

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. А. Герасимов

СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический
материал по выполнению курсовой работы для студентов,
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки
08.04.01 Строительство

Калининград
2023

Рецензент
доктор технических наук, профессор кафедры строительства
ФГБОУ ВО «КГТУ» И.С. Александров

Герасимов, А. А.

Специальные разделы вентиляции и кондиционирования воздуха – локальный электронный методический материал по выполнению курсовой работы для студ., обучающихся в магистратуре по направлению подгот. 08.04.01 Строительство / **А. А. Герасимов.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 60 с.

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению курсовой работы подготовлено в соответствии с учебным планом и рабочей программой дисциплины «Специальные разделы вентиляции и кондиционирования воздуха» и предназначено для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению подготовки 08.04.01 Строительство.

В учебно-методическом пособии представлены состав и структура работы, методические и справочные материалы, необходимые для выполнения курсовой работы, последовательность выполнения и требования к оформлению пояснительной записки и графической части.

Табл. – 16, список литературы – 16 наименований

Локальный электронный методический материал - учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией Института морских технологий, энергетики и строительства 28.06.2023 г., протокол № 10

Содержание

Введение	4
1. Условия выбора темы и порядок разработки курсовой работы	6
2. Структура и содержание курсовой работы.....	7
3. Требования к оформлению пояснительной записки.	32
4. Организация защиты и критерии оценки курсовой работы	33
Список литературы.....	35
Приложения.....	36

Введение

Курсовая работа по дисциплине «Специальные разделы вентиляции и кондиционирования воздуха» в соответствии с учебным планом подготовки магистров по направлению 08.04.01 «Строительство» выполняется студентами очной и заочной форм обучения в третьем семестре.

Целью выполнения курсовой работы является закрепление и систематизация знаний, умений и навыков, полученных при изучении теоретического курса дисциплины «Специальные разделы вентиляции и кондиционирования воздуха», формирование у обучающихся компетенций, предусмотренных ФГОС ВО. При этом студентам дается возможность самостоятельного решения отдельных вопросов, они знакомятся с комплексом основных задач, связанных с расчетом и проектированием современных, а также специальных систем вентиляции и кондиционирования воздуха зданий различного назначения.

Задачи курсовой работы заключаются в получении практических навыков:

- обоснованного выбора расчетных параметров наружного и внутреннего воздуха с учетом особенностей разрабатываемых систем;
- составления балансов вредностей для расчетных помещений (теплота, влага, вредные газы и пары);
- расчета воздухообменов общеобменной вентиляции в VRF-системах;
- расчета воздухообменов в системах противодымной вентиляции;
- подбора оборудования VRF-систем;
- проектирования и гидравлического расчета холодильного контура и дренажной системы;
- расчета аварийной ситуации нарушения герметичности холодильного контура и разработки мер защиты;
- аэродинамического расчета систем противодымной вентиляции и подбора оборудования;
- выполнения графической части в соответствии с требованиями ГОСТ 21.602-2013.

В результате выполнения курсовой работы студент должен

знать:

- область применения и конкурентные преимущества многозональных систем кондиционирования воздуха с переменным расходом холодильного агента;
- структуру системы, методы её расчета и проектирования, состав и назначение оборудования;
- область применения, назначение и виды систем противодымной вентиляции;
- методы расчета систем противодымной вентиляции, назначение и состав оборудования, требования, предъявляемые к оборудованию;
- состав проектной документации систем вентиляции и кондиционирования воздуха;

уметь:

- производить проектные расчеты VRF-систем и подбирать соответствующее оборудование;
- обеспечивать меры безопасности при возникновении аварийной ситуации, связанной с нарушением герметичности холодильного контура;
- производить обоснованный выбор систем противодымной вентиляции;
- производить проектирование и расчет систем противодымной вентиляции и осуществлять подбор необходимого оборудования;
- разрабатывать проектную документацию на системы вентиляции и кондиционирования воздуха;

владеть:

- навыками поиска, анализа и обобщения (в том числе с использованием современных информационных технологий) необходимой для проектирования научно-технической и справочной информации;
- методами расчета и проектирования разрабатываемых систем вентиляции и кондиционирования воздуха, в том числе с применением современных цифровых технологий, общедоступных программных комплексов, систем автоматизированного проектирования;

– навыками разработки проектной документации, её оформления и представления в завершённом виде.

1. Условия выбора темы и порядок разработки курсовой работы

Курсовая работа состоит из двух частей.

Часть 1. Разработка многозональной системы кондиционирования воздуха с переменным расходом холодильного агента – VRF-система.

Часть 2. Разработка системы противодымной вентиляции общественного здания.

Для выполнения работы студенту выдается бланк-задание, который содержит информацию о назначении объекта, географическом пункте строительства, режиме работы. Указано содержание основных разделов, подлежащих разработке, состав графической части курсовой работы, список рекомендуемой литературы, планы этажей здания и др. Пример бланка-задания представлен в Приложении А. Варианты заданий выдаются студентам в начале семестра, а студентам заочной формы обучения на установочной лекции, либо загружаются в электронную информационную образовательную среду.

Порядок разработки курсовой работы.

Часть 1:

- краткое описание проектируемого объекта;
- выбор расчетных значений параметров наружного и внутреннего воздуха для проектирования VRF-системы общественного здания;
- составление вентиляционного баланса для кондиционируемых помещений;
- проектирование и расчет приточно-вытяжной системы вентиляции для кондиционируемых помещений, подбор оборудования;
- составление баланса теплоты и влаги для кондиционируемых помещений;
- расчет и подбор внутренних блоков VRF-системы;
- проектирование холодильного контура, расчет и подбор наружного блока

VRF-системы;

- расчет аварийной предельно допустимой концентрации фреона;
- расчет трубопроводов холодильного контура VRF-системы;
- расчет дренажных трубопроводов.

Часть 2;

- выбор и обоснование системы противодымной вентиляции для проектируемого здания;
- расчет воздухообменов системы противодымной вентиляции;
- проектирование системы противодымной вентиляции, аэродинамический расчет системы и подбор необходимого оборудования;

Разработка графической части работы (планы этажей здания с размещенным вентиляционным оборудованием, схемы систем, чертежи установок систем вентиляции и кондиционирования, спецификация оборудования, характеристика отопительно-вентиляционных систем)

2. Структура и содержание курсовой работы

Введение

Во введении необходимо описать роль и значение систем кондиционирования воздуха, отметить энергетические и экологические проблемы и способы их решения. Описать область применения и конкурентные преимущества многозональных VRF-систем, обосновать применение системы к проектируемому объекту.

Описать роль и значение систем противодымной вентиляции, требования предъявляемые к системам и оборудованию.

2.1 Краткое описание проектируемого объекта

Указывается назначение проектируемого объекта, географическое положение, ориентация здания по странам света, характеристика объекта в строительном отношении (объем здания, площадь застройки, этажность, конструкция стен, полов, перекрытий, окон и т. д.), состав и назначение отдельных помещений.

Определяется источник теплоты, его местоположение относительно проектируемого объекта, параметры теплоносителя.

2.2 Расчетные параметры наружного воздуха

При высоком уровне требований к обеспеченности внутренних условий проектируют СКВ первого класса, для которых в качестве расчетных значений принимают параметры наружного воздуха (температура и энтальпия) категории Б для ТП и ХП года [1]. Численные значения параметров, необходимые для дальнейших расчетов определяют по СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология», с учетом пояснений, представленных в табл. 10.1 и 10.2 [2]. Могут быть использованы также данные табл. Б.1 Приложения Б. Значения заносят в таблицу 1. Влагосодержание и относительную влажность определяют по $h - d$ - диаграмме.

Таблица 1 – Расчетные значения параметров наружного воздуха г. ..., ... град. с. ш..

Наименование параметра	Обозначение	Значение в ТП	Значение в ХП
Параметры Б: Температура, °С Энтальпия, кДж/кг Влагосодержание, г/кг Относительная влажность, % Скорость ветра, м/с	t_n h_n d_n φ_n v_n		
Максимальная среднесуточная температура самого жаркого месяца, °С Продолжительность отопительного сезона, сут. Средняя температура отопительного сезона, °С	$t_{VII.макс.}$ Z_h t_h		

2.3. Расчетные значения параметров внутреннего воздуха

Нормированные значения параметров внутреннего воздуха для помещений общественных зданий регламентированы ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата» [3]. Для систем кондиционирования

первого класса, в соответствии с [1] принимают значения параметров на оптимальном уровне. При этом в практике проектирования принято для экономии холода в ТП принимать верхние значения температуры и относительной влажности (25 °С и 60 %), а для экономии теплоты в ХП – нижние. Однако для многозональных VRF-систем, когда в руках каждого потребителя имеется пульт управления, ситуация в ТП изменяется – люди, как правило, устанавливают температуру, ниже 25°С. Если этого не учитывать, то холодопроизводительности системы будет недостаточно для обеспечения комфортных условий на оптимальном уровне во всех помещениях [4]. Исследования показали, что наиболее вероятное значение температуры внутреннего воздуха в ТП равно 22 °С, что не противоречит нормам [3]. В ХП следует, в первом приближении, принимать нижние значения температуры и относительной влажности в соответствии с [3] и с учетом категории помещений. Данные заносят в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчетные значения параметров внутреннего воздуха

Номер помещения	Наименование помещения	Категория	Период года	Значения расчетных параметров		
				температура, °С	относит. влажн., %	скорость, м/с
Все	Все	-	ТП	22	60	≤0,3
			ХП			

Разработка многозональной системы кондиционирования воздуха с переменным расходом холодильного агента – VRF-система.

2.4 Тепловой и влажностный баланс помещений

Тепловой и влажностный баланс помещений составляется как сумма поступлений теплоты и влаги от характерных источников. Их состав зависит от назначения помещения и определяется заданием на проектирование. Балансы теплоты и влаги составляют для ТП и ХП года. Для теплого периода года цель расчета баланса состоит в определении максимальных значений избытков теп-

лоты и влаги в помещении. Эти величины служат основанием для выбора производительности (типоразмеров) внутренних блоков VRF-системы. Цель расчета баланса для холодного периода года состоит в определении наименьших избытков и наибольших недостатков теплоты при соответствующих избытках влаги. Их значения служат для определения режима работы и теплопроизводительности внутренних блоков и воздухонагревателей приточной установки.

Для помещений общественных зданий наиболее характерны следующие источники поступлений теплоты.

1. Теплопоступления от людей определяют по формуле

$$Q_{\text{лю}} = q_{\text{лю}}(n_{\text{м}} + 0,85n_{\text{ж}} + 0,75n_{\text{д}}) \quad (1)$$

где $q_{\text{лю}}$ — выделение полной теплоты одним взрослым мужчиной, Вт/чел, принимаемое по данным табл. В.1; $n_{\text{м}}$, $n_{\text{ж}}$, $n_{\text{д}}$ — соответственно число взрослых мужчин, женщин и детей в помещении.

2. Теплопоступления от электрического освещения определяют по формуле

$$Q_{\text{осв}} = A_{\text{пом}} \cdot N_{\text{уд}} \cdot \eta_{\text{осв}}, \quad (2)$$

где $A_{\text{пом}}$ — площадь помещения, м²; $N_{\text{уд}}$ — удельная мощность ламп, Вт/м², принимаемая по данным табл. В.2; $\eta_{\text{осв}}$ — коэффициент, учитывающий поступление теплоты в обслуживаемую зону помещения, если арматура и лампы находятся в потоке вытяжного воздуха или вне помещения — на чердаке, за остекленным ограждением и т. д., то $\eta_{\text{осв}} = 0,55$, если лампы и арматура находятся в помещении, то $\eta_{\text{осв}} = 1,0$.

В теплый период года теплопоступления от искусственного освещения не учитывают. Исключение составляют помещения, не имеющие окон (торговые залы магазинов и др.) и помещения, режим работы которых вечерний или ночной. Частичный учет теплоты от искусственного освещения (с коэффициентом 0,3 – 0,5) в теплый период возможен в помещениях обеденных залов, в фойе театров и кинотеатров и др., в которых часть светильников работает днем. В тепловом балансе холодного и переходного периодов года при избытке теплоты теплопоступления от освещения принимают в полном объеме, при недостатке — в размере 50%.

3. Теплопоступления в результате солнечной радиации рассчитывают для теплого периода года по методике, изложенной в [5]. Так как расчет инсоляции достаточно громоздкий, то рекомендуется проводить его, используя компьютерные программы, в частности программу “Q–RAD1.BAS”, имеющуюся на кафедре строительства. Для расчета необходимо составить параметрический файл, форма которого представлена в Приложении В, форма В.4. Необходимые значения теплозащитных свойств ограждающих конструкций (стены, окна, покрытия и т. д.) на уровне базовых (требуемых) значений. Базовые значения определяют по методике, основанной на представлении о градусо-сутках отопительного периода и изложенной в СНиП 23-02-2003 [6] (см. также табл. В.3).

Теплопоступления от солнечной радиации через покрытие учитывают в размере 50% от максимальных расчетных, если в помещении имеется подшивной потолок.

4. Теплопоступления от офисного и бытового оборудования, установленного в помещениях, определяют величине удельных теплопоступлений $q_{об}$, Вт/м², принимая это значение в диапазоне 15-17 Вт/м² [7], либо по заданию. В помещениях производственного назначения (фотолаборатории, множительные, макетные, серверные и т. д. значения $q_{об}$ существенно выше и они, как правило, указаны в задании на проектирование, см. также [4]).

5. В рассматриваемой VRF-системе в ТП приточный воздух, в количестве необходимом для дыхания, подается центральной приточной вентиляционной установкой. Количество полной теплоты, поступающей в помещение с вентиляционным воздухом $Q_{вен}$, Вт, определяют по формуле

$$Q_{вен} = 0,278 * L_n * \rho_v * (h_n - h_y) \quad (3)$$

где L_n – минимальный расход наружного воздуха, м³/ч (см. табл. 5); $\rho_v = 1,2$ кг/м³ – плотность воздуха; h_n , h_y – энтальпия соответственно наружного и уходящего из помещения воздуха, кДж/кг (можно принять $h_y = 48,0$ кДж/кг).

Расчет поступлений теплоты от людей, оборудования и вентиляции представляют в таблице 3. Если имеются помещения, для которых по условиям экс-

плутации необходимо учитывать поступление теплоты от электрического освещения, то эти данные добавляют в табл. 3 ($N_{уд}$, Вт/м² и $Q_{осв}$, Вт).

Таблица 3 – Расчет поступлений теплоты и влаги от оборудования и от людей

№ помещ.	$A_{ном},$ м ²	$q_{об},$ Вт/м ²	$Q_{об},$ Вт	n_m	$n_{ж}$	$q_{люд},$ Вт/м ²	$Q_{люд},$ Вт	$L_n,$ м ³ /ч	$Q_{вен},$ Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Тепловой баланс для ХП в данной курсовой работе не составляют, так как принимают, что в здании работает система водяного отопления, рассчитанная на поддержание комфортных условий. Функции системы кондиционирования (вентиляции) в ХП будут рассмотрены в п. 2.10.

Тепловой баланс в ТП имеет вид:

$$Q_{изб} = Q_{люд} + Q_{осв} + Q_{инс} + Q_{об} + Q_{вен}, \quad (4)$$

где $Q_{изб}$ – избытки полной теплоты в помещении, Вт; $Q_{люд}$ – тепловыделения людьми (полные); $Q_{осв}$ – поступление теплоты от электрического освещения (если таковые имеются в ТП); $Q_{инс}$ – поступление теплоты в результате солнечной радиации; $Q_{вент.}$ – поступление теплоты с вентиляционным воздухом.

Значения составляющих теплового баланса заносят в таблицу 4.

Таблица 4 – Тепловой баланс помещений

№ помещения	Поступления теплоты, Вт					
	Люди, $Q_{люд}$	Инсоляц., $Q_{инс}$	Освещ., $Q_{осв}$	Оборуд., $Q_{об}$	Вентил., $Q_{вен}$	Всего, $Q_{изб}$
1	2	3	4	5		8

2.5 Воздушный баланс помещений и выбор центральной приточной установки

Рассматриваемая в данной курсовой работе многозональная VRF-система состоит из центральной приточной-вытяжной вентиляционной установки, которая подает в помещение наружный воздух без тепловлажностной обработки. Тепловлажностная обработка воздуха осуществляется внутренними блоками

VRF-системы, источником холода в ТП является наружный компрессорно-конденсаторный блок.

Количество подаваемого приточно-вытяжной установкой наружного воздуха значительно влияет на затраты теплоты и холода. Поэтому его объем должен быть минимально необходимым, но не меньше величины, обеспечивающей:

- 1) санитарную норму наружного воздуха на одного человека;
- 2) компенсацию воздуха, удаляемого местными отсосами $L_{м.о.}$.

При отсутствии в помещении токсичных выделений минимальный объем по пункту 1) определяется из выражения

$$L_{н.1} = l_n n, \quad (5)$$

где n - число людей в помещении; l_n – санитарная норма наружного воздуха на одного человека. Принимается по приложению М СНиП 41-01 [1]:

$l_n = 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ при продолжительности пребывания людей в помещении не более 2-х часов (залы совещаний, актовые залы, конференц-залы) и $l_n = 40 \text{ м}^3/\text{ч}$ для помещений с постоянным пребыванием людей (более 2-х часов непрерывно), кроме спортзалов.

Минимальный объем по пункту 2 определяется из выражения

$$L_{н.2} = L_{м.о.} \quad (6)$$

Определяют расход наружного воздуха для всех кондиционируемых помещений. Результаты расчетов заносят в таблицу 5.

Таблица 5. Воздушный баланс

№ помещ.	Наименование помещения	Число людей, n	l_1 , $\text{м}^3/\text{ч}$	$L_{м.о.}$, $\text{м}^3/\text{ч}$	Всего $\text{м}^3/\text{ч}$	TST, d , мм	Δp , Па
1	2	3	4	5	6	7	8

Определяют суммарный расход наружного воздуха (суммируют значения шестого столбца табл. 5) с запасом на утечки $L_{н.сум.}$ и подбирают центральную приточно-вытяжную установку по каталогу какого-либо современного производителя. Например по каталогу VENTUS [9]. Выбирают приточно-вытяжную

установку, работающую в режиме «нагревание» с перекрестно-точным теплообменником и утилизацией теплоты зимой и летом (см. также Приложение Г)

$$L_{н.сум} = 1,1 \sum L_{н.i}. \quad (7)$$

Величина $L_{н.сум}$ должна находиться в пределах рабочего диапазона производительности по воздуху, выбранной установки. Выбирают агрегат, работающий в режиме «нагревание». В состав агрегата входит многостворчатый воздушный клапан для присоединения к воздухозаборному устройству, фильтр, воздухонагреватель и вентилятор.

2.6 Конструирование приточно-вытяжной системы

Наружный воздух по системе приточных воздуховодов от приточно-вытяжной установки подается в обслуживаемые помещения. В качестве воздухо-распределительных устройств применяют приточные диффузоры типа TST. Подбор диффузоров осуществляют по рабочим характеристикам, представленным в Приложении Д. Определяют типоразмер диффузора (диаметр d , мм) и с рабочей характеристики (средняя линия) снимают значение потерь давления Δp , Па. Типоразмер выбирают таким образом, чтобы рабочая точка при известном расходе воздуха $L_{н.i}$, м³/ч, находилась, примерно, в середине рабочей характеристики (средняя линия на графиках). Если одного диффузора недостаточно, то увеличивают их количество N . Результаты заносят в табл. 5. Указанные диффузоры можно применять и для удаления воздуха из помещения. Приточно-вытяжную установку располагают в помещении вентиляторной, предусматривая необходимые расстояния для прохода (желательно 0,8 – 1,0 м) между ограждениями и оборудованием, устраивают устройство для забора наружного воздуха.

На планах этажей в кондиционируемых помещениях располагают приточные и вытяжные диффузоры. Приточные диффузоры желательно располагать в центре ячейки помещения, обслуживаемой этим диффузором. При этом необходимо учитывать наличие внутренних блоков (см. п. 2.7), которые также желательно располагать в центре ячейки помещения, обслуживаемой блоком (для

кассетных блоков). Расположение вытяжных диффузоров не влияет на характер циркуляции воздуха в помещении, поэтому их располагают так, чтобы протяженность воздуховодов была минимальной. Магистральные воздуховоды, как правило, располагают за подшивным потолком в коридоре. Зная расположение приточно-вытяжной установки, расположение приточных и вытяжных диффузоров, на планах этажей прокладывают трассы воздуховодов и на этой основе составляют расчетную аксонометрическую схему для приточной и вытяжной частей системы.

2.7 Расчет и подбор внутренних и наружных блоков

Системы кондиционирования имеют номинальные характеристики при стандартных условиях. Для Сплит – систем это: $t_{вн} = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура внутреннего воздуха по сухому термометру $t_n = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура наружного воздуха по сухому термометру. Так как в офисных помещениях рекомендуется расчет производить на температуру $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4], то в соответствии с [4] максимальная холодопроизводительность внутренних блоков $Q_{\text{макс}} \approx 0,806Q_{\text{ном}}$. Тогда при подборе внутренних блоков должно выполняться условие

$$Q_{\text{изб}} \leq Q_{\text{макс}}. \quad (8)$$

Технические данные внутренних блоков кассетного типа фирмы MITSUBISHI ELECTRIC [10] представлены в таблице 6

Таблица 6 – Технические данные внутренних блоков

Модель блока PLFY Кассетный	Охлаждение, кВт		Нагревание, кВт
	$Q_{\text{макс}}$	$Q_{\text{ном}}$	$Q_{\text{ном}}$
P15VCM-E	1,37	1,7	1,9
P20VCM-E	1,77	2,2	2,5
P25VCM-E	2,26	2,8	3,2
P32VCM-E	2,90	3,6	4,0
P40VCM-E	3,63	4,5	5,0
P50VBM-E	4,51	5,6	6,3
P63VBM-E	5,72	7,1	8,0
P80VBM-E	7,25	9,0	10,0
P100VBM-E	9,03	11,2	12,5
P125VBM-E	11,3	14,0	14,0

Результаты подбора внутренних блоков представляют в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты подбора внутренних блоков

№ помещения	$Q_{изб},$ кВт	$Q_{макс},$ кВт	$Q_{ном},$ кВт	Тип блока	Колич.
1	2	3	4	5	6
Всего	*		**		

Примечания. *) Указывают сумму значений второго столбца; **) Указывают сумму значений четвертого столбца с учетом количества блоков в помещении.

Если одного блока недостаточно, то устанавливают два или более блоков, указывая это в таблице. В курсовой работе могут быть с обоснованием использованы и другие типы внутренних блоков (например, настенные), а также оборудование другого производителя.

После выбора типов и типоразмеров внутренних блоков осуществляется трассировка фреоновых трубопроводов и компоновка оборудования. Наружный блок целесообразно установить на боковом фасаде здания, либо на кровле бесчердачного покрытия. При проектировании системы холодоснабжения следует учитывать ограничения:

1. Максимальная длина жидкостных трубопроводов от наружного блока до самого удаленного внутреннего – от 100 до 165 м.
2. Максимальная суммарная длина всех жидкостных трубопроводов в системе от 300 – 1000 м.
3. Максимальная длина трубопроводов от первого тройника до дальнего внутреннего блока – от 40 до 90 м.
4. Максимальный перепад высот от наружного блока до самого удаленного (по вертикали) внутреннего блока – от 30 до 110 м.
5. Максимальный перепад высот между самыми удаленными (по вертикали) внутренними блоками – от 15 до 30 м.

Также следует учитывать рекомендации:

1. Лучшим расположением наружных блоков является поэтажное расположение, когда наружный блок расположен на балконе обслуживаемого

этажа. Следующее по оптимальности – расположение на крыше здания. И самое неудачное решение – расположение наружных блоков возле здания, ниже внутренних блоков.

2. Фреоновые трубопроводы одной системы в идеале должны объединять внутренние блоки в пределах одного этажа здания.
3. Для равномерной загрузки наружных блоков объединяются внутренние блоки с разных фасадов здания в пределах одного фреонового контура.
4. Сеть фреоновых трубопроводов должна быть максимально симметричной для равномерной загрузки гидравлических колец хладагента (ХА).

На планах этажей в каждом кондиционируемом помещении в конструкции подшивного потолка располагают внутренние блоки (один кассетный внутренний блок располагается в стандартной ячейке конструкции подшивного потолка размером 600х600 мм), приточные и вытяжные диффузоры (см. п. 2.6). Зная расположение наружного блока и внутренних блоков, на планах этажей прокладывают трассы фреоновых трубопроводов по двухтрубной схеме. Магистральные участки прокладывают за подшивным потолком, как правило в коридоре, учитывая взаимное расположение воздуховодов системы. На этой основе составляют расчетную аксонометрическую схему, определяют длину каждого участка.

Определяют суммарную фактическую мощность внутренних блоков с учетом коэффициента неодновременности $k_{неод}$ [4]. В курсовой работе, учитывая, что внутренние блоки обслуживают помещения на разных фасадах здания, следует принять $k_{неод} = 0,9$.

$$Q_{\Sigma \text{ вн}} = \sum Q_{\text{изб}} \cdot k_{неод}. \quad (9)$$

Потери мощности в трубопроводах принимают 1% на 10 м эквивалентной длины. Эквивалентную длину $l_{\text{экв}}$ можно определить по формуле

$$l_{\text{экв}} = 1,2 \cdot l, \quad (10)$$

где l – протяженность холодильного контура, проходящего от наружного блока через наиболее удаленный внутренний блок, м.

Тогда коэффициент потери мощности $k_{\text{пот}}$ можно определить по формуле

$$k_{\text{пот}} = 1 - 0,001 \cdot l_{\text{экв}} \quad (11)$$

Фактическая холодопроизводительность наружных блоков с учетом потерь мощности будет равна

$$Q_{\text{нар.}} = k_{\text{пот}} \cdot Q_{\text{ном.нар.}}, \quad (12)$$

где $Q_{\text{нар.ном}}$ - суммарная номинальная мощность наружных блоков (может быть один блок).

При подборе наружного (наружных) блока (блоков) должны выполняться условия:

1. Превышение суммарной номинальной мощности внутренних блоков $Q_{\text{ном.вн.}}$, по отношению к наружным $Q_{\text{ном.н.}}$, не должно быть более 1,3 (При большом количестве блоков до 1,5), т. е.

$$\frac{Q_{\text{ном.вн.}}}{Q_{\text{ном.нар.}}} < 1,3. \quad (13)$$

2. Фактическая холодопроизводительность наружных блоков $Q_{\text{нар}}$ должна иметь запас по мощности не менее 10% по отношению к расчетному холодопотреблению $Q_{\Sigma \text{вн.}}$. т. е.

$$\frac{Q_{\text{нар}}}{Q_{\Sigma \text{вн.}}} > 1,1. \quad (14)$$

Наружный блок (блоки) подбирают по каталогу фирмы производителя оборудования, в частности MITSUBISHI ELECTRIC [10].

2.8 Гидравлический расчет трубопроводов холодильного контура и дренажной системы

Диаметры фреоновых трубопроводов подбирают в зависимости от суммарной холодильной нагрузки по каждому участку. Для этого суммируют номинальную холодопроизводительность параллельно соединенных внутренних блоков и определяют холодильную нагрузку всех участков. Данные заносят в табл. 8 и указывают на аксонометрической схеме. По холодильной нагрузке каждого участка, используя данные табл. В.1, определяют диаметры жидкостной (ж) и

газовой (г) линий холодильного контура. Данные представляют в табл. 8 и указывают на аксонометрической схеме.

Таблица 8 – Гидравлический расчет трубопроводов холодильного контура

Номер участка	Холодильная нагрузка, кВт	Диаметр трубопровода, мм	
		жидкостная (ж)	газовая (г)
1	2	3	4

Таблица 9 – Данные для укрупненного гидравлического расчета холодильного контура (фреон R410A)

Нагрузка участка по холоду, кВт	Диаметр жидкостной трубы, мм (дюйм)	Диаметр газовой трубы, мм (дюйм)
1	2	3
2 – 4	6,35 (1/4)	12,7 (1/2)
4 – 10	9,52 (3/8)	15,88 (5/8)
10 – 15	9,52 (3/8)	19,05 (3/4)
15 – 28	12,7 (1/2)	22,22 (7/8)
28 – 45	12,7 (1/2)	28,58 (1+1/8)
45 – 56	15,88 (5/8)	28,58 (1+1/8)
56 – 80	15,88 (5/8)	34,92 (1+3/8)
80 – 95	19,05 (3/4)	34,92 (1+3/8)
95 – 150	19,05 (3/4)	41,27 (1+5/8)

Аналогично, по данным таблицы 10 определяют диаметры дренажных трубопроводов и указывают их на плане этажа.

Таблица 10 – Данные для укрупненного расчета дренажных трубопроводов (внутренние диаметры, мм)

Суммарная мощность охлаждения внутрен. блоков, кВт	Количество обслуживаемых внутрен. блоков					
	1	2	4	8	16	≥ 32
2	15	32	-	-	-	-
4	20	32	32	-	-	-
8	20	32	32	32	-	-
16	20	32	32	32	32	
32	25	32	32	32	32	32
64	32	32	32	32	32	32
128	40	40	40	32	32	32
256	80	50	50	50	50	50
512	80	80	80	80	80	80
1024	-	100	100	100	100	100

При этом следует учитывать рекомендации:

1. Диаметры дренажных трубопроводов необходимо подбирать в соответствии с производительностью обслуживаемых внутренних блоков и вероятностью их одновременной работы.
2. Несмотря на то, что в кассетных внутренних блоках установлен дренажный насос, дренажная система прокладывается как естественная. То есть участки трубопроводов имеют уклон в сторону удаления конденсата. Насос на выходе внутреннего блока поднимает конденсат на необходимую высоту сразу возле блока (см. рис. 1), и затем конденсат стекает вниз под уклон самостоятельно. Перегибы, петли, подъемы не допускаются.

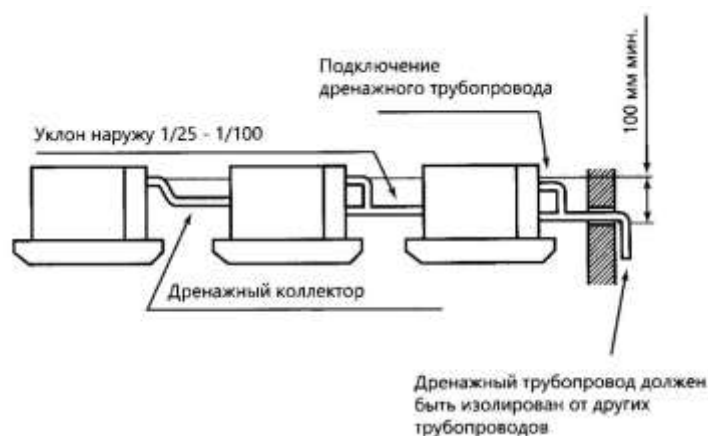


Рисунок 1. Присоединение кассетных внутренних блоков к коллекторному дренажному трубопроводу

3. Для предотвращения проникновения посторонних запахов обязательное присоединение системы дренажа – через гидрозатвор с разрывом струи (см. рис. 2).



Рисунок 2. Устройство разрыва струи с гидрозатвором

4. Для предотвращения появления вторичного конденсата на поверхности дренажной трубы необходимо её изолировать вспененным каучуком 6 мм.

2.9 Аэродинамический расчет

В курсовой работе необходимо выполнить аэродинамический расчет приточной системы, подающей наружный воздух в кондиционируемые помещения. К моменту выполнения курсовой работы, студенты уже имеют опыт выполнения аэродинамического расчета. Необходимая справочная информация имеется в [11], а также в Приложении Е. Результаты расчета представляют в табличной форме.

Таблица 11 – Результаты аэродинамического расчета системы П1

№ участка	Расход L , $\text{м}^3/\text{ч}$	Длина, l , м	Размеры воздуховодов			Скорость v , м/с	Уд. потери R , Па/м
			$b \times h$, мм	d , d_v , мм	F , м^2		
1	2	3	4	5	6	7	8
Магистраль							
Ответвления							
$\delta p = \dots$ % вывод о необходимости установки диафрагмы							
Коэф. $\beta_{ш}$	Потери, $\Delta p_{тр}$, $Rl\beta_{ш}$, Па/м	Сумма $\Sigma \zeta$	Давл. дин. p_d , Па	Потери, Z , Па	$\Delta p_{диф.}$, Па	Потери $\Delta p_{уч}$, Па	Сумма $\Delta p_{уч}$, Па
9	10	11	12	13	14	15	16
Магистраль							
Ответвления							
расчет КМС диафрагмы, если требуется							

Примечание. В колонке 14 указывают потери давления в диффузоре, если он имеется на расчетном участке.

В результате аэродинамического расчета определяют суммарные потери давле-

ния в сети воздуховодов $p_{\text{сеть}}$, Па, суммируя потери давления на участках магистрали. По каталогу и техническим данным на оборудование определяют потери давления в оборудовании приточно-вытяжной установки. Можно принять следующие значения:

- воздушный клапан 10 Па;
- ячейковый фильтр 150 Па;
- воздухонагреватель 50 Па;
- пластинчатый рекуператор 450 Па;
- шумоглушитель 60 Па.

Итого в оборудовании $p_{\text{об.}} = 10 + 150 + 50 + 450 + 60 = 720$ Па

Определяют потери давления в приточной системе $p_{\text{П1}}$, ПА, по формуле

$$p_{\text{П1}} = 1,1(p_{\text{сеть}} + p_{\text{об.}}). \quad (15)$$

По значению величины $p_{\text{П1}}$ и суммарному расходу воздуха в системе (принимают запас на утечки 10%) по каталогу подбирают вентагрегат.

2.10 Холодный период года

По условию курсовой работы, в здании имеется водяная радиаторная система отопления, обеспечивающая внутреннюю температуру воздуха на уровне теплового комфорта. Таким образом в ХП будет работать только центральная приточно-вытяжная установка, обеспечивающая подачу необходимого количества наружного воздуха. Воздух необходимо подогреть до расчетной внутренней температуры (см. табл. 2). Расход теплоты на подогрев воздуха $Q_{\text{под.}}$, Вт, определяют по формуле

$$Q_{\text{под.}} = 0,278 \sum L_{\text{н},i} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot C_p (t_{\text{в},i} - t_{\text{н}}), \quad (16)$$

где $L_{\text{н},i}$ – расход наружного воздуха, подаваемого в i -е помещение, м³/ч; $\rho_{\text{в}} = 1,2$ плотность воздуха, кг/м³; $C_p = 1,005$ кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость воздуха.

2.11 Энергосберегающие мероприятия

Для повышения энергетической эффективности в системе предусмотрена утилизация теплоты вытяжного воздуха в ХП. По каталогу VENTUS [9] эффективность пластинчатого рекуператора достигает 75% и зависит от разности температур между потоками и относительной влажностью. При отсутствии точных данных принимаем эффективность рекуперации в ХП 70%. По определению коэффициента эффективности η (в долях) определяется по формуле

$$\eta = \frac{t_p - t_n}{t_b - t_n}, \quad (17)$$

где t_n, t_b, t_p – соответственно расчетное значение температуры воздуха наружного, внутреннего и после рекуперации, °С. если температура внутреннего воздуха в кондиционируемых помещениях различна, то следует принимать средневзвешенное значение, определяемое по формуле

$$t_b = \frac{\sum L_{n.i} \cdot t_{b.i}}{\sum L_{n.i}}. \quad (18)$$

Температура воздуха после рекуператора будет равна

$$t_p = t_n + \eta(t_b - t_n). \quad (19)$$

Количество утилизируемой теплоты $Q_{ут.}$, Вт, будет равно

$$Q_{ут.} = 0,278 \sum L_{n.i} \cdot \rho_b \cdot c_p (t_b - t_p). \quad (20)$$

Рекуператор используется и в ТП года, снижая нагрузку на внутренние блоки.

2.12 Расчет аварийной ПДК фреона и определение оптимальной конфигурации системы

VRF-системы относятся к классу СКВ с непосредственным испарением ХА во внутренних блоках (местных кондиционерах). Поэтому в случае аварийной разгерметизации фреонового контура может произойти попадание ХА в зону дыхания людей, находящихся в обслуживаемых помещениях. Фреон R410A тяжелее воздуха, не является токсичным веществом и в небольших концентрациях

безвреден для человеческого организма. Однако R410A не поддерживает дыхание, в случае попадания человека в зону, заполненную фреоном, происходит удушье и потеря сознания. Если в течение 10 минут человека не эвакуировать из данного помещения, помочь ему будет уже невозможно. Обязательным условием проектирования VRF-систем должна быть проверка на аварийную концентрацию ХА в обслуживаемых помещениях. Процесс определения концентрации ХА в случае аварийного выброса производится в следующем порядке.

1. Определяют критичное (расчетное) помещение. Как правило, это минимальное по объему помещение, в котором могут находиться люди, в одной VRF-системе.
2. Определяют объем воздуха V в этом помещении. Объем измеряется по ограждающим строительным конструкциям.
3. Определяют количество ХА в системе по формуле

$$M_0 + M_{\text{доп}} = M_{\text{сум}}, \text{ кг} \quad (21)$$

где M_0 – количество ХА в наружном блоке, заводская заправка; $M_{\text{доп}}$ – дополнительное количество ХА (на длину магистралей); $M_{\text{сум}}$ – общее количество ХА в системе.

Примечание. Если в одном помещении установлено два внутренних блока от разных VRF-систем, необходимо учитывать суммарное количество ХА.

Для укрупненного расчета можно пользоваться следующей формулой (для R410A):

$$M_{\text{сум}} = 0.3 \cdot Q_x \cdot (1 + l_{\text{тр}} \cdot 0.01), \quad (22)$$

где Q_x - номинальная холодопроизводительность наружного блока, кВт; $l_{\text{тр}}$ – фактическая длина жидкостного трубопровода между наружным и самым удаленным внутренним блоком, м.

4. Определяют концентрацию ХА в критичном помещении по формуле:

$$C_{\text{ХА}} = \frac{M_{\text{сум}}}{V + \frac{L}{6}}. \quad (23)$$

где $C_{\text{ХА}}$ – количество вытяжного воздуха, удаляемого из данного помещения системами механической вентиляции, м³/ч.

Величина L учитывается только при постоянной работе механической вытяжки из рассматриваемого помещения. Если гарантии в постоянной работе вытяжки нет, лучше в расчет данную величину не вводить.

5. Сравнивают полученную концентрацию с предельно допустимой концентрацией аварийного выброса $C_{ПДК}$. Для R410A $C_{ПДК} = 420 \text{ г/м}^3$ [4].

Если $C_{ХА} > C_{ПДК}$, то требуются дополнительные меры безопасности. Какие существуют варианты выхода из сложившейся ситуации?

Вариант 1 – самый простой и эффективный. Необходимо разбить комбинированную систему на несколько независимых, таким образом, чтобы количество фреона в одной системе не могло привести к превышению аварийной даже в самом маленьком помещении. Для этого удобно пользоваться таблицей 12 [4].

Таблица 12. К определению максимальной мощности VRF-системы

Площадь самого маленького помещения, м^2 *	15	20	25	30	50
Максимальная мощность VRF-системы, кВт**	37	49	61	74	121

*) Высота потолка принята 2,7 м, механической вентиляции нет.

**) Длина главной магистрали принята 80 м, фреон R410A.

Вариант 2. Необходимо обеспечить проемы сверху и внизу дверей площадью не менее 0,15% от площади помещения.

Вариант 3. Необходимо во всех критичных помещениях установить датчик-газоанализатор на используемый фреон и отдельную систему аварийной вентиляции. В случае превышения ПДК фреона датчик дает сигнал на систему оповещения людей и на включение аварийной вентиляции помещения.

В данном примере описана европейская методика EN 378-1. В отечественном СНиП 41-01-2003 п. 9.5 [1] описан несколько иной подход (изучить самостоятельно), но его сложнее реализовать на практике.

Существует ещё один подход к определению аварийной концентрации фреона. Он встречается в каталогах производителей VRF-систем.

1. Необходимо определить строительный объем V самого малого помещения в пределах одной VRF-системы.
2. Определить количество фреона M в пределах одной VRF-системы.
3. Разделить полученное количество фреона M на строительный объем помещения V .

4. Сравнить с предельной концентрацией 300 г/м³. Если получилось больше, принимать перечисленные выше меры.

В курсовой работе следует использовать методику EN 378-1.

Разработка системы противодымной вентиляции

В соответствии с требованиями СНиП 41-01 [1] для помещений общественных зданий с массовым пребыванием людей и без естественного освещения следует предусматривать систему вытяжной противодымной вентиляции для удаления продуктов горения. В курсовой работе необходимо разработать систему противодымной вентиляции для зала совещаний или конференц-зала (в учебных целях принимают как помещения без естественного освещения).

2.13 Удаление продуктов горения из зала совещаний

Мощность тепловыделений очага пожара Q_k , кВт, определяют по формуле (24) [12]

$$Q_k = \eta Q_{н.ср}^p \cdot \psi_{ср} \cdot F_0, \quad (24)$$

где η - полнота сгорания, принимают равной 0,85; $Q_{н.ср}^p$ - низшая рабочая теплота сгорания, кДж/кг; $\psi_{ср}$ – средняя удельная скорость выгорания, кг/(м²*с); F_0 – площадь горения пожарной нагрузки, м².

$$F_0 = \pi (v_{ср} \cdot \tau_{св})^2, \quad (25)$$

где $\tau_{св}$ – время свободного горения (принимают равным времени эвакуации людей по заданию), с; $v_{ср}$ – средняя скорость распространения пламени, м/с.

Значения $Q_{н.ср}^p$, $\psi_{ср}$, $v_{ср}$ принимают по Приложению 1 [12] для общественных зданий (мебель + линолеум ПВХ).

Расход дыма в конвективной колонке G_k , кг/с, для залов определяют по формуле (26) [12]

$$G_k = 0,071(r \cdot Q_k)^{1/3} (H - h)^{5/3} + 0,0018 \cdot r \cdot Q_k, \quad (26)$$

где H – высота помещения, м; h – толщина образующегося дымового слоя, м; r – коэффициент, характеризующий теплопотери на излучение (принимают $r = 0,7$, либо по заданию).

Величину h определяют из условия, что высота свободной зоны должна быть не менее 2,5 м. То есть $h = H - 2,5$ м.

Определяют плотность внутреннего воздуха ρ_a и плотность продуктов горения ρ_{sm} по формуле

$$\rho = \frac{353}{T}, \quad (27)$$

где T – температура соответственно воздуха ($T_a = 293$ К) и дымовых газов ($T_{sm} = 723$ К)

Массовый расход удаляемых продуктов горения определяют по формуле

$$G_{sm} = G_k - \frac{A * \rho_{sm} * h}{\tau_{св}}, \quad (28)$$

где A – площадь помещения, м².

Возмещение объемов удаляемых из помещений продуктов горения при пожаре обеспечивают посредством подачи наружного воздуха в нижнюю часть этих помещений. Расход подаваемого воздуха определяют по соотношению (29) [12]:

$$G_a = \frac{G_{sm}}{1 - n}, \quad (29)$$

где n – коэффициент дисбаланса, принимаемый равным 0,3.

Объемный расход подаваемого воздуха L_a , м³/с, рассчитывается по соотношению

$$L_a = \frac{G_a}{\rho_a}. \quad (30)$$

Принимают возмещение объемов удаляемых продуктов горения путем поступления наружного воздуха через входные двери и лестничные клетки.

Потери давления Δp_{ij} , Па, в каждом элементе пути поступления наружного воздуха рассчитывают по формуле

$$\Delta p_{ij} = \frac{\rho_a}{2} \left(\frac{L_{ai}}{\mu_{ij} \cdot F_{ij}} \right)^2, \quad (31)$$

где i – номер пути; j – тип элемента пути (двери, лестничная клетка); μ_{ij} – коэффициент расхода элемента пути (для лестничной клетки – 0,13; для дверей –

0,64); L_{ai} – расход воздуха по каждому пути, м³/с (можно принять $L_{ai} = L_a/N$, где N – количество путей).

Производят расчет потерь давления по всем выбранным путям и, так как все пути параллельны, в дальнейшем расчете учитывают наибольшее значение $\Delta p_{пр}$.

Зная площадь расчетного помещения, с учетом требований [1, п. 8.8] определяют количество шахт дымоудаления. Одно дымоприемное устройство обслуживает помещение площадью до 1000 м². В курсовой работе это, как правило, будет одна шахта. Шахта дымоудаления будет состоять из вертикального коллектора (кирпичный, бетонный, стальной), клапана дымоудаления и вентилятора дымоудаления. Высота шахты над кровлей должна быть не менее 2 м. Клапан дымоудаления размещают в верхней зоне помещения в потолке, либо под потолком.

Потери давления в системе складываются из потерь давления в клапане дымоудаления $\Delta p_{кл}$ и потерь давления в вертикальном коллекторе $\Delta p_{кол}$. Предварительны выбор размеров проходных сечений сборных элементов вытяжных каналов и оборудования (решеток, клапанов) производится из условия обеспечения максимальной скорости течения газов не более 11 м/с (предпочтительно в диапазоне 9 – 11 м/с) [12].

Определяют размеры проходного сечения коллектора $a \times b$, мм, и по каталожным данным (например [13]) подбирают клапан дымоудаления. По известным размерам коллектора и проходного сечения клапана определяют значения фактической скорости движения воздуха в коллекторе и клапане. Определяют потери давления в клапане $\Delta p_{кл}$, как потери на местном сопротивлении, при этом значение КМС клапана определяют также по каталожным данным.

Потери давления на трение в шахте дымоудаления определяют по формуле:

$$\Delta p_{тр} = \lambda \frac{l}{d_v} \frac{\rho_{sm} V^2}{2}, \quad (32)$$

где: d_v – гидравлический диаметр прямоугольного сечения коллектора, м; l – длина коллектора, м; V – скорость перемещаемого в коллекторе газа, м/с; λ – коэффициент сопротивления трения.

Гидравлический диаметр коллектора

$$d_v = \frac{2ab}{a+b} \quad (33)$$

где a, b – размеры сторон сечения, м.

Скорость перемещения газа V , м/с

$$V = \frac{G_{sm}}{\rho_{sm} F_k} \quad (34)$$

где $F_k = a \cdot b$ – площадь поперечного сечения коллектора, м².

Коэффициент сопротивления трения рассчитывается по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{R_e} + \frac{\Delta}{d_v} \right)^{0,25} \quad (35)$$

где Δ – абсолютная эквивалентная шероховатость внутренней поверхности стенок коллектора (для кирпича $\Delta = 4$ мм, для стального коллектора $\Delta = 0,1$ мм);

$R_e = \frac{v \cdot d_v}{\nu}$ – число Рейнольдса; ν – коэффициент кинематической вязкости, определяется по приложению 2 [12], при температуре 450 °С $\nu = 68,34 \cdot 10^{-6}$ м²·с.

Потери давления в системе составят

$$\Delta p_{\text{сум}} = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{кл}} + \Delta p_{\text{пр}} \text{ Па.} \quad (36)$$

Так как рассматривается вариант с одним дымоприемным клапаном в шахте, то подсос газов через закрытый клапан не учитывают. Подсос газов через неплотности шахты G_n , кг/с, определяют по формуле (37) [14]

$$G_n = g_n \cdot \Pi \cdot l, \quad (37)$$

где g_n – удельный расход воздуха, кг/(с·м²), определяемый по данным табл. 13; Π – периметр шахты, м; l – длина шахты, м.

Таблица 15 – Поступление воздуха через неплотности систем дымоудаления

Класс возду- ховода	Отрицательное статическое давление в месте присоединения воздуховодов к вентилятору, Па										
	200	400	600	800	1000	1203	1400	1600	1800	2000	2200
	Удельный расход воздуха, g_n , 10^3 кг/(с·м ²) внутренней поверхности воздуховода										
П	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0
Н	1,2	1,9	2,5	3,1	3,6	4,0	4,5	4,8	5,4	5,7	6,0

Примечание: для прямоугольных воздуховодов вводится коэффициент 1,1.

Для стальных и бетонных шахт значения принимают для воздуховодов класса П, а для шахт из кирпича и плит – класса Н.

Суммарный расход газов в устье шахты $G_{\text{сум}}$, кг/с, составит

$$G_{\text{сум}} = G_{\text{см}} + G_{\text{п}}. \quad (38)$$

Определяют коэффициент увеличения расхода $K_G = G_{\text{сум}}/G_{\text{см}}$ и корректируют величину суммарных потерь давления

$$\Delta p_{\text{сум}} = \Delta p_{\text{сум}} \frac{1 + K_G^2}{2}. \quad (39)$$

Определяют плотность газов перед вентилятором $\rho_{\text{сум}}$, кг/м³

$$\rho_{\text{сум}} = \frac{G_{\text{сум}}}{\frac{G_{\text{см}}}{0,61} + \frac{G_{\text{сум}} - G_{\text{см}}}{1,2}}. \quad (40)$$

Определяют температуру газов перед вентилятором $t_{\text{сум}}$, °С, (без учета потерь теплоты через ограждающие конструкции шахты (более точный расчет приведен в [12]) [14].

$$t_{\text{сум}} = \frac{353 - 273\rho_{\text{сум}}}{\rho_{\text{сум}}}. \quad (41)$$

Естественное давление за счет разности плотности наружного воздуха и газов Δp_e , Па, определяется для теплого периода года (параметры Б) по формуле (42) и учитывается со знаком минус

$$\Delta p_e = g \left[h (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{ср}}) + h_{\text{в}} (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{сум}}) \right], \quad (42)$$

где h - высота дымовой шахты от оси дымового клапана на первом (нижнем) этаже до оси вентилятора, м; $h_{\text{в}}$ - расстояние по вертикали от оси вентилятора до

выпуска газов в атмосферу, м; ρ_n - плотность, кг/м³; $\rho_{cp} = 0,5(\rho_{sm} + 0,61)$ – средняя плотность газов до вентилятора, кг/м³.

Потери давления, на которые должна быть рассчитана мощность, потребляемая вентилятором, Па

$$\Delta p_v = \Delta p_{\text{сум}} - \Delta p_e, \quad (43)$$

Вентилятор подбирают по значению величины подачи L_v , м³/ч и условному статическому давлению p_{vs} , Па, приведенному к стандартным условиям:

$$L_v = 3600 \frac{G_{\text{сум}}}{\rho_{\text{сум}}}, \quad (44)$$

$$p_{vs} = 1,2 \frac{\Delta p_v}{\rho_{\text{сум}}}. \quad (45)$$

2.14 Разработка графической части курсовой работы

Графическая часть разрабатывается и оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 21.602-2016 Правила выполнения рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [15]. В состав графической части входят следующие чертежи и документы:

- планы этажей с нанесенным отопительно-вентиляционным оборудованием (М 1:100);
- схемы систем (схема приточной системы П1; схема системы противодымной вентиляции ДУ1; схема системы холодоснабжения внутренних блоков – холодильный контур; М 1:100);
- чертеж приточно-вытяжной установки ПВ1 – план, разрез, спецификация оборудования; М 1:50.

3. Требования к оформлению пояснительной записки

Пояснительная записка выполняется печатным способом на стандартных листах формата А4 с рамкой для текстовых документов и распечатывается с одной стороны листа бумаги. Рекомендуется набирать текст работы шрифтом Times New Roman размером (кеглем) 12 через полуторный межстрочный интервал с выравниванием основного текста по ширине и автоматической расстановкой переносов. Цвет шрифта – черный. Отступ первой строки – 1,25 см. Поля страницы слева – не менее 30 мм, сверху, внизу и справа – не менее 20 мм. Номера страниц проставляются внизу, посередине. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц работы, но номер страницы на нем не ставится. Заголовки разделов и подразделов печатаются полужирным шрифтом с выравниванием текста по центру. Подчеркивание и перенос слов в заголовках не допускается, точка в конце заголовка не ставится. От текста заголовки отделяются одним интервалом.

Рисунки, таблицы, формулы следует нумеровать арабскими цифрами. Нумерация может быть как сквозной по всему тексту, так и внутри раздела. В тексте реферата на все таблицы и рисунки обязательно должны быть ссылки. Таблицы и рисунки помещают после упоминания о них в тексте или на следующей странице. От основного текста рисунки, таблицы и формулы отделяются отступом в один интервал. Слово «Таблица» указывается слева над таблицей, следом идет номер и название таблицы. Если таблица занимает несколько страниц, то в начале каждой следующей страницы пишут: «Продолжение таблицы», с указанием ее номера. При этом столбцы таблицы должны быть пронумерованы. Рисунки нумеруются и подписываются снизу посередине. Если в пояснительной записке только одна таблица или один рисунок, они не нумеруются.

По формулам, указанным в тексте приводится пример расчета, результат указывают с размерностью. Повторяющиеся расчеты представляют в таблице. Если в пояснительной записке имеется Приложение, то каждое Приложение ну-

меруется прописными буквами русского алфавита и снабжается заголовком. Таблицы, рисунки, формулы в Приложении нумеруются буквой с соответствующим номером, например, Г.4.

Список литературы оформляют в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018 [16].

4. Организация защиты и критерии оценки курсовой работы

Выполненная курсовая работа представляется для проверки на кафедре строительства не позднее, чем за неделю до даты проведения промежуточной аттестации по дисциплине. После проверки работа допускается к защите или отправляется на доработку. Если курсовая работа отправляется на доработку, следует устранить все замечания, указанные преподавателем, и повторно сдать ее на проверку.

Если работа допускается к защите, студент должен быть готовым дать все необходимые пояснения по расчетам, чертежам и содержанию работы. По результатам защиты выставляется оценка, при этом учитываются правильность выполнения заданий, оформление работы, а также качество защиты.

Система оценивания результатов защиты курсовой работы включает в себя следующие оценки: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Критерии выставления оценки представлены в табл. 16.

Таблица 16 – Критерии выставления оценки

Оценка Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Оценка Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Список литературы

1. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой России, Москва, 2004. – 54 с.
2. СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99*» Строительная климатология / Москва, 2020. – 124 с
3. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях / Москва: Стандартинформ, 2019. – 20 с.
4. Брух, С.В. VRF-системы кондиционирования воздуха. Особенности проектирования, монтажа, наладки, сервиса / С.В. Брух. – Москва: ООО «Компания БИС», 2017. – 360 с.
5. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1 / В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1992.- 319 с.- (Справочник проектировщика).
6. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий / Госстрой России, Москва, 2004. – 28 с.
7. Wilkins, С. Учет в тепловом балансе тепlopоступлений от офисного оборудования / С. Wilkins, М. Hosni // АВОК. – 2003. - №3. – С. 70-74.
8. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха / Москва, 2020. – 150 с.
9. VENTUS Каталог. Агрегаты для вентиляции и кондиционирования воздуха, 2013. – 96 с.
10. MITSUBISHI ELECTRIC. Климатические системы, 2018. – 256 с
11. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп.- Москва: Стройиздат, 1992.- 416 с.- (Справочник проектировщика).
12. Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий. Методические рекомендации / Москва, 2013. – 25 с.
13. Komfovent. Клапаны противопожарные и дымовые, 2020. – 24 с.
14. Пособие 4.91 к СНиП 2.04.05-91. Противодымная защита при пожаре / Промстройпроект, Москва, 1992. – 63 с.
15. ГОСТ 21.602-2016 Правила выполнения рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / Москва: Стандартинформ, 2016. – 31 с.
16. ГОСТ Р 7.0.100-2018. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161674> (дата обращения: 25.06.2022). – Текст: электронный

Приложение А
Пример бланка-задания на курсовую работу

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
Институт морских технологий, энергетики и строительства
Кафедра строительства

Задание
на курсовую работу по дисциплине
“Специальные разделы вентиляции и кондиционирования воздуха”

Студент _____
Группа _____

Тема работы: Многозональная VRF-система кондиционирования и система
противодымной вентиляции

Исходные данные к работе

1. Наименование объекта –
2. Географическое положение –
3. Режим работы –
4. Высота этажа –
5. Размеры окон –
6. Тепловая инерция: наружной стены $D_{ст} =$
- покрытия $D_{пок} =$
7. Степень затухания температуры: в наружной стене $\nu_{ст} =$
- в покрытии $\nu_{пок} =$
8. Время эвакуации $\tau_{св} =$ с. Теплотери на излучение $r =$

Курсовая работа должна быть выполнен и сдана на кафедру до _____

Рабочая программа проектирования:

Система кондиционирования – многозональная с переменным расходом холодильного агента (VRF-система)

Расчетная часть - пояснительная записка объемом 30 - 35 страниц.

Содержание расчетной части

Введение

Описать роль и значение систем кондиционирования зданий в обеспечении комфортных условий, сохранении здоровья граждан, повышении производительности труда решении проблемы энергосбережения. Обратить внимание на применение новых технических решений (в частности, VRF-систем), современного оборудования, новых материалов. Охарактеризовать системы противодымной вентиляции, их роль и значение применительно к объекту проектирования.

Часть 1. Многозональная система кондиционирования с переменным расходом холодильного агента

- 1.1 Выбор расчетных параметров наружного и внутреннего воздуха.
- 1.2 Тепловой и влажностный баланс помещений.
- 1.3 Выбор и обоснование технологической и структурной схемы проектируемой СКВ.
- 1.4 Определение расчетных воздухообменов
- 1.5 Аэродинамический расчет воздухопроводов.
- 1.6 Расчет и подбор основного оборудования СКВ: приточная установка, внутренние и наружные блоки.
- 1.7 Разработка схемы холодоснабжения СКВ и её гидравлический расчет.
- 1.8 Разработка дренажной системы и её гидравлический расчет.
- 1.9 Составление спецификации на оборудование и материалы СКВ.

Часть 2. Противодымная вентиляция

- 2.1 Обоснование системы противодымной вентиляции здания.
- 2.2 Вытяжная противодымная вентиляция
 - 2.3.1 Определение расхода продуктов горения
 - 2.3.2 Разработка конструктивного решения системы удаления продуктов горения
 - 2.2.3 Аэродинамический расчет и подбор оборудования
- 2.4 Составление спецификации на оборудование и материалы системы противодымной вентиляции

Графическая часть - 2 листа формата А1.

Состав графической части проекта

1. Планы этажей здания с нанесенным оборудованием СКВ и противодымной вентиляции (М 1:100).
2. Аксонометрические схемы систем (приточная, холодоснабжения, противодымные (М 1 : 100).
3. Чертежи установок (план, разрез М 1:50).
4. Характеристика оборудования СКВ, спецификация установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный стандарт ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях / М.: Стандартинформ, 2019. – 20 с.
2. СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99*» Строительная климатология / Москва, 2020. – 124 с
3. Строительные нормы и правила СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий / Госстрой России - М.: ГУП ЦПП, 2004.- 28 с.
4. Строительные нормы и правила СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 2004- 54 с.
5. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учеб. для вузов. - М.: Стройиздат, 1985.- 367 с.
6. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В.А. Афаньев, Л.Н. Балыева, А.Д. Гальперин и др.- М.: «Евроклимат», изд-во «Арина», 2000.- 416 с.

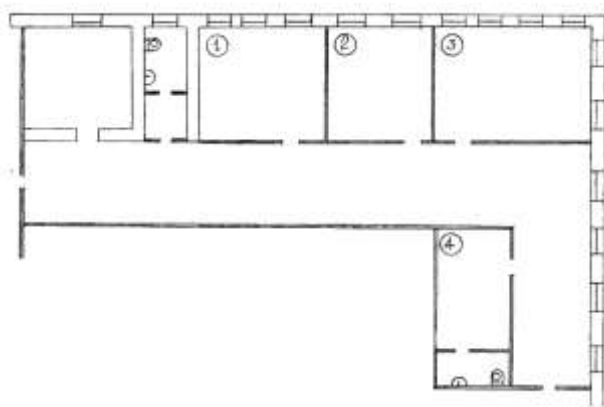
7. Брух, С.В. VRF-системы кондиционирования воздуха. Особенности проектирования, монтажа, наладки, сервиса / С.В. Брух. – М.: ООО «Компания БИС», 2017. – 360 с.
8. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1 / В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1992.- 319 с.- (Справочник проектировщика).
9. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1992.- 416 с.- (Справочник проектировщика).
10. СП 1.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.
11. СП 1.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.
12. Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий/ Методические рекомендации. – Москва, 2013. – 25 с.

Руководитель проектирования _____

Таблица Экспликация помещений

№	Наименование помещения	Число людей	$q_{об.}$ Вт/м ²	$G_{w.об.}$ кг/ч	$L_{м.о.}$ м ³ /ч
Вариант 1: Проектный институт					
Первый этаж					
1	Макетная	8	30	0,8	120
2	Кабинет проектирования	12	17	-	-
3	Зал совещаний	40	16	-	-
4	Офис для работы с заказчиками	7	15	-	-

Ю



3

Рис. План этажа

Приложение Б

Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха

Таблица Б.1 Расчетные параметры наружного воздуха (из СНиП 23-01-1999)

Географический Пункт	Ши- ро- та	p_0 , кПа	Пери- од го- да	Параметры <i>А</i>		Параметры <i>Б</i>	
				t_n , °С	h_n , кДж/кг	t_n , °С	h_n , кДж/кг
Астрахань	48	101	ТП	29,5	61,1	33	64,5
			ХП	-8	-4,2	-23	-21,9
Грозный	44	99	ТП	28,8	63,2	34,9	66,6
			ХП	-5	0	-18	-16,2
Краснодар	44	97	ТП	28,6	59,5	20,8	63,6
			ХП	-5	0	-19	-17,6
Махачкала	44	101	ТП	26,9	63,6	31,6	67
			ХП	-2	-4,2	-14	-11,7
Владикавказ	44	93	ТП	23,8	60,7	31,1	64,9
			ХП	-5	0	-18	-16,5
Новороссийск	44	101	ТП	26,7	60,3	30,1	65,7
			ХП	-2	3,8	-13	-10,5
Симферополь	44	97	ТП	26,1	59,5	31,8	63,2
			ХП	-4	1,3	-16	-14,2
Волгоград	48	99	ТП	28,6	55,3	33	57,8
			ХП	-13	-10,5	-25	-23,9
Ростов-на-Дону	48	99	ТП	27,3	57,4	31,9	60,7
			ХП	-8	-4,2	-22	-20,9
Севастополь	44	101	ТП	25	60,7	29,4	64,5
			ХП	0	7,1	-11	-8,4
Воронеж	52	99	ТП	24,2	52,3	28,9	54,8
			ХП	-14	-11,7	-26	-25,3
Мариуполь	48	101	ТП	26,6	57,8	31,8	30,7
			ХП	-9	-5,4	-23	-22,2
Хабаровск	48	99	ТП	24,1	60,7	28,4	65,0
			ХП	-23	-22,2	-31	-30,8

Таблица Б.2 Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая не более	оптимальная не более	допустимая не более
Холодный	Жилая комната	20 – 22	18 - 24 (20 - 24)	19 - 20	17 - 23 (19 - 23)	45 - 30	60	0,15	0,2
	То же в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21 – 23	20 - 24 (22 - 24)	20 - 22	19 - 23 (21 - 23)	45 - 30	60	0,15	0,2
	Кухня	19 – 21	18 - 26	18 - 20	17 - 25	НН*	НН	0,15	0,2
	Туалет	19 – 21	18 - 26	18 - 20	17 - 25	НН	НН	0,15	0,2
	Ванная, совмещенный санузел	24 – 26	18 - 26	23 - 27	17 - 26	НН	НН	0,15	0,2
	Помещение для отдыха и учебных занятий	20 – 22	18 - 24	19 - 21	17 - 23	45 - 30	60	0,15	0,2
	Межквартирный коридор	18 – 20	16 - 22	17 - 19	15 - 21	45 - 30	60	0,15	0,2
	Вестибюль, лестничная клетка	16 – 18	14 - 20	15 - 17	13 - 19	НН	НН	0,2	0,3
	Кладовые	16 – 18	12 - 22	15 - 17	11 - 21	НН	НН	НН	НН
Теплый	Жилая комната	22 – 25	20 - 28	22 - 24	18 - 27	60 - 30	65	0,2	0,3

*НН - не нормируется

Примечание - Значения в скобках относятся к домам для престарелых и инвалидов

Таблица Б.3 Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне общественных зданий

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая не более	оптимальная не более	допустимая не более
Холодный	1 категория	20 – 22	18 - 24	19 - 20	17 - 23	45 - 30	60	0,2	0,3
	2 категория	19 – 21	18 - 23	18 - 20	17 - 22	45 - 30	60	0,2	0,3
	3а категория	20 – 21	19 - 23	19 - 20	19 - 22	45 - 30	60	0,2	0,3
	3б категория	14 – 16	12 - 17	13 - 15	13 - 16	45 - 30	60	0,2	0,3
	3в категория	18 – 20	16 - 22	17 - 20	15 - 21	45 - 30	60	0,2	0,3
	4 категория	17 – 19	15 - 21	16 - 18	14 - 20	45 - 30	60	0,2	0,3
	5 категория	20 – 22	20 - 24	19 - 21	19 - 23	45 - 30	60	0,15	0,2
	6 категория	16 – 18	14 - 20	15 - 17	13 - 19	НН*	НН	НН	НН
	Ванные, душевые	24 – 26	18 - 28	23 - 25	17 - 27	НН	НН	0,15	0,2
	Детские дошкольные учреждения								
	Групповая раздевальная и туалет:								
	- для ясельных и младших групп	21 – 23	20 - 24	20 - 22	19 - 23	45 - 30	60	0,1	0,15
	- для средних и дошкольных групп	19 – 21	18 - 25	18 - 20	17 - 24	45 - 30	60	0,1	0,15
	Спальня:								
	- для ясельных и младших групп	20 – 22	19 - 23	19 - 21	18 - 22	45 - 30	60	0,1	0,15
	- для средних и дошкольных групп	19 – 21	18 - 23	18 - 22	17 - 22	45 - 30	60	0,15	0,15

Окончание таблицы Б.3

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне общественных зданий

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	Допустимая не более	оптимальная не более	допустимая не более
Теплый	Помещения с постоянным пребыванием людей	23 - 25	18 - 28	22 - 24	19 - 27	60 - 30	65	0,3	0,5
<p>*НН - не нормируются</p> <p>Примечание - Для детских дошкольных учреждений, расположенных в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже, допустимую расчетную температуру воздуха в помещении следует принимать на 1 °с выше, указанной в таблице</p>									

Приложение В

Тепловой баланс помещений

Таблица В.1 Количество теплоты, Вт, влаги, г/ч, и диоксида углерода, г/ч, выделяемых взрослыми людьми (мужчинами)

Показатель	Количество теплоты, Вт, влаги, г/ч, и CO ₂ , г/ч, выделяемых взрослыми людьми при температуре воздуха в помещении, °С					
	10	15	20	25	30	35
Теплота:	В состоянии покоя					
явная	140	120	90	60	40	10
полная	165	145	120	95	95	95
Влага	30	30	40	50	75	115
CO ₂	35	35	35	35	35	35
Теплота:	При легкой работе					
явная	150	120	100	65	40	5
полная	180	160	150	145	145	145
Влага	40	55	75	115	150	200
CO ₂	45	45	45	45	45	45
Теплота:	При работе средней тяжести					
явная	165	135	105	70	40	5
полная	215	210	205	200	200	200
Влага	70	110	140	185	230	280
CO ₂	55	55	55	55	55	55
Теплота:	При тяжелой работе					
явная	200	165	130	95	50	10
полная	290	290	290	290	290	290
Влага	135	185	240	295	355	415
CO ₂	68	68	68	68	68	68

Примечание: Принято считать, что женщины выделяют 85%, а дети 75% теплоты и влаги, выделяемых взрослыми мужчинами. Дети до 12 лет выделяют 12 г/ч CO₂.

Таблица В.2 Удельная мощность энергосберегающих ламп на 1 м² площади пола

Наименование помещения	Освещенность, лк	Удельная мощность в зависимости от высоты помещения, Вт/м ²		
		2 - 3 м	3 - 4 м	4 - 6 м
1. Конторы, кабинеты	300	8	11	16
2. Конструкторские бюро	500	11	13	14
3. Читальные залы	300	6	7	8
4. Актные залы, кинотеатры	200	3,5	4,0	4,5
5. Кухни предприятий общественного питания	200	4,2	5,3	6
6. Залы выставочные, спортивные, торговые, обеденные	200	4	4,3	4,6
7. Фойе	150	3,3	4,0	4,3

Таблица В.3 Базовые значения приведенного сопротивления
теплопередаче ограждающих конструкций по условиям энергосбережения

Здания и помещения	ГСОП	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_o^{reg} , м ² ·К/Вт				
		стен	покрытий и перекры- тий над проездами	перекрытий чердачных над холод- ными подпо- лями и под- валами	окон и балкон- ных две- рей	фона- рей
1	2	3	4	5	6	7
Жилые, лечебно- профилактические и детские учрежде- ния, школы, интернаты	2000	2,1	3,2	2,8	0,30	0,30
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,60	0,40
	8000	4,2	6,2	5,5	0,70	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,50
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
Общественные, Кро- ме указанных выше, административные и бытовые, за исклю- чением помещений с влажным или мок- рым режимом	2000	1,6	2,4	2,0	0,30	0,30
	4000	2,4	3,2	2,7	0,40	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,50	0,40
	8000	3,6	4,8	4,1	0,60	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,70	0,50
	12000	4,8	6,4	5,5	0,80	0,55
Производственные с сухим и нормаль- ным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,20
	4000	1,8	2,5	1,8	0,30	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,30
	8000	2,6	3,5	2,6	0,40	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,40
	12000	3,4	4,5	3,4	0,50	0,45

Примечания: 1. Промежуточные значения R_o^{req} следует определять интерполяцией.

2. Нормы сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций для помещений производственных зданий с влажным или мокрым режимом, с избытками явной теплоты от 23 Вт/м³, а также для помещений общественных, административных и бытовых зданий с влажным или мокрым

режимом следует принимать как для помещений с сухим и нормальным режимами производственных зданий.

3. Приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее, чем в 1,5 раза выше сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих изделий.
4. В отдельных обоснованных случаях, связанных с конкретными конструктивными решениями заполнения оконных и других проемов, допускается применять конструкции окон, балконных дверей и фонарей с приведенным сопротивлением теплопередаче на 5 % ниже устанавливаемого в таблице.
5. Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) следует определять по формуле

$$\text{ГСОП} = D_d = (t_p - t_{ext}^{av}) \cdot z_{ht}, \quad (\text{П.1})$$

где t_p - температура помещения, °С; t_{ext}^{av} , z_{ht} - средняя температура, °С, и продолжительность, сут., отопительного периода.

В.4 Форма параметрического файла для расчета теплопоступлений в результате солнечной радиации

Широта, t_n , A_{th} , v_n , θ_1 , θ_2

Номер помещения, число элементов

Код

Далее заполняют строки в соответствии с видом ограждения (кодом):

РОС

t_b , A , $R_{ог}$, ρ_{II} , v , D , β_{II}

ОК

ориентация, H , B , $L_{Г}$, $L_{В}$, a , c

t_b , A , $R_{ог}$, ρ_{II} , $K_{отн}$, τ_2

ZF

H , B , $L_{Г}$, $L_{В}$, a , c

t_b , A , $R_{ог}$, ρ_{II} , $K_{отн}$, τ_2

NS

ориентация, t_b , A , $R_{ог}$, ρ_{II} , v , D , β_{II}

ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- t_n - средняя температура наиболее жаркого месяца при составлении баланса для расчета вентиляции и средняя температура наиболее жарких суток при составлении баланса для расчета кондиционирования, °С;
- A_{th} - суточная амплитуда температуры наружного воздуха, принимаемая равной средней для вентиляции и максимальной для кондиционирования, °С;
- v_n - расчетная скорость ветра в ТП, м/с;
- θ_1 , θ_2 - расчетное время, соответственно начало и окончание, ч;
- t_b - расчетная температура внутреннего воздуха в ТП, °С
- число элементов - указывают число элементов (ограждений), через которые производится расчет теплопоступлений в данном помещении;
- код - указывают код ограждения (прописными буквами), через которое производится расчет теплопоступлений (см. ниже);
- ориентация - указывается ориентация ограждения по странам света (прописными латинскими буквами);
- A - расчетная площадь ограждения, м²;
- $R_{ог}$ - термическое сопротивление ограждения, м²·К/Вт;
- ρ_{II} - приведенный коэффициент поглощения солнечной радиации наружным слоем ограждения (принимают по табл. В.6);
- v - величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха, °С (определяется в теплотехническом расчете ограждения);
- D - массивность ограждения (определяется в теплотехническом расчете ограждения);
- β_{II} - коэффициент, учитывающий наличие в конструкции воздушной прослойки (при отсутствии воздушной прослойки $\beta_{II} = 1.0$, при наличии воздушной прослойки $\beta_{II} = 0.6$);

- τ_2 - коэффициент, учитывающий затенение светового проема переплетами (принимается по табл. В.7);
- $K_{отн}$ - коэффициент относительного проникания солнечной радиации (принимается по данным табл. В.5);
- H - высота окна, м;
- B - ширина окна, м;
- $L_{г}$ - длина горизонтальных элементов солнцезащитных конструкций (см. рис.), м;
- $L_{в}$ - то же вертикальных, м;
- a - (см. рис.), м;
- c - (см. рис.), м.

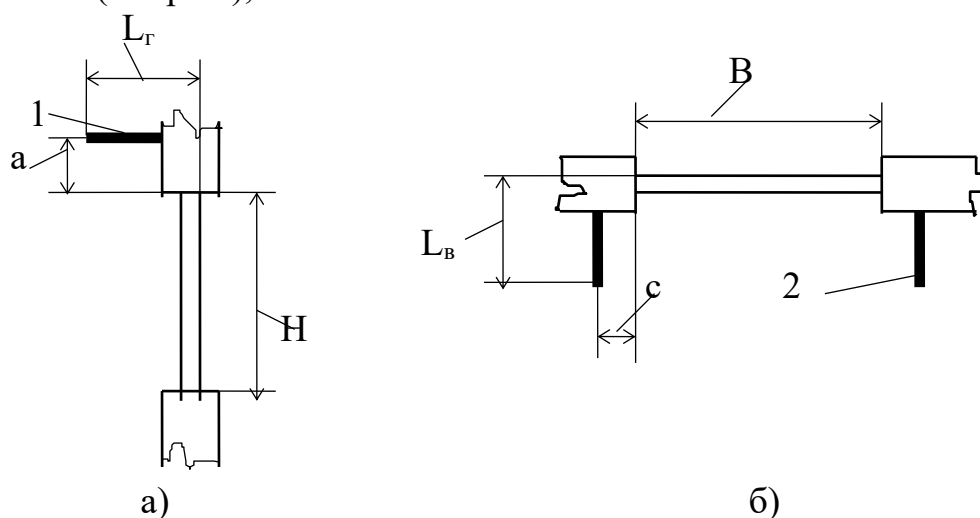


Рис. В.1. Вертикальный (а) и горизонтальный (б) разрезы вертикального заполнения светового проема с солнцезащитными конструкциями:

- 1 - горизонтальные солнцезащитные конструкции;
- 2 - вертикальные солнцезащитные конструкции.

ОРИЕНТАЦИЯ:

- N - север;
- NO - северо-восток;
- O - восток;
- SO - юго-восток;
- S - юг;
- SW - юго-запад;
- W - запад;
- NW - северо-запад.

КОДЫ ОГРАЖДЕНИЙ:

- NS - наружная стена;
- РОС - покрытие;
- ОК - окно;
- ZF - зенитный фонарь

**Таблица В.5 Теплотехнические характеристики заполнений
световых проемов для летних условий**

Заполнение проема		$K_{отн}$	R_{II}	ρ_{II}
остекление	солнцезащитные устройства		м ² ·К/Вт	
1	2	3	4	5
Одинарное со стеклом листовым оконным или витринным толщиной 2,5 - 12,0 мм	Без солнцезащитных устройств при толщине стекла, мм: 2,5 - 3,5 4,0 - 6,0 8,0 - 12,0	1,0 0,95 0,90	0,17	0,07 0,12 0,20
	Внутренние жалюзи: светлые средние по окраске темные	0,56 0,65 0,75	0,20	1,20 1,70 2,10
	Внутренние шторы из тонкой ткани: светлые средние по окраске темные	0,56 0,61 0,66	0,17	1,20 1,45 1,70
	То же из белой стеклоткани	0,45	0,17	0,70
	То же, сворачивающиеся из плотного непрозрачного материала: светлые темные	0,25 0,59	0,17	0,50 1,25
	Наружные жалюзи при расположении пластин к стеклу: под углом 45 ° перпендикулярно	0,15 0,22	0,20 0,15	0,15 0,15
	Маркиза, закрытая с боков	0,35	0,17	0,10
	Маркиза, открытая с боков: средняя по окраске темная	0,2 0,25	0,17 0,17	0,10 0,10
	Двойное со стеклом листовым оконным или витринным толщиной 2,5 - 6,0 мм	0,9 0,8 0,9	0,34	0,25 0,40 0,20
	Внутренние жалюзи: светлые средние по окраске темные	0,53 0,60 0,64	0,38	1,20 1,70 2,00

Окончание таблицы В.5

	Внутренние шторы из тонкой ткани:			
	светлые	0,54		0,40
	средние по окраске	0,59	0,34	1,30
	темные	0,64		1,70
	То же, сворачивающиеся из плотного непрозрачного материала:			
	светлые	0,25	0,34	0,40
	темные	0,60	0,34	1,30
	Жалюзи между стеклами:			
	светлые	0,33	0,47	1,20
	темные	0,36	0,47	1,70
	То же и вентилируемое межстекольное пространство	0,12	0,17	1,45
	Шторы между стеклами:			
Тройное со стеклом листовым оконным или витринным толщиной 2,5 - 6,0 мм	светлые	0,54		1,20
	темные	0,56	0,38	1,70
	из плотного непрозрачного материала	0,25		-
	Наружные жалюзи при расположении пластин к стеклу:			
	под углом 45 °	0,13	0,38	0,45
	То же перпендикулярно:			
	средние по окраске	0,19	0,38	0,45
	темные	0,13	0,38	0,45
	Маркиза, закрытая с боков	0,35	0,17	0,10
	Маркиза открытая с боков:			
	средняя по окраске	0,17	0,34	0,10
	темная	0,21	0,34	0,10
	Без солнцезащитных устройств при толщине стекла, мм:			
	2,5 - 3,5	0,83	0,52	0,40
	4,0 - 6,0	0,69	0,52	0,70
	Внутренние жалюзи:			
	светлые	0,48		1,20
	средние по окраске	0,54	0,58	1,60
	темные	0,60		1,60
	Жалюзи между внутренним и средним стеклом	0,38	0,58	1,70
	Жалюзи между средним и наружным стеклом	0,24	0,58	1,70
	Наружные жалюзи	0,12	0,53	0,45
	Маркиза, открытая с боков:			
	средняя по окраске	0,15	0,52	0,10
	темная	0,18	0,52	0,10

Таблица В.6 Коэффициенты поглощения солнечной радиации материалом
наружной поверхности ограждающей конструкции

Материал наружной поверхности ограждающей конструкции	Коэффициент поглощения солнечной радиации ρ_s
1	2
1. Алюминий	0,5
2. Асбестоцементные листы	0,65
3. Асфальтобетон	0,9
4. Бетоны	0,7
5. Дерево неокрашенное	0,6
6. Защитный слой рулонной кровли из светлого гравия	0,65
7. Кирпич глиняный красный	0,7
8. Кирпич силикатный	0,6
9. Облицовка природным камнем белым	0,45
10. Окраска силикатная темно-серая	0,7
11. Окраска известковая белая	0,3
12. Плитка облицовочная керамическая	0,8
13. Плитка облицовочная стеклянная синяя	0,6
14. Плитка облицовочная белая или палевая	0,45
15. Рубероид с песчаной присыпкой	0,9
16. Сталь листовая окрашенная белой краской	0,45
17. Сталь листовая окрашенная темно-красной краской	0,8
18. Сталь листовая, окрашенная зеленой краской	0,6
19. Сталь кровельная оцинкованная	0,65
20. Стекло облицовочное	0,7
21. Штукатурка известковая темно-серая или терракотовая	0,7
22. Штукатурка цементная светло-голубая	0,3
23. Штукатурка цементная темно-зеленая	0,6
24. Штукатурка цементная кремовая	0,4

Таблица В.7 Коэффициент затенения остекления переплетами

Заполнение светового проема	τ_2
1. Одинарное остекление в деревянных или пластмассовых переплетах	0,75/0,80
2. Одинарное остекление в металлических переплетах	0,7/0,90
3. Двойное остекление в деревянных или пластмассовых спаренных переплетах	0,70/0,75
4. Двойное остекление в деревянных или пластмассовых отдельных переплетах	0,60/0,65
5. Двойное остекление в металлических отдельных переплетах (окна, фонари, витрины)	0,60/0,80
6. Тройное остекление в деревянных или пластмассовых отдельно-спаренных переплетах	-/0,50
6. Тройное остекление в деревянных или пластмассовых отдельно-спаренных переплетах	-/0,50
7. Тройное остекление в металлических отдельных переплетах	-/0,70
8. Блоки стеклянные пустотелые с шириной швов между ними 6 мм: - размерами 194 x 194 x 98 мм; - размерами 244 x 244 x 98 мм	0,90 0,90

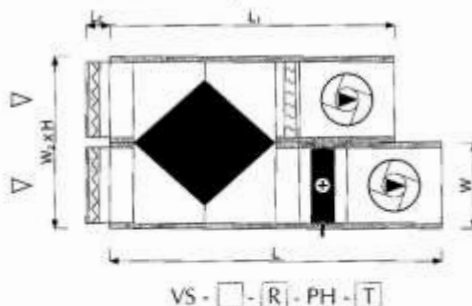
Примечание. В числителе представлены значения для помещений промышленных зданий, а в знаменателе - общественных и жилых зданий.

Приложение Г

Приточно-вытяжные агрегаты: перекрестно-точный теплообменник Нагревание

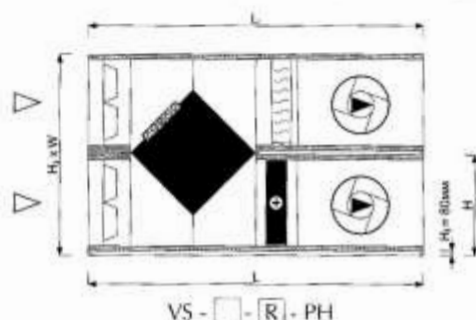
Базовый агрегат

Типоразмеры VS 10+15 (подвесные)*

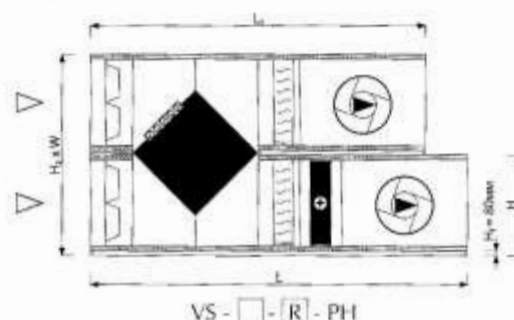


Типоразмеры VS 21+650

Версия для энергоутилизации: только зимой



Версия для энергоутилизации: зимой и летом



VS	V _{min}		V _{max}		L		L ₁		H	H ₂	W	W ₂	h x w	h ₁ x w ₁
	[m ³ /ч]	[CFM]	[m ³ /ч]	[CFM]	(W) [mm]	(W+S) [mm]	(W) [mm]	(W+S) [mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
10	436	257	1655	974	1883/2248*	1883/2248*	1883	1883	360	-	660	1330	220x500	-
15	648	381	2462	1449	2248/2614*	2248/2614*	2248	2248	390	-	800	1610	250x660	-
21	1167	687	3089	1818	2221	2587	2221	2221	528	976	961	-	313x821	250x560
30	1586	933	4322	2544	2221	2587	2221	2221	660	1240	961	-	440x821	380x613
40	1958	1152	5561	3332	2221	2587	2221	2221	660	1240	1168	-	440x1028	440x821
55	2878	1694	8216	4836	2953	3318	2953	2953	795	1510	1339	-	575x1199	440x1028
75	3805	2240	11379	6697	2953	3318	2953	2953	915	1750	1480	-	695x1340	575x1199
100	4863	2862	13500	7946	3318	3684	3318	3318	1015	1950	1660	-	795x1520	695x1340
120	5815	3423	18079	10641	3318	3684	3318	3318	1052	2024	1891	-	832x1751	795x1520
150	7167	4218	22427	13200	3684	4050	3684	3684	1153	2226	2085	-	933x1945	795x1520
180	8640	5085	27230	16027	3684	4050	3684	3684	1357	2714	2085	-	1137x1945	795x1520
230	10398	6120	33467	19698	3684	4050	3684	3684	1357	2714	2493	-	1137x2353	740x1913
300	13491	7941	44767	26349	4781	5147	4781	4781	1656	3312	2585	-	1436x2445	933x1945
400	18704	11009	60500	35609	4781	5147	4781	4781	1889	3778	3085	-	1669x2945	933x2650
500	21817	12841	67600	39788	4781	5147	4781	4781	1889	3778	3585	-	1669x3445	933x3150
650	28725	16907	97200	57210	5513	5878	5513	5513	2366	4732	3697	-	2146x3557	933x3250

1883/2248* - с водяным нагревателем L = 1883 мм, с электрическим нагревателем L = 2248 мм

2248/2614* - с водяным нагревателем L = 2248 мм, с электрическим нагревателем L = 2614 мм

L₁ - длина агрегата

(W) - энергоутилизация только зимой

(W+S) - энергоутилизация зимой и летом

L₂ = 95 мм

V_{max} - описание параметров представлено на стр. 20

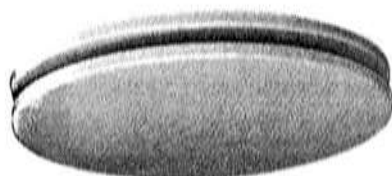
Длина указана для агрегатов, оснащенных вентиляторами типа PLUG с прямым приводом электродвигателя (VS21-VS650 поставляются в секциях)



Приложение Д Потолочный диффузор TST

TST

 Systemair



- ✓ Приточный потолочный клапан
- ✓ Применяется для перегретого воздуха
- ✓ Возможно формировать
одностороннюю подачу
- ✓ Стыкуется с камерой ст. давления
- ✓ Низкий уровень шума

Функции

TST - это круглый потолочный клапан с возможностью трехпозиционного регулирования струи. TST может использоваться как для притока, так и для вытяжки. Картина распределения может изменяться при помощи заглушки.

Дизайн

Изготовлены из листовой стали, покрашены белой порошковой краской (RAL 9010-80).

Типоразмеры

Существуют следующие типоразмеры: ø100, ø125, ø160, ø200, ø250 и ø315.

Принадлежности

Потолочная плита (595x595) TPP
Камера ст. давления PER-T
по съёмным расходомерным клапаном и
постоянными точками.

Заглушка включена в комплект.

Монтаж

При установке камеры ст. давления PER-T, необходимо учитывать, чтобы длина прямого участка воздуховода до камеры ст. давления, была не менее 4-х диаметров воздуховода.

Описание

TST- это круглый потолочный диффузор Systemair с камерой ст. давления PER. Возможна регулировка размера щели и картины распределения.

Спецификация

Потолочный диффузор	TST	- 125
---------------------	-----	-------

Размер

Потолочная пластина	TPP	- 125
---------------------	-----	-------

Подсоединение диффузора

Камера ст. давления	PER-T	- 100-125
---------------------	-------	-----------

Размер

Технические данные

Мощность

Расход q (л/с и m^3/h), полное давление P_t (Па), длина струи $l_{0,2}$ и уровень звукового давления дБ(А), для щели 10, 20 и 30 мм соответственно показаны на диаграмме внизу. При использовании камеры статического давления данные остаются без изменения.

При распределения на 180° и размере щели 30 мм используйте данные для щели размером 30 мм со следующей корректировкой:

Давление = умножить на 1,5

Длина струи = умножить на 2,0

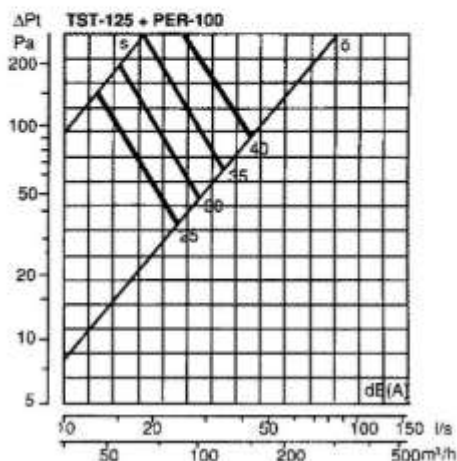
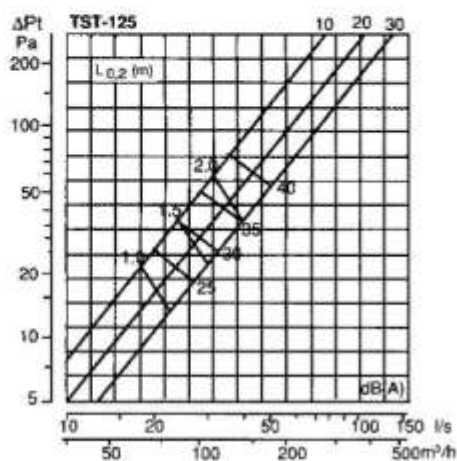
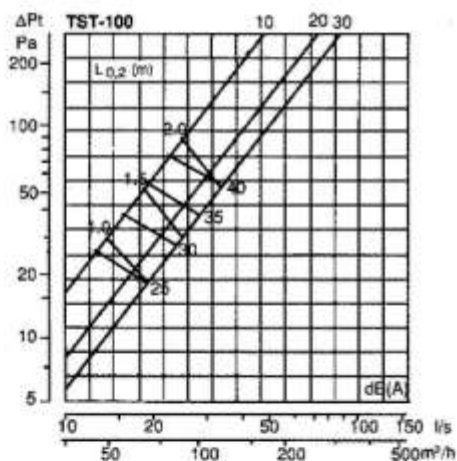
Уровень звукового давления = добавить 3

Длина струи

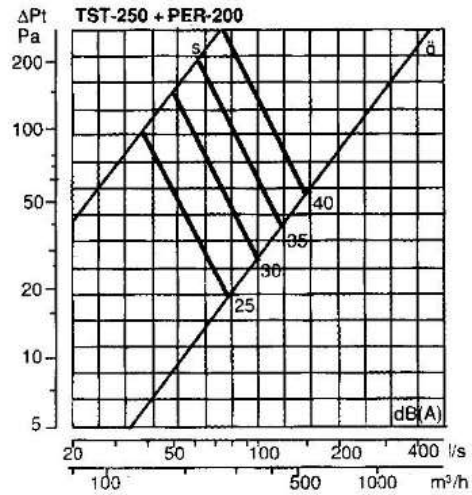
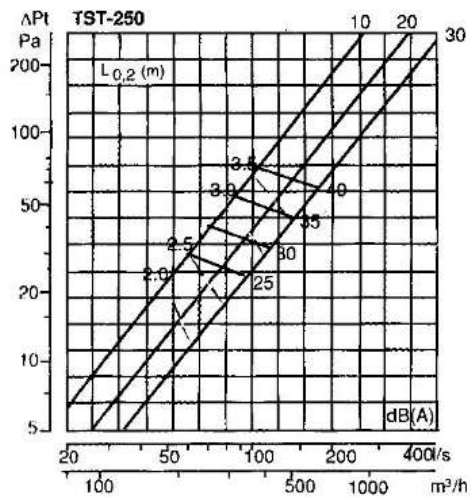
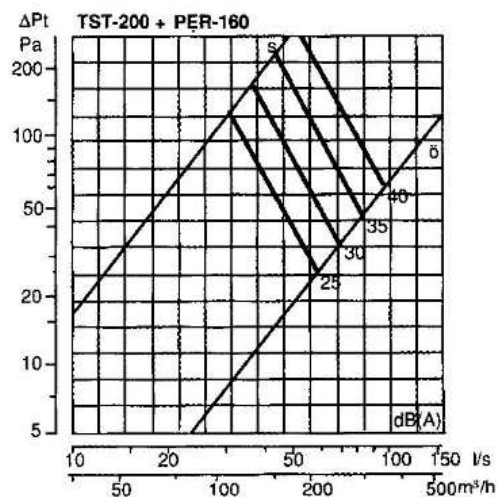
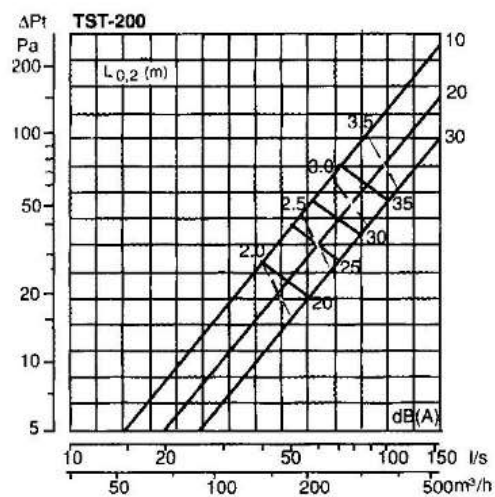
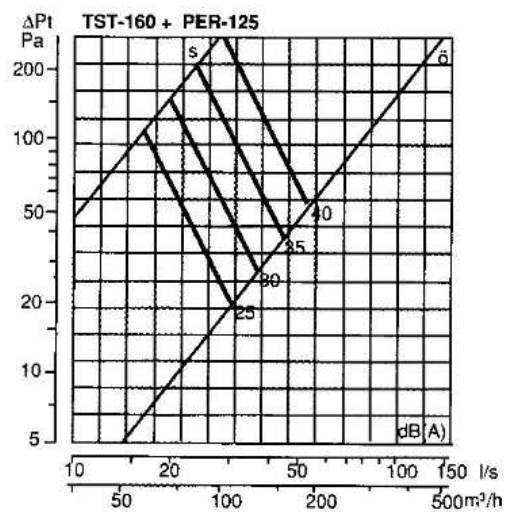
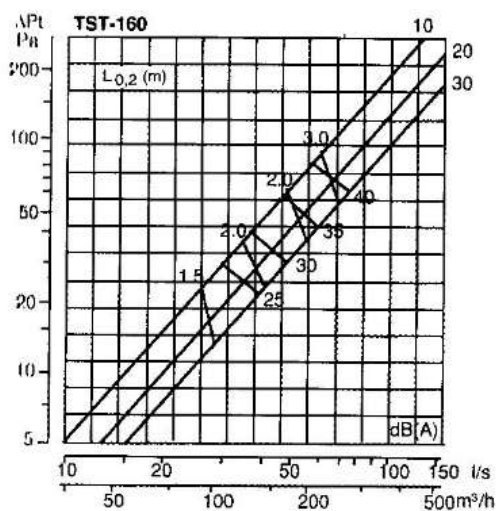
Длина струи $l_{0,2}$ указанная на графике, характеризует расстояние от клапана до точки, где скорость потока (изотерма воздуха) снижается до 0,2 м/с.

Уровень звукового давления L_A

Уровень звукового давления дБ(А) на графиках показан для отражающих поверхностей в комнате с эквивалентным поглощением 10 m^2 Сабин. Это соответствует снижению уровня звука на 4 дБ(А).



Технические данные



Технические данные

Мощность

Расход q (л/с и m^3/h), полное давление P_t (Па), длина струи $l_{0,2}$ и уровень звукового давления дБ(А), для щели 10, 20 и 30 мм соответственно показаны на диаграмме внизу. При использовании камеры статического давления данные остаются без изменения.

При распределении на 180° и размере щели 30 мм используйте данные для щели размером 30 мм со следующей корректировкой:

Давление = умножить на 1,5

Длина струи = умножить на 2,0

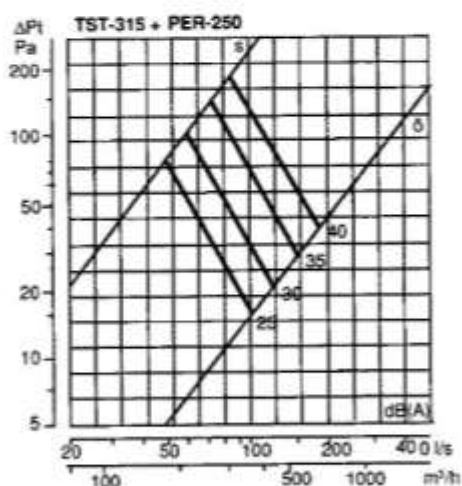
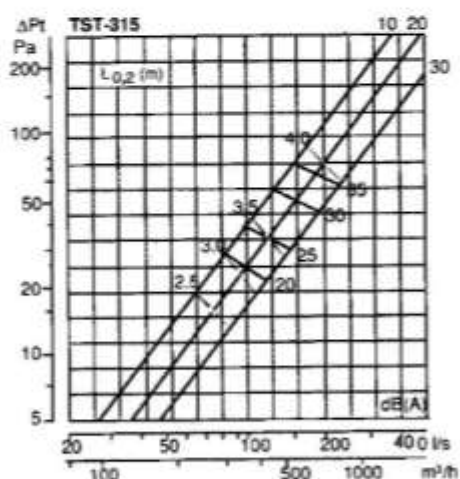
Уровень звукового давления = добавить 3

Длина струи

Длина струи $l_{0,2}$ указанная на графике, характеризует расстояние от клапана до точки, где скорость потока (изотерма воздуха) снижается до 0,2 м/с.

Уровень звукового давления L_A

Уровень звукового давления дБ(А) на графиках показан для отражающих поверхностей в комнате с эквивалентным поглощением $10 m^2$ Сабин. Это соответствует снижению уровня звука на 4 дБ(А).



ПРИЛОЖЕНИЕ Е.

Аэродинамический расчет воздуховодов

Таблица Е.1. Нормируемые размеры круглых воздуховодов из тонколистовой стали

d , мм	f , м ²	d , мм	f , м ²	d , мм	f , м ²	d , мм	f , м ²
100	0,0079	280	0,0615	560	0,246	1120	0,985
125	0,0123	315	0,078	630	0,312	1250	1,23
140	0,0154	355	0,099	710	0,396	1400	1,54
160	0,020	400	0,126	800	0,501	1600	2,01
200	0,0314	450	0,159	900	0,635	1800	2,54
250	0,049	500	0,196	1000	0,785	2000	3,14

Таблица Е.2. Нормируемые размеры прямоугольных воздуховодов из тонколистовой стали

$b \times h$, мм	f , м ²	$b \times h$, мм	f , м ²	$b \times h$, мм	f , м ²
100x150	0,015	400x800	0,32	800x1200	0,96
150x150	0,0225	500x500	0,25	800x1600	1,28
150x250	0,0375	500x600	0,30	1000x1000	1,00
150x300	0,045	500x800	0,40	1000x1250	1,25
250x250	0,0625	500x1000	0,50	1000x1600	1,60
250x300	0,075	600x600	0,36	1000x2000	2,00
250x400	0,100	600x800	0,48	1250x1250	1,56
250x500	0,125	600x1000	0,60	1250x1600	2,00
400x400	0,160	600x1250	0,75	1250x2000	2,50
400x500	0,200	800x800	0,64	1600x1600	2,56
400x600	0,24	800x1000	0,80	1600x2000	3,2

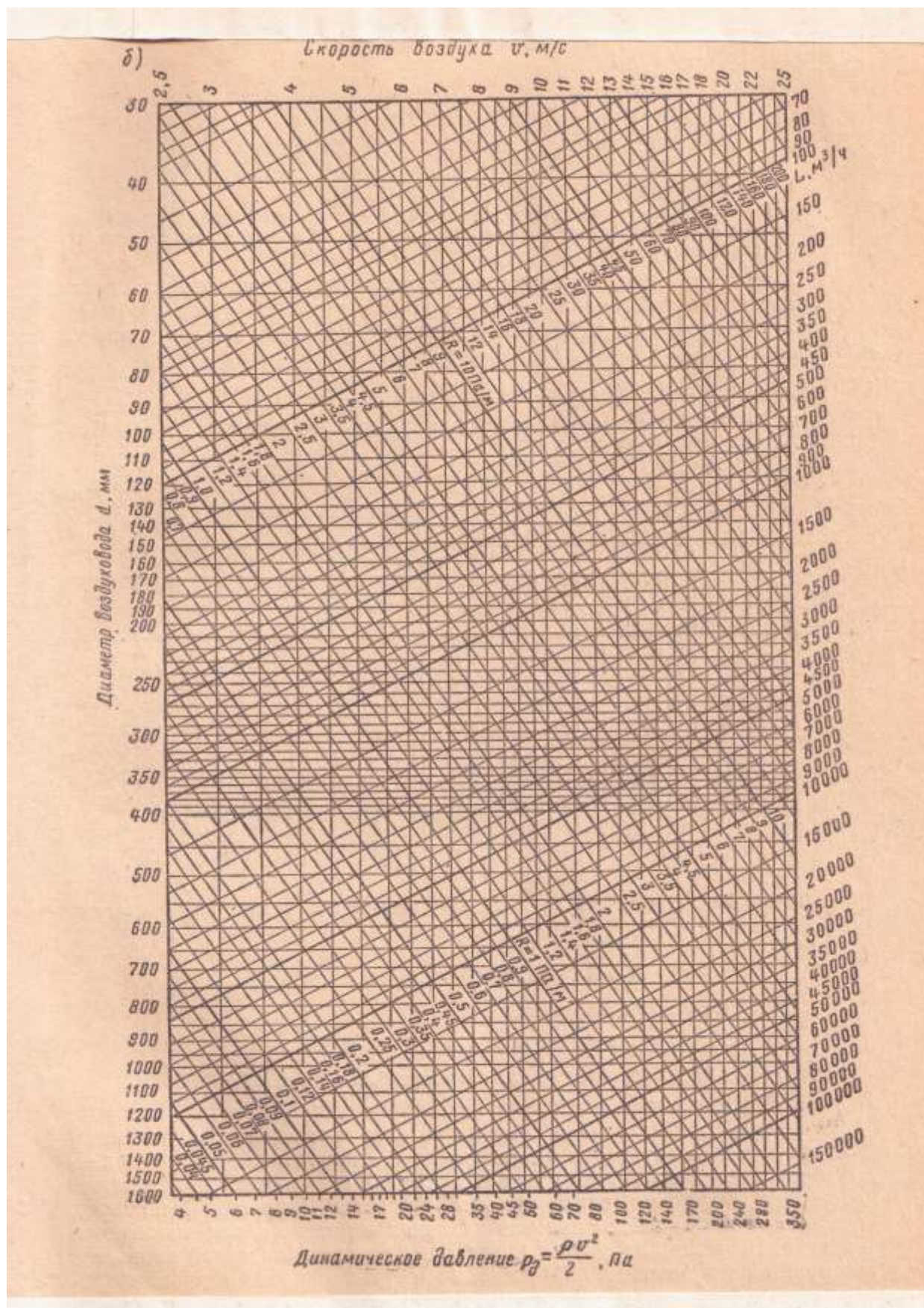


Рис. Е.1. Диаграмма удельных потерь давления в круглых стальных воздуховодах

Таблица Е.3. Значения местных сопротивлений отводов прямоугольного сечения при $\alpha=90^\circ$

b , мм	Значения ξ при h , мм											
	100	150	250	300	400	500	600	800	1000	1250	1600	2000
100		0,08										
150	0,18	0,16	0,14	0,13								
250		0,28	0,25	0,24	0,22	0,21						
300		0,36	0,32									
400			0,41		0,37	0,35	0,33	0,31				
500			0,51		0,45	0,43	0,41	0,38	0,36			
600					0,53	0,50	0,48	0,44	0,42	0,40		
800					0,65	0,62	0,59	0,55	0,52	0,50	0,46	
1000						0,72	0,68	0,64	0,60	0,58	0,54	0,51
1250							0,76	0,71	0,67	0,64	0,60	0,57
1600								0,83	0,78	0,75	0,70	0,66
2000									0,87	0,83	0,78	

Примечания. 1. При $\alpha=90^\circ \xi_{45}=0,708 \cdot \xi_{90}$.

2. Для унифицированных отводов круглого сечения при $\alpha=90^\circ \xi=0,35$.

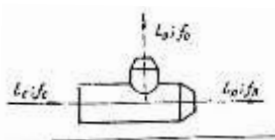


Таблица Е.4. Коэффициенты сопротивления тройников в режиме нагнетания

L_0/L_c	ξ_n при f_n/f_c				ξ_o при f_o/f_c					
	1,0	0,8	0,65	0,5	0,65	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2
0,01	0,18	0,2	0,2	0,2	-	-	-	893	594	375
0,05	0,2	0,25	0,3	0,3	153	88,5	55	29,5	19,8	12
0,1	0,15	0,2	0,3	0,3	41,4	19,8	12	6,2	4,1	2,5
0,2	0,15	0,2	0,25	0,3	7,5	4,1	2,5	1,3	0,95	0,7
0,3	0,15	0,2	0,25	0,3	3	1,7	1,1	0,7	0,5	0,55
0,4	0,2	0,25	0,3	0,3	1,6	0,9	0,75	0,6	0,55	0,55
0,5	0,3	0,4	0,4	0,35	1,0	0,7	0,6	0,55	0,55	0,45
0,6	0,75	0,7	0,6	0,55	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,45
0,7	2,0	1,55	1,25	0,9	0,65	0,55	0,5	0,5	0,45	0,45
0,8	6,4	4,5	3,3	2,2	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45
0,9	34,7	23,1	16	10,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45
0,95	159	103	69,3	42,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,40

Локальный электронный методический материал

Анатолий Алексеевич Герасимов

СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Редактор И. Голубева

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л 3,8. Печ. л. 3,8

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1