

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Санитарно-технических 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
по дисциплине (модулю)
«Проектная деятельность»**

**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, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080301-06-22

Тула 2022 год

Разработчик(и) методических указаний

Зеленко Г.Н. ст. преподаватель,
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

1. Введение

Настоящие указания учебной дисциплины (модуля) разработаны в соответствии с программой курса "Вентиляция".

2. Характеристика объекта

В этот раздел пояснительной записки проекта следует включить: описание характера строительных конструкций и наружных ограждений, местоположения объекта и его ориентации относительно стран света; краткое описание технологического процесса с указанием характера производственных вредностей, выделяющихся в помещениях от технологического оборудования; суммарную мощность электродвигателей и теплового оборудования; род топлива и его расход; расход и тип электродов при наличии сварки; расход краски и размер окрашиваемой поверхности при наличии окрасочных и т.д.; число работающих; сменность; время и продолжительность открывания наружных проемов и т.п.

Ознакомиться с технологическим процессом можно по литературе, описывающей технологию или вентиляцию того или иного производства; краткие сведения о характере вредностей и типах местных отсосов от технологического оборудования приведены в нормах проектирования вентиляции отдельных цехов.

Если тип цеха студенту неизвестен или цех состоит из различных отделений и в нем установлено разнообразное оборудование, относящееся к различным производствам, то рекомендации по устройству вентиляции следует смотреть в нормах для различных типов цехов в зависимости от оборудования.

3. Расчет воздухообмена

3.1. Выбор ориентировочной схемы вентиляции

Выбор ориентировочной схемы организации воздухообмена осуществляется в зависимости от наличия местного притока или вытяжки с использованием рекомендаций норм.

3.2. Выбор расчетных параметров внутреннего, и наружного воздуха

3.2.1. Выбор расчетных параметров наружного воздуха

Выбор расчетных параметров наружного воздуха для холодного и теплого периода года ведется в зависимости от географического положения населенного пункта и назначения вентиляции в соответствии со СП.

Расчетные параметры наружного воздуха в переходный период года независимо от географического положения и назначения вентиляции принимаются равными: температура $+10^{\circ}$, теплосодержание 22-23 Дж/кг сухого воздуха.

3.2.2. Выбор расчетных параметров внутреннего воздуха

Так как параметры внутреннего воздуха в зависимости от высоты могут меняться, то нормы обязывают при проектировании вентиляции обеспечить определенными лишь параметры в рабочей зоне помещения, которые могут быть оптимальными или допустимыми. Согласно строительным нормам и правилам проектируемая вентиляция должна обеспечить в помещении допустимые параметры при всех состояниях наружного воздуха в пределах, от принятых параметров наружного воздуха для холодного периода до принятых параметров наружного воздуха для теплого периода года.

Допустимые параметры внутреннего воздуха принимаются в зависимости от категории выполняемой работы и периода года.

Если при изучении технологического процесса не выяснены категории тяжести работ, то их можно принять руководствуясь указаниями.

При выборе допустимых параметров внутреннего воздуха следует иметь в виду, что цехами со значительными теплоизбытками являются: плавильные, литейные, термические, кузнечно-прессовые, а также отделения отжига термообручных цехов.

При выполнении курсового проекта не допускается принимать расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха по таблицам, приведенным в справочниках и пособиях, а следует пользоваться только СП.

3.3. Принципы расчета воздухообмена при различных схемах вентиляции

Местная вытяжная вентиляция предназначена для улавливания вредных веществ непосредственно у мест их выделения, поэтому производительность местных отсосов зависит от характера оборудования, типа рекомендуемого для него местного отсоса и рекомендуемой скорости воздуха в рабочем проеме отсоса.

Местная приточная вентиляция предназначена для создания нормируемых метеорологических условий не по всей рабочей зоне помещений, а лишь на отдельных рабочих местах (воздушный душ - на местах, подверженных интенсивному тепловому облучению; воздушная завеса — вблизи наружных ворот.). Поэтому производительность местного притока определяется конкретными условиями на этих рабочих местах и количеством таких мест в цехе.

Общеобменная приточно-вытяжная вентиляция предназначена для создания нормируемых условий по всей рабочей зоне помещения, поэтому производительность общеобменной вентиляции определяется расчетными параметрами наружного и внутреннего воздуха, количеством и характером поступающих в воздух помещения производственных вредных веществ.

Чисто общеобменная вентиляция применяется редко, но еще реже в цехе предусматривается только местная вентиляция (такое может быть только в небольших помещениях отделений цехов). Чаще всего в цехах применяется комбинированная схема вентиляции, т.е. наряду с общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией имеется местная вытяжка или еще более сложная схема,

при которой наряду с общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией имеются местная вытяжка и местный приток. При комбинированных схемах вентиляции производится отдельно расчет производительности местной и общеобменной вентиляции.

Производительность местной вентиляции не зависит от производительности общеобменной вентиляции. Производительность же общеобменного притока и общеобменной вытяжки определяют с учетом количества воздуха подаваемого местным притоком и количества воздуха, удаляемого местными отсосами. В связи с этим при расчете воздухообмена при комбинированных схемах вентиляции сначала определяется производительность чистого притока и местной вытяжки. Затем производится расчет количества вредных, проникающих в воздух помещения, и только после этого расчет производительности общеобменной вентиляции.

3.4. Расчет производительности местной вытяжной вентиляции

В этом разделе настоящих указаний не излагается методика расчета тех или иных типов местных отсосов, а указывается лишь литература, в которой эта методика приводится, а также даются некоторые указания по использованию этих методик при выполнении курсового проекта.

При ознакомлении с технологическим процессом цеха, с характером работы и конструктивными особенностями технологического оборудования, необходимо выяснить характер выделяющихся вредных от каждого оборудования, а также надобность и возможность устройства местного отсоса. Тип местного отсоса выбирается по нормам или альбомам типовых местных отсосов.

Объем воздуха, отсасываемого местными отсосами, может быть принят по нормам или рассчитан. Как правило, расчетным путем определяется производительность следующих местных отсосов; зонтов-козырьков над грузочными дверцами печей и сушил; зонтов над нагретыми поверхностями; бортовых отсосов (обычных, опрокинутых и со сдувом); кольцевых отсосов; отсосов на охлаждающих кожухах литейных конвейеров и из охлаждающих камер; некоторых шкафных укрытий.

В курсовой работе производительность не менее двух отсосов (по указанию руководителя проекта) должна быть определена расчетным путем, а остальных принята по нормам.

Если имеется несколько однотипных отсосов, то при выполнении курсовой работы допускается рассчитать только один из них, остальные принять по аналогии или по нормам.

3.5. Эффективность местных отсосов

Устройство местного отсоса у оборудования не исключает возможности попадания вредных в воздух помещения.

Для дальнейших расчетов количества вредных, поступающих в поме-

шение (газов, паров пыли). необходимо знать эффективность работы местного отсоса.

При расчетах тепловыделений коэффициент эффективности местных отсосов учитывается редко.

Коэффициент эффективности отсосов может быть принят по рекомендациям справочной литературы.

Эффективность работы зонтов-козырьков над загрузочными отверстиями печей принимается равной по теплу 0,1; коэффициент эффективности (по теплу) зонта над нагретой поверхностью определяется по графику. Укрытие типа вытяжного шкафа изолирует место, где производятся процессы, сопровождающиеся вредными выделениями, и коэффициент удаления вредностей, выделявшихся под укрытием, можно считать равным единице (или 100%). Эффективность местных отсосов применяемых, для борьбы с пылью, можно принимать равной примерно 0,6-0,8. Эффективность панелей Чернобережского, применяемых при сварке, у заливочных участков литейных конвейеров составляет (по газам и сварочной пыли) примерно 0,7 (70%). Коэффициент эффективности действия местных отсосов при покраске может меняться от 0,4 до 0,9 в зависимости от организаций технологического процесса.

При проектировании вентиляции цехов и отделений, где установлены ванны различного назначения (травильные, гальванические и т.п.), как правило, не определяют количество тех или иных паров и газов, поступающих в воздух помещения, так как это весьма затруднительно, нет необходимости также определять коэффициент эффективности бортового отсоса по газам и парам.

Количество воздуха, удаляемого местной вытяжкой $G_{мо}$, определяется суммированием объемов местных отсосов с учетом плотностей воздуха в рабочей зоне.

В величину $G_{мо}$ должно быть включено и количество воздуха, удаляемого из помещения на технологические нужды, технологическую вытяжку (например, воздух, идущий на обеспечение процесса горения топлива, или воздух, забираемый из помещения для транспортирования сыпучих материалов в аэрозольном состоянии и т.п.).

При наличии технологического притока (поступление воздуха при обдуве изделий сжатым воздухом, при поступлении продуктов сгорания в воздух помещения и т.п.) размер местных отсосов необходимо уменьшить на размер этого притока.

Расчет суммарной производительности местных отсосов оформляется таблицей (приложение 1).

4. Местная приточная вентиляция

Местный приток может быть двух типов; воздушный душ (ВД) и воздушная (воздушно-тепловая) завеса (ВЗ).

4.1 Воздушный душ

Воздушный душ предназначен для создания комфортных условий работы (для уменьшения влияния облучения) на отдельных рабочих местах. Воздушный душ направляется на тело человека (голову, грудь) струей воздуха с определенными параметрами. Воздушный душ, как правило, устраивается на рабочих местах, подверженных тепловому облучению интенсивностью $1260 \text{ кДж}/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$ ($300 \text{ ккал}/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$) и более. В редких случаях воздушный душ устраивается на местах, где имеют место значительные выделения пыли и газов. В этом случае воздушная струя должна направляться от работающего на источник вредности.

По нормам проектирования схемы вентиляции отдельных цехов, необходимо выяснить, на каких рабочих местах данного цеха следует устраивать воздушный душ и какова интенсивность облучения на этих рабочих местах.

Параметры струи в сечении, где находится человек, нормируются в зависимости от интенсивности облучения. При курсовой работе следует принимать эти параметры только по литературе, а не по справочным пособиям.

Пользуясь аналитическим методом расчета струй ВД, исходя из известных параметров на рабочем месте t_x, θ_x , определяют: диаметр душирующего патрубка d_o , его расстояние до рабочего места x , которым чаще всего задаются конструктивно, количество подаваемого воздуха G_o , температуру воздуха на выходе из насадка t_o . Обычно при расчете даются размеры рабочего места (в квадратных метрах) или необходимая средняя скорость движения по площади. По этим величинам определяют все остальные параметры (начальную скорость, температуру струи, расход струи, расстояние до рабочего места).

В проектируемом цехе может оказаться много различных по интенсивности облучения мест, на которых нормативные параметры воздуха не совпадают. В курсовой работе допускается рассчитать одну душирующую установку по усредненному значению интенсивности теплового облучения, остальные принять одинаковыми и равными первой.

Общий объем воздушного душа цеха будет равен объему воздуха, подаваемого одним насадком, умноженному на число рабочих мест, подлежащих душированию. На рабочих местах с интенсивностью облучения меньше $1260 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ можно не проектировать централизованное воздушное душирование, а предусмотреть душирование рециркуляционными веерными переносными датирующими агрегатами.

4.2. Воздушные завесы

Воздушные завесы устраиваются, как правило, в наружных проемах для предотвращения прорыва наружного воздуха внутрь цеха и снижения температуры воздуха в рабочей зоне вблизи ворот ниже допустимого значения. Если в зимнее время в помещении имеется аэрация, воздушная завеса рассчитывается только после расчета аэрации (а следовательно, после расчета общего воздухообмена). Если заранее известно, что в помещении зимой нет аэрации, а механи-

ческий приток и механическая вытяжка сбалансированы, то воздушную завесу можно рассчитать на любом этапе выполнения проекта.

Воздушные завесы рассчитываются и конструируются только применительно к холодному периоду года, причем расчетные климатические данные наружного воздуха при подборе вентиляционного оборудования ВЗ принимаются по параметрам Б.

5. Расчет воздухообмена при общеобменной вентиляции

Наиболее эффективным способом борьбы с промышленными вредностями (газами, парами, пылью, теплом) является местная вытяжная вентиляция. Однако не всегда по условиям технологического процесса возможно устройство местных отсосов. Но даже и при наличии местных отсосов часть вредностей (в зависимости от эффективности местной вытяжки) поступает в помещение, поэтому практически в любом производственном помещении в воздух постоянно поступает в большем или меньшем количестве та или иная вредность или несколько различных вредностей одновременно.

Если общеобменную вентиляцию не осуществлять в помещении, то за счет выделяющихся вредностей параметры внутреннего воздуха будут изменяться и через некоторый момент времени концентрация вредностей в помещении достигнет предельно допустимого значения, а затем превысит его.

Для того чтобы в помещении обеспечить нормируемые параметры (допустимую температуру, влажность воздуха, концентрацию вредностей) следует предусмотреть общеобменную вентиляцию.

Поступая в помещение, приточный воздух должен ассимилировать все выделяющиеся вредности, обеспечивая тем самым постоянство параметров внутреннего воздуха.

Количество приточного воздуха должно быть таким, чтобы при ассимиляции вредностей его параметры $t_{пр}$, C_o изменялись до заданных параметров внутреннего воздуха $t_{рз}$, $C_{рз}$.

Для расчета производительности общеобменной вентиляции необходимо знать количество вредностей, поступающих в воздух помещения. Тогда, зная с какими параметрами воздух поступает в помещение и с какими уходит из него, определяют потребный воздухообмен.

5.1. Расчет общеобменной вентиляции из условия разбавления газов, паров, пыли и влаги до допустимых концентраций

Количество воздуха, которое необходимо подавать в помещения для обеспечения допустимых концентраций вредностей в воздухе помещений, следует определять по расчету для трех периодов года на основании количества этих вредностей, поступающих в помещение, учитывая неравномерность распределения их по высоте помещения и удаления воздуха из рабочей зоны местными отсосами. Если нет технологических данных и неравномерности распре-

деления вредностей (что имеет место при выполнении курсовой работы), допускается принимать равномерное распределение.

Поэтому независимо от того предусматривается ли только общеобменная вентиляция или комбинированная (с устройством местных отсосов), расчет производится по следующим формулам:

1) При борьбе с газами

$$V = \frac{G_{\Gamma}}{C_{\text{дон}} - C_{\text{пр}}},$$

где G_{Γ} — количество газа, поступающего в цех, мг/ч;

$C_{\text{дон}}$ — концентрация этого газа в воздухе помещения, мг/м³;

$C_{\text{пр}}$ — концентрация этого газа в приточном воздухе, мг/м³.

Так как свежий воздух, поступая в помещение, разбавляет одновременно все вредности, принимаемый воздухообмен должен быть равен большему из значений. При одновременном содержании в воздухе помещения нескольких вредных веществ однонаправленного действия расчетный воздухообмен принимается равным сумме объемов воздуха, необходимых для разбавления каждого из этих газов;

2) При борьбе с пылью

$$V = \frac{G_n}{C_{\text{дон}} - C_{\text{пр}}},$$

где G_n — количество пыли, поступающей в воздух помещения, мг/ч;

$C_{\text{пр}}$, $C_{\text{дон}}$ — концентрация пыли соответственно в приточном и удаляемом воздухе, мг/м³.

3) При борьбе с влагой

$$G = \frac{W \cdot 1000}{d_{\text{yx}} - d_{\text{пр}}},$$

где W — влагоизбытки в помещении, кг/ч;

d_{yx} , $d_{\text{пр}}$ — влагосодержание соответственно уходящего и приточного воздуха, г/кг сухого воздуха.

При применении обычных средств вентиляции $d_{\text{пр}}$ равно влагосодержанию наружного воздуха и определяется по $J-d$ - диаграмме по известным параметрам воздуха. Если неизвестно распределение влаговыделений в помещении, то $d_{\text{yx}} = d_{\text{pz}}$

Если в помещении одновременно выделяется несколько вредностей, то принятый воздухообмен должен быть равен большему из значений, полученных при расчете воздухообмена по каждой из этих вредностей.

Если в помещении только общеобменная вентиляция, то общеобменный приток $G_{\text{пр}}$ должен быть равен общеобменной вытяжке $G_{\text{в}}$.

Следует однако не забывать, что объемы приточного и вытяжного воздуха не равны, так как не равны их температуры, а соответственно и плотности.

Если в помещении предусматриваются местные отсосы, то величина общеобменной вытяжки меньше общеобменного притока:

$$G_{\text{выт}} = G_{\text{пр}} - G_{\text{мо}},$$

где $G_{\text{выт}}$ — количество воздуха, удаляемого общеобменной вентиляцией, кг/ч;

$G_{\text{мо}}$ — количество воздуха, удаляемого местной вытяжной вентиляцией, кг/ч;

5.2. Расчет воздухообмена "по местным отсосам"

Если в помещении имеются местные отсосы, то минимальная вытяжка

$$G_{\text{выт}(\min)} = G_{\text{мо}} + G_{\text{вз}(\min)},$$

где $G_{\text{выт}(\min)}$ — минимальное количество вытяжки из помещения при устройстве местных отсосов, кг/ч;

$G_{\text{мо}}$ — количество воздуха, удаляемого местными отсосами, кг/ч;

$G_{\text{вз}(\min)}$ — минимальное количество воздуха, удаляемого из верхней зоны при наличии местных отсосов, кг/ч.

Объем этого воздуха $G_{\text{вз}(\min)}$ должен быть не меньше однократного объема и не менее $(6F) \text{ м}^3/\text{ч}$, где F — площадь пола, м^2 . Количество приточного воздуха, как правило, в этом случае

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{выт}(\min)} = G_{\text{мо}} + G_{\text{вз}(\min)}.$$

Если потребный воздухообмен по тем или иным вредностям (по пыли, по газам, по влаге и по теплу) получился больше $G_{\text{мо}} + G_{\text{вз}(\min)}$, то увеличивают количество воздуха, удаляемого из верхней зоны, или устраивают дополнительно общеобменную вытяжку из какой либо другой зоны помещения (например, в покрасочных помещениях).

Если потребный воздухообмен по каждой из вредностей получился меньше $G_{\text{мо}} + G_{\text{вз}(\min)}$, то количество приточного и вытяжного воздуха принимается равным $G_{\text{мо}} + G_{\text{вз}(\min)}$.

В этом случае говорят, что воздухообмен принят "по местным отсосам".

При проектировании вентиляции в некоторых цехах воздухообмен принимается "по местным отсосам" без расчета количества всех вредностей, кроме тепла и влаги, поступающих в воздух помещения. Например, в гальванических и травильных отделениях цехов, в которых производятся различные виды обработки металла (травление, меднение, свинцевание, обезжиривание, оксидирование и т.д.), для чего ванны различной конструкции и размеров наполняются самыми разнообразными растворами и веществами, определение количества испаряющихся веществ весьма сложно. Еще более затруднительно практически определять количество вредностей, когда в ваннах происходят реакции и от них выделяются не только пары жидкости, но и продукты реакции.

5.3. Расчет количества общеобменного притока по ассимиляции теплоизбытков

Температура воздуха в помещении зависит от размера теплоизбытков, температуры и количества приточного воздуха.

Температура воздуха в помещении нормируется и согласно СП должна поддерживаться постоянная в течение того или иного периода года. Студент,

разбирая данный вопрос, должен хорошо усвоить, что при одних и тех же теплоизбытках можно осуществлять различные воздухообмены (несколько вариантов), но каждому количеству приточного воздуха соответствует строго определенная температура притока, и наоборот.

Поэтому при проверке (или выборе) воздухообмена по теплу приходится решать одну из двух задач: задавшись воздухообменом по тем или иным факторам (например, "по местным отсосам" или по разбавлении газов), определить температуру притока; задавшись температурой притока определить требуемый воздухообмен. Такая задача решается обычно для летнего периода, когда температура притока равна температуре наружного воздуха.

Таким образом, расчет воздухообмена по теплу производится для любого цеха либо с целью выбора воздухообмена, либо с целью проверки теплового баланса помещения при работе вентиляции и подбора температуры притока.

Для того чтобы в помещении поддерживалась постоянная температура, должны быть соблюдены условия воздушного и теплового балансов при данном воздухообмене:

$$G_{np} = G_{выт}; G_{np} \cdot t_{np} \cdot c + Q = G_{выт} \cdot t_{выт} \cdot c,$$

где G_{np} — количество приточного воздуха, кг/ч;

$G_{выт}$ — количество удаляемого воздуха, кг/ч;

Q — теплоизбытки в помещении, кДж/кг;

t_{np} , $t_{выт}$ — температура соответственно приточного и удаляемого воздуха, °С.

c — удельная теплоемкость воздуха.

Для определения воздухообмена по теплу решаются совместно уравнения воздушного и теплового балансов:

— уравнение воздушного баланса

$$G_{mo} + G_{вз} + G_{во} = G_{\partial} + G_{м.пр} + G_{np}^a;$$

— уравнение теплового баланса

$$G_{mo} \cdot t_{mo} + G_{вз} \cdot t_{ух} + G_{во} \cdot t_o = G_{\partial} \cdot t_{\partial} + G_{м.пр} \cdot t_{м.пр} + G_{np}^a \cdot t_n + \frac{Q}{c},$$

где G_{mo} — количество воздуха, удаляемого местными отсосами, кг/ч;

$G_{вз}$ — количество воздуха, удаляемого из верхней зоны помещения, кг/ч;

$G_{ов}$ — количество воздуха, удаляемого общеобменной вытяжкой из нижней или верхней зоны помещения, кг/ч;

G_{∂} — количество воздуха, подаваемого местной приточной вентиляцией, кг/ч;

$G_{м.пр}$ — количество воздуха, подаваемого, механической общеобменной вентиляцией, кг/ч;

G_{np}^a — количество воздуха, поступающего через открытые проемы помещения под действием естественного или искусственного напора, кг/ч;

Q — количество воздуха, поступающего через открытые проемы помещения под действием естественного или искусственного напора, кг/ч;

c — удельная теплоемкость воздуха;

t_n — температура наружного воздуха, °С;
 t_d — температура воздуха на выходе из душирующего насадка, °С;
 $t_{м.пр}$ — температура воздуха подаваемого механической вентиляцией, °С;
 t_{yx} — температура воздуха в верхней зоне помещения, °С.

В цехах без тепловыделения или с небольшими тепловыделениями температура по высоте не изменяется ($t_{yx} = t_{pz}$). В помещениях со значительными тепловыделениями t_{yx} может превышать (10-12 °С) температуру воздуха в рабочей зоне. Для определения t_{yx} пользуются температурным симплексом m или температурным градиентом K . Значение симплекса m для различных типов цехов и отделений дано в литературе [3, 16]:

$$m = \frac{t_{pz} - t_{np}}{t_{yx} - t_{np}} \Rightarrow t_{yx} = t_{np} + \frac{t_{pz} - t_{np}}{m}.$$

Температура приточного воздуха принимается исходя из следующих соображений.

В холодный период года при наличии теплонедостатков температура приточного воздуха будет больше температуры помещения, но она не должна быть выше +70 °С при подаче воздуха на высоте выше 3м. При наличии теплоизбытков температура приточного воздуха может быть ниже температуры воздуха в рабочей зоне помещения; разность этих температур не должна превышать 3-5 °С; при подаче воздуха на высоте 4м и выше $\Delta t = 6 \div 10$ °С; при подаче воздуха в рабочую зону с небольшими скоростями можно принять $\Delta t = 6 \div 8$ °С; при подаче воздуха в рабочую зону со скоростью 1,5-3м/с следует принимать $\Delta t = 2 \div 5$ °С.

В летний период температура приточного воздуха принимается равной температуре наружного воздуха.

Если в помещение поступает воздух с различными температурами, то для определения t_{yx} пользуются значением температурного градиента:

$$t_{yx} = t_{pz} + K \cdot (H - 2),$$

где H — расстояние от пола до центра вытяжного отверстия в верхней зоне, м.

Значение температурного градиента принимают: для литейных цехов $K = 1-1,5$ °С, для кузнечных и термических $K = 0,8-1,2$ °С, для цехов с незначительными теплоизбытками $K = 0,5-0,25$ °С.

Приведем некоторые рекомендации по решению уравнений теплового и воздушного балансов для теплого и холодного периодов.

Теплый период. При расчете воздухообмена для теплого периода времени принимают температуру приточного воздуха равной температуре наружного воздуха и определяют количество приточного и удаляемого воздуха из верхней зоны. Для сокращения числа неизвестных в системе уравнений объединяют $G_{np}^a + G_{м.пр}$ и $G_{вз} + G_{ов}$. Разбивку суммы $(G_{np}^a + G_{м.пр})$ на G_{np}^a и $G_{м.пр}$ производят по конструктивным соображениям. При этом следует учесть, что если рабочие места размещены дальше 30м от стены, то к ним следует подавать приток ме-

ханическим путем. Если приток по другим факторам (например, по местным отсосам) получится больше чем по теплу, то в расчет нужно принять большее значение, имея при этом в виду, что в помещении при таком воздухообмене установится температура более низкая, чем принятая, — она будет более близкой к температуре наружного воздуха, что не только допустимо, но даже желательно.

Холодный период. Если в помещении теплонедостатки, то воздухообмен принимают по другим факторам, а из уравнений определяют требуемую температуру приточного воздуха.

Если в помещении имеются теплоизбытки, то воздухообмен по теплу может оказаться больше, чем по другим факторам.

Если $t_{np} \leq t_{pz}$, рекомендуемым способом подачи воздуха является аэрация. Следовательно, необходимо задаться $t_{np} = t_n$ и определить G_{np} . Если $t_{np} \geq t_{pz}$, воздух следует подавать в помещение механическим путем на любой высоте. Если $t_n < t_{np} < t_{pz}$, то в зависимости от размера разности температур воздуха рабочей зоны и приточного (Δt) возможны следующие случаи.

При $\Delta t = 8-10$ °С — комбинированная подача воздуха, т.е. механический приток и аэрация.

Полученная t_{np} представляет собой среднюю температуру, определяемую как средневзвешенную из температур механического и аэрационного притоков:

$$t_{np.cp} = \frac{G_{np}^a \cdot t_n + G_{np}^{Mex} \cdot t_{np}^{Mex}}{G_{np}^a + G_{np}^{Mex}}.$$

При $\Delta t \leq 8-10$ °С подача воздуха частично аэрацией возможна, но нецелесообразна, т.к. G_a невелико и равномерно распределять его по помещению затруднительно; механический приток с указанной разницей температур осуществляется в верхнюю зону помещения (рассеяная или сосредоточенная подача).

При $8 < \Delta t < 10$ °С подача воздуха осуществляется механическим путем на любой высоте, в том числе и в рабочую зону помещения, при расчете только с одной температурой (воздушный душ не устраивается), температуру t_{yx} определяют через симплекс m . Результат расчета сводят в таблицу (приложение 2).

5.4. Определение воздухообмена по установленным нормам и кратностям

Для производственных помещений химической и некоторых других отраслей промышленности, в которых трудно учесть количество выделяющихся вредностей, установлены ведомственными нормами требуемые кратности воздухообмена. Согласно СП при отсутствии данных о количестве вредностей, выделяющихся в воздух помещения, допускается количество вентиляционного воздуха определять по кратностям, установленным ведомственными нормативными документами. При этом количество воздуха определяется по формуле

$$G_{np} = V_n \cdot K \cdot \rho,$$

где K — кратность воздухообмена;
 V_n — объем помещения, м³;
 ρ — плотность воздуха, кг/м³.

Количество приточного воздуха в помещение должно быть не меньше минимального количества наружного воздуха, определенного из расчета количества людей, работающих в помещении, и нормы наружного воздуха, подаваемого на одного человека. Последняя величина принимается по СП в зависимости от объема помещения, приходящегося на одного человека, и возможности естественного проветривания помещения.

6. Выбор схемы подачи и удаления воздуха

Прежде чем рассчитать производительность общеобменной приточно-вытяжной вентиляции, необходимо выбрать и обосновать схему подачи и удаления воздуха из помещения, руководствуясь указаниями СП.

Удаление воздуха системами местной и общеобменной вентиляции следует предусматривать непосредственно от мест выделения вредностей или из зон наибольшего загрязнения воздуха в помещениях с таким расчетом, чтобы потоки наиболее загрязненного воздуха не проходили через зону дыхания людей. В зависимости от вида выделяющихся в воздух помещения вредностей, удаление воздуха может быть осуществлено из верхней зоны, из рабочей зоны на уровне 2 м от пола, местных отсосов или из нижней зоны через воздухоприемные устройства общеобменной вытяжной вентиляции, расположенные на уровне 0,3 м от пола.

В помещениях, в которых в воздух выделяются газы и пары, могущие образовать взрывоопасные смеси или вредные газы и пары, имеющие при температуре поступления в помещение плотность больше, чем плотность воздуха в рабочей зоне, если выделения явного тепла не создают устойчивых воздушно-тепловых потоков во все периоды года, следует предусматривать:

а) удаление из нижней зоны 2/3 количества воздуха, рассчитанного на ассимиляцию газов и паров, включая количество воздуха, поступающего в системы местных отсосов на уровне 2 м от пола и в проемы систем общеобменной вентиляции, расположенные на уровне 0,3 м от пола;

б) удаление 1/3 упомянутого количества воздуха из верхней зоны (выше 2 м от пола), но не менее однократного воздухообмена в час под перекрытием помещения, причем если газы и пары могут образовать взрывоопасные смеси с воздухом, то не ниже 0,4 от перекрытия;

в) удаление дополнительного количества воздуха сверх необходимого для ассимиляции газов и паров, если оно требуется для удаления избытков тепла и влаги или других вредностей, из зоны, в которой температура, влагосодержание или содержание вредностей наиболее высоки.

В помещениях, в воздух которых выделяются газы и пары, могущие образовывать взрывоопасные смеси или вредные газы и пары, имеющие при температуре поступления в помещение плотность меньше, чем плотность воздуха в рабочей зоне, а также при большей плотности, чем плотность воздуха в рабочей

зоне, если выделение их сопровождается устойчивыми воздушно-тепловыми потоками во все периоды года, следует предусматривать:

а) удаление $2/3$ количества воздуха, включая количество воздуха, удаляемого местными отсосами, рассчитанного на ассимиляцию газов и паров, из верхней зоны (выше 2м от пола), но не менее однократного воздухообмена в час под перекрытием помещения, причем если газы или пары могут образовывать взрывоопасные смеси с воздухом, то не ниже 0,4м от перекрытия;

б) удаление $1/3$ упомянутого количества воздуха, включая количество воздуха, поступающего в системы местных отсосов из нижней зоны на уровне от 0,3 до 2м от пола;

в) удаление дополнительного количества воздуха, сверх необходимого для ассимиляции газов и паров, если это требуется для удаления избытков тепла и влаги или других вредностей, из зоны в которой температура, влажность или содержание вредностей наиболее высокие.

В помещениях, в которых имеются избытки явного тепла в влаги, а также в помещениях, в которых выделяется пыль вместе с теплом от сосредоточенных высокотемпературных источников, удаление воздуха системами общеобменной вентиляции следует предусматривать, как правило, из верхней зоны. При выделении в воздух производственных помещений пыли, не сопровождающемся выделениями тепла от сосредоточенных высокотемпературных источников (например, в термообрубных отделениях), следует предусматривать удаление воздуха системами общеобменной вентиляции из нижней зоны помещения.

Подачу воздуха системами приточной вентиляции следует предусмотреть непосредственно в помещении постоянного пребывания людей, для которых произведен расчет.

Подача воздуха в помещение может быть осуществлена системами естественной вентиляции или системами с механическим побуждением.

Возможность применения аэрации определяется нормами проектирования соответствующего типа цехов и СН-118-68. В теплый период года аэрация или подача воздуха через проемы в наружных стенах под действием напоров, создаваемых вытяжными вентиляторами, допускается для большинства типа производственных помещений, в холодный период - только для горячих цехов, характеризующихся значительными избытками явного тепла.

Подачу приточного воздуха в производственные помещения при естественной вентиляции следует предусматривать для теплого периода года на высоте не менее 0,3м, но не выше 1,8м, а для холодного периода - не менее 4м от пола или уровня рабочей отметки до низа вентиляционных проемов. Подачу неподогретого воздуха в холодный период года на более низких отметках допускается проектировать, предусматривая мероприятия, предотвращающие непосредственное воздействие холодного воздуха на работающих.

Подачу приточного воздуха на участки зданий и помещений, находящихся на расстоянии более 30м от окон или аэрационных проемов в наружных стенах, следует осуществлять системами вентиляции с механическим побуждением.

При проектировании естественного притока наружного воздуха производственные помещения в холодный период года следует предусматривать меры, предотвращающие понижение температуры внутреннего воздуха в рабочей зоне ниже допустимой по нормам, туманообразование и конденсацию водяных паров на внутренних поверхностях стен и покрытий.

При устройстве приточных общеобменных систем вентиляции с механическим побуждением подача приточного воздуха может быть осуществлена одним из следующих способов: сосредоточенно и минимальным количеством струй в верхнюю зону помещения; рассеянно (через перфорированные воздуховоды или воздуховод с боковыми окнами и щелями) в верхнюю зону помещения; рассредоточенно в рабочую зону помещения (через воздухораспределители).

Подачу приточного воздуха в помещения со значительными влаговыделениями, сопровождающимися тепловыделениями, следует предусматривать через воздухораспределители, расположенные выше рабочей зоны, минимальным количеством струй - при рассредоточенном поступлении влаги в помещение, выделяющейся от источников с температурой жидкости менее 40°C , и при отсутствии значительных избытков тепла; в рабочей зоне - при температуре приточного воздуха близкой к температуре воздуха в рабочей зоне; в верхней зоне с перегревом приточного воздуха - при сосредоточенном выделении влаги в помещения от аппаратов и другого оборудования, в котором жидкости имеют температуру более 40°C .

Температуру воздуха, выходящего из воздухораспределителей, расположенных в пределах рабочей или обслуживаемой зоны, следует принимать в зависимости от температуры в рабочей зоне, близости приточной струи к рабочим местам и скорости выпуска, (но не более 45°C и не менее 5°C).

Подачу приточного воздуха необходимо предусмотреть так, чтобы воздух не поступал через зоны с большим загрязнением вредностями в зоны помещения с меньшим загрязнением.

Подачу приточного воздуха необходимо предусматривать в непосредственной близости к рабочему месту, если постоянные рабочие места находятся близко к источникам выделения вредностей, то устройство аффертивного местного отсоса невозможно.

Количество организованного притока должно быть, как правило, равно количеству воздуха, организованно удаляемого из помещения, неорганизованный приток наружного воздуха в производственные помещения для возмещения вытяжки в холодный период года при проектировании вентиляции допускается принимать не более однократного воздухообмена в час.

7. Составление воздушного баланса

После определения необходимого воздухообмена для каждого помещения и для трех периодов года составляется воздушный баланс по форме, представленной в приложении 3. В каждом помещении, как правило, количество ор-

ганизованного притока должно равняться количеству организованно удаляемого воздуха.

Однако в ряде случаев для предупреждения распространения вредностей из одного помещения в другое принимается так называемый дебаланс воздуха в помещении где выделяются вредности, количество удаляемого воздуха должно быть больше количества приточного, а в более чистых помещениях, наоборот, количество приточного воздуха должно быть больше вытяжки.

Приложение 1.

№№ технологи- ческого оборудова- ния	Наименова- ние техноло- гического оборудова- ния	Количе- ство, шт	Тип местно- го отсоса	Количе- ство отса- сываемого воздуха, м ³ /ч	Коэффици- ент эффек- тивности местного отсоса	Ссылка на норматив- ную лите- ратуру
1	2	3	4	5	6	7

Приложение 2.

Наименование помещения	Период года	Объем помещения, м³	Параметры внутреннего воздуха		Воздухообмен, потребный					Воздухообмен по санитарным нормам	При воздухообмен	Факт кратность
					для разбавления вредных до ПДК				для комп. местн отсосв и вытяжки			
			t_{pz}	φ_{pz}	газов	пыли	влаги	тепла				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Приложение 3.

аиме- но- ва- ние по- ме- ще- ние	Па- раметры внутреннего воздуха		Приток, $\frac{кг/ч}{м^3/ч}$					Вытяжка, $\frac{кг/ч}{м^3/ч}$				
			мест- ный		об- щеобмен- ный		сего	мест- ный		об- щеобмен- ный		сего
			еха- нич.	стест в.	еха- нич.	стест в.		еха- нич.	стест в.	еха- нич.	стест в.	
									0	1	2	3

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 секционному 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 воздуха"
11. СП 131.13330.2020. "Строительная климатология"
12. СП.54.13330.2016. "Здания жилые многоквартирные"
13. СП 118.13330.2012 "Общественные здания и сооружения"
14. СП 56.13330.2011. "Производственные здания"
15. СП.50.13330.2012. "Тепловая защита зданий"

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.