – 3,5 мм	0,72
	из стекла толщиной 2,5 – 3,5 мм с твердым или мягким селективным покрытием	0,48
5	Профильное стекло коробчатого сечения	0,75
6	Блоки стеклянные пустотные с шириной швов 6 мм:	
	размером 194×194×98	0,65
	244×244×98	0,7

*Заполнение стеклопакета аргоном не влияет на его лучепропускающую способность

Таблица 2.7. Коэффициент теплопропускания β_3 солнцезащитными устройствами

Солнцезащитные устройства	β_3
<i>А. Наружные:</i>	
штора или маркиза из светлой ткани	0,15
штора или маркиза из темной ткани	0,20
ставни-жалюзи с деревянными пластинами	0,10/0,15
шторы-жалюзи с металлическими пластинами	0,15/0,20
<i>Б. Межстекольные непрветриваемые:</i>	
шторы-жалюзи с металлическими пластинами	0,30/0,35
штора из светлой ткани	0,25
штора из темной ткани	0,40
<i>В. Внутренние:</i>	
шторы-жалюзи с металлическими пластинами	0,60/0,70
штора из светлой ткани	0,40
штора из темной ткани	0,80

Примечания: 1. Коэффициенты теплопропускания даны дробью: в числителе – для жалюзи с пластинами под углом 45°, в знаменателе – для жалюзи с пластинами под углом 90° к плоскости проема.

2. Коэффициенты теплопропускания межстекольными проветриваемыми солнцезащитными устройствами в два раза ниже приведенных коэффициентов для межстекольных непрветриваемых устройств.

Теплопоступления через заполнения светопроемов за счет теплопередачи в результате разности температур и нагрева стекол солнцем определяется только в том случае, если температура воздуха в помещении ниже наружной. В курсовом проекте температура воздуха в расчетных помещениях принимается выше наружной, поэтому расчет второго слагаемого в формуле (2.7) не требуется.

Пример 2.3. Определить теплопоступление солнечной радиации через четыре окна в помещении, расположенное на 56° с.ш., заполнения световых проемов ориентировано на ЮЗ. Остекление окон одинарное в металлических переплетах, толщина стекла $\delta = 2,5$ мм. Размеры окон: высота 1,8 м, ширина 2 м..

Решение. Теплопоступление солнечной радиации, непосредственно прошедшей через остекленную часть конструкции $Q_{n,p}$ определяется по формуле (2.8):

$$Q_{n,p} = 3,6 \cdot (q_n \cdot K_{инс} + q_p \cdot K_{обл}) \cdot A_{ок} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 = 3,6 \cdot (551 \cdot 1 + 145 \cdot 0,85) \cdot 3,6 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 1 = 7471 \text{ КДж/ч.}$$

Здесь $q_n = 551 \text{ Вт/м}^2$ и $q_p = 145 \text{ Вт/м}^2$ определены по **табл. 2.4** при географической широте района строительства 56° с.ш. и юго-западной ориентации.

$$A_{ок} = 1,8 \cdot 2 = 3,6 \text{ м}^2;$$

$$\beta_1 = 0,9 \text{ по } \text{табл. 2.5} \text{ для одинарного переплета};$$

$$\beta_2 = 0,95 \text{ по } \text{табл. 2.6} \text{ для одинарного остекления из обычного стекла толщиной 2,5-3,5 мм};$$

$$\beta_3 = 1, \text{ так как никаких нестационарных солнцезащитных устройств не предусмотрено.}$$

Б. Теплопоступление через покрытие

Поступление тепла в помещение в теплый период года, через совмещенные покрытия зданий и сооружений для любого расчетного часа суток $Q_{m,n}$, кДж/ч, определяется по формуле:

$$Q_{m,n} = 3,6 \cdot (t_{усл} - t_{в}) \cdot A_{огр} \cdot K = 3,6 \cdot \left[t_n + \frac{(q_n + q_p) \cdot P}{\alpha_n} - t_y \right] \cdot A_{огр} \cdot K, \quad (2.11)$$

где t_n — расчетная температура наружного воздуха, °С; q_n , q_p — максимальная интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность, Вт/м². В зависимости от географической широты района строительства определяется по **табл. 2.4**; $A_{огр}$ — площадь покрытия, м²; P — коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью покрытия: для асфальтового покрытия $P = 0,9$; для рубероида с алюминиевой покраской $P = 0,5$; с серой песчаной посыпкой $P = 0,9$; с красной песчаной посыпкой $P = 0,95$; для толи $P = 0,85$; для шифера серебристо-серого $P = 0,75$; t_y — расчетная температура удаляемого воздуха под перекрытием, °С; K — коэффициент теплопередачи покрытия, $K = 1/R_o$, Вт/(м² · °С); α_n — коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия, Вт/м², определяется по формуле:

$$\alpha_n = 1,16 \cdot (5 + 10 \cdot \sqrt{g}), \quad (2.12)$$

где g — расчетная скорость ветра, м/с, для теплого периода, принимается по [11] или **прил.1**; R_o — сопротивление теплопередачи заполнения светопроема, (м²·°С/Вт), определяемое теплотехническим расчетом или

принимается не менее нормируемых значений сопротивления теплопередачи заполнения светопроема $R_{\text{норм}}$: $R_{\text{норм}}$, - определяется в зависимости от градусо-суток отопительного периода района строительства (табл. 4 [15]).

Градусо-сутки отопительного периода, ГСОП, определяют по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_b - t_{\text{ср.от.п}}) \cdot Z_{\text{от}}, \quad (2.13)$$

где t_b – расчетная температура воздуха в помещении, °С; $t_{\text{ср.от.п}}$ – средняя температура отопительного периода, °С, принимается по [11] или **прил.1**; $Z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода в сутках, принимается по [11] или **прил.1**.

Тогда $R_{\text{норм}}$ определяется по формулам:

для жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, интернатов, гостиниц и общежитий

$$R_{\text{норм}} = 2,2 + 0,0005 \times \text{ГСОП}. \quad (2.14)$$

для общественных, кроме указанных выше, административных и бытовых, производственных и других зданий и помещений

$$R_{\text{норм}} = 1,6 + 0,0004 \times \text{ГСОП}. \quad (2.15)$$

Параметры удаляемого воздуха являются функцией параметров воздуха в рабочей зоне помещения (высотой 1,5 м от пола), высоты помещения и интенсивности выделения тепла и влаги в помещении.

Температура, удаляемого воздуха может быть определена по формуле:

$$t_y = t_b + \text{grad}t (H_{\text{п}} - 1,5), \quad (2.16)$$

где $H_{\text{п}}$ – высота помещения, м; $\text{grad}t$ – температурный градиент, принимается в зависимости от теплонапряженности помещения по [6] или по **табл. 2.8**.

Таблица 2.8. Градиенты температуры воздуха по высоте помещений жилых и общественных зданий

Удельные избытки явного тепла		gradt
кДж/(м³·ч)	ккал/(м³·ч)	
Более 80	Более 20	0,8 ÷ 1,5
40 – 50	10 – 20	0,3 ÷ 1,2
Менее 40	Менее 10	0,0 ÷ 0,5

Пример 2.4. Определить теплоступления от солнечной радиации через покрытие площадью $F = 60 \text{ м}^2$, для общественного здания (г. Рязань, географическая широта 56°с.ш.). Исходные данные: $t_b = 20^\circ \text{С}$; $t_{\text{ср.от.п}} = -3,5^\circ \text{С}$; $Z_{\text{от}} = 208 \text{ сут.}$; $t_H^B = -27^\circ \text{С}$; $t_{\text{н.ср}} = 15,2^\circ \text{С}$; $t_{\text{н}}^A = 22,8^\circ \text{С}$; $\vartheta = 3 \text{ м/с}$; $I_{\text{ср}} = 327 \text{ Вт/м}^2$; $P = 0,9$. Высота помещения 3 м.

Решение. Определяем градусо-сутки отопительного периода по формуле 2.13. ГСОП = $[20 - (-3,5)] \cdot 208 = 4888$. Сопротивление теплопередачи покрытия по формуле 2.15 составит: $R_o = R_{\text{пр}} = 1,6 + 0,0004 \times 4888 = 3,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{С/Вт}$. Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, по формуле 2.12 $\alpha_n = 8,7 + 2,6 \times 3 = 16,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ \text{С)}$.

Температура уходящего воздуха под перекрытием по формуле 2.16 $t_{yx} = 20 + 1,1(3 - 1,5) = 21,65^\circ \text{С}$.

Теплопоступления солнечной радиации за счет теплопередачи через покрытие при параметрах А наружного воздуха по формуле 2.11 составит:

$$Q_{m.n} = 3,6 \cdot \left[t_n + \frac{(q_n + q_p) \cdot P}{\alpha_n} - t_y \right] \cdot A_{oep} \cdot K = 3,6 \cdot \left[22,8 + \frac{(691 + 126) \cdot 0,9}{16,5} - 21,65 \right] \cdot 60 \cdot 1/3,56 = 3075 \text{ кДж/ч.}$$

Здесь $q_n = 691 \text{ Вт/м}^2$ и $q_p = 126 \text{ Вт/м}^2$ найдены по **табл. 2.4** при географической широте 56° с.ш. для горизонтальной поверхности.

2.3.4 Тепло, выделяемое остывающей горячей пищей

Поступление явной теплоты от остывающей пищи в торговых залах столовых, кафе и ресторанов определяется по формуле

$$Q_{i\ddot{y} . \ddot{y}} = \frac{q_i \tilde{n}_i (t_{i.\ddot{i}} - t_{e.\ddot{i}}) n}{z_i} \quad (2.17)$$

где q_n — средняя масса всех блюд на одного обедающего (обычно равна 0,85 кг); c_n — средняя теплоемкость блюд, входящих в состав обеда (обычно равна 3,35 кДж/(кг·°C)); $t_{n.n}$, $t_{к.n}$ — начальная и конечные температуры пищи, поступающей в обеденный зал (70 и 40 °C); z_n — продолжительность принятия пищи одним человеком (для ресторанов 1 час, для столовых 0,5 - 0,75 часа, для столовых самообслуживанием 0,3 часа); n — число мест в обеденном зале.

Так как условно считается, что поступления скрытой теплоты равны поступлениям явной, то полные теплоизбытки от остывающей пищи $Q_{\text{пищ.п}}$, кДж/ч, равны

$$Q_{\text{пищ.п}} = 2 \cdot Q_{\text{пищ.я}}$$

После определения теплопоступлений в помещение от всех источников, результаты расчета записывают в бланк, форма которого приведена в табл. 2.9.

Таблица 2.9. Тепловой баланс помещений

№ п.п	Наименование помещения	Расчетный период года	Теплопоступления, кДж/ч					
			явного тепла					Всего
			от людей	от искус. освещ.	от сол. радиац.	от тех. оборуд.	от проч.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Теплый						
		Холодный						

Продолжение таблицы.2.9.

скрытого тепла			Всего	Избыток тепла, кДж/ч	
от тех. оборуд.	от людей	от проч.		явного тепла	полного тепла
10	11	12	13	14	15

3. РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

3.1. Определение влагопоступления

3.1.1. Поступление влаги от людей

Влага от людей поступает в помещения в результате испарения с кожи и с выдыхаемым воздухом. Так же как и тепловыделения, влагопоступления от людей зависят от многих факторов. В таблицах, используемых в вентиляционных расчетах, приводятся данные по влаговыделениям в зависимости от температуры окружающего воздуха, и интенсивности выполняемой людьми работы (см. табл. 6.1). Для определения массы поступившей от людей влаги $W_{\text{люд}}$, г/ч, суммируют влаговыделения от людей, занятых деятельностью, отнесенной к различным категориям:

$$W_{\text{люд}} = m_{\text{пок}} \times n_{\text{пок}} + m_{\text{л}} \times n_{\text{л}} + m_{\text{ср}} \times n_{\text{ср}}, \quad (3.1)$$

где $m_{\text{пок}}$, $m_{\text{л}}$, $m_{\text{ср}}$ — количество влаги, выделяемой человеком соответственно в покое, при легкой работе и при работе средней тяжести, г/ч, (определяется по табл. 2.1); $n_{\text{пок}}$, $n_{\text{л}}$, $n_{\text{ср}}$ — число людей, соответственно находящихся в покое, занятых легкой работой или работой средней тяжести.

При расчетах для определения количества влаги, поступающей от женщин, к табличному значению вводится коэффициент 0,85 и коэффициент 0,75 для определения влаговыделений от детей до 10 лет. Если люди находятся в помещении в верхней одежде, вводится дополнительный коэффициент 0,75.

3.1.2. Выделение влаги от остывающей пищи

Количество испаряющейся влаги $W_{\text{вл}}$, кг/ч, от остывающей пищи в торговых залах столовых, кафе и ресторанов определяется по величине скрытых теплоизбытков, условно принимаемых равными явным, по формуле

$$W_{\text{вл}} = \frac{K \cdot Q_{\text{пищ.ск}}}{(2500 + 1,8t_n)}, \quad (3.2)$$

где $Q_{\text{пищ.ск}}$ — тепловыделения от горячей пищи, кДж/ч, определяются по формуле 2.17; K — понижающий коэффициент, учитывающий наличие на пище жировой пленки, которая затрудняет испарение влаги. Коэффициентом K учитывается также неравномерность потребления пищи. Обычно $K = 0,34$; 2500 — удельная теплота испарения воды при 0°C , кДж/кг; 1,8 — теплоемкость водяных паров, кДж/кг $^\circ\text{C}$; t_n — средняя температура пищи (равна 55°C).

3.2. Определение газовыделений

Основной газообразной вредностью в помещениях жилых и общественных зданий является углекислый газ, выделяемый при дыхании человека.

Количество углекислого газа, г/ч, выделяемого в помещении людьми, зависит от интенсивности выполняемой работы и рассчитывается по формуле

$$G_{CO_2} = q_{CO_2} \cdot n, \quad (3.3)$$

где q_{CO_2} - количество углекислого газа, выделяемого одним человеком (табл.2.1), г/ч; n - количество людей в помещении;

Для помещений, воздухообмен которых определяют расчетом по условию разбавления вредных выделений до предельно допустимых концентраций или ассимиляций тепло- и влагоизбытков помещения, составляется сводная таблица вредностей, выделяющихся в помещении. Форма таблицы представлена ниже.

Таблица 3.1. Сводная таблица вредностей, выделяющихся в помещении

№ п.п	Наименование помещения	Объем помещения, м ³	Расчетный период года	Тепловые избытки				Влаго-выделения, кг/ч	Газо-выделения, г/ч
				явное тепло		скрыт. тепло	полное тепло		
				кДж/ч	кДж/м ³ ·ч	кДж/ч	кДж/ч		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Теплый						
			Холодный						

Примечание. Графа 6 – отношение избытков явного тепла к объему помещения (является характеристикой теплonaпряженности помещения и применяется при выборе расчетной температуры в помещении).

4. РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНОВ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

4.1. Воздухообмен по величине нормативной кратности

Воздухообмен, то есть количество приточного или вытяжного воздуха (или того и другого) должен быть определен для каждого помещения в отдельности.

Для большинства помещений гражданских зданий санитарными или строительными нормами по проектированию данных зданий (например: детские сады; общеобразовательные школы; магазины и тд.) в разделе «Отопление и вентиляция» установлены нормы воздуха подаваемого или удаляемого (или того и другого) из помещений. Выдержки из этих норм для некоторых зданий содержат справочники по проектированию отопления и вентиляции [16-20].

Однако есть помещения, для которых в нормах указано, что воздухообмен следует определять по “расчету”. Это значит он должен быть определен из условия разбавления вредных выделений газов и паров до допустимой концентрации, а также ассимиляции тепло- и влагоизбытков помещения. Для таких помещений нормами устанавливается минимальный воздухообмен. Минимальное количество наружного воздуха подаваемого в помещения на одного человека по СП 60.13330.2012, прил. К:

- для рабочих помещений кабинетов, офисов общественных зданий административного назначения – $40 \text{ м}^3/\text{ч}$ с естественным проветриванием и $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ – при невозможности естественного проветривания (нормы установлены для людей, находящихся в помещении более двух часов непрерывно);

- для помещений, в которых люди находятся не более двух часов непрерывно – $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ при невозможности естественного проветривания (кинотеатры, театры и др.).

В других помещениях общественного назначения норму наружного воздуха следует принимать по требованиям соответствующих нормативных документов.

При проектировании вентиляции воздухообмен устанавливают для трех периодов года: теплого, холодного и переходного.

В курсовом проекте расчет требуемого воздухообмена общеобменной вентиляции допускается производить только для теплого и холодного периодов года.

Нормами воздухообмен может быть установлен для разных помещений по разному:

- готовое значение вытяжки или притока в $\text{м}^3/\text{ч}$ (например: в санузлах на 1 унитаз $50 \text{ м}^3/\text{ч}$; в душевых на 1 кабину $75 \text{ м}^3/\text{ч}$ и т.д.);
- в $\text{м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади пола помещений;
- нормативной кратностью воздухообмена K (по притоку или по вытяжке).

Нормативная кратность используется для расчета воздухообмена в рядовых помещениях с избытками в основном CO_2 и тепла. Расчетный воздухообмен помещения, L , в этих случаях должен составлять, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$L_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot V_{\text{пом}}; \quad L_{\text{выт}} = K_{\text{выт}} \cdot V_{\text{пом}}, \quad (4.1)$$

где $K_{\text{пр}}$, $K_{\text{выт}}$ – нормативная кратность воздухообмена помещения, соответственно по притоку или вытяжке ч^{-1} ;

$V_{\text{пом}}$ – объем помещения, м^3 .

Значение K приводится в соответствующих главах СП и справочниках (7;8;9) в зависимости от назначения здания и помещения. Результаты расчета воздухообмена заносят в таблицу 4.1.

Таблица 4.1. Расчетные воздухообмены

№ п/п	Наименование помещения	Размеры помещения (a×b×h), м	Объем помещения, м ³	Нормативная кратность воздухообмена		Расчетный воздухообмен, м ³ /ч	
				приток	вытяжка	приток	вытяжка
1	2	3	4	5	6	7	8

Примечание. При отсутствии в нормах указаний о величине кратности для некоторых помещений, по согласованию с консультантом, можно принять ее равной кратности сходных по назначению помещений.

Для некоторых помещений, таких как, например, коридор воздухообмен согласно нормам определяется по “балансу”.

Это означает, что если нормированные кратности воздухообмена по притоку и вытяжке для отдельных помещений не совпадают, количество воздуха, необходимого для полного баланса, подается в соседние помещения или помещения коридоров. Для каждого этажа при коридорной системе или для группы помещений на этаже, выходящих в общий коридор (шлюз), необходимо в дальнейшем определять суммарные воздухообмены по притоку и вытяжке. Разницу между суммарным притоками и вытяжкой – «дебаланс» следует подавать (при избыточной вытяжки) или удалять (при избыточном притоке) из общего шлюза.

Воздухообмен помещений, для которых не указаны величины нормативных кратностей, следует определять расчетом по условию разбавления вредных выделений до предельно допустимых концентраций или ассимиляций тепло- и влагоизбытков помещения.

4.2. Расчет воздухообмена отдельных помещений

4.2.1. Расчет количества приточного воздуха по разбавлению газовых вредностей

Определение необходимого воздухообмена в помещении для разбавления концентраций CO_2 до предельно допустимой производится по формуле:

$$L_{CO_2} = \frac{G_{CO_2}}{C_{дон} - C_o}, \quad (4.2)$$

где G_{CO_2} - количество выделившегося углекислого газа в помещении, г/ч;

$C_{дон}$, C_o – концентрации углекислого газа в помещении и снаружи, г/м³.

Для расчета воздухообмена по CO_2 необходимо принять расчетные концентрации углекислого газа в наружном и внутреннем воздухе.

Концентрация CO_2 в наружном воздухе, г/м³:

Для центра большого города (свыше одного млн. жителей) – 0,75, для района в черте города – 0,5, для загородной зоны либо небольших поселков – 0,4.

Концентрация CO_2 в воздухе помещений, г/м³:

В лечебных и детских учреждениях – 1; в актовых, зрительных, спортивных залах и в подсобных помещениях с большим количеством людей – 1,5; в помещениях временного пребывания людей (магазины, кинотеатры) – 2;

Обычно величина L_{CO_2} определяет минимальное количество наружного воздуха, которое необходимо подать в помещение.

4.2.2. Количество приточного воздуха по ассимиляции тепло и влагоизбытков

Приточный воздух поступая в помещение с параметрами $t_{пр}$, $d_{пр}$, $I_{пр}$, воспринимая тепло и влагоизбытки меняет свои параметры до t_v , d_v , ϕ_v , I_v , а далее до t_{yx} , d_{yx} , I_{yx} . Количество приточного воздуха ($G_{пр}$, кг/ч) должно быть таким, чтобы при заданных теплоизбытках в помещении установились параметры воздуха t_v , ϕ_v в соответствии с нормами для этих помещений.

Последовательность расчета требуемого воздухообмена в помещении следующая: 1) задаются параметрами приточного и уходящего из помещения воздуха; 2) определяют требуемый воздухообмен для данного периода по вредным выделениям; 3) проводят расчет раздачи приточного воздуха, 4) уточняют правильность выбора параметров последнего.

Если стандартные воздухораспределители не обеспечивают в обслуживаемой зоне помещения допустимые параметры, то расчет требуемого воздухообмена повторяют, задаваясь другими параметрами приточного воздуха.

В курсовом проекте по вентиляции гражданских зданий допускается не производить расчета развития приточных струй, т.е. проверки соответствуют ли параметры в струе при входе её в рабочую зону (на рабочее место) нормативным параметрам (t_v , ϕ_v , ϑ_v) в помещении.

При расчете воздухообмена по ассимиляции тепло- и влагоизбытков должны быть известны избытки явного ($Q_{я}$), полного ($Q_{п}$) тепла, влагоизбытки (W). Кроме того необходимо знать параметры приточного и удаляемого воздуха.

Расчет воздухообмена по явным теплоизбыткам определяется по формуле:

$$G_{np} = \frac{Q_{я}}{c_{\phi} \cdot (t_{yd} - t_{np})}, \quad (4.3)$$

тогда

$$G_{np} = L_{np} \cdot \rho_{np} \text{ отсюда } L_{np} = G_{np} / \rho_{np},$$

где G_{np} , L_{np} – потребное количество приточного воздуха, соответственно кг/ч и м³/ч;

$Q_{я}$ – избытки явной теплоты, кДж/ч;

c_v – удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг/°С);

$t_{уд}$ – температура удаляемого воздуха, °С;

t_{np} – температура приточного воздуха, °С.

ρ_{np} – плотность приточного воздуха, принимаемая в зависимости от температуры воздуха t , °С

$$\rho_{np} = 353 / (273 + t)$$

Методика определения температуры удаляемого воздуха приведена в разделе “Параметры наружного климата и воздуха в помещении”.

Температура приточного воздуха зависит от способа обработки воздуха. Если в теплый период года воздух подается без обработки (что является экономически целесообразным), то температура притока равна температуре наружного воздуха т.е. $t_{пр} = t_n$.

Расчет воздухообмена по явным теплоизбыткам не требует применения I–d-диаграммы, однако он не дает возможности оценить влажностное состояние воздуха в помещении (т.е. определить какая влажность воздуха установится в помещении и соответствует ли её значение нормативному), поэтому им пользуются при расчете воздухообменов в сухих помещениях при значении углового коэффициента луча процесса в помещении $\varepsilon \geq 40000$ кДж/кг (10. прил.И).

В помещениях с тепло- и влагоизбытками воздухообмен определяется с помощью I–d-диаграммы с одновременным учетом изменения энтальпии ΔI , кДж/кг, сухого воздуха и влагосодержания Δd , г/кг, сухого воздуха.

Основной характеристикой изменения параметров воздуха в помещении является отношение избыточного полного тепла Q_n , кДж, к влаговыведениям W , кг, называемое тепловлажностным отношением или угловым коэффициентом луча процесса в помещении ε , кДж/кг:

$$\varepsilon = Q_n / W = \frac{Q_n / G_{np}}{W / G_{np}} = \frac{\Delta I}{\Delta d} , \quad (4.4)$$

где Q_n — избытки полного тепла, кДж/ч,

W — влагоизбытки, кг/ч.

Если избыточное полное тепло Q_n измеряется в Вт, то выражение (4.4) принимает вид

$$\varepsilon = 3,6 \cdot Q_n / W$$

Эта характеристика удобна при расчетах воздухообменов с использованием I–d диаграммы влажного воздуха.

Угловой коэффициент луча процесса определяется для теплого и холодного периодов года для каждого помещения, для которых воздухообмен определяется по “расчету”.

Если имеют место в помещении тепло- и влагоизбытки, то расчет следует производить не только по формуле 4.3, но и по формулам 4.5 и 4.6;

по избыткам полного тепла

$$G_{np} = \frac{Q_{II}}{I_y - I_{np}}; \quad (4.5)$$

по избыткам влаги

$$G_{np} = \frac{W_{вл}}{(d_y - d_{np}) \cdot 10^{-3}}. \quad (4.6)$$

где Q_n – избытки полной теплоты, кДж/ч;

$W_{вл}$ – избытки влаги, кг/ч;

I_y – энтальпия удаляемого воздуха, кДж/кг;

I_{np} – энтальпия приточного воздуха, кДж/кг;

d_y, d_{np} – влагосодержание, г/кг, сухого воздуха, соответственно удаляемого и приточного.

При правильном построении процесса на $I - d$ диаграмме результаты расчета по формулам (4.3), (4.5) и (4.6) совпадают.

Чтобы определить параметры приточного и удаляемого воздуха строим процесс изменения состояния воздуха в $I - d$ диаграмме.

Теплый период года

При обычной общеобменной вентиляции в теплый период года воздух подается без обработки (только очищается от пыли в фильтрах) или подвергается адиабатическому охлаждению в форсуночной камере. В первом случае параметры приточной точки совпадают с параметрами наружного воздуха (т. $П$ совпадает с т. $Н$). Для определения параметров внутреннего и удаляемого воздуха через точку $Н$ проводят луч процесса теплого периода (рис. 4.1, а) до пересечения с изотермой, соответствующей принятому значению допустимой температуры внутреннего воздуха (т. $В$) и далее до изотермы, соответствующей температуре удаляемого воздуха (т. $У$). Температура удаляемого воздуха $t_y, ^\circ\text{C}$ рассчитывается по формуле (2.19)

Если точка $В$ оказалась за пределами области допустимых параметров внутреннего воздуха, следует применять адиабатическое охлаждение или искусственное охлаждение (с применением холодильных установок). В случае использования адиабатического охлаждения (рис. 4.1, б) в $I - d$ -диаграмме через точку $Н$ проводится адиабата $I_n = \text{const}$ до $\phi = 90 \div 95\%$. Полученная точка $К$ соответствует состоянию воздуха после камеры орошения. За счет нагревания воздуха в воздуховодах и вентиляторе температура приточного воздуха будет выше на $0,5 - 1,5 ^\circ\text{C}$.

значения энтальпий I и влагосодержаний d для указанных точек $H(П)$, B , $У$: для точки $H(П)$ $t_H=24$ °С; $I_H=48$ кДж/кг; $d_H=9,5$ г/кг, для точки B $t_B=27$ °С; $I_B=68$ кДж/кг; $d_B=16$ г/кг, для точки $У$ $t_Y=28,7$ °С; $I_Y=72$ кДж/кг; $d_Y=17,2$ г/кг

Зная параметры наружного (приточного), внутреннего и удаляемого воздуха, можно определить количество вентиляционного воздуха, используя при этом формулы (4.3); (4.5); (4.6): по избыткам полного тепла $G_{np} = Q_n / (I_Y - I_{np}) = 130200 / (72 - 48) = 5425$ кг/ч; по избыткам влаги $G_{np} = W / (d_Y - d_{np}) \cdot 10^{-3} = 42000 / (17,2 - 9,5) = 5454$ кг/ч; по избыткам явного тепла $G_{np} = Q_n / [c_a(t_Y - t_{np})] = 25500 / [1 \cdot (28,7 - 24)] = 5425$ кг/ч. Так как, полученные значения совпадают, то следовательно, построение процесса на $I - d$ диаграмме выполнено верно.

При расчете воздухообмена нескольких помещений может приточная точка $П$ быть одна, а внутренняя B и удаляемая $У$ разными.

4.2.3. Определение количества приточного воздуха и его параметров в холодный период года

В холодный период года воздухообмен может быть так же определен по формулам 4.3, 4.5 и 4.6. Но в этом случае должна быть известна температура притока. В холодный период года приточный воздух подогревается в калорифере. Поэтому в отличие от теплого периода года при общеобменной вентиляции (т.е. без искусственного охлаждения воздуха), когда t_{np} равна наружной или определена адиабатической обработкой в форсуночной камере, в холодный есть возможность создать различную t_{np} , в зависимости от степени подогрева в калориферах (в секциях подогрева).

Температуру приточного воздуха, с экономической точки зрения, желательно принимать как можно более низкой, так как это приводит к сокращению воздухообмена, потребного для ассимиляции теплоизбытков.

Однако снижение температуры притока может привести к возникновению дискомфортных условий вблизи действия приточных струй. При высоте помещений жилых и общественных зданий до 3 м принимают температуру притока ниже температуры внутреннего на 2 – 3 °С, при высоте помещений более 3 м – ниже температуры внутреннего воздуха на 4 – 6 °С. Большее понижение значения t_H возможно, но при его выборе необходимо гарантировать соблюдение заданных СП параметров воздуха в обслуживаемой зоне помещений, подтвердив его расчетом приточной струи [10].

Если задаться температурой притока в холодный период года и определить воздухообмен, он может оказаться не равным летнему (обычно меньше летнего).

Как правило, проектируется одна и та же приточная вентиляционная установка, обслуживающая помещения и в холодный и в теплый периоды. Поэтому в помещениях, где невозможно в теплый период года естественное проветривание, воздухообмен в холодный период принимается равным потребному воздухообмену для теплого периода как максимально ожидаемому, т.е. $L_{np}^3 = L_{np}^л$. Следовательно, при заданном количестве вентиляционного воздуха расчет зимнего режима сводится к нахождению необходимых параметров приточного воздуха, а также к определению величины влажности

внутреннего воздуха при условии, что обработка приточного воздуха зимой состоит только в его подогреве.

Как правило, при обычной вентиляции увлажнение воздуха в форсуночных камерах в холодный период не производится.

Используя формулу 4.3 для холодного периода можно определить температуру притока, если пренебречь изменением плотности воздуха в зависимости от его температуры и принять

$$\text{при} \quad L_{np}^{mn} = L_{np}^{xn}, \quad \rho_{np}^{mn} = \rho_{np}^{xn} \text{ и } G_{np}^{mn} = G_{np}^{xn},$$

$$\text{тогда} \quad t_{np}^{xn} = t_{y\partial}^{xn} - \frac{Q_y^{xn}}{cG_{np}} \quad (4.7)$$

Однако, может оказаться большая разница в плотностях и пренебрегать ею не стоит.

Тогда температуру притока в холодный период года можно определить используя следующие уравнения:

$$\begin{aligned} t_{np}^{xn} &= t_{y\partial}^{xn} - \frac{Q_y^{xn}}{cG_{np}} & G_{np} &= L_{np} \cdot \frac{353}{273 + t_{np}}, \\ \text{тогда} \quad t_{np} &= \frac{353t_{y\partial}L_{np} - 273Q_y}{353L_{np} + Q_y} \end{aligned}$$

Температуру притока можно определить и методом последовательного приближения: задаться ориентировочно t_{np} , определить ориентировочное значение G_{np} и по уравнению 4.7 вычислить t_{np} . Если полученное значение очень отличается от ориентировочного, следует снова перезадаться t_{np} , пока полученное значение не совпадет с ориентировочным.

Температуру удаляемого воздуха в холодный период определяют так же как и в теплый период по температурному градиенту, принятому в зависимости от удельных избытков тепла.

Если в холодный период получился перепад температур $\Delta t = t_v - t_{np}$ больше рекомендуемых, то либо обосновать принятие такой температуры притока расчетом приточной струи (о чем говорилось раньше) или задаться рекомендуемым перепадом температур, а значит и t_{np} для холодного периода и определить требуемый воздухообмен для холодного периода, а для теплого тогда можно принять $L_{np}^{mn} = L_{np}^{xn}$.

При выборе схемы обработки воздуха в холодный период – прямоточной или с использованием рециркуляции – следует прежде всего в нормативных документах выяснить допустимо ли применять рециркуляцию воздуха в данном помещении.

Характерные точки на $I - d$ -диаграмме для холодного периода прямоточной вентиляции показаны на рис. 4.3.

Через точку H проводим луч подогрева наружного воздуха в калорифере $d_H = \text{const}$. Точка $П$ находится на пересечении линии $d_H = \text{const}$ с изотермой притока t_{np}^3 . Для построения точек B и $У$ через точку $П$ проводят луч процесса (ϵ) до пересечения с изотермами t_θ и t_y .

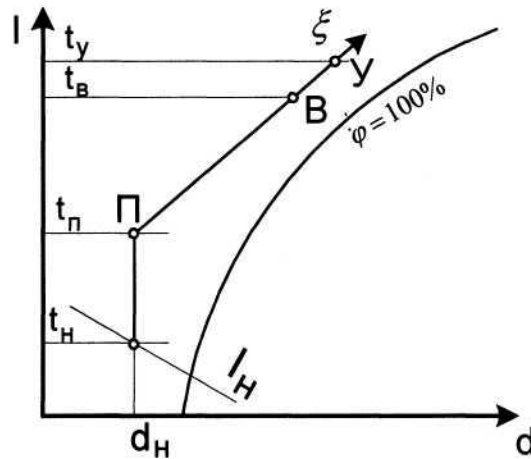


Рис. 4.3. Процессы изменения состояния воздуха при воздухообмене помещений в холодный период года.

Приток воздуха в помещения может осуществляться в несколько помещений от одной приточной камеры. Нормами для некоторых зданий указано для каких помещений приточные системы (а значит и приточные камеры) следует проектировать отдельными. Например: в зданиях предприятий общественного питания с числом посадочных мест более 100, предусматриваются отдельные приточные системы для торговых залов и производственных помещений. В зданиях административных учреждений и проектных организаций отдельными проектируются приточные системы для конференцзалов, предприятий общественного питания и всех остальных помещений.

Если воздухообмен для нескольких помещений, в которые приток планируется осуществлять от одной приточной камеры принят по летнему периоду и требуемая температура притока определенная по формуле 4.7. получилась для разных помещений разная, то:

во-первых если разница не велика, то следует задаться одной для всех помещений $t_{пр}$, и рассчитать, какая температура воздуха в помещении возникнет из уравнения

$$t_y - t_{пр} = \frac{Q_y}{G_{пр}} = t_в + gradt(H - 1,5) - t_{пр} = \frac{Q_y}{G_{пр}}$$

Если окажется, что не для всех помещений $t_в$ окажется в пределах допустимых нормами значений, надо скорректировать либо $t_{пр}$ либо $G_{пр}$ отдельных помещений.

во вторых можно подавать от одной приточной камеры недогретый до требуемой температуры воздух, предусмотрев в каналах – ответвлениях для отдельных помещений калориферы – догреватели, т.е. зональные доводчики, которые и позволят создавать разные температуры притока в разные помещения.

4.2.4. Процессы изменения состояния приточного воздуха в $I-d$ диаграмме при применении рециркуляции

В помещениях с большим количеством избыточного тепла при отсутствии в них выделений вредных газов и пыли обычно в зимнее время применяют частичную рециркуляцию внутреннего воздуха.

Целесообразность применения рециркуляции объясняется экономией тепла, расходуемого на подогрев приточного (воздуха). В системах вентиляции, использующих рециркуляцию воздуха, общее количество воздуха $L_{пр}$, потребное для борьбы с теплом и влагой, обычно бывает больше количества свежего наружного воздуха L_n , потребного для удовлетворения санитарных норм. Поэтому количество рециркуляционного воздуха, взятого из помещения для повторного использования, будет равно $L_p = L_{пр} - L_n$. В результате смешивания наружного и рециркуляционного воздуха в приточной камере температура наружного воздуха повышается и вследствие этого сокращается расход тепла на подогрев приточного воздуха (смеси).

Так как в летний период приточный воздух нагреванию не подвергается и подается в помещение с параметрами, соответствующими наружному воздуху, то, естественно, применять рециркуляцию в этот период нецелесообразно, т.е. для теплого периода года приточная схема вентиляции.

В холодный период при использовании рециркуляции количество приточного воздуха может быть принято (так же как при прямотоке) по летнему режиму и определена требуемая температура притока как представлено выше в п. 4.2.3.

Общее количество приточного воздуха $L_{пр}$ ($G_{пр}$) будет складываться из количества наружного L_n (G_n) и рециркуляционного L_p (G_p), поэтому

$$G_p = G_{пр} - G_n \quad \text{или} \quad L_p = L_{пр} - L_n$$

Количество наружного воздуха L_n определяется из расчета воздухообмена по газовым вредностям (по CO_2) или по нормам подачи наружного воздуха на человека по соответствующим нормативным документам (СП).

Построение процесса зимнего режима на $I-d$ -диаграмме начинают с нанесения точки H , соответствующей состоянию наружного воздуха (рис. 4.4). Так как тепло и влага, выделяющиеся в помещении, ассимилируются только наружным воздухом, содержащимся в смеси с рециркуляционным, то количество влаги, приходящейся на 1 кг сухой части наружного воздуха, составит:

$$d_y - d_n = (W / G_n) \cdot 10^3 \quad (4.8)$$

Тогда влагосодержание удаляемого воздуха будет равно:

$$d_y = d_n + (W / G_n) \cdot 10^3 \quad (4.9)$$

Проведя линию $d_y = const$ до пересечения с изотермой, соответствующей температуре удаляемого воздуха, получим точку $У$, параметры которой соответствуют состоянию удаляемого воздуха в зимнее время. Соединив точку H с точкой $У$, получим прямую смеси внутреннего и наружного воздуха.

Чтобы получить точку смеси C на этой прямой, воспользуемся пропорцией

$$G_{\text{пр}}/HY = G_{\text{н}}/UC, \text{ откуда } UC = (G_{\text{н}}/G_{\text{пр}}) \cdot HY$$

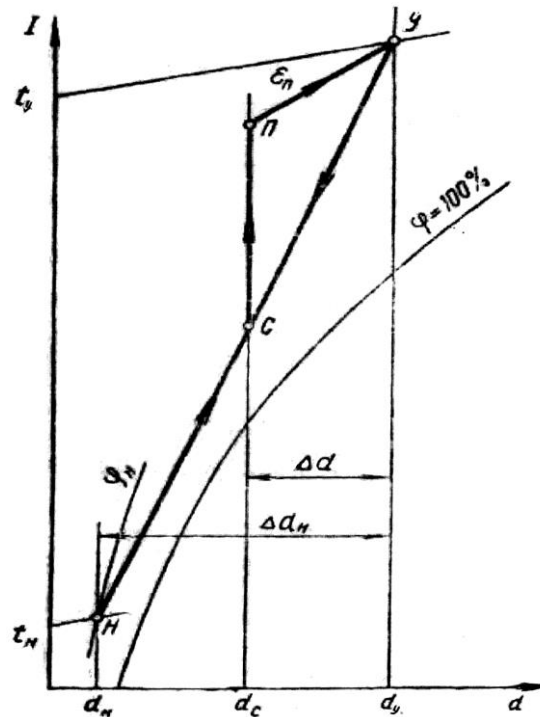


Рис. 4.4. Графический расчет воздухообмена при применении рециркуляции и подогрева

Отложив от точки Y отрезок YC , получим искомую точку смеси C . Эту точку можно найти, если определить величину ассимилирующей способности вентиляционного воздуха по влаге (или теплу):

$$\Delta d = (W/G_{\text{пр}}) \cdot 10^3, \quad (4.10)$$

а затем найти влагосодержание точки смеси C :

$$d_c = d_n = d_y - \Delta d. \quad (4.11)$$

Чтобы найти точку, определяющую состояние приточного воздуха, через точку Y проведем луч процесса ϵ в помещении, а через точку C — луч процесса подогрева $d_c = \text{const}$. Точка $П$ пересечения этих лучей будет определять необходимое состояние приточного воздуха.

Найти на I — d -диаграмме положение точки $П$ и B можно и другими способами. Например луч $d_c = \text{const}$ провести до изотермы $t_{\text{пр}}$ получим точку $П$, а соединив $П$ и Y на пересечении этой линии с изотермой $t_{\text{в}} = \text{const}$ получим точку B .

Чем больше используется рециркуляция воздуха, тем меньше приходится греть смесь. Целесообразно попробовать обойтись без применения калорифера.

Рассмотрим далее вариант применения рециркуляции в том случае, когда избытки явного тепла в помещении весьма велики, а количество наружного воздуха составляет небольшой процент от общего количества воздуха,

вследствие чего дополнительно подогревать приточный воздух (смесь) с помощью калорифера не требуется.

При построении подобного процесса на $I-d$ -диаграмме предполагается, что общее количество вентиляционного воздуха, также как и в предыдущем случае, было определено на основании расчета летнего режима. При построении рассматриваемого процесса зимнего или переходного режима это количество воздуха также сохраняется.

Построение процесса на $I-d$ -диаграмме (рис. 4.5) начинают с нанесения точки H , соответствующей состоянию наружного воздуха. Через эту точку проводят линию луча процесса в помещении $\varepsilon = \text{const}$ до пересечения его с изотермой заданной удаляемой температуры t_y (точка U определяет параметры удаляемого воздуха). Линию HU в этом случае можно рассматривать не только как линию луча процесса в помещении, но и как линию смеси наружного и рециркуляционного воздуха.

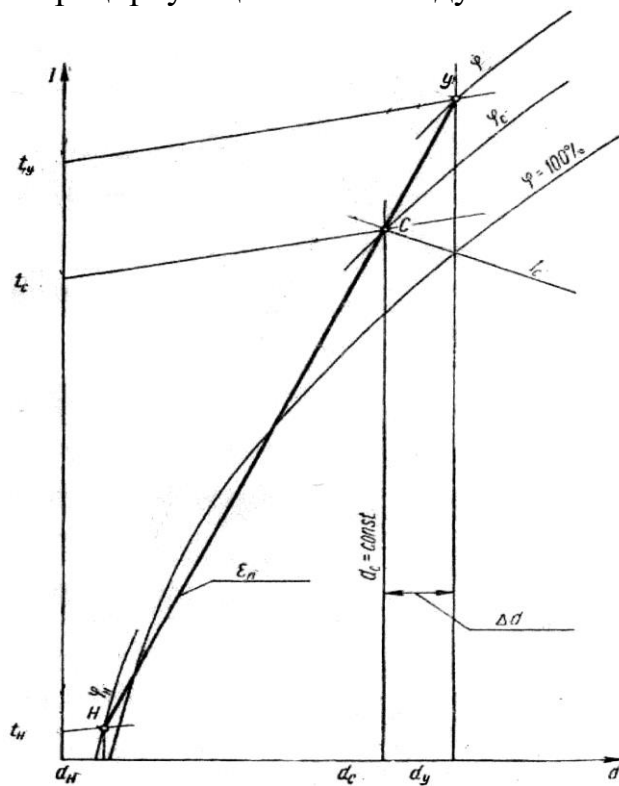


Рис. 4.5. Графический расчет воздухообмена при применении рециркуляции, но без последующего подогрева

Зная величину $L_{\text{пр}}$ (полученную расчетом для летнего режима) и определив $G_{\text{пр}}$, находим влагосодержание приточного воздуха:

$$d_c = d_{\text{п}} = d_y - (W / G_{\text{пр}}) \cdot 10^3 = d_y - \Delta d. \quad (4.12)$$

Через точку на оси абсцисс, соответствующую полученному значению d_c , приводим линию $d_c = \text{const}$ до пересечения с линией смеси HU (луча процесса). Точка пересечения C в этом случае будет определять необходимые параметры приточного воздуха.

Для определения количества наружного воздуха воспользуемся пропорцией

$$G_{\text{пр}}/HY = G_{\text{н}}/YC, \text{ откуда } G_{\text{н}} = (G_{\text{пр}} \cdot YC)/HY$$

Количество рециркуляционного воздуха будет равно

$$G_{\text{р}} = G_{\text{пр}} - G_{\text{н}} \quad (4.13)$$

$$L_{\text{р}} = G_{\text{пр}} / \rho_{\text{пр}}^3 - G_{\text{н}} / \rho_{\text{н}}.$$

Характерная особенность рассматриваемого случая заключается в том, что отпадает необходимость нагрева приточного воздуха в калорифере, так как заданные параметры приточный воздух приобретает только в результате смешивания его с рециркуляционным.

Практически применять последний вариант обработки воздуха можно лишь в тех случаях, когда значения углового коэффициента луча процесса в помещении не ниже 6400, т. е. когда преобладает выделение явного тепла при незначительном выделении влаги. При меньших значениях углового коэффициента луча процесса точка *C* может оказаться за пределами кривой $\varphi = 100\%$, что будет свидетельствовать о выпадении конденсата из воздуха, а точка *B*, соответствующая состоянию внутреннего воздуха, будет находиться в области таких значений относительной влажности, которые выше допустимых ее пределов.

От одной приточной камеры нельзя подавать приток в помещения, для которых воздухообмен определен по тепло- и влагоизбыткам и применяется рециркуляция, и помещения для которых воздухообмен принят минимальным в соответствии с нормами.

4.2.5. Определение количества удаляемого воздуха

Чаще всего для помещений с воздухообменом определенном по расчету обеспечивают воздушный баланс

$$G_{\text{выт}} = G_{\text{пр}}, \quad L_{\text{пр}} = G_{\text{пр}} / \rho_{\text{пр}}, \quad L_{\text{выт}} = G_{\text{выт}} / \rho_{\text{у}}$$

и тогда $L_{\text{пр}} \neq L_{\text{выт}},$

где $G_{\text{пр}}, G_{\text{выт}}$ — количество приточного и удаляемого воздуха, кг/ч;

$L_{\text{пр}}, L_{\text{выт}}$ — объемный расход приточного и удаляемого воздуха, м³/ч.

Для некоторых помещений предусматривается воздушный дисбаланс: $G_{\text{пр}} > G_{\text{выт}}$ — положительный или $G_{\text{пр}} < G_{\text{выт}}$ отрицательный. Например: в обеденный зал воздуха подается больше, чем удаляется, а в кухню наоборот, и воздух из зала перетекает в кухню. В школах приток в классы больше чем вытяжка, а в коридорах только вытяжка. При дисбалансах в помещениях создается либо избыточное давление (подпор) либо разрежение. При организации подпора избыток воздуха перетекает в или смежные помещения или наружу. При отрицательном дисбалансе, т.е. при разрежении в помещении, воздух в помещение перетекает либо из соседних помещений либо с наружи (усиливается инфильтрация воздуха), и в последнем случае надо учитывать, что требуется дополнительное тепло.

Следует иметь ввиду, что значительная величина избыточного давления или разрежения скажется на усилии при открывании дверей, поэтому можно предусматривать в стенах решетки перетекания, которые в отличие от обычных решеток имеют конструкцию, обеспечивающую звукоизоляцию.

Где следует предусматривать “переток” воздуха, как правило, оговорено санитарными или строительными нормами или можно судить по нормам кратности “по притоку” и “по вытяжке”. Например: в столовых в помещениях мойки по нормам кратность по притоку 4, а по вытяжке 6. Значит воздух в количестве 2^x объемов мойки должен мойки должен в мойку перетекать из каких то других помещений в соответствии со схемой размещения помещений.

Количество воздуха удаляемого из обеденных залов в курсовом проекте лучше определять, после того как решен воздухообмен горячего цеха (кухни).

После того как определено количество приточного и вытяжного воздуха, их значения заносятся в табл. 4.2. “Воздушный баланс помещений”.

Таблица 4.2. Воздушный баланс помещений

№ пп.	Наим. помещ.	Период года	Вытяжка, кг/ч (м³/ч)				всего	Приток, кг/ч (м³/ч)				всего
			Местная		Общеобмен.			местный		Общеобмен.		
			Ест.	Мех.	Ест.	Мех.		Ест.	Мех.	Ест.	Мех.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Кроме табл. 4.2. в курсовом проекте заполняется табл. 4.3. “Воздушный баланс по этажам и зданию в целом” с целью определения дисбаланса по этажу.

Таблица 4.3. Воздушный баланс по этажам и зданию в целом

№ пп.	Этаж	Период года	Приток		Вытяжка		Примеч.
			$\text{м}^3/\text{ч}$	кг/ч	$\text{м}^3/\text{ч}$	кг/ч	
1	2	3	4	5	6	7	8

В графу 4 записывается суммарное количество подаваемого, а в графу 6 удаляемого воздуха по этажу ($\Sigma L_{\text{пр}}$, $\Sigma L_{\text{выт}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$). Затем определяют суммарные массовые расходы приточного и вытяжного воздуха, кг/ч, записывают их в графы 5, 7 и делают вывод о необходимости притока или вытяжки из коридора для обеспечения баланса по этажу.

Иногда желательно воздушный баланс составлять для групп смежных помещений. Например: обеденный зал, горячий цех, мойка.

5. Рекомендации по оформлению курсового проекта

5.1. Графическая часть проекта

На планах этажей подвального и чердачного помещений должны наноситься вентиляционные каналы с указанием места расположения

жалюзийных решеток. Обязательно указание размеров всех жалюзийных решеток, горизонтальных воздуховодов расчетных решеток, горизонтальных воздуховодов расчетных систем. У вертикальных каналов размеры указываются лишь на том этаже, где установлена жалюзийная решетка (на остальных этажах вертикальные каналы помечаются цифрой, обозначающей номер этажа). У каждой жалюзийной решетки должна быть начерчена стрелка, показывающая направления движения воздуха с указанием размеров жалюзийных решеток и каналов.

Утепленные воздуховоды показывают на чертеже двойными линиями. Толщину линий на чертежах следует принимать в миллиметрах:

а) на планах и разрезах:

строительных конструкций – 0,2;

контуров технологического оборудования – 0,4;

воздуховодов – 0,6 – 0,8;

б) на схемах вентиляции:

воздуховодов – 0,6 – 0,8;

контуров отдельных установок и оборудования – 0,4;

в) на чертежах отдельных установок и оборудования:

строительных конструкций – 0,4;

вентиляционного оборудования – 0,6;

деталей и узлов – 0,6.

Воздуховоды приточных систем должны быть окрашены в красновато-бурый цвет, вытяжных – в бледно-голубой.

На плане чердачного помещения должны быть помечены вытяжные шахты, у которых на выносной линии делается указание о размерах и конструкции шахты и о наличии зонта или дефлектора, их номер или размер.

Приточные и вытяжные вентиляционные установки должны наноситься на планах и разрезах четко, с соблюдением масштаба и с указанием номера вентиляционной установки (например, П I, В I, ВЕ I).

На вертикальном разрезе зданий указывается высота вытяжных и воздухозаборных шахт, высота расположения жалюзийных решеток над полом и пр.

На аксонометрической схеме вентиляционных систем (вычерчиваются лишь рассчитанные схемы) должны указываться размеры всех участков, номера и расходы воздуха по расчетным направлениям. Кроме этого, стрелками показывается направление движения воздуха, а над стрелкой пишется размер жалюзийной решетки.

5.2. Расчетно-пояснительная записка

Расчетно-пояснительная записка выполняется на двух сторонах стандартного листа бумаги. Листы записки сшиваются вместе с текстом задания. На обложке указывается название института, кафедра и наименование курсового проекта, фамилии руководителя и студента, год и месяц выполнения проекта.

Записка выполняется четким почерком (без сокращения слов и предложений). Изложение материала должно быть кратким. Из повторяющихся расчетов в тексте помещается только первый, который дается подробно: приводятся формулы, значение величин, входящих в нее и их размерность, ссылка на литературу. Аналогичные расчеты сводятся в таблицы. Над каждой таблицей указывается наименование и номер таблицы.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать следующие разделы и параграфы:

Введение.

1. Характеристика объекта (назначение здания, этажность, состав помещений, ориентация по сторонам света, количество людей, наименование и характеристика технологического оборудования).

2. Выбор расчетных параметров воздуха.

2.1. Расчетные параметры внутреннего воздуха.

2.2. Расчетные параметры наружного воздуха (при выборе расчетных параметров обязательно дается полное обоснование принятых параметров, с ссылкой на пункты СНиПа и указание определяющих факторов).

3. Расчет количества вредностей, выделяющихся в помещениях.

3.1. Определение теплового баланса помещений.

3.1.1. Тепловыделения от солнечной радиации.

3.1.2. Тепловыделения от искусственного освещения.

3.1.3. Тепловыделения от технологического оборудования.

3.1.4. Тепловыделения от остывающей горячей пищи.

3.1.5. Тепловой баланс помещений (в форме таблицы).

3.2. Определение влаговыведений.

3.2.1. Влаговыведения от людей.

3.2.2. Влаговыведения от технологического оборудования.

3.2.3. Влаговыведения от остывающей пищи.

3.3. Определение газовой выделений.

4. Расчет воздухообмена.

4.1. Воздухообмен по установленным нормам и кратностям (в форме таблицы).

4.2. Воздухообмен по ассимиляции тепло- и влагоизбытков помещений (указать наименование расчетных помещений). Следует приложить I – d-диаграмму и объяснить построение процессов обработки воздуха на ней для холодного и теплого периодов года.

4.3. Воздухообмен горячего цеха.

4.3.1. Местная вытяжная вентиляция.

4.3.2. Расчет производительности общеобменной вентиляции.

4.4. Воздушный баланс помещений и здания в целом (в форме таблицы).

5. Выбор воздухоприемных и воздухоподающих устройств.

6. Компоновка вентиляционных систем и конструктивные решения (дается описание конкретных конструктивных решений, принятых в разработанном проекте, обоснование объединения в обособленные системы

вытяжных каналов, месторасположение вентиляционного оборудования, тип воздуховодов, их крепление и т.д.).

7. Аэродинамический расчет вентиляционных систем (в записке указывается метод расчета, даются расчетные схемы вентиляционных систем; расчет оформляется в виде таблицы, к таблице прилагается подсчет суммы коэффициентов местных сопротивлений по участкам).

8. Выбор вентиляционного оборудования (приточных камер, калориферов, вентиляторов, электродвигателей, дефлекторов и др.).

9. Охрана труда при эксплуатации вентиляционных установок.

В конце пояснительной записки должен быть список использованной литературы, а также ссылка на отдельные источники, обозначенные цифрами, соответствующими порядковому номеру в списке литературы.

Литература

Основная

1. Каменев П.Н. Вентиляция: (учеб. пособие / Каменев П.Н., Тертичник Е.И. - М.: АСВ, 2008.- 624с.:ил.- Библиогр. в конце кн.- ISBN 978-5-93093-436-6/в пер./: 450.00.
2. Изельт П. Увлажнение воздуха. Системы и применение: (учеб. пособие/ Изельт П., Арнд. У., Вильке М. – М.: Техносфера., 2007. -256с.:ил.- Библиогр. в начале кн.- ISBN 978-5-94836-136-9/в пер./: 512.00.
3. Штокман Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности. (учеб. пособие/ Штокман Е.А., Шилов В.А., Новгородский Е.Е., Скорик Т.А., Амерханов Р.А. – М.: АСВ, 2007.- 632с.:ил.- Библиогр. в начале кн.- ISBN 978-5-93093-522-6 /в пер./: 450.00.
4. Свистунов В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства: (учебник для вузов/ Свистунов В.М., Пушняков Н.К., - СПб.: Политехника., 2007. - 423с. :ил.- Библиогр. в конце кн.- ISBN 5-7325-0349-8 /в пер./: 355.90.
5. Хрусталёв Б.М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование: (учеб. пособие/Хрусталёв Б.М., Кувшинов Ю.Я., Копко В.М. и др. – М.: АСВ, 2008. – 784с.:ил.- Библиогр. в конце кн.- ISBN 978-5-93093-394-9.

Дополнительная

6. Богословский В.Н. и др. Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция. – М.: Стройиздат, 1976. - 439 с.
7. Волков О.Д. Проектирование вентиляции промышленного здания. Харьков.: Выща школа, 1989. - 240 с.
8. Методические рекомендации по расчету систем вентиляции и кондиционирования воздуха в горячих цехах предприятий общественного питания, оснащенных электрическим секционным модулированным оборудованием с местными вентиляционными отсосами. М., 1972. - 63 с.
9. Полушкин В.И., Русак О.Н. и др. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Часть I. Теоретические основы создания микроклимата в помещении. СПб.: Профессия, 2002. - 176 с.
10. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 утв. Минрегион России 30.06.2012: ввод. в действие с 1.01.2013 – М. : ФАУ «ФЦС».
11. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99: утв. Минрегион России 30.06.2012: ввод. в действие с 1.01.2013 – М. : ФАУ «ФЦС».

12. СП 54.13330.2011 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 утв. Минрегион России 24.12.2010: ввод. в действие с 20.05.2011 – М. : ОАО «ЦЦП», 2011.– 36 с.
13. СП 118.13330.2012 Общие здания. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 утв. Минрегион России 29.12.2011: ввод. в действие с 1.01.2013 – М. : ОАО «ЦЦП», 2012.– 77с.
14. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001: утв. Минрегион России 30.12.2010: ввод. в действие с 20.05.2011 – М. : ФГУ «ФЦС», 2011.–17 с.
15. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 утв. Минрегион России 30.06.2012: ввод. в действие с 1.01.2013 – М. : ФАУ «ФЦС», 2012.– 100с.
16. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть II. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Под ред. И.Г. Старовойтова. - М.: Стройиздат, 1978. - 509 с.
17. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1. Под. Ред. Н.Н.Павлова. – М.: Стройиздат, 1992. - 319 с.
18. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 2. Под. Ред. Н.Н.Павлова. – М.: Стройиздат, 1992. - 416 с.
19. Справочное пособие. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.- М.: Пантори, 2003. - 308 с.
20. Титов В.П., Сазонов Э.В. и др. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1985. - 208 с.
21. Вентиляция жилых, общественных и административно-бытовых зданий : учебное пособие / Р. А. Ковалев, Г. Н. Зеленко, В. Ф. Рожков ; ТулГУ, Ин-т горного дела и стр-ва .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2016 .— 356 с. : ил. — Библиогр.: с. 228-229 .— ISBN 978-5-7679-3683-0

Приложение 1

Таблица 1. Варианты заданий на курсовой проект

№ п.п	Наименование пункта	Географическая широта, °с.ш.	Барометрическое давление, гПа	Параметры А			Параметры Б			$t_{н.ср.}$ °C	$I_{ср.}$ Вт/м ²	$t_{ср.от.п.}$ °C	$Z_{от.дн}$
				Температура воздуха, °C	Удельная энтальпия, кДж/кг	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °C	Удельная энтальпия, кДж/кг	Скорость ветра, м/с				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Ачинск	56	970	22,6	49	3,2	-41	-41	1	14,7	327	-7,6	237
2	Барнаул	52	990	23,9	51,9	1	-39	-38,9	2	15,7	329	-7,7	221
3	Бийск	52	970	24,2	51,1	3,1	-38	-38,1	3,1	16,1	329	-7,8	222
4	Братск	56	970	22,5	49	1	-43	-43,1	2	15,0	327	-8,6	249
5	Владимир	56	990	21,4	49,4	3,3	-28	-27,8	3,5	14,9	327	-3,5	213
6	Вологда	48	990	21,1	50,2	1	-31	-30,6	5,2	14,7	328	-4,1	231
7	Воронеж	52	990	24,2	52,3	3,3	-26	-25,3	5,7	14,9	329	-3,1	196
8	Екатеринбург	56	970	20,7	48,1	4	-35	-34,6	5,2	13,9	327	-6,0	230
9	Енисейск	60	990	22,3	48,1	1	-46	-46,3	2	15,3	319	-9,6	245
10	Иваново	56	990	22,2	49,8	2,8	-29	-28,6	3,6	14,9	327	-3,9	219
11	Илимск	56	990	23,1	49,4	1	-45	-45,2	1	14,4	327	-11	255
12	Казань	56	990	22,8	51,1	3,8	-32	-31,7	4	14,9	327	-5,2	215
13	Кемерово	56	990	21,8	50,2	1	-39	-38,9	3,2	15,4	327	-8,3	231
14	Киров	60	990	20,9	50,7	4	-33	-32,6	5,4	14,0	319	-8,3	231
15	Курган	56	990	23,6	51,1	3,2	-37	-36,9	5,2	14,3	327	-7,7	216
16	Курск	52	970	22,9	51	3,5	-26	-25	6,3	15,0	329	-2,4	198
17	Кызыл	52	950	24	48,6	1	-48	-48,1	1	12,8	329	-15	225
18	Липецк	52	990	24,4	50,2	4,1	-27	-26,5	5,4	15,1	329	-3,4	202
19	Челябинск	56	990	22,8	48,1	3,2	-34	-33,5	4,8	14,3	327	-6,5	218
20	Мариинск	56	990	23,2	50,2	1	-40	-39,9	2,2	15,4	327	-7,7	235
21	Минусинск	52	970	24	51,1	1	-40	-40,3	1	15,3	329	-8,8	225
22	Москва	56	990	22,3	49,4	1	-26	-25,3	4	14,7	327	-3,1	214
23	Новосибирск	56	990	22,7	50,2	1	-39	-38,9	2,7	15,7	327	-8,7	230
24	Омск	56	990	22,4	49,4	3,7	-37	-36,8	5	14,3	327	-8,4	221
25	Орел	52	990	23,1	49,8	3,9	-26	-25,3	5	15,0	329	-2,7	205
26	Павлодар	52	990	23,6	51,5	1	-37	-36,8	4	14,3	329	-8,7	206
27	Пенза	52	990	23,8	51,1	1	-29	-28,8	3,8	14,9	329	-4,5	207
28	Рязань	56	990	22,8	49,8	4,1	-27	-26,8	3	15,2	327	-3,5	208
29	Самара	52	990	24,3	52,8	3,2	-30	-29,8	5	14,6	329	-5,2	203
30	Тамбов	52	990	24,5	52,3	2,8	-28	-27,8	3	15,1	329	-3,7	201
31	Тула	56	990	22,2	50,2	3,4	-27	-26,6	3	15,0	327	-3,0	207
32	Тюмень	56	990	22,4	51,5	1	-37	-37,2	4,6	14,5	327	-7,2	225
33	Улан-Удэ	52	930	23,7	49,8	1	-37	-37,1	3	14,2	329	-10,4	237
34	Уфа	56	990	23,4	50,7	1	-35	-34,5	4,2	15,1	327	-5,9	213
35	Хабаровск	48	990	24,1	60,7	4,6	-31	-30,8	6,8	19,6	328	-9,3	211

Приложение 2.

Таблица 2. Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещениях

Назначение помещения	Период года	Категория работ	Температура, °С			Скорость движения воздуха, м/с, не более	Относительная влажность воздуха, %, не более
			в обслуживаемой или рабочей зоне	на постоянных рабочих местах	на непостоянных рабочих местах		
						на постоянных и непостоянных рабочих местах	
Жилое, общественное, административно-бытовое	Теплый		Не более чем на 3 °С выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А)*			0,5	65***
	Холодный и переходные условия		18** - 22	—	—	0,2	65

* Но не более 28 °С для общественных и административно-бытовых помещений с постоянным пребыванием людей и не более 33 °С для указанных помещений, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) 25 °С и выше.