

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

Инженерно-технологический институт

Кафедра безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии

Панова Т.В., Панов М.В., Симбирцева М.Е.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА

Часть 1

Учебное пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов очной и заочной форм обучения,
обучающихся по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность
профиль Безопасность технологических процессов и производств

Брянская область

2024

УДК 331.45 (07)

ББК 65.247

П 16

Панова, Т. В. Проектирование и расчет технических средств улучшения условий труда: учебное пособие по выполнению курсового проекта для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность профиль Безопасность технологических процессов и производств / Т. В. Панова, М. В. Панов, М. Е. Симбирцева. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2024. – Ч. 1. – 121 с.

Учебное пособие предназначено для выполнения курсового проекта по дисциплине «Производственная санитария и гигиен труда» для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность профиль Безопасность технологических процессов и производств. Учебное пособие состоит из теоретической части и практической части, в котором описаны требования к выполнению курсового проекта и его защите, а так же, примеры к расчету коллективных средств защиты, применяемых для улучшения условий труда.

Так же предназначено для подготовки к практическим занятиям и к текущему и промежуточному контролю, самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Производственная санитария и гигиен труда».

Учебное пособие составлено в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования.

Рецензенты: начальник управления комплексной безопасности, ГО и ЧС ФГБОУ ВО Брянский ГАУ Л.В. Агеенко;
д.т.н., профессор, профессор кафедры БЖД и ИЭ Е.Н. Христофоров.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского ГАУ, протокол №6 от 28 февраля 2024 года.

© Брянский ГАУ, 2024

© Т.В. Панова, 2024

© М.В. Панов, 2024

© М.Е. Симбирцева, 2024

Оглавление

Введение	5
1 Требования к выполнению курсового проекта	7
2 Отопление производственных помещений.....	9
2.1 Общие сведения.....	9
2.2 Классификация систем отопления.....	11
2.3 Расчет водяного (парового) отопления	14
2.4 Упрощенный расчет водяного (парового) отопления	28
2.5 Расчет калориферного отопления.....	30
3 Вентиляция производственных помещений.....	37
3.1 Общие сведения.....	37
3.2 Классификация систем вентиляции	39
3.3 Расчет вентиляции по коэффициенту кратности воздухообмена	41
3.4 Расчет вентиляции для снижения запыленности и загазованности.....	43
3.5 Расчет вентиляции для удаления избытков тепла	49
3.6 Расчет вентиляции для удаления избытков влаги	50
3.7 Расчет естественной вентиляции.....	53
3.8 Расчёт местной вентиляции.....	58
3.9 Расчёт механической общеобменной вентиляции.....	66
4 Производственное освещение.....	78
4.1 Общие сведения.....	78
4.2. Классификация и основные характеристики освещения	80
4.3 Расчет естественного освещения по световому коэффициенту	85
4.4 Расчёт естественного бокового освещения по минимальному коэффициенту естественной освещённости	88
4.5 Расчёт естественного верхнего освещения по минимальному коэффициенту естественной освещённости	90
4.6 Расчет искусственного освещения лампами накаливания методом светового потока.....	93

4.7 Расчет искусственного освещения люминесцентными лампами методом светового потока.....	111
4.8. Расчет искусственного освещения методом удельной мощности	114
Список литературы.....	118
Приложение	119

Введение

Деятельность – специфическая форма активного отношения человека к окружающему миру, содержание которой составляет его целесообразное изменение и преобразование. Деятельность включает в себя цель, средство для достижения цели и результат. Объектом деятельности является материал, который должен получить новую форму или новые свойства и превратиться в продукт деятельности. Под жизнедеятельностью подразумеваются все виды деятельности человека: физиологическая, производственная, общественная, социальная и пр.

Трудовая деятельность или труд, по определению К. Маркса, – это целесообразная деятельность человека, направленная на создание потребительской стоимости. В социальном плане труд является источником материальных благ и основой формирования общества. В процессе трудовой деятельности человек при помощи орудий труда воздействует на природу и использует ее в целях создания предметов, необходимых для удовлетворения своих потребностей. При этом на человека действуют различные факторы окружающей среды.

Фактор (от лат.- делающий, производящий) – движущая сила, причина процесса, явления; существенное обстоятельство в каком-либо процессе, явлении [1]. Факторы окружающей среды могут быть благоприятные, безразличные и неблагоприятные (вредные и опасные).

Модель процесса деятельности в наиболее общем виде – это система из двух элементов: первый элемент – человек, второй элемент – среда. Система имеет прямые и обратные связи - человек воздействует на среду в процессе деятельности, а среда оказывает влияние на состояние человека. У системы «человек-среда» есть две главных цели. Первая цель состоит в достижении какого-либо эффекта (результата), а вторая – в исключении нежелательных последствий (гибель, заболевание, пожар, взрыв и т.д.). Нежелательные последствия обусловлены опасностями (неблагоприятными факторами), потенциально присущими деятельности. Опасности – это явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить вред здоровью человека непосредственно

или косвенно. Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики, не соответствующие условиям жизнедеятельности человека. Человек всегда существовал в мире опасностей. На протяжении всей истории человечество создавало систему безопасности, т.е. систему защиты от опасного воздействия экологических факторов, обусловленных естественной средой обитания – биосферой.

Научно-технический прогресс постоянно дополняет природу различными веществами и материалами, техническими устройствами и сооружениями, которые предназначены для облегчения жизни человека. Это привело к появлению нового вида опасностей, вызванных поступлением в окружающую среду промышленных отходов, продуктов и материалов, вышедших из употребления. То есть человек формирует новую среду обитания – техносферу [3].

Целью настоящего пособия является практическая подготовка студентов в области охраны труда. Учебное пособие предназначено для выполнения студентами инженерных расчетов курсовых проектах и выпускных квалификационных работах и, а также для оказания помощи инженерным работникам в практической работе по охране труда на предприятиях. Пособие можно рассматривать как дополнение к теоретическому курсу «Безопасность жизнедеятельности» и «Производственная санитария и гигиен труда». Особенностью данного учебного пособия является то, что каждый раздел содержит определенный объем теоретического материала, соответствующую методику расчетов и необходимое количество справочного материала.

1 Требования к выполнению курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка включает:

- анализ производственной деятельности предприятия.
- анализ технологических процессов с указанием оборудования или операций, являющихся источником вредных производственных факторов.
- расчеты коллективных средств защиты (СКЗ), направленных на улучшение условий труда.
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с технологическим процессом и типовыми нормами выдачи СИЗ.

Графическая часть включает:

Лист формата А2 – План производственного участка с внедряемыми средствами коллективной защиты (А2),

Лист формата А2 – общий вид (листа формата А3) и сборочный чертёж предлагаемого технического устройства (листа формата А3).

Пояснительная записка оформляется в соответствии с ГОСТ Р 2.105-2019 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к текстовым документам.

Список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

К работе прикладываются:

1. Рецензия на курсовую работу.
2. Электронная версия для размещения в ЭИОС..
3. Машинописная версия в мягком переплете.

Графическая часть содержит графические материалы по курсовой работе, выполняется на листе формата А1 в программе Компас-3D.

Расчеты технических средств должны быть подтверждены онлайн расчётами, в онлайн-калькуляторах, находящихся в общем доступе сети Internet.

К защите допускаются только курсовые проекты, оформленные в строгом соответствии с изложенными выше требованиями. За содержание и оформление курсовой работы, принятые в ней решения, правильность всех данных и сделанные выводы отвечает студент - автор курсовой работы.

Подведение итогов подготовки курсового проекта включает следующие этапы:

- сдачу курсового проекта на проверку преподавателю;
- доработку курсового проекта с учетом замечаний преподавателя;
- сдачу курсового проекта работы на защиту;
- защиту курсового проекта.

Срок сдачи курсового проекта работы определяется учебным графиком.

Срок доработки курсового проекта устанавливается преподавателем с учетом сущности замечаний и объема необходимой доработки.

Выполненный курсовой проект подписывается студентом и представляется на защиту.

Курсовой проект оценивается по пятибалльной шкале. Оценка записывается в ведомость группы, в журнал учебных занятий группы, а положительная оценка ставится в зачетную книжку и удостоверяется подписью преподавателя.

Изучение дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» формируется следующими компетенциями:

УК-2.5 - Представляет результаты проекта, предлагает возможности их использования и/или совершенствования

ПКС-1.1 - Анализирует условия и характер труда, их влияние на здоровье и функциональное состояние человека

ПКС-1.3 - Разрабатывает необходимые мероприятия для нормализации условий труда на основании установленных предельно-допустимых норм

ПКС-3.2 - Применяет проектную, нормативно - правовую, нормативно-техническую и научно - исследовательскую документацию для получения сведений, необходимых для разработки заданий на проектирование систем улучшения условий и повышения безопасности труда

ПКС-7.1 - Планирует проведение производственного контроля и специальной оценки условий труда на рабочих местах.

2 Отопление производственных помещений

2.1 Общие сведения

В процессе трудовой деятельности организм человека подвергается влиянию вредных факторов окружающей среды, которые ведут к росту производственно обусловленных заболеваний, а со временем вызывают профессиональные заболевания.

Изучением влияния производственных условий на организм человека или системы «человек-среда», занимается наука – гигиена труда, а нормализация условий труда обеспечивается мероприятиями производственной санитарии.

Вредные факторы окружающей среды принято делить на группы: физические, химические, биологические и психофизиологические факторы. В каждой группе, в свою очередь, выделяются природные и антропогенные факторы.

К антропогенным *физическим факторам* относят механические, термические воздействия и воздействия других видов энергии. К физическим факторам относят и метеорологические факторы.

Производственная деятельность может осуществляться на открытом воздухе и в помещении. При работе на открытом воздухе на работающих действует метеоусловия, а на работающих в помещениях - параметры микроклимата.

Метеорологические условия (микроклимат) на производстве - это комплекс физических факторов внешней среды, оказывающих преимущественное влияние на терморегуляцию организма.

Терморегуляция - это совокупность процессов в организме, обеспечивающих равновесие между теплопродукцией и теплоотдачей, благодаря которому температура тела человека остаётся постоянной.

Благоприятные метеорологические условия на производстве (*комфортный микроклимат*) являются важным условием высокопроизводительного труда и профилактики заболеваний.

В случае несоблюдения гигиенических норм микроклимата (*дискомфортный микроклимат*) снижается работоспособность человека, возрастает

опасность появления травм и ряда заболеваний, в том числе и профессиональных (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 - Влияние дискомфортного микроклимата на человека

Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата установлены санитарными нормами №4088 и ГОСТ 12.1.005 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования».

Для предотвращения действия дискомфортного микроклимата на человека используют средства индивидуальной и коллективной защиты, проводят медико-профилактические и контрольные мероприятия.

К техническим средствам коллективной защиты относятся отопление, вентиляция, теплоизоляция, экранирование и др. (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 - Меры защиты от дискомфортного микроклимата

2.2 Классификация систем отопления

Системы отопления – это инженерные сооружения, предназначенные для поддержания в холодное время года комфортных постоянных температур внутри помещений независимо от температуры наружного воздуха.

Классификация систем отопления приведена на рисунок 2.3.

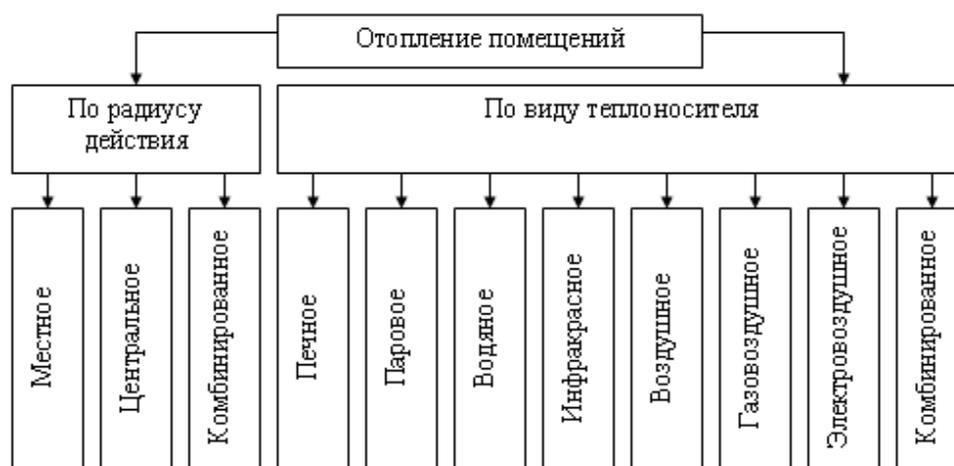


Рисунок 2.3 - Классификация отопления

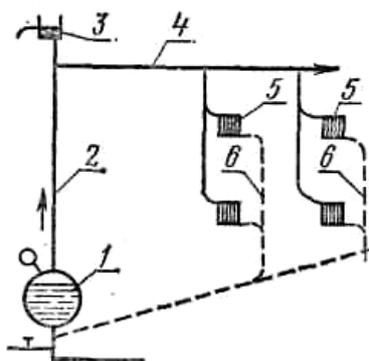
При местном отоплении нагреватель, трансформатор тепла и регулируюшую аппаратуру размещают непосредственно в отапливаемом помещении.

Местное отопление – печное, электрическое или газовое – разрешается применять в помещениях общей площадью не более 500 м².

Центральная система имеет отдельно устанавливаемый генератор (трансформатор тепла) - котельную или воздухонагревательную установку, из которой по трубам теплоноситель передается к отапливаемому помещению.

Центральное отопление по виду теплоносителя может быть водяным, паровым, пароводяным и воздушным.

Системы водяного отопления (рисунок 2.4) наиболее приемлемы в санитарно-гигиеническом отношении. Они подразделяются на системы с нагревом воды до 100⁰С (низкого давления) и выше 100⁰С (высокого давления).



1 - котел; 2 - горячий стояк; 3 - расширительный бак; 4 - разводящая горячая магистраль; 5 - отопительные приборы; 6 - обратные стояки с охлажденной водой

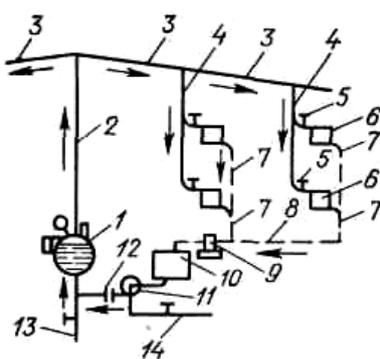
Рисунок 2.4 - Схема водяного отопления:

При водяном отоплении низкого давления температура воды на входе в нагревательные приборы составляет 85...95⁰С, при выходе из них 65...75⁰С и возвращается обратно в котел.

Водяное отопление высокого давления представляет собой замкнутую систему с механическим побуждением. При повышении давления температура воды и, следовательно, нагревательных приборов достигает 125...135⁰ С.

При водяном отоплении иногда воду нагревают не в котлах, а в специальных теплообменниках (водонагревателях) с помощью пара или горячей воды от системы центрального теплоснабжения. В зависимости от этого систему отопления называют пароводяной или водяной.

Паровое отопление может быть низкого давления (до 70 кПа) и высокого давления (более 70 кПа). Паровое отопление устанавливают главным образом в тех помещениях, где пар используют в производственных целях. Конструктивно оно имеет много общего с водяным отоплением. Пар из котла (рисунок 2.5) поступает по системе трубопроводов к отопительным приборам, отдает тепло, конденсируется и в виде конденсата поступает обратно в котел. Существенный недостаток системы - высокая, труднорегулируемая температура теплоносителя (110-130°C), а, следовательно, и поверхностей отопительных приборов, что создает опасность ожогов, пригорания осевшей пыли.



- 1 - паровой котел; 2 - главный паровой стояк; 3 - паровая магистраль;
- 4 - паровые стояки; 5 - паровые вентили; 6 - нагревательные приборы;
- 7 - конденсационные стояки; 8 - конденсационная магистраль;
- 9 - конденсационный горшок; 10 - сливной бак; 11 - насос; 12 - обратный клапан;
- 13 - канализация; 14 - центральный водопровод

Рисунок 2.5 - Центральное паровое отопление

В качестве нагревательных приборов применяются гладкие и ребристые трубы, а так же радиаторы и теплообменники при калориферном отоплении.

При *воздушном отоплении* холодный наружный воздух подается вентилятором в калорифер, где нагревается, и поступает в помещение.

Теплоносителем в калорифере может быть горячая вода, пар и электронагреватели. Температура в помещении при воздушном отоплении регулируется вентиляцией.

2.3 Расчет водяного (парового) отопления

Для расчета любой системы отопления необходимо предусмотреть возмещение отоплением всех теплопотерь в производственных помещениях.

В холодное время года тепло теряется путем теплопередачи через стены, потолок, пол, а также через естественное и искусственное вентилирование помещений.

Тепло теряется при въезде машин и ввозе материалов, находившихся на холодном воздухе в помещение. Тепло теряется с горячей водой на технологические нужды.

Теплопотери Q_o через наружные ограждения и здания определяют по формуле (Вт)

$$Q_o = q_o \cdot V_H \cdot (t_B - t_H), \quad (2.1)$$

где q_o – удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м³·К),

(таблица 2.1, 2.2);

V_H – наружный объем здания или его отапливаемой части, м³;

t_B – расчетная внутренняя температура помещений, °С (для жилых зданий $t_B = 18...20^{\circ}$; для горячих цехов $t_B = 12...14^{\circ}$; для производственных зданий $t_B = 15^{\circ}$);

t_H – расчетная наружная температура воздуха для самого холодного времени года, °С ($t_H = -30^{\circ}$).

Таблица 2.1 – Значение удельной характеристики зданий

Наименование зданий	Строительная кубатура здания, тыс.м ³				
	до 3	5	10	20	50
	Удельная тепловая характеристика здания, q_o , Вт/м ³ К				
Жилые	0,42	0,38	0,33	0,29	0,26
Административные	0,5	0,43	0,38	0,32	0,30
Механосборочные	0,6	0,55	0,45	0,43	0,40
Ремонтные	0,7	0,60	0,50	0,45	0,40
Деревообрабатывающие	0,6	0,55	0,45	0,42	0,40

Таблица 2.2 – Значение удельной тепловой характеристики q_0 зданий различного назначения

Тип здания	Объем здания, тыс.м ³	q_0 , Вт/м ³ К
Сельскохозяйственная ремонтная мастерская	до 5	0,75-0,64
	от 5 до 10	0,69-0,60
Склад	от 1 до 2	0,87-0,75
Административное здание	от 0,5 до 1	0,69-0,52

Количество тепла Q_B (Вт), необходимое для возмещения теплопотерь через вентилирование помещений, определяют по формуле

$$Q_B = q_B \cdot V_H \cdot (t_B - t_H), \quad (2.2)$$

где q_B – удельный расход тепла на нагревание 1 м³ воздуха, Вт/(м³·К), для производственных помещений $q_B = 0,9...1,5$; для административных помещений $q_B = 0,67...0,9$; для бытовых помещений $q_B = 0,31...0,42$;
 V_H – наружный объем здания, м³;
 t_B – расчетная внутренняя температура помещений, °С;
 t_H – расчетная наружная температура воздуха для самого холодного времени года, °С ($t_H = -30$).

Потери тепла Q_H (Вт) от поглощения его ввозимыми машинами и материалами определяют по формуле

$$Q_H = k_M G \left(\frac{t_B - t_{H.M}}{\tau} \right) \frac{1}{3,6}, \quad (2.3)$$

где k_M – массовая теплоемкость машин и материалов, кДж/кг К,
 для металлов $k_M = 0,4$; для соломы $k_M = 2,3$; для дерева $k_M = 2,52...2,8$;
 для воды $k_M = 4,19$;

G – масса машин или материалов, ввозимых в помещение, кг;

$t_{мн}$ – температура ввозимых машин и материалов, °С, для машин $t_{мн} = t_n$; для сыпучих материалов на 20 выше температуры наружного воздуха; для несыпучих на 10 выше температуры наружного воздуха;

τ – время нагрева машин и материалов до температуры помещения, ч.

Расход тепла на технологические нужды определяется через расход нагретой воды (Вт)

$$Q_m = Q \left(i - \frac{P}{100} i_B \right) \frac{1}{3,6}, \quad (2.4)$$

где Q – расход воды или пара, кг/ч (таблица 2.3);

i – теплосодержание воды или пара, кДж/кг (таблица 2.4);

i_e – теплосодержание возвращаемого в котел конденсата, кДж/кг (таблица 2.4);

P – количество возвращаемого конденсата, %. При полном возврате конденсата $P = 70\%$, при отсутствии возврата $P = 0$.

Таблица 2.3 – Нормы расхода горячей воды и пара

Вид технологического процесса	Температура воды, °С	Расход	
		пара	воды
Запаривание корнеплодов	-	0,2 кг/кг	-
Запаривание соломы	45	0,3...0,45 кг/кг	1,5...2,5 кг/кг
Запаривание пищевых отходов	45	0,3...0,4 кг/кг	1,5...2,5 кг/кг
Обмывание вымени перед доением	37...38		1,05 л/гол. в сутки
Промывка доильных аппаратов	90	-	9,0 л/гол. в сутки
Промывка молокопровода	55...56	-	1,8 л/гол. в сутки
Пропаривание фляг (38 л)	-	0,1...0,2 кг на флягу	-
Пастеризация молока	-	0,022 кг/(л ч°С)	-
Стерилизация молокопровода	-	25 кг на 1 обработку	-
Мытье посуды для поения телят	55...65	-	1,5 кг/гол. в сутки
Мытье корыт для свиноматок	50...60	-	30 л/гол. в сутки
Ремонт тракторов в ЦРМ сельскохозяйственных предприятий	-	2,4... 1,95 т на 1 физ. трактор	-

Продолжение таблицы 2.3

Единица условного ремонта (трудоемкостью 300 чел.-ч) в мастерской общего назначения	-	0,7...0,6 т	-
Централизованное восстановление деталей на специализированном предприятии	-	0,23...0,17 кг на 100 деталей	-

Таблица 2.4 – Давление и теплосодержание пара

Давление, кПа	Температура, °С	Теплосодержание, кДж/кг	
		воды	пара
1	2	3	4
9,81	101,8	426	2680
19,62	104,2	438	2681
29,43	106,6	447	2688
1	2	3	4
39,24	108,7	456	2690
49,05	110,8	465	2694
60,86	112,7	424	2698
70,57	115,0	481	2700
98,10	119,6	508	2708
196,2	132,9	555	2728
490,5	158,1	664	2760
981,0	183,2	765	2785
1275,3	194,1	822	2793

Расчет тепла Q_3 (Вт), выделяемого электродвигателями, производят по формуле

$$Q_3 = Nk_1k_2 \frac{1-n}{n}, \quad (2.5)$$

где N – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

k_1 – коэффициент загрузки ($k_1 = 0,7...0,9$);

k_2 – коэффициент одновременности работы ($k_2 = 0,5...1,0$);

n – коэффициент полезного действия электродвигателя при данной нагрузке ($n = 0,91...1,0$);

n_n – коэффициент полезного действия при полной загрузке, определяемый по каталогу ($n_n = 0,75...0,92$).

Количество тепла $Q_{эо}$ (Вт), выделяемое оборудованием с электродвигателями, определяют по формуле

$$Q_{эо} = N \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (2.6)$$

где k_3 – коэффициент, учитывающий долю энергии, переходящей в теплоту при работе оборудования ($k_3 = 0,1...1,0$).

Количество тепла $Q_{см}$ (Вт), выделяемое работающими станками в механических и сборочных цехах, определяют по формуле

$$Q_{см} = 0,25 \cdot N, \quad (2.7)$$

где N – установленная мощность станков, Вт.

Количество тепла $Q_{смв}$ (Вт), выделяемое осветительными приборами

$$Q_{смв} = N \cdot h, \quad (2.8)$$

где $N_{осв}$ – мощность осветительных приборов, Вт;

h – коэффициент перехода электрической энергии в тепловую ($h = 0,92...0,97$).

Количество тепла Q_l ($Q_{жс}$), выделяемое людьми или животными (Вт)

$$Q_l = n \cdot g, \quad (2.9)$$

где n – количество людей или животных в помещении;

g – явное количество тепла, выделяемое одним человеком или животным, Вт; для людей при температуре 20 °С и тяжелой работе $g = 120$

$Вт$, при легкой работе и той же температуре $g = 90 Вт$; для животных в формулу дополнительно вводится коэффициент $K_{ж}$ (рисунок 2.6-2.7; таблица 2.5-2.7).

Приток тепла от нагретых поверхностей оборудования и трубопроводов Q_n (Вт) определяется по формуле

$$Q_n = \sum S_i \cdot \alpha_i \cdot (t_{ni} - t_e), \quad (2.10)$$

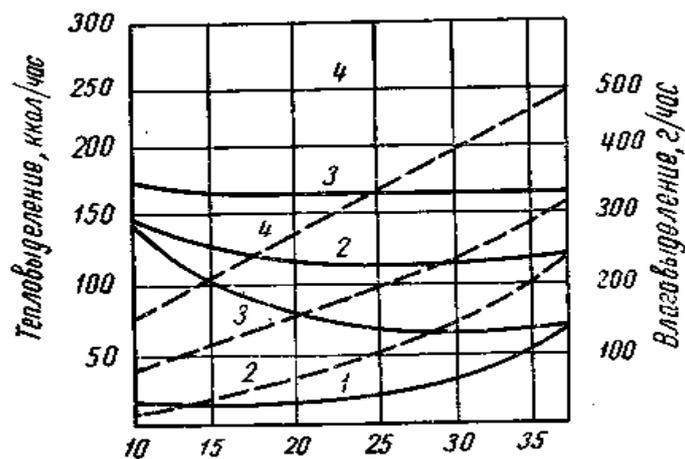
где $\sum S_i$ – суммарная площадь нагретых поверхностей оборудования и трубопроводов, $м^2$;

α_i – коэффициент теплопередачи i -той поверхности, $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$;

при $(t_{ni} - t_e) < 5^\circ C$ $\alpha = 3,8 \dots 4,1$; при $(t_{ni} - t_e) > 5^\circ C$ $\alpha = 5,2 \dots 7,5$.

t_{ni} – температура i -той поверхности, $^\circ C$;

t_e – температура внутри помещения, $^\circ C$.



1- человек в покое; 2- легкая работа в учреждении;

3 - физическая работа; 4 - тяжелый физический труд

Рисунок 2.6 - График тепловлаговыведения человеком

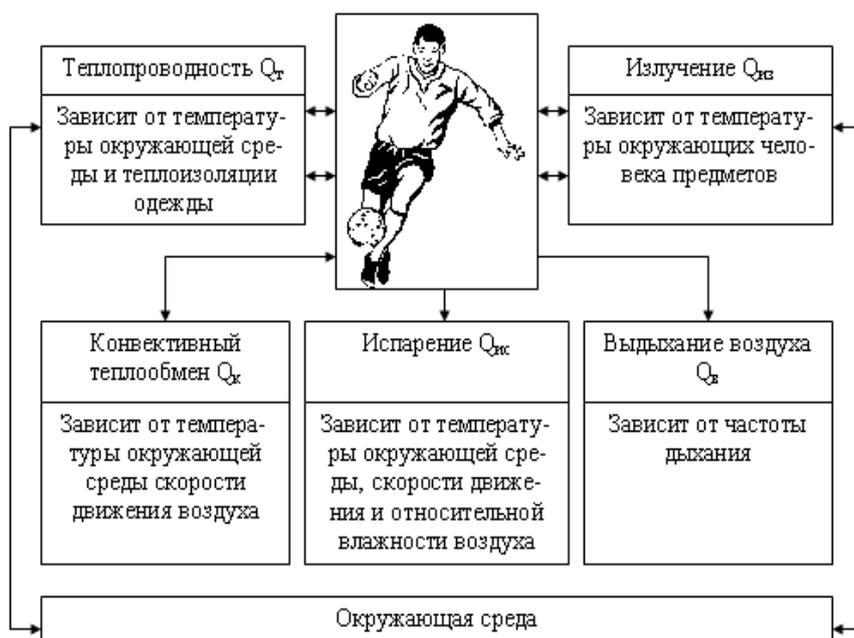


Рисунок 2.7 - Теплообмен между человеком и средой

Таблица 2.5 - Поступление явной теплоты от взрослых мужчин, Вт

Нагрузка	Температура воздуха в помещении, °С				
	15	20	25	30	35
Состояние покоя	116	87	58	40	16
Легкая работа	122	99	64	40	8
Работа средней тяжести	133	104	70	40	8
Тяжелая работа	162	128	93	52	16

Примечание. Женщины выделяют 85 % теплоты, поступающей от мужчин.

Таблица 2.6 – Количество тепла, углекислоты (CO_2) и водяного пара, выделяемое животными

Группа животных	Масса животного, кг	Количество тепла, Вт		Количество	
		общее	свободное	CO_2 , л/ч	водяных паров, г/ч
1	2	3	4	5	6
Коровы стельные (сухостойные)	300	604	440	90	288
	400	739	550	110	350
	600	926	670	138	440
Коровы лактирующие, уровень лактации 10 л	300	644	450	96	307
	400	765	550	114	367
	600	906	650	135	431
Коровы лактирующие уровень лактации 30 л	400	1174	850	175	560
	600	1342	970	200	642
	800	1509	1080	225	721
Телята до I месяца	30	100	72	15	47
	40	141	102	21	67
	50	174	124	26	83

Продолжение таблицы 2.6

Телята от I до 3 месяцев	40	147	106	22	70
	50	215	155	32	102
	100	282	204	42	135
Телята от 3 до 4 месяцев	90	248	178	37	118
	120	369	268	55	176
	150	82	276	57	183
Молодняк от 4 месяцев до I года	120	322	232	48	153
	180	476	349	71	227
	250	496	358	74	236
Молодняк от I года до 2 лет	220	483	350	72	230
	320	631	455	94	301
	350	651	476	97	310
Свиноматки холостые и супоросные до 2 месяцев	100	222	160	33	106
	150	256	185	38	121
	200	394	250	44	141
Свиноматки супоросные свыше 2 мес.	100	268	195	40	128
	150	308	220	46	188
	200	349	250	52	267
Свиноматки с приплодом 10 сосунов	100	530	280	79	252
	150	605	435	90	288
	200	698	503	104	238
Свиньи откормочные	100	288	208	43	137
	200	382	275	57	182
	300	503	365	75	240
Молодняк свиней: от 2 месяцев от 5 до 8 месяцев	15	100	72	15	47
	60	202	145	30	96
	80	235	170	35	112
Бараны	50	169	123	25	70
	80	222	160	33	93
	100	237	172	35	98
Холостые овцематки	40	125	90	19	52
	50	148	108	22	62
	60	185	134	28	73
Куры (молодняк) яичного направления	0,06	15,6	13,5	2,3	3,5
	0,25	12,7	8,8	2,2	6,6
	0,6	10,5	7,4	1,9	5,4
	1,3	9,7	6,8	1,7	5,0
	1,6	9,2	6,4	1,6	4,8
Куры взрослые: -напольное содержание -клеточное содержание	1,5-1,7	11,3	7,9	2,0	5,8
	1,5-1,7	9,8	6,8	1,2	5,1
Куры (молодняк) мясного направления	0,08	15,0	12,9	2,2	4,0
	0,25	11,8	8,1	2,0	6,3
	1,2-1,4	10,4	7,2	1,8	5,4
	1,8	9,6	6,7	1,7	5,0
	2,5	8,2	6,0	1,6	4,8
Бройлеры при клеточном содержании	1,3	9,4	7,5	1,7	4,9
Куры взрослые мясного направления	2,5-3,0	10,3	7,2	1,8	5,2

Индейки	6,8	9,6	6,7	1,7	5,0
Утки	3,5	6,9	4,8	1,2	3,6
Гуси	5,3-6,0	5,8	4,0	1,0	3,1

Таблица 2.7 - Значения коэффициентов $K_{ж}$ для определения норм выделения теплоты животными при разных температурах

Температура воздуха внутри помещения, °С	Для крупного рогатого скота	Для свиней
-10	1,59	-
-5	1,43	1,53
0	1,21	1,25
5	1,12	1,08
10	1,00	1,00
15	0,85	0,86
20	0,63	0,67
25	0,30	0,42
30	0,11	0,24

Уравнение теплового баланса с учетом теплотерь и теплопоступлений примет вид

$$\sum Q = Q_o + Q_g + Q_n + Q_m - Q_{\text{в}} - Q_{\text{зо}} - Q_{\text{ст}} - Q_{\text{осв}} - Q_l - Q_n, \quad (2.11)$$

По суммарным теплотерям находят тепловую мощность котла P_K (кВт)

$$P_K = (1,1 \dots 1,15) \cdot \sum Q \cdot 10^{-3}, \quad (2.12)$$

Марку котла выбирают по таблице 2.8.

Центральное водяное отопление помещений осуществляется нагревательными приборами-радиаторами. Расчет радиаторов ведут в следующей последовательности .

Таблица 2.8 - Технические характеристики водогрейных котлов

Марка котла	Конструктивные особенности	Тепловая мощность, кВт	Температура нагрева воды, °С	Рабочее избыточное давление, кПа
КИ-1	Чугунный секционный	81,5...232	95	589
КЧ-2 «Универсаль-6»	Чугунный секционный	328...1300	115	491
КЧ-3 «Энергия-6»	Чугунный секционный	652...1815	115	589
КЧММ	Чугунный, секционный, малометражный	11,63	95	196
КЧММ-2	Чугунный, секционный, малометражный	10,5...17,5	95	196
КЧМ-1	Чугунный, секционный, малометражный	16,3...46,5	95	196
КЧМ-2	Чугунный, секционный, малометражный	19,8...52,3	95	196
НР-18	Стальной, $F_{nn} = 27 \text{ м}^2$	314...377	115	491
НР-18	Стальной, $F_{nn} = 40 \text{ м}^2$	465...558	115	491
НР-18	Стальной, $F_{nn} = 53 \text{ м}^2$	616...740	115	491
ТВГ-4	Стальной	5000	150	1275
ТВГ-8	Стальной	9650	150	1275

Примечание. F_{nn} - площадь поверхности нагрева.

Находят общую площадь поверхности $\sum F_{nn}$ (м^2) нагревательных приборов по формуле

$$\sum F_{nn} = \frac{\sum Q_n}{k_T \left(\frac{t_z + t_x}{2} - t_n \right)}, \quad (2.13)$$

где $\sum Q_n$ – суммарные потери тепла в помещении, Вт;

k_T – коэффициент теплопередачи стенками нагревательных приборов в воздухе (таблица 2.9);

t_2 – температура воды или пара при входе в радиатор, °С, (для водяных радиаторов низкого давления $t_2 = 85...95$ °С, высокого давления $t_2 = 120...125$ °С, для паровых радиаторов $t_2 = 110...115$ °С);

t_x – температура воды или пара при выходе из радиатора, °С, (для водяных радиаторов низкого давления $t_x = 65...75$, для водяных и паровых радиаторов высокого давления $t_x = 95$);

t_n – принятая температура воздуха в помещении, °С.

Таблица 2.9 - Коэффициент теплоотдачи нагревательных приборов (k_T)

Тип нагревательных приборов	Теплоноситель вода в пределах, °С			Давление пара, кПа
	40-50	50-60	60-70	
				157
	Коэффициент теплоотдачи k_T , Вт/м ² •К			
"Гигиенический"	7,2	7,5	7,9	8,5
"Экономия"	6,4	6,9	7,3	8
трубы чугунные с ребрами				
Одна труба	4,5	4,5	5	6
Две трубы (одна на другой)	4	4,2	4,5	5
Три трубы (одна на другой)	3,5	4	4	4,5
стальная одиночная гладкая				
Труба вертикальная или горизонтальная:				
- до 33 мм	11	11,5	12	13
- 38-100мм	9,5	10	10,5	12
- 125-150 мм	9,5	10	10,5	11,5
Несколько рядов горизонтальных стальных труб, расположенных одна на другой:				
- до 32 мм	10	10	11	12,5
- более 32 мм	8	8,5	9	11

По площади $\sum F_{ин}$ определяют необходимое количество n_0 секций нагревательных приборов

$$n_0 = \frac{\sum F_{ин}}{F_0}, \quad (2.14)$$

где F_0 – площадь одной секции радиатора, зависящая от его марки, м² (таблица 2.10).

Таблица 2.10 – Площадь секции нагревательных элементов

Марка нагревательного прибора	Площадь поверхности секции, м ²
1	2
Гигиенический	0,175
РД-90	0,203
РД-26	0,205
«Москва – 132», «Москва – 150»	0,250
М-140, НМ-150	0,254
Минск – 110	0,270
«Польза-6»	0,460
Экономия	0,200
Чугунных труб с крутыми ребрами при длине 2000 мм	4,0
Чугунных труб с крутыми ребрами при длине 1500 мм	3,0
Чугунных труб с крутыми ребрами при длине 1000 мм	2,0

Пример 2.1. Рассчитать отопление в производственном помещении ремонтной мастерской объемом 288 м³, если расчетная внутренняя температура +15⁰С, наружная температура -14⁰С. В помещении для освещения используются 3 светильника с лампами по 200 Вт каждая, для выполнения технологического процесса установлены 9 электродвигателей мощностью по 1,5 кВт каждый. Количество рабочих 15 человек.

Решение. По формуле (2.1) определяем теплотери через стены здания, выбрав удельную тепловую характеристику здания по таблице 2.1 $q_o=0,45 \text{ Вт}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$

$$Q_o = q_o \cdot V_H \cdot (t_B - t_H) = 0,45 \cdot 288 \cdot (15 - (-14)) = 3758,4 \text{ Вт}.$$

Определяем количество тепла, необходимое для возмещения теплотерь на вентилярование помещений по формуле (2.2), приняв удельный расход тепла на подогрев 1 м³ воздуха $q_e=1 \text{ Вт}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$

$$Q_B = q_B \cdot V_H \cdot (t_B - t_H) = 1 \cdot 288 \cdot (15 - (-14)) = 8352 \text{ Вт}.$$

Рассчитываем потери тепла от поглощения его ввозимыми машинами массой 1500 кг по формуле (2.3), приняв $K_M = 0,4$; $t_H = -14 \text{ }^{\circ}\text{C}$; время нагрева машин до температуры помещения 1 час

$$Q_n = k_M G \left(\frac{t_g - t_n}{\tau} \right) \frac{1}{3,6} = 0,4 \cdot 1500 \frac{15 - (-14)}{1} \cdot \frac{1}{3,6} = 4579 \text{ Вт} .$$

Рассчитываем расход тепла на технологические нужды по формуле (2.4), принимая расход воды $Q = 350 \text{ кг/ч}$ (таблица 2.3), теплосодержание воды $i = 426 \text{ кДж/кг}$ (таблица 2.4), количество возвращаемого конденсата $P = 0 \%$

$$Q_m = Q \cdot \left(i - \frac{P}{100} i_B \right) \cdot \frac{1}{3,6} = 350 \cdot \left(426 - \frac{0}{100} \right) \cdot \frac{1}{3,6} = 39236 \text{ Вт} .$$

Рассчитываем тепло, выделяемое 9 электродвигателями по 1,5 кВт каждый, по формуле (2.5)

$$Q_э = N \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{1-n}{n} = 13500 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot \frac{1-0,8}{0,8} = 1012,5 \text{ Вт} .$$

Количество тепла, выделяемое оборудованием с электродвигателями, определяем по формуле (2.6)

$$Q_{эо} = N \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 13500 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,1 = 2025 \text{ Вт} .$$

Рассчитываем тепло, выделяемое осветительными приборами (3 светильника с лампами по 200 Вт), по формуле (2.8)

$$Q_{св} = N_{осв} \cdot h = 600 \cdot 0,95 = 570 \text{ Вт} .$$

Рассчитываем количества тепла, выделяемое людьми (15 чел) при тяжелой работе, по формуле (2.9)

$$Q_{л} = n \cdot g = 15 \cdot 120 = 1800 \text{ Вт} .$$

Рассчитываем приток тепла от нагретых поверхностей оборудования и трубопроводов общей площадью $361,8 \text{ м}^2$ по формуле (2.10), принимая $t_n = 45 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_g = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\alpha_l = 5,2 \dots 7,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, т.к. $(t_{ni} - t_g) = (45 - 15) > 5 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_n = \sum S_i \cdot \alpha_i \cdot (t_{ni} - t_g) = 361,8 \cdot 7,5 \cdot 30 = 81405 \text{ Вт}.$$

Тепловую мощность отопительной системы рассчитаем по формуле (2.11)

$$\sum Q = 3758,4 + 8352 + 4578,9 + 39236 - 1012 - 2025 - 570 - 1800 - 81405 = 8349,3 \text{ Вт}.$$

По формуле (2.12) находим тепловую мощность котла

$$P_K = (1,1 \dots 1,15) \cdot \sum Q \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 8349,3 \cdot 10^{-3} = 9,1842 \text{ кВт}.$$

Подбираем котел по таблице 2.8 – КИ-1 тепловой мощностью $81,5 \text{ кВт}$ и температурой нагрева воды $95 \text{ }^\circ\text{C}$.

Рассчитывает площадь поверхности отопительных приборов по формуле (13), приняв коэффициент теплопередачи $K_n = 7,4$

$$\sum F_{mn} = \frac{\sum Q_n}{k_T \left(\frac{t_g + t_x}{2} - t_n \right)} = \frac{8349,3}{7,4 \cdot \left(\frac{92 + 57}{2} - 15 \right)} = 18,96 \text{ м}^2.$$

Выбираем по таблице 6 отопительные приборы из чугунных труб с крутыми ребрами (при длине 1000 мм) с площадью поверхности одной секции 2 м^2 .

Количество секций для отопления помещения рассчитаем по формуле (2.14)

$$n_o = \frac{\sum F_{mn}}{F_o} = \frac{18,96}{2} = 9,48.$$

Вывод. Принимаем 10 секций.

2.4 Упрощенный расчет водяного (парового) отопления

Потребное количество тепла Q_o (Вт) для отопления здания определяют по формуле

$$Q_o = q_o \cdot V_n \cdot (t_g - t_n), \quad (2.15)$$

где q_o – удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м³·К),

(таблица 2.1, 2.2);

V_n – наружный объем здания или его отапливаемой части, м³;

t_g – расчетная внутренняя температура помещений, °С (для жилых зданий

$t_g = 18 \dots 20^\circ$; для горячих цехов $t_g = 12 \dots 14^\circ$; для производственных зданий $t_g = 15^\circ$);

t_n – расчетная наружная температура воздуха для самого холодного времени года, °С ($t_g = -30^\circ$).

Общую площадь поверхности $\sum F_{nn}$ (м²) нагревательных приборов рассчитывают по формуле

$$\sum F_{nn} = \frac{\sum Q_n}{k_T \left(\frac{t_z + t_x}{2} - t_n \right)}, \quad (2.16)$$

где $\sum Q_n$ – потребное количество тепла в помещении, Вт;

k_T – коэффициент теплопередачи стенками нагревательных приборов, Вт/м²·К (таблица 2.9);

t_z – температура воды или пара при входе в радиатор, °С, (для водяных радиаторов низкого давления $t_z = 85 \dots 95$, высокого давления $t_z = 120 \dots 125$, для паровых радиаторов $t_z = 110 \dots 115$);

t_x – температура воды или пара при выходе из радиатора, °С, (для водяных радиаторов низкого давления $t_x = 65...75$, для водяных и паровых радиаторов высокого давления $t_x = 95$);

t_n – принятая температура воздуха в помещении, °С.

По площади $\sum F_{nn}$ определяют необходимое количество n_0 секций нагревательных приборов

$$n_0 = \frac{\sum F_{nn}}{F_o}, \quad (2.17)$$

где F_o – площадь одной секции радиатора, зависящая от его марки, м² (таблица 2.10).

Пример 2.2. Определите необходимое количество секций нагревательных приборов, если площадь поверхности одной секции 0,2 м², суммарные потери тепла 25000 Вт, температура воды на входе в отопительную систему 90 градусов, на выходе 60 градусов, коэффициент теплопередачи 0,9 Вт/м² К.

Решение. Общую площадь поверхности $\sum F_{nn}$ (м²) нагревательных приборов определим по формуле (2.16)

$$\sum F_{nn} = \frac{\sum Q_n}{k_T \left(\frac{t_z + t_x}{2} - t_n \right)} = \frac{25000}{0,9 \cdot \left(\frac{90 + 60}{2} - 20 \right)} = 505 \text{ м}^2.$$

По формуле (2.17) определяют необходимое количество n_0 секций нагревательных приборов

$$n_0 = \frac{\sum F_{nn}}{F_o} = \frac{505}{0,2} = 2525 \text{ секций.}$$

Вывод. Для отопления потребуется 2525 секций нагревательных приборов.

Пример 2.3. Определить требуемое количество тепла для создания нормальной температуры внутри жилого дома площадью $10 \times 15 \text{ м}^2$ и высотой 6 м, если удельная тепловая характеристика $0,55 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{К}$, наружная температура -15°С . Определить площадь поверхности нагрева отопительных приборов, если коэффициент теплоотдачи равен $10 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Решение. Теплотери Q_0 (Вт) через наружные ограждения и здания определяем по формуле (2.15), принимая температуру внутри помещения 20°

$$Q_0 = q_0 \cdot V_H \cdot (t_B - t_H) = 0,55 \cdot 900 \cdot (20 - (-15)) = 17325 \text{ Вт}.$$

Общую площадь поверхности $\sum F_{nn} (\text{м}^2)$ нагревательных приборов определим по формуле: (2.16)

$$\sum F_{nn} = \frac{17325}{10 \left(\frac{95+75}{2} - 20 \right)} = 26,65 \text{ м}^2.$$

Вывод. Для возмещения теплотерь потребуются нагревательные элементы, общей площадью $26,65 \text{ м}^2$.

2.5 Расчет калориферного отопления

В том случае, если в производственном помещении предусматривается воздушное отопление, расчет и выбор калориферов производятся следующим образом. Определяют часовой расход тепла на нагрев воздуха (Вт) внутри помещения

$$Q_g = 0,278 \cdot c_g \cdot G_g \cdot \frac{(t_g - t_n)}{\rho_k}, \quad (2.18)$$

где c_g – теплоемкость воздуха, $\text{кДж/м}^3 \cdot \text{К}$ ($c_g = 1 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{К}$);

G_g – количество нагреваемого воздуха, кг/ч ;

t_g – температура воздуха внутри помещения, $^\circ\text{С}$;

t_n – расчетная температура наружного воздуха ($t_n = -30^\circ\text{C}$);

ρ_k – плотность воздуха, выходящего из калорифера, $\text{кг}/\text{м}^3$ (таблица 2.11).

0,278 – коэффициент перевода ($1 \text{ кДж}/\text{ч} = 0,278 \text{ Вт}$).

Таблица 2.11 – Плотность воздуха при различных температурах и барометрическом давлении

Температура воздуха $^\circ\text{C}$	Плотность воздуха ($\text{кг}/\text{м}^3$) при различной температуре и барометрическом давлении (мм.рт.ст.)									
	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770
-10	1,280	1,285	1,292	1,307	1,316	1,325	1,333	1,342	1,351	1,360
-8	1,271	1,280	1,288	1,257	1,306	1,315	1,323	1,332	1,341	1,350
-6	1,261	1,270	1,279	1,287	1,296	1,305	1,314	1,322	1,331	1,340
-4	1,252	1,261	1,269	1,278	1,286	1,295	1,304	1,313	1,321	1,330
-2	1,243	1,251	1,260	1,268	1,277	1,286	1,294	1,303	1,312	1,320
0	1,234	1,242	1,251	1,259	1,268	1,276	1,285	1,293	1,302	1,311
2	1,225	1,233	1,242	1,250	1,258	1,267	1,276	1,284	1,292	1,301
4	1,216	1,224	1,233	1,241	1,249	1,258	1,266	1,275	1,283	1,291
6	1,207	1,215	1,224	1,232	1,241	1,249	1,257	1,265	1,274	1,282
8	1,198	1,207	1,215	1,223	1,232	1,240	1,248	1,256	1,265	1,273
10	1,190	1,198	1,207	1,215	1,223	1,231	1,240	1,247	1,256	1,264
12	1,182	1,190	1,198	1,206	1,214	1,222	1,231	1,239	1,247	1,255
14	1,173	1,181	1,190	1,198	1,206	1,214	1,222	1,130	1,238	1,246
16	1,165	1,173	1,181	1,190	1,197	1,205	1,213	1,222	1,230	1,238
18	1,157	1,165	1,173	1,181	1,189	1,197	1,205	1,213	1,221	1,229
20	1,146	1,157	1,165	1,173	1,181	1,189	1,197	1,205	1,213	1,221

Задаваясь массовой скоростью воздуха v_r в пределах экономически выгодной, определяют предварительно живое сечение F_k (м^2) калориферной установки

$$F_k = \frac{G_e}{3600 \cdot v_r}, \quad (2.19)$$

где G_e – количество нагреваемого воздуха, $\text{кг}/\text{ч}$;

v_r – массовая скорость воздуха, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$, ($v_r = 5 \dots 10 \text{ кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$).

По расчетному живому сечению и техническим характеристикам подбирают модель и номер калорифера (таблица 2.12).

Таблица 2.12 – Техническая характеристика калориферов

Модель	Номер	Поверхность нагрева, м ²	Живое сечение для прохода, м ²		Масса с оцинковкой, кг
			воздуха	теплоносителя	
КФБ	2	12,7	0,115	0,0061	70
	3	16,9	0,154	0,0082	91
	4	21,4	0,195	0,0082	110
	5	26,8	0,244	0,0102	130
	6	32,4	0,295	0,0102	160
	7	38,9	0,354	0,0122	193
	8	45,7	0,416	0,0122	221
	9	53,3	0,486	0,0143	255
	10	61,2	0,558	0,0143	289
	КФС	2	9,9	0,115	0,0046
3		13,2	0,154	0,0061	72
4		16,7	0,195	0,0061	87
5		20,9	0,244	0,0076	108
6		25,3	0,295	0,0076	127
7		30,4	0,354	0,0092	154
8		35,7	0,416	0,0092	175
9		41,6	0,486	0,0107	202
10		47,8	0,558	0,0107	228

При параллельном подключении двух калориферов живое расчетное сечение выбираемых калориферов уменьшается в два раза.

Рассчитывают массовую скорость v_m (кг/м²·с) воздуха для принятой модели калорифера

$$v_m = \frac{G_B}{3600 \cdot F_{кф}}, \quad (2.20)$$

где $F_{кф}$ – фактическое живое сечение выбранных калориферов, м².

Находят скорость движения воды v_T (м/с) в трубках калорифера по формуле

$$v_T = \frac{Q_e}{1000 \cdot C_B \cdot f_{TP} \cdot \rho_e (t_1 - t_2)}, \quad (2.21)$$

где Q_e – расход тепла на нагрев воздуха, Вт (1 Вт = 3,6 кДж/ч);

f_{mp} – полное сечение для прохода воды в калорифере, м²;

t_1 – температура воды при входе в калорифер, °С;

t_2 – температура воды при выходе из калорифера, °С;

$c_в$ – теплоемкость воды, кДж/м³·К ($c_в = 4,19$ кДж/м³·К);

1000 – коэффициент перевода ($3,6/3600 = 1000$);

$\rho_в$ – плотность воды ($\rho_в = 1000$ кг/м³).

Средняя скорость воды должна находиться в пределах 0,2...0,5 м/с.

Исходя из расчетной массовой скорости воздуха v_m определяют коэффициент теплопередачи K_T калорифера (таблица 2.13).

Таблица 2.13 – Коэффициент теплопередачи K_T калориферов КФС и КФБ

Теплоноситель	Скорость движения теплоносителя по трубкам v_T , м/сек	Массовая скорость воздуха v_m , кг/(м ² с)						
		2	4	6	8	10	12	14
Вода	0,01	7,3	8,9	10,1	11	11,9	12,4	13
	0,03	9,4	11,5	12,9	14,2	15,1	15,9	16,6
	0,06	10,9	13,4	15,1	16,5	17,6	18,6	19,4
	0,1	12,3	15,1	17,0	18,5	19,7	20,8	22,3
	0,2	14,3	17,6	19,8	21,6	23,1	24,3	25,5
	0,3	15,7	19,2	21,7	23,7	25,3	26,7	27,9
	0,4	16,7	20,5	23,2	25,2	27	28,4	29,8
	0,5	17,6	21,6	24,4	25,9	28,4	29,9	31,3
	0,6	18,3	22,5	25,3	27,6	29,5	31,1	32,6
	0,7	18,5	22,8	25,6	27,8	29,8	31,5	33
	0,8	18,7	23	25,9	28,2	30,2	31,8	33,3
1	19	23,4	26,3	28,7	30,7	32,4	33,9	
Пар	–	13,4	17,9	21,2	24,0	26,3	28,4	30,3

Определяют расчетную поверхность нагрева F_{pac} (м²) калорифера по формуле

$$F_{pac} = \frac{Q_e}{K_T (t_{cpT} - t_{cpB})}, \quad (2.22)$$

где t_{cpT} – средняя температура теплоносителя, которая принимается равной для воды $(t_1 + t_2)/2$, для насыщенного пара при давлении до 0,03 атмосфер (100°С), более 0,3 атмосфер – температура пара;

$t_{cp.B}$ – средняя температура воздуха, равная полусумме начальной и конечной температуры воздуха в помещении $t_{cpB} = \frac{(t_n + t_k)}{2}$.

Рассчитывают количество устанавливаемых калориферов по формуле

$$n_k = \frac{F_{pac}}{F_k}, \quad (2.23)$$

где F_{pac} – расчетная поверхность нагрева выбранного калорифера, м²;

F_k – поверхность нагрева выбранного калорифера, м² (таблица 2.12).

Определяют суммарную площадь калориферной установки $\sum F_{ycm}$ (м²)

$$\sum F_{ycm} = n_k \cdot F_k, \quad (2.24)$$

где n_k – фактическое число калориферов в установке.

По массовой скорости воздуха v_m из таблица 2.14 определяют сопротивление движению воздуха в установке.

Таблица 2.14 – Сопротивление движению воздуха (Δp) через калориферы КФС и КФБ

Модель калорифера	Массовая скорость воздуха v_m , кг/м ² сек						
	2	4	6	8	10	12	14
	Сопротивление движению воздуха Δp , кг/м ²						
КФС	0,75	2,4	4,8	7,8	11,5	15,6	20,6
КФБ	0,91	3	5,9	9,5	14	19	25

Пример 2.4. Рассчитать калориферное (воздушное) отопление для помещения объемом $V = 525 \text{ м}^3$, если известно, что температура внутри помещения должна быть на уровне 20°C , температура снаружи -15°C , кратность воздухообмена $K = 2$.

Решение. Определим часовой расход тепла на нагрев воздуха (Вт) внутри помещения по формуле (2.18), принимая количество нагреваемого воздуха

$$G_e = V \cdot K = 525 \cdot 2 = 1050 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Плотность воздуха в формуле не учитываем

$$Q_e = 0,278 \cdot c_e \cdot G_e \cdot \frac{(t_e - t_n)}{\rho_k} = 0,278 \cdot 1 \cdot 1050 \cdot \frac{(20 - (-15))}{1} = 10216,5 \text{ Вт/ч}.$$

Задаемся массовой скоростью воздуха $v_r = 5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$.

Определяем предварительно живое сечение F_k (м^2) калориферной установки по формуле (2.19), принимая плотность воздуха при температуре 20°C равной $1,205 \text{ кг/м}^3$ (таблица 2.11)

$$F_k = \frac{G_e}{3600 \cdot v_r} = \frac{1050 \cdot 1,205}{3600 \cdot 5} = 0,07 \text{ м}^2.$$

По расчетному живому сечению и техническим характеристикам подбираем модель и номер калорифера из таблицы 2.12 – КБФ №2, площадь поверхности нагрева $12,7 \text{ м}^2$, фактическое живое сечение для прохода воздуха $F_{кф} = 0,115 \text{ м}^2$, для прохода теплоносителя $f_{мп} = 0,0061 \text{ м}^2$.

Рассчитываем массовую скорость v_m ($\text{кг/м}^2 \cdot \text{с}$) воздуха для принятой модели калорифера по формуле (2.20) с учетом фактического живого сечения калорифера $F_{кф} = 0,115 \text{ м}^2$

$$v_m = \frac{G_B}{3600 \cdot F_{кф}} = \frac{1050 \cdot 1,205}{3600 \cdot 0,115} = 3,05 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}.$$

Находим скорость движения воды v_T (м/с) в трубках калорифера по формуле (2.21), принимая температуру воды на входе и выходе из калорифера 80°C

и 60°C соответственно, полное сечение для прохода воды (теплоносителя) в калорифере $f_{mp} = 0,0061 \text{ м}^2$

$$v_T = \frac{Q_e}{1000 \cdot C_B \cdot f_{TP} \cdot \rho_e (t_1 - t_2)} = \frac{10216,5}{1000 \cdot 4,19 \cdot 1000 \cdot 0,0061 \cdot (80 - 60)} = 0,02 \text{ м/с}.$$

Исходя из расчетной массовой скорости воздуха v_m и скорости движения теплоносителя определяем коэффициент теплопередачи K_T калорифера по таблице 2.13: для массовой скорости воздуха $v_m = 3,05 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$ и скорости теплоносителя $v_T = 0,02 \text{ м/с}$ коэффициент теплопередачи $K_T = 9 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Определяем расчетную поверхность нагрева F_{pac} (м^2) калорифера по формуле (2.22), рассчитав предварительно среднюю температуру теплоносителя $t_{cp.T} = (t_1 - t_2)/2 = (80+60)/2 = 70^{\circ}\text{C}$ и среднюю температуру воздуха в помещении

$$t_{cp.B} = \frac{(t_n + t_k)}{2} = \frac{(15 + 20)}{2} = 17,5^{\circ}\text{C}.$$

$$F_{pac} = \frac{Q_e}{K_T (t_{cp.T} - t_{cp.B})} = \frac{10216,5}{9 \cdot (70 - 17,5)} = 21,6 \text{ м}^2.$$

Рассчитываем количество устанавливаемых калориферов по формуле (2.23), принимая поверхность нагрева выбранного калорифера по таблице 2.12 $F_k = 12,7 \text{ м}^2$

$$n_k = \frac{F_{pac}}{F_k} = \frac{21,6}{12,7} = 1,7.$$

Принимаем 2 калорифера КБФ № 2.

Определяем суммарную площадь калориферной установки $\sum F_{ycm}$ (м^2), состоящей из двух калориферов, по формуле (2.24)

$$\Sigma F_{уст} = n_k \cdot F_k = 2 \cdot 12,7 = 25,4 \text{ м}^2.$$

По массовой скорости воздуха v_m из таблица 2.14 определяем сопротивление движению воздуха в калорифере КБФ: $\Delta p = 2 \text{ кг/м}^2$.

Вывод. Для воздушного отопления помещений необходимы 2 калорифера КБФ.

3 Вентиляция производственных помещений

3.1 Общие сведения

Все химические вещества производственной среды по отношению к организму человека могут быть благоприятными, безразличными, вредными.

Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом может вызвать заболевание или отклонения в состоянии здоровья.

Классификация химических веществ приведена на рисунок 3.1.

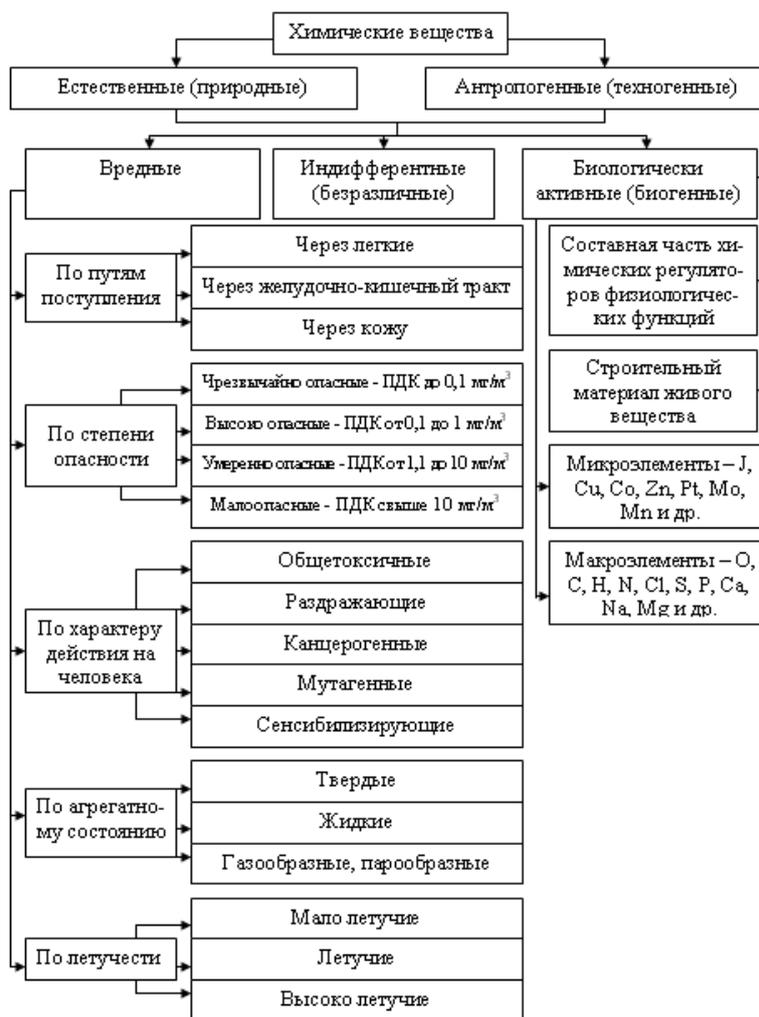


Рисунок 3.1 - Классификация химических веществ

В организм человека химические вещества могут поступать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожу и слизистые, вызывая различные отклонения в состоянии здоровья (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 - Результат действия вредных веществ на человека

Для оздоровления воздушной среды производственных помещений используют различные методы: организационные, медико-профилактические, контроль-

ные, индивидуальные и коллективные средства защиты. К техническим методам уменьшения действия вредных веществ относятся автоматизация производства, герметизация вредных процессов, вентиляция помещений, экранирование, фильтрование и пылеулавливание, использование укрытий и камер и др.

3.2 Классификация систем вентиляции

Нормальные санитарно-гигиенические условия в помещении можно поддерживать удалением из него загрязненного или высоконагретого воздуха и заменой его чистым из наружной атмосферы.

Вентиляция – это процесс замены загрязнённого воздуха свежим с целью создания в производственных помещениях воздушной среды, отвечающей санитарно-гигиеническим нормам .

Механическая вентиляция по месту действия может быть общеобменной, местной и комбинированной (рисунок 3.3).

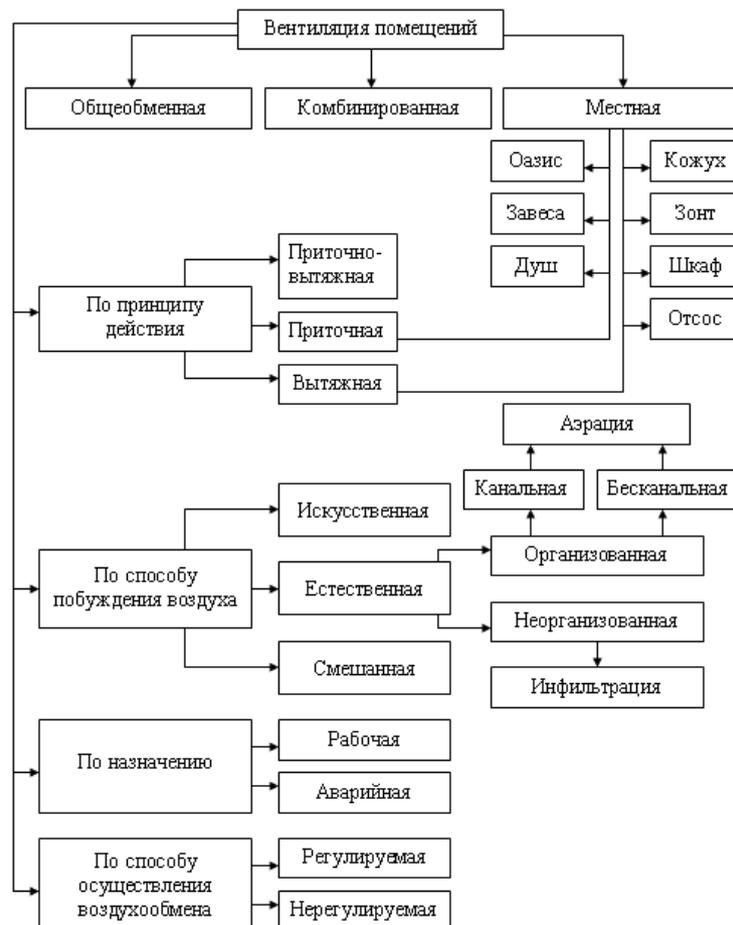
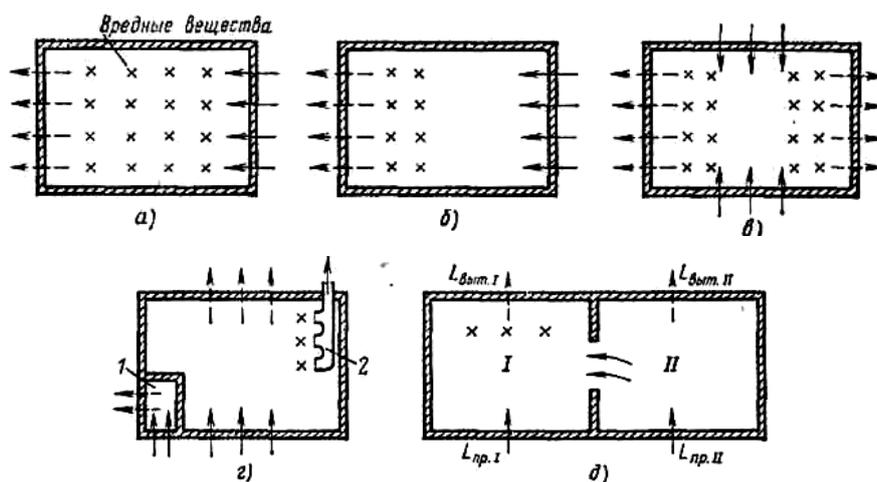


Рисунок 3.3 - Классификация типов вентиляции помещений

Общеобменной называют такую вентиляцию, при которой обменивается весь воздух в помещении. *Местная* вентиляция предназначена для удаления вредного воздуха непосредственно с места его образования (рисунок 3.4, 3.5).

По роду действия вентиляция разделяется на приточную, вытяжную и приточно-вытяжную.

При естественной вентиляции воздух поступает в помещение и удаляется из него под воздействием разности температур (тепловой напор) или под воздействием ветра (ветровой напор).



a, б, в - общеобменная; *г* - общеобменная и местная; *д* - организация воздухообмена:
1 - помещение пульта управления; 2 - местные отсосы

Рисунок 3.4 - Системы вентиляции

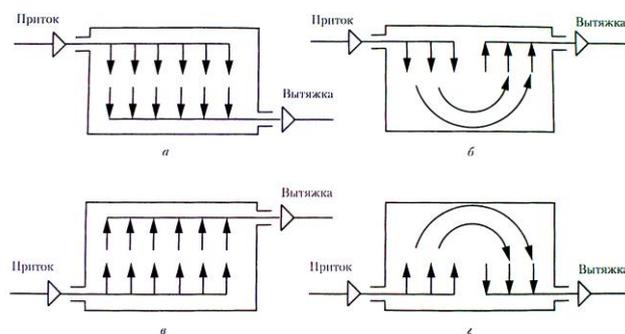


Рисунок 3.5 - Схемы организации воздухообмена при общеобменной вентиляции

Естественная вентиляция производственных помещений осуществляется инфильтрацией, аэрацией и дефлекторами.

Аэрация – это организованный и управляемый воздухообмен за счёт теплового (ветрового) напора.

Дефлекторы – это устройства, повышающие тягу внутреннего воздуха за счёт использования скорости движения наружного воздуха.

Инфильтрация – это естественная нерегулируемая вентиляция, осуществляемая через неплотности строительных конструкций зданий.

3.3 Расчет вентиляции по коэффициенту кратности воздухообмена

Количество воздуха, подаваемого или удаляемого из помещения за 1 час, отнесенное к внутренней кубатуре помещения, называется *кратностью воздухообмена* (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Кратность воздухообмена (*K*) для различных помещений

<i>Категория помещений</i>	<i>K</i>	<i>Категория помещений</i>	<i>K</i>
Административные помещения	1,5	Отделение ремонта топливной аппаратуры Столярное отделение	1,5-2
Моторо-ремонтный цех Машинный, аппаратный цех Аммиачные холодильные установки Столярные мастерские	1,5-3	Станочное отделение Моечное отделения Отделение обкатки двигателей Склад хранения муки Тесторазделочное отделение	2-3
Фреоновые холодильные установки Цех убоя и разделки туш Залы заседаний	3	Медницкое отделение Пивобезалкогольное производство Консервный цех Маслоцех Творожный цех	3-4
Животноводческие фермы	2-4	Цех приготовления кормов	5
Сварочное отделение Кузнечный цех Колбасный цех Бродильный цех	4-6	Пекарный зал Курильные комнаты Топочное отделение Окрасочное отделение Отделение зарядки аккумуляторов	10-12

Кратность воздухообмена рассчитывается по фактическому и допустимому содержанию вредных веществ

$$K = \frac{P_{\phi}}{P_{\text{пдк}}}, \quad (3.1)$$

где P_{ϕ} – фактическое содержание газов, пыли, паров в воздухе, мг/м³;

$P_{\text{пдк}}$ – предельно допустимая концентрация этих веществ в воздухе, мг/м³.

Зная кратность воздухообмена K , можно рассчитать необходимый воздухообмен L по формуле (м³/ч)

$$L = K \cdot V, \quad (3.2)$$

где K – кратность воздухообмена (таблица 3.1);

L – объем подаваемого или удаляемого воздуха (воздухообмен), м³/ч;

V – внутренняя кубатура (объем) помещения, м³.

Пример 3.1. Определить необходимую производительность вентиляторов в медницком отделении ремонтной мастерской совхоза.

Площадь помещения 42 м², высота 4,5 м. Кратность воздухообмена в час $K = 4$.

Решение: Производительность вентиляции рассчитаем по формуле (3.2):

$$L = K \cdot V = 4 \cdot (42 \cdot 4,5) = 756 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Вывод. Производительность вентиляции в медницком отделении 765 м³/ч.

3.4 Расчет вентиляции для снижения запыленности и загазованности

Воздухообмен для удаления пыли и газов рассчитывается по формуле

$$L_{\Gamma} = \frac{P}{P_{\text{ПДК}} - P_n}, \quad (3.3)$$

где L_n - воздухообмен, м³/ч;

P - скорость поступления газов, пыли и паров в помещении, мг/ч;

$P_{\text{ПДК}}$ - предельно допустимая концентрация газов, пыли и паров, мг/м³ (таблица 3.2, 3.3);

P_n – содержание вредных веществ в наружном (приточном) воздухе, мг/м³ (можно принять $P_n \leq 0,3P_{\text{ПДК}}$);

Таблица 3.2 - Допустимая концентрация пыли в помещениях

Род пыли	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Пыль угольная без двуокси кремния (SiO ₂)	10	4
Пыль цемента, глин, минералов, металлов (без SiO ₂)	6	3
Пыль искусственных абразивов (корунд, карборунд)	5	3
Пыль стекломинерального волокна, табака, чая	3	3
Асбестовая пыль, пыль алюминия	2	3
Пыль растительного происхождения:		
- более 10% SiO ₂ (хлопковая, льняная);	2	3
- от 2 до 10% SiO ₂ (зерновая);	4	3
- менее 2% SiO ₂ (мучная, древесная)	6	3
Пыль, содержащая 70% двуокси кремния, пыль меди	1	2
Пыль свинца, ртути	0,01	1

Таблица 3.3 - ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны (пары и газы)

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Акролеин	0,7	2	Ксилол	50	4
Аммиак	20	4	Минеральные масла	300	4
Ацетон	200	4	Окислы азота	5	3
Бензин топливный	100	4	Окись углерода	20	4

Продолжение таблицы 3.3

Бензин-растворитель	300	4	Сероводород	10	3
Бензол	5	2	Толуол	50	4
Керосин	300	4	Углеводороды нефти	100	4
Кислота борная	10	3	Хлористый водород	5	3
Кислота серная	1	2	Хлор	1	2
Кислота соляная	5	3	Этиловый эфир	300	4

Скорость выделения вредных веществ при окрасочных работах $P_{окр}$ определяют по формуле

$$P_{окр} = G_{лк} \cdot S \cdot q / 100, \quad (3.4)$$

где $G_{лк}$ – расход лакокрасочных материалов, г/м²;

S – площадь окрашиваемой поверхности, м²;

q - доля летучих растворителей в краске, % (таблица 3.4),

($q = 60 \dots 90$ г/м² – при распылении; $q = 100 \dots 180$ г/м² – при нанесении кистью).

Таблица 3.4 - Допустимая концентрация вредных веществ в воздухе при окрасочных работах

Краска	Удельный расход краски, г/м ²	Растворитель	Количество растворителя, %	Допустимая концентрация, мг/м ³
ВЛ-0,23	100	Этанол	38	1000
		Бутанол	18	10
		Ацетон	18	200
ХС-04	110	Бутилацетат	7,2	200
		Ацетон	15,6	200
		Толуол	37,2	200
ХС-76	150	Бутилацетат	50	200
		Толуол	21	50
		Ацетон	10	200
ПФ-218	100	Уайтспирит	36	300
		Скипидар	4	300
ФЛ-03-К	90	Ксилол	18	50
		Уайтспирит	18	300

Скорость выделения оксида углерода P_{co} при работе двигателя определяют по формуле

$$P_{co} = K_2 \cdot G_T \cdot q / 100, \quad (3.5)$$

где K_2 – количество отработанных газов при сгорании топлива, кг/кг;

($K_2=15 \dots 16$ кг/кг);

G_m – часовой расход топлива, кг/ч;

q – содержание вредных веществ в отработанных газах, %.

Скорость выделения оксида углерода можно определить по формуле, зная удельный расход топлива

$$P_{co} = g \cdot n \cdot N \cdot \eta \cdot t \cdot K \cdot q / 100, \quad (3.6)$$

где g – удельный расход топлива, г/Вт ч;

n – количество двигателей;

N – мощность двигателя, Вт;

η – коэффициент полезного действия (КПД) двигателя;

t – время работы двигателя, ч;

K_2 – количество отработанных газов при сгорании топлива, кг/кг;

($K_2=15 \dots 16$ кг/кг);

q – содержание вредных веществ в отработанных газах, %; окиси углерода 2...6 % (для карбюраторных двигателей), 0,05...0,07% (для дизельных двигателей); окислов азота 0,007...0,009%, альдегидов 0,02...0,05%.

Скорость выделения вредных примесей при сварке P_{cv} рассчитывают по формуле:

$$P_{cv} = q \cdot K_{cv} \cdot G_e / 100, \quad (3.7)$$

где K_{cv} – содержание вредных компонентов на 1 кг электродов, г/кг

(таблица 3.5);

G_3 – масса израсходованных электродов, кг;

q - содержание вредных компонентов, % ($q = 3\%$ - марганец, $q = 0,4\%$ - хром, $q = 3,4\%$ - фтористые соединения).

Таблица 3.5 – Содержание токсичных веществ в сварочных электродах

Токсичные вещества	Содержание токсичных веществ, г на 1 кг электрода марки						
	УОНИ 13/45	УОНИ 13/55	СМ - 11	К-5	ОЗС-2	К-70, К-80	ОММ-5, ЦМ-7
Марганец	8,8	14	12	17,2	20	16	67,2
Хром	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1
Фтористые соединения	49,5	38	47,5	60	52	26	-

Скорость выделения углекислого газа животными определяется по формуле

$$P_{co_2} = \sum_{i=1}^n m_i p_i, \quad (3.8)$$

где m – количество животных;

p – количество углекислоты, выделяемое одним животным (таблица 2.6).

Пример 3.2. В размолочном отделении кормоцеха выделяется в 1 ч 12г мучной пыли.

Рассчитать производительность вентиляции, необходимую для удаления излишков пыли.

Решение: Согласно таблица 3.1, допускаемая концентрация мучной пыли, содержащей до 10% свободной двуокиси кремния, равна 4 мг/м³.

В наружном воздухе, поступающем в помещение взамен отсасываемого вентилятором, совсем не содержится мучной пыли. Подставляя эти данные в формулу (3.3), получим

$$L_{\Gamma} = \frac{P}{P_{\text{ПДК}} - P_n} = \frac{12000}{4 - 0} = 3000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Вывод. Производительность вентиляции для удаления мучной пыли равна 3000 м³/ч.

Пример 3.3. В гараже совхоза площадью 750 м² и высотой 6 м размещается 30 автомобилей (ГАЗ-51 и ЗИЛ-150). В утренние часы одновременно заводят 5 двигателей автомобилей ГАЗ-51. Средняя продолжительность их работы до выезда машины из гаража 3 мин. В продуктах сгорания, образующихся при сжигании бензина в двигателе, содержится 5% окиси углерода.

Требуется определить концентрацию окиси углерода в помещении гаража и найти необходимую производительность вентилятора для удаления ее излишков.

Решение: Подсчитаем весовое количество продуктов сгорания бензина при работе двигателя без нагрузки. Для такого расчета можно допустить, что двигатель развивает мощность не более 15% номинальной.

Для автомобилей ГАЗ-51 нормальная мощность равна 70 л.с. (или 51 кВт, т.к 1 л.с. = 735 Вт).

Удельный расход бензина составляет 420 г/л. с. ч. (или 0,57 г/Вт·ч.)

Найдем количество окиси углерода, выделяющееся при работе 5 двигателей в час по формуле (3.6)

$$P_{co} = g \cdot n \cdot N \cdot \eta \cdot t \cdot K \cdot \frac{q}{100} = 0,57 \cdot 5 \cdot 51000 \cdot 0,15 \cdot \frac{3}{60} \cdot 15,9 \cdot \frac{5}{100} = 867,2 \text{ г/ч}.$$

Производительность вентиляции найдем по формуле (3.3), а ПДК окиси углерода выберем из таблица 3.2

$$L_{\Gamma} = \frac{P}{P_{\text{ПДК}} - P_n} = \frac{867200}{20 - 0} = 43360 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Можно рассчитать производительность вентиляции через кратность воздухообмена. Для этого определим фактическую концентрацию окиси углерода в помещении гаража, объем которого $V = 4500 \text{ м}^3$

$$P_{\phi} = \frac{P}{V} = \frac{867,2 \cdot 1000}{4500} = 193 \text{ мг/м}^3.$$

Найдем по формуле (3.1) необходимую кратность воздухообмена

$$K = \frac{P_{\phi}}{P_{\text{ПДК}}} = \frac{193}{20} = 9,65.$$

Производительность вентиляции найдем по формуле (3.2)

$$L = K \cdot V = 9,65 \cdot 4500 = 43425 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Вывод. Производительность вентиляции равна $43360 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Пример 3.4. В цехе ремонта топливной аппаратуры для производственной цели применяют бензин. Ежечасно 360 г этого бензина испаряется.

Требуется рассчитать производительность вентилятора, необходимую для доведения концентрации паров бензина в помещении до допустимой.

Решение: Применяя формулу (3.3) и считая, что $P_n=0$, $P_{\text{ПДК}} = 0,3 \text{ г/м}^3$, получим:

$$L_{\Gamma} = \frac{P}{P_{\text{ПДК}} - P_n} = \frac{360}{0,3 - 0} = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Вывод. Производительность вентиляции равна $1200 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Пример 3.5. В литейном цехе ($12 \times 8 \times 6 \text{ м}^3$) авторемонтного завода при разливке жидкого чугуна в 1 ч выделяется 80 г окиси углерода.

Рассчитать производительность вентиляторов, необходимую для поддержания в цехе атмосферы с нормальной концентрацией окиси углерода.

Решение: Без вентиляции концентрация окиси углерода в цехе будет равна:

$$P_{\phi} = \frac{P}{V} = \frac{80000}{12 \cdot 8 \cdot 6} = 138 \text{ мг/м}^3.$$

В соответствии с санитарно-гигиеническими нормами предельно допустимая концентрация окиси углерода в литейных цехах равна 20 мг/м^3 .

Исходя из этого, определим необходимую кратность воздухообмена

$$K = 138 / 20 = 6,9.$$

Минимальная производительность вентилятора

$$L = K \cdot V = 6,9 \cdot (12 \cdot 8 \cdot 6) = 3974 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Вывод. Производительность вентиляции равна $3974 \text{ м}^3/\text{ч}$.

3.5 Расчет вентиляции для удаления избытков тепла

В помещениях с большим выделением тепла вентиляцию устраивают для поддержания нормальной температуры.

Воздухообмен для удаления избыточного тепла определяется по формуле

$$L_Q = \frac{Q_{из}}{C(t_{вн} - t_{н})\rho_n}, \quad (3.9)$$

где L_Q - воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{из}$ - избыточное количество тепла, поступающего в помещение, кДж/ч;

C - средняя удельная теплоёмкость воздуха, кДж/кг К ($C = 1 \text{ кДж/кг К}$);

$t_{вн}$ - температура воздуха, удаляемого из помещения, °С;

t_n - температура наружного воздуха, поступающего в помещение, °С;

ρ - плотность наружного воздуха, кг/ м³ (таблица 2.11).

Пример 3.6. В термическом цехе авторемонтного завода установлены три электропечи. Каждая печь отдает в атмосферу цеха 4500 кДж/ч тепла.. Если нет вентиляции, то вследствие такого тепловыделения температура в цехе возрастет до +26° С.

Нужно рассчитать производительность вентилятора, снижающего температуру воздуха в цехе, если наружный воздух нагрет до +15° С .

Решение: Найдём по таблице 2.11 плотность воздуха при температуре наружного воздуха +15° – она равна 1,226 кг/м³. На основании формулы (3.9) найдём производительность вентиляции для удаления избытков тепла от трех печей

$$L_Q = \frac{Q_{из}}{C(t_{вн} - t_n)\rho_n} = \frac{4500 \cdot 3}{1 \cdot (26 - 15) \cdot 1,226} = 1001,5 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Вывод. Для удаления теплоизбытков требуется вентиляция производительностью 1001,5 м³/ч.

3.6 Расчет вентиляции для удаления избытков влаги

Состояние воздуха характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

Абсолютная влажность (a) показывает, какое количество водяных паров в граммах содержится в 1 кг воздуха при заданной температуре.

Относительная влажность (φ) - это процентное отношение фактического содержания паров воды в воздухе к максимально возможному (насыщенному) содержанию при той же температуре.

Воздухообмен для удаления избытка водяных паров можно определить по формуле

$$L_G = \frac{G_{en}}{(q_в - q_n)\rho_n}, \quad (3.10)$$

где L_G - воздухообмен, м³/ч;

G_{en} - масса водяных паров, выделяющихся в помещении, г/ч;

ρ_n - плотность наружного воздуха, кг/м³ (таблица 2.11).

$q_в$ - содержание паров в 1 кг воздуха в помещении при относительной влажности $\varphi_в$, соответствующей температуре помещения $t_в$, г;

q_n - содержание паров в 1 кг воздуха, подаваемого в помещение при его относительной влажности φ_n и температуре t_n , г.

Содержание паров в 1 кг воздуха при его температуре и влажности можно рассчитать по формулам

$$q_в = \frac{\varphi_в \cdot q_m^в}{100}, \quad q_n = \frac{\varphi_n \cdot q_m^n}{100}, \quad (3.11)$$

где $\varphi_в, \varphi_n$ – относительная влажность внутри и снаружи помещения, %;

$q_m^в, q_m^n$ – максимально возможное количество водяных паров при заданной температуре внутри и снаружи помещения (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Максимально возможное содержание водяных паров

Температура, °С	Содержание водяного пара при полном насыщении, г/кг	Температура, °С	Содержание водяного пара при полном насыщении, г/кг
- 15	1,1	30	20,3
- 10	1,7	35	35,0
- 5	2,6	40	46,3
0	3,8	45	60,7
5	5,4	50	79,0
10	7,5	55	102,3
15	10,5	60	131,7
20	14,4	65	168,9
25	19,5	70	216,1

Пример 3.7. В моечном отделении ремонтного завода установлены две ванны для выварки загрязненных деталей. Из них ежечасно испаряется 20 кг воды.

Температура помещения +22° С. Температура наружного воздуха +15° С. При измерении влажности воздуха было найдено $\varphi_B = 75\%$, $\varphi_H = 40\%$.

Требуется рассчитать производительность вентиляции для удаления излишних паров воды.

Решение. Применяя формулы (3.10) и (3.11) и выбрав из таблицы 3.6 значения q_m^B , q_m^H , а из таблицы 3.11 ρ_H , найдем производительность вентиляции

$$L_G = \frac{G_{en}}{(q_B - q_H) \rho_H} = \frac{20000}{\left(\frac{75}{100} \cdot 16,4 - \frac{40}{100} \cdot 10,5\right) \cdot 1,230} = 2470 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Вывод. Производительность вентиляции для удаления излишних паров воды равна 2470 м³/ч.

Пример 3.8. Подобрать производительность вентиляции для удаления излишней влаги из коровника, в котором размещены 80 лактирующих коров массой по 300 кг, 40 коров массой по 400 кг и 40 коров массой по 600 кг.

Внутренняя температура коровника +10° С, наружная -5° С.

Решение. По таблице 2.6 находим количество водяных паров, выделяемых животными.

Коровы массой 300 кг выделяют $0,307 \times 80 = 24,56$ кг влаги в 1 ч; массой 400 кг - $0,367 \times 40 = 14,68$ кг/ч и массой 600 кг - $0,431 \times 40 = 17,24$ кг/ч, т. е. $G_{en} = 56,48$ кг/ч.

В коровнике относительная влажность должна быть не более 85%. Примем относительную влажность наружного воздуха 40%.

По таблице 3.6 найдем максимальное содержание водяных паров при + 10° С и -5° С. Подставим полученные данные в формулу (3.10) и рассчитаем производительность вентиляции

$$L_G = \frac{G_{en}}{(q_e - q_n) \rho_n} = \frac{56480}{\left(\frac{85}{100} \cdot 7,5 - \frac{40}{100} \cdot 2,6\right) \cdot 1,303} = 10580 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Вывод. Производительность вентиляции для удаления излишней влаги из коровника равна 10580 м³/ч.

3.7 Расчет естественной вентиляции

Естественная вентиляция чаще всего осуществляется через вытяжные трубы прямоугольного или круглого сечения, проходящие через потолочное перекрытие и крышу здания.

Воздух перемещается по вытяжным трубам (рисунок 3.6) за счет разной плотности его снаружи и внутри помещения (тепловой напор), а также под действием ветра при одинаковых плотностях воздуха (ветровой напор).

Бесканальную естественную вентиляцию применяют в помещениях большого объема.

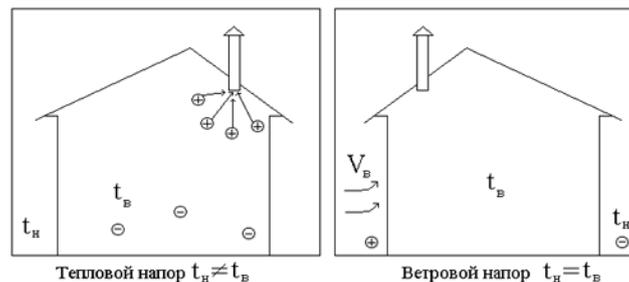


Рисунок 3.6 - Естественная вентиляция помещений

Расчет естественной вентиляции начинают с определения воздухообмена по одной из вышеприведенных формул (3.3)...(3.10).

Разность давлений в каналах при тепловом напоре определяют по формуле

$$\Delta H_T = h \cdot (\rho_n - \rho_e), \quad (3.12)$$

где h – высота вытяжной трубы или расстояние между серединами приточных и вытяжных каналов, м;

ρ_n, ρ_e – плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м³ (таблица 2.11).

Разность давлений при ветровом напоре определяют по формуле

$$\Delta H_e = \pm \psi_e \cdot v_e^2 \cdot \rho_n, \quad (3.13)$$

где ψ_e – экспериментальный ветровой коэффициент, зависящий от конструкции здания, $\psi_e = 0,70 \dots 0,85$ – наветренная сторона, $\psi_e = -0,30 \dots -0,45$ – заветренная сторона;
 v_e – скорость ветра, м/с.

Скорость движения воздуха в вытяжных трубах находят по формуле

$$v_t = \mu \sqrt{\frac{2g\Delta H}{\rho_n}}, \quad (3.14)$$

где μ – коэффициент, учитывающий сопротивление, зависящее от формы и качества стенок трубы (канала), $\mu = 0,5 \dots 0,65$,
 g – ускорение свободного падения, м/с² ($g = 9,81$ м/с²).

Суммарную площадь вытяжных труб находят по формуле

$$\Sigma F_t = \frac{L}{3600 \cdot v}, \quad (3.15)$$

где L – необходимый воздухообмен, м³/ч.

Задаваясь конструктивными размерами вытяжной трубы, определяют число вытяжных каналов по формуле

$$m = \frac{\Sigma F_t}{f}, \quad (3.16)$$

где f – площадь одного канала, м²;

$f = \frac{\pi d^2}{4}$ – трубы круглого сечения диаметром d , м²;

$f = a \cdot b$ – трубы прямоугольного сечения, м²;

$f = a^2$ – трубы квадратного сечения, м².

Для усиления вытяжки воздуха через каналы на верхнюю часть вытяжной трубы монтируют *дефлектор*, представляющий собой специальные насадки на вытяжные воздуховоды.

Производительность дефлектора (м³/ч) находят по формуле

$$L_{\partial} = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_{\partial}, \quad (3.17)$$

где v_{∂} – скорость движения воздуха в трубе, зависящая от скорости ветра

v_{∂} ; м/с, $v_{\partial} = (0,2 \dots 0,4)v_{\partial}$;

D – диаметр дефлектора, м.

Производительность дефлектора можно определить через требуемый воздухообмен по формуле

$$L_{\partial} = \frac{L_{\tau}}{n}, \quad (3.18)$$

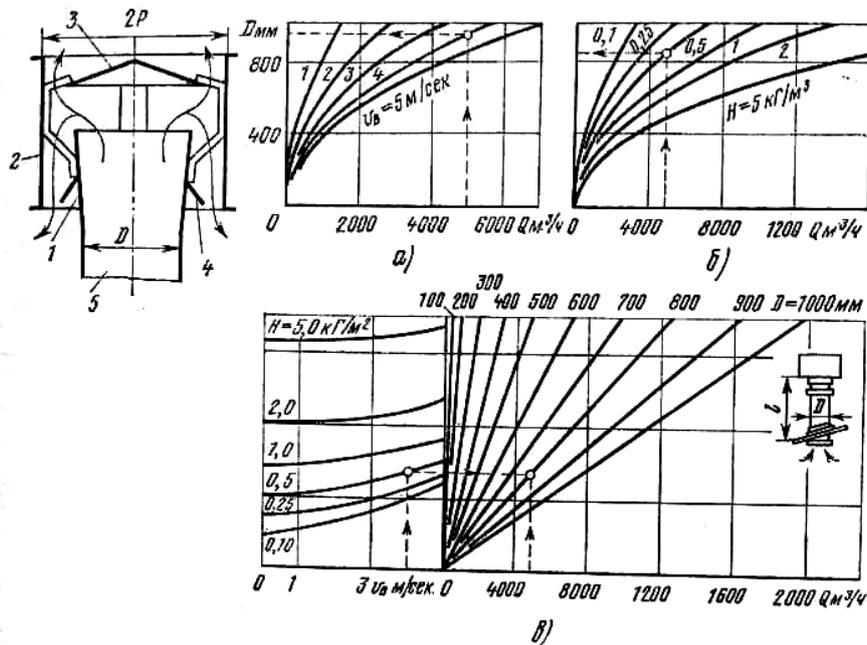
где n – число дефлекторов;

L_{τ} – требуемый воздухообмен, м³/ч.

Необходимый диаметр дефлектора

$$D = 0,018 \sqrt{\frac{L_{\partial}}{v_{\partial}}}, \quad (3.19)$$

Более точно дефлектор можно подобрать, используя графики на рисунок 3.7.



а - с учетом действия ветра; б - с учетом гравитационного давления;
 в - с учетом ветра и гравитационного давления;
 1 - диффузор; 2 - цилиндрическая обечайка; 3 - колпак; 4 - конус; 5 - патрубок
 Рисунок 3.7 - Конструкция дефлектора и графики для его подбора

Пример 3.9. В свиарнике размещено 60 откормочных свиноматок живой массой по 100 кг и 40 - по 200 кг. Животные выделяют углекислоту, которую необходимо удалить естественным вентилированием помещения. Конструкция свиарника допускает установку вытяжных труб длиной 4,2 м. Температура внутри свиарника $+10^{\circ}\text{C}$. Наружная температура -10°C . Предельно допускаемая концентрация углекислоты равна $2,5\text{ л/м}^3$, плотность углекислого газа равна $1,874\text{ кг/м}^3$, содержание углекислого газа в приточном воздухе - $0,3\text{ л/м}^3$.

Решение. Пользуясь таблица 2.6, найдем общее количество углекислоты, выделяемой всеми животными в 1 ч.

$$P = 60 \cdot 43 + 40 \cdot 57 = 4860 \text{ л/ч.}$$

Производительность вентиляции должна быть равна (формула 3.3)

$$L_{\Gamma} = \frac{P}{P_{\text{ПДК}} - P_n} = \frac{4860}{2,5 - 0,3} = 2290 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Найдем разность давлений в воздуховоде по формуле (3.12), определив предварительно плотность наружного и внутреннего воздуха по таблице 2.11 при атмосферном давлении 760 мм. рт. ст.

$$\Delta H_{\tau} = h \cdot (\rho_n - \rho_e) = 4,2 \cdot (1,342 - 1,247) = 0,4 \text{ кг}/\text{м}^2.$$

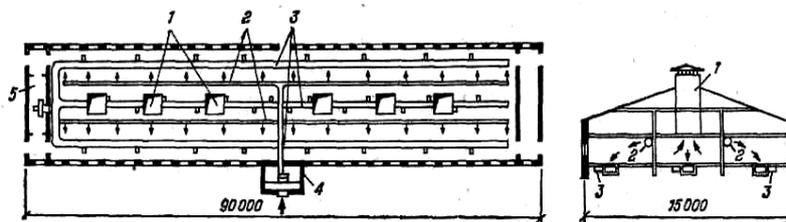
По формуле (3.14) найдем скорость воздуха в вентиляционном канале

$$g_{\tau} = \mu \sqrt{\frac{2g\Delta H}{\rho_n}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,4}{1,342}} = 1,7 \text{ м}/\text{с}.$$

Суммарное сечение труб найдем по формуле (3.15)

$$\Sigma F_{\tau} = \frac{L}{3600 \cdot v} = \frac{2290}{3600 \cdot 1,7} = 0,523 \text{ м}^2$$

Вывод. Проектируем 6 вентиляционных труб сечением $0,3 \times 0,3 \text{ м}^2$, общим сечением $0,54 \text{ м}^2$ (рисунок 3.8).



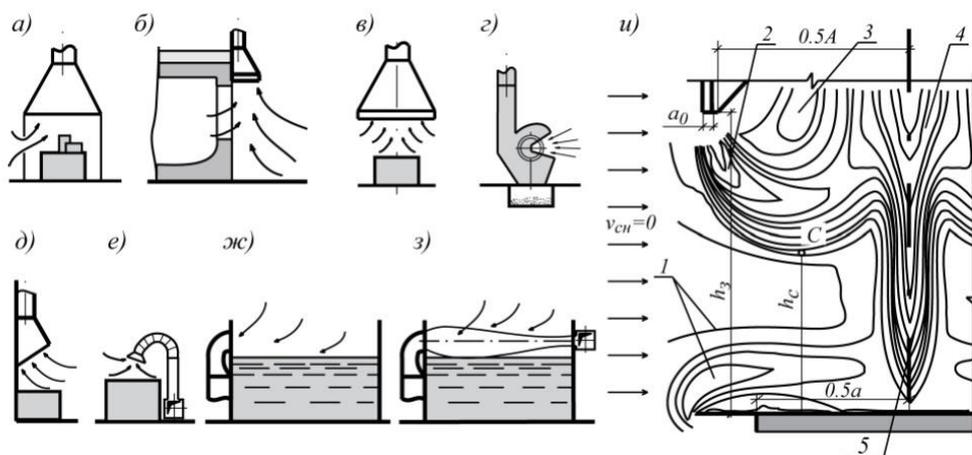
1 - вытяжные шахты; 2 - приточные воздуховоды; 3 - воздуховоды для вытяжки из навозных каналов; 4 - приточная камер; 5 - вытяжная камера

Рисунок 3.8 - Схема вентиляции свинарника с подачей воздуха через два параллельных воздуховода и удаления воздуха через шахты и навозные каналы

3.8 Расчёт местной вентиляции

Местная приточная вентиляция служит для создания оптимального микроклимата в ограниченной зоне рабочего пространства.

К местным системам относят воздушные души и оазисы, воздушные, воздушно-тепловые завесы, аспирационные кожухи, вытяжные зонты, шкафы (рисунок 3.9).



- а – вытяжной шкаф; б – зонт-козырек над загрузочным проемом печи;
- в – индивидуальный вытяжной зонт; г – отсос укрытие над шлифовальным кругом;
- д – у стационарной сварочной панели поста сварки; е – гибкий поворотный воздухоприемник; ж – односторонний бортовой отсос; з – бортовой отсос с передувом;
- и – линии токов при трёхпоточном взаимодействии источника теплоты, стока (спектра всасывания) и приточной струи;
- 1 – подсасываемый поток воздуха, 2 – траектория приточной струи, засасываемой вытяжным факелом, 3 – область обратного потока, 4 – вытяжной факел, 5 – конвективный поток

Рисунок 3.9 - Местные системы вентиляции

Производительность воздушного душа, оазиса, зонта, шкафа определяется по формуле

$$L_{душ} = 3600 \cdot b \cdot h \cdot v_{cp}, \quad (3.20)$$

где h, b – высота и ширина патрубка, подающего воздух, м;

v_{cp} – средняя скорость потока воздуха, м/с ($v_{cp} = 1 - 3,5$ м/с, в зависимости от интенсивности теплового излучения).

Количество воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$), удаляемого аспирационным кожухом, определяется по формуле

$$L_a = A \cdot D, \quad (3.21)$$

где A – размерный коэффициент, зависящий от диаметра круга, $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{мм})$; для заточных и шлифовальных станков с диаметром круга до 250 мм – $A = 2 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{мм})$; от 250 до 600 мм – $A = 1,8 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{мм})$; свыше 600 мм – $A = 1,6 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{мм})$; для полировальных станков с войлочными и матерчатыми кругами $A = 4 \dots 6 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{мм})$.

Количество воздуха, удаляемого местным отсосом от сварочного стола, ($\text{м}^3/\text{ч}$), можно определить по формуле

$$L_a = k \sqrt[3]{J}, \quad (3.22)$$

где k – коэффициент для щелевого отсоса, $k = 12$;

J – сила сварочного тока, А.

Количество воздуха, удаляемого бортовыми отсосами с зеркала ванн, определяется по формуле

$$L_o = B \cdot b \cdot v_{щ} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot n \cdot 3600, \quad (3.23)$$

где B – ширина ванны, м;

b – ширина щели, м; принимается из конструктивных соображений, но она не может быть менее 0,1 ширины ванны B ($b \geq 0,1 B$) и менее 50 мм;

$v_{щ}$ – скорость воздуха в щели бортового отсоса, м/с;

k_1 – коэффициент, учитывающий сопротивление движения воздуха от зеркала ванны к щели. При отсутствии штанг для подвеса деталей $k_1 = 1$; при наличии штанг $k_1 = 1,7$;

k_2 – коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в помещении (рисунок 3.10);

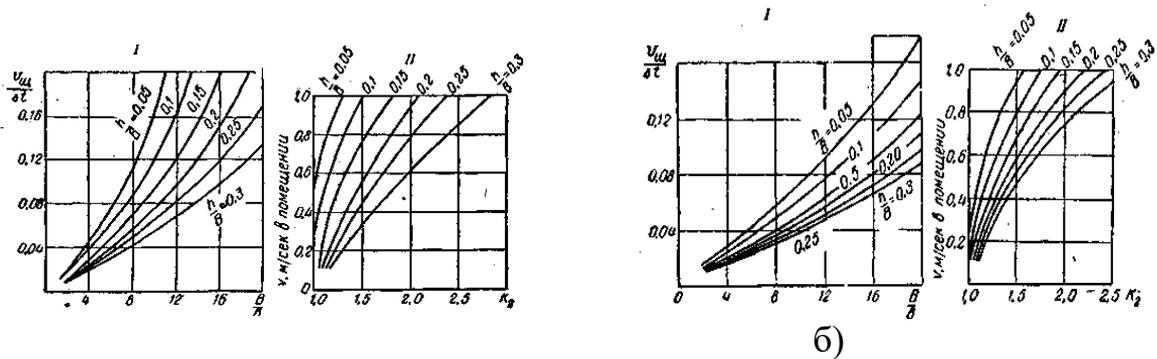
n – количество щелей (в однобортовых $n = 1$, в двухбортовых $n = 2$).

Производительность вентиляции находят по формуле (м³/ч)

$$L = 3600 \cdot F \cdot v, \quad (3.24)$$

где F – площадь сечения воздуховода, м²;

v – скорость движения воздуха в воздуховоде (м/с), измеряемая приборами контроля (микроманометрами, анемометрами, кататермометрами).



а)

б)

а - двухбортовой отсос; б - однобортовой отсос

Рисунок 3.10 - Графики для расчета бортовых отсосов

Качество вентиляции определяют сравнением установленной для данного производства нормы воздухообмена с фактической производительностью вентилятора.

Воздушные и воздушно-тепловые завесы устраивают для защиты от проникновения холодного воздуха в помещение. Подаваемый воздух к проемам, воротам подается через специальный воздуховод со щелью. Скорость воздуха в щели 10-15 м/с. Поток направлен под углом к холодному воздуху.

Количество холодного наружного воздуха, которое врывается в цех при бездействии воздушной завесы, можно рассчитать по формуле

$$L_o = H \cdot B \cdot v_B, \quad (3.25)$$

где H, B - высота и ширина ворот, проема, м;

v_B - скорость ветра, м/с.

Количество холодного воздуха, проникающего в цех при наличии воздушной завесы, рассчитывают по формуле

$$L_x = L_o \left(1 - \frac{h}{H}\right), \quad (3.26)$$

где h - высота воздушной завесы, м.

Количество воздуха, необходимое для ветровой завесы, определяют по формуле

$$L_3 = \frac{L_o - L_x}{\varphi \sqrt{\frac{H}{b} + 1}}, \quad (3.27)$$

где φ - функция, зависящая от угла наклона струи завесы α и коэффициента турбулентной структуры струи, a ,

$$\varphi = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{\frac{b}{\cos \alpha}} \cdot t \cdot h \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}{a}, \quad (3.28)$$

где b - ширина щели, м;

α - угол наклона струи ($\alpha = 30...45^\circ$);

th - гиперболический тангенс;

a - коэффициент турбулентной структуры струи ($a = 0,07...0,24$).

Скорость воздуха при выходе из щели определяют по формуле

$$v_{щ} = \frac{L_3}{B \cdot b}, \quad (3.29)$$

где B - ширина ворот, м;

b - ширина щели, м.

Среднюю температуру воздуха, попадающего в помещение, рассчитывают по формуле

$$t_{cp} = \frac{L_3 \cdot t_{вн} + L_x \cdot t_n}{L_3 + t_x}, \quad (3.30)$$

где $t_{вн}, t_n$ - температура внутреннего и наружного воздуха, °С.

Количество воздуха, удаляемое вытяжным зонтом, находят по формуле

$$L_3 = 3600 \cdot a \cdot b \cdot v, \quad (3.31)$$

где a и b - размеры широкой приемной части зонта в плане, м;

v - скорость отсасываемого воздуха в приемной части зонта, м/с (таблица 3.37).

Таблица 3.37 - Скорость воздуха вытяжного зонта

Число открытых сторон зонта	Скорость v , м/с
четыре	1,05...1,25
три	0,90... 1,06
две	0,75...0,90
одна	0,50...0,75

Объем воздуха, удаляемого вытяжными шкафами (без тепловыделений), определяется по формуле

$$v = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b} = \frac{2400}{3600 \cdot 0,8 \cdot 1,2} = 0,7 \text{ м/с.}$$

Вывод. Скорость отсоса воздуха в широкой части зонта 0,7 м/с.

Пример 3.11. Определить количество воздуха, отсасываемого с верстака медника вытяжным зонтом. Размеры зонта в плане 1,5x0,8 м². Скорость движения отсасываемого воздуха 0,8 м/с.

Решение. Количество отсасываемого воздуха найдем по формуле (3.31):

$$L = 3600 \cdot a \cdot b = 3600 \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 3456 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Вывод. Производительность вентиляции равна 3456 м³/ч.

Пример 3.12. В ремонтной мастерской установлена ванна для восстановления плунжерных пар хромированием. Размеры ванны: ширина $B = 600$ мм; длина $l = 900$ мм, площадь зеркала электролита 0,54 м².

Требуется рассчитать двухбортовую отсосную вентиляцию.

Решение. Так как при проектировании бортовых отсосов должно соблюдаться условие ($b \geq 0,1 B$), ширина щели $b = B/10 = 600/10 = 60$ мм.

Высоту потока паров h , находящихся над зеркалом электролита, допускаем равной

$$h = 0,05 \cdot B = 0,05 \cdot 600 = 30 \text{ мм.}$$

Температура ванны при хромировании должна быть 58°C, температура помещения 18°C.

Разница температур $\Delta t = 58 - 18 = 40^\circ$.

Зная отношения $B/b = 10$ и $h/B = 0,05$ по графику (рисунок 3.10) найдем отношение $v_{щ}/\Delta t$, которое для данного примера будет равно 0,07.

Определим скорость воздуха в щели

$$v_{uz} = 0,07 \cdot 40 = 2,8 \text{ м/сек.}$$

Скорость движения воздуха для помещения примем равной 0,8 м/сек.

По скорости воздуха и отношению h/B из графика (рисунок 3.10) находим коэффициент k_2 . Для нашего примера $k_2 = 1,35$.

Далее, подставляя полученные величины в формулу (3.23), находим производительность бортовых отсосов

$$L_o = B \cdot b \cdot v_{uz} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot n \cdot 3600 = 0,6 \cdot 0,06 \cdot 2,8 \cdot 2 \cdot 1,7 \cdot 1,35 \cdot 3600 = 2500 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

Объём воздуха, отсасываемого с 1 м^2 зеркала электролита ванны, находим по формуле

$$L_{yo} = \frac{L}{F} = \frac{2500}{0,54} = 4650 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

где F – площадь зеркала электролита, м^2 .

Вывод. Объём воздуха, отсасываемого с 1 м^2 зеркала электролита ванны, равен $4650 \text{ м}^3 / \text{ч}$.

Пример 3.13. Найти производительность вентилятора и скорость движения воздуха в отсосном воздуховоде для наждачной колонки с диаметром абразивного круга 260 мм. Диаметр воздуховода 100 мм.

Решение: Для круга диаметром 260 мм коэффициент $A = 1,8$.

Найдем по формуле (3.21) производительность вентиляции:

$$L_a = A \cdot D = 1,8 \cdot 260 = 468 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

Скорость воздуха в вытяжном воздуховоде круглого сечения, радиусом 0,05 м, найдем по формуле (3.24)

$$v = \frac{L}{3600 \cdot F} = \frac{468}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2} = 16,6 \text{ м/с.}$$

Вывод. Скорость воздуха в вытяжном воздуховоде равна 16,6 м/с.

3.9 Расчёт механической общеобменной вентиляции

В системах механической вентиляции движение воздуха осуществляется вентиляторами и эжекторами.

Вентиляторы – это воздуходувные машины (осевые или центробежные), служащие для перемещения воздуха.

Эжекторы – это устройства, применяемые в вытяжных системах в тех случаях, когда необходимо удалить агрессивную среду, пыль, способную к взрыву не только от удара, но и от трения или легковоспламеняющиеся и взрывоопасные газы (рисунок 3.11).

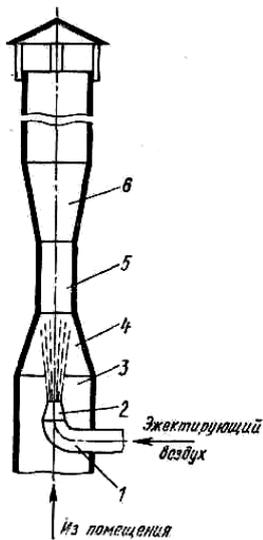
Для подбора вентиляторов нужно знать требуемую производительность и полное давление.

Требуемую производительность $W_{\text{вент}}$ ($\text{м}^3/\text{ч}$) рассчитывают по формуле

$$W_{\text{вент}} = L_{\text{расч}} \cdot k_3, \quad (3.34)$$

где $L_{\text{расч}}$ - полученный по расчёту суммарный воздухообмен для всех вентилируемых помещений, $\text{м}^3/\text{ч}$;

k_3 – коэффициент запаса, $k_3 = 1,1$ для стальных воздуховодов длиной до 50 м; $k_3 = 1,15$ для стальных воздуховодов длиной более 50 м.



1 - труба; 2 – сопло; 3 – камера разрежения;
4 – конфузур; 5 – горловина; 6 - диффузор

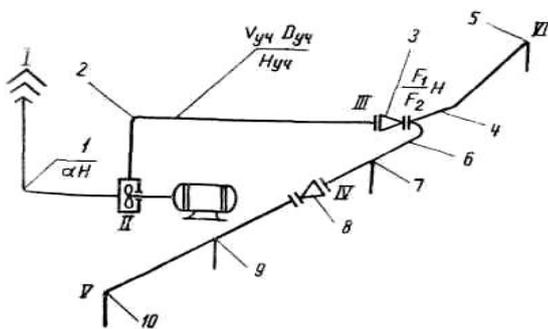
Рисунок 3.11 - Схема эжектора

Давление для подбора вентилятора ($H_{вент}$) определяют по формуле

$$H_{вент} = H \cdot k_3 \quad (3.35)$$

где H – давление, подсчитанное для всей системы вентиляции, Па
(рисунок 3.12);

k_3 - коэффициент запаса ($k_3 = 1,1$).



I – VI – участки сети;

1, 2, 4-7, 9, 10 – изгибы воздуховода (колена);

3, 8 - переходы

$V_{уч}$ - объем воздуха на участке;

$D_{уч}$ -диаметр трубопровода на участке;

$H_{уч}$ - потери напора на участке; α - угол колена;

H - потери напора;

F_1 / F_2 -соотношения поперечных сечений сужений труб

Рисунок 3.12 - Схема вентиляционной сети

Расчётное давление (напор) определяется из выражения

$$H = R \cdot l + Z, \quad (3.36)$$

где H – напор, Па;

R – потери давления на трение в воздуховоде длиной 1 м, Па;

l - длина участка воздуховода, м;

Z - потери давления в местных сопротивлениях в том же воздуховоде, Па.

Потери давления (напора) на прямых участках труб рассчитывают по формуле

$$Z = \sum E \frac{v^2 \cdot \gamma}{2}, \quad (3.37)$$

где $\sum E$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на рассматриваемом участке воздуховода (таблица 3.8);

$\frac{v^2 \cdot \gamma}{2}$ - динамическое давление, Па (таблица 3.8).

Или потери напора на прямых участках можно определить по формуле

$$Z = \frac{\varphi_T \cdot l_T \cdot \rho_e \cdot v_{cp}^2}{2d}, \quad (3.38)$$

где φ_T - коэффициент, учитывающий сопротивление труб

(для железных труб $\varphi_T = 0,02$);

v_{cp} - средняя скорость воздуха, м/с (для прилегающих к вентилятору участков $v_{cp} = 8 \dots 12$ м/с, для удаленных – $v_{cp} = 1 \dots 4$ м/с);

l_T - длина воздуховода, м;

d - диаметр трубы, м;

ρ_e - плотность воздуха, кг/м³ (таблица 2.11).

Потери давления в расчётной ветви воздухопроводов составляют сумму потерь давления в участках, составляющих рассчитываемую ветвь (Па)

$$H = \sum (R \cdot L + Z), \text{ или } H = Z + Z_m \quad (3.39)$$

где Z – потери напора на прямых участках, Па;

Z_m – местные потери напора, Па.

Местные потери напора в коленах, переходах, жалюзи рассчитываются по формуле

$$Z_m = 0,5 \cdot \psi_m \cdot v_{cp}^2 \cdot \rho_v \quad (3.40)$$

где ψ_m - коэффициенты местных потерь напора (таблица 3.9);

v_{cp} – средняя скорость движения воздуха, м/с;

ρ_v – плотность воздуха, кг/м³.

Таблица 3.9 - Значения коэффициентов местных сопротивлений воздуховодов

Наименование местного сопротивления	Коэффициент ψ_m	Наименование местного сопротивления	Коэффициент ψ_m
Колено: $a = 90^\circ$	1,1	Внезапное расширение: $f / F = 0,1$	0,81
$a = 120^\circ$	0,55	$f / F = 0,3$	0,49
$a = 150^\circ$	0,2	$f / F = 0,5$	0,25
Отвод: $R / D = 1$	0,25	Дроссель или задвижка	0,01
$R / D = 1,5$	0,175	Боковой вход	1
$R / D = 2$	0,15	Вход с конца	0,3
Внезапное сужение: $f / F = 0,1$	0,29	Выход с конца	1
$f / F = 0,3$	0,25	Сетка с живым сечением 80%	0,1
$f / F = 0,4$	0,21	Жалюзи-выход	3
$f / F = 0,5$	0,18	Жалюзи-вход	0,5

Зная величину максимальных потерь напора H , по номограмме выбирают номер вентилятора N , максимальный КПД вентилятора η_v и безразмерный параметр A (рисунок 3.13).

По номеру вентилятора N и коэффициенту A рассчитывают количество оборотов вентилятора по формуле

$$n = A / N \quad (3.41)$$

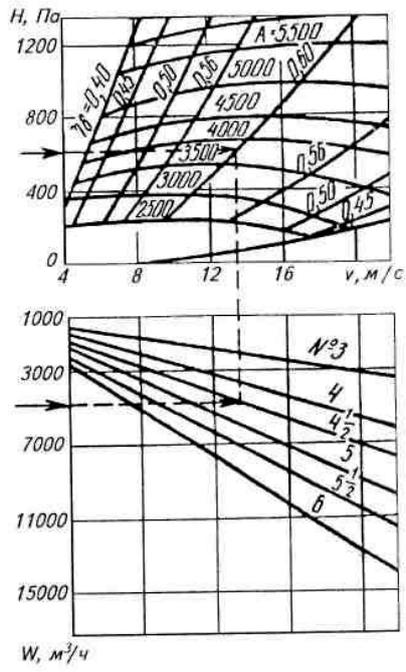


Рисунок 3.13 - Номограмма для выбора вентилятора

Таблица 3.8 – Данные для расчета круглых стальных воздуховодов

Динамическое давление, Па $\frac{\rho^2 \gamma}{2}$	Скорость движения воздуха, м/с	Количество проходящего воздуха, м ³ /ч (верхняя строка) и потери давления на трение на 1 м воздуховода (Па) при внутренних диаметрах (нижняя строка), мм											
		180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630
2,403	2,0	<u>183</u> 0,353	<u>226</u> 0,265	<u>286</u> 0,265	<u>353</u> 0,235	<u>443</u> 0,206	<u>561</u> 0,176	<u>712</u> 0,147	<u>904</u> 0,128	<u>1145</u> 0,108	<u>1413</u> 0,098	<u>1772</u> 0,088	<u>2243</u> 0,078
3,453	2,4	<u>220</u> 0,490	<u>271</u> 0,432	<u>343</u> 0,373	<u>424</u> 0,324	<u>532</u> 0,284	<u>673</u> 0,245	<u>865</u> 0,206	<u>1085</u> 0,176	<u>1373</u> 0,157	<u>1696</u> 0,137	<u>2127</u> 0,118	<u>2692</u> 0,098
4,709	2,8	<u>256</u> 0,647	<u>317</u> 0,559	<u>401</u> 0,490	<u>495</u> 0,432	<u>620</u> 0,373	<u>785</u> 0,324	<u>997</u> 0,275	<u>1266</u> 0,235	<u>1602</u> 0,206	<u>1978</u> 0,176	<u>2481</u> 0,157	<u>3141</u> 0,137
6,141	3,2	<u>293</u> 0,824	<u>362</u> 0,716	<u>458</u> 0,628	<u>465</u> 0,549	<u>709</u> 0,471	<u>897</u> 0,412	<u>1140</u> 0,353	<u>1447</u> 0,304	<u>1831</u> 0,265	<u>2261</u> 0,226	<u>2836</u> 0,196	<u>3589</u> 0,176
7,779	3,6	<u>330</u> 1,020	<u>407</u> 0,892	<u>515</u> 0,775	<u>636</u> 0,677	<u>798</u> 0,589	<u>1009</u> 0,510	<u>1282</u> 0,441	<u>1628</u> 0,373	<u>2060</u> 0,324	<u>2543</u> 0,284	<u>3190</u> 0,245	<u>4038</u> 0,216
9,604	4,0	<u>366</u> 1,236	<u>452</u> 1,079	<u>572</u> 0,932	<u>706</u> 0,814	<u>886</u> 0,706	<u>1122</u> 0,608	<u>1426</u> 0,530	<u>1809</u> 0,451	<u>2289</u> 0,391	<u>2826</u> 0,343	<u>3534</u> 0,296	<u>4481</u> 0,255
11,576	4,4	<u>403</u> 1,472	<u>497</u> 1,285	<u>629</u> 1,108	<u>777</u> 0,971	<u>975</u> 0,853	<u>1234</u> 0,736	<u>1567</u> 0,628	<u>1990</u> 0,540	<u>2518</u> 0,471	<u>3109</u> 0,412	<u>3899</u> 0,353	<u>4935</u> 0,304
13,83	4,8	<u>440</u> 1,426	<u>543</u> 1,510	<u>687</u> 1,305	<u>848</u> 1,148	<u>1063</u> 0,991	<u>1346</u> 0,853	<u>1710</u> 0,736	<u>2170</u> 0,638	<u>2747</u> 0,549	<u>3391</u> 0,481	<u>4254</u> 0,422	<u>5384</u> 0,363
15,01	5,0	<u>458</u> 1,854	<u>565</u> 1,619	<u>715</u> 1,402	<u>883</u> 1,236	<u>1108</u> 1,069	<u>1402</u> 0,922	<u>1781</u> 0,795	<u>2261</u> 0,589	<u>2861</u> 0,589	<u>3532</u> 0,520	<u>4431</u> 0,451	<u>5608</u> 0,392
17,462	5,4	<u>494</u> 2,138	<u>610</u> 1,874	<u>773</u> 1,619	<u>954</u> 1,422	<u>1196</u> 1,236	<u>1514</u> 1,060	<u>1923</u> 0,912	<u>2442</u> 0,785	<u>3090</u> 0,677	<u>3815</u> 0,598	<u>4786</u> 0,520	<u>6057</u> 0,451
20,21	5,8	<u>531</u> 2,443	<u>656</u> 2,129	<u>830</u> 1,844	<u>1024</u> 1,619	<u>1285</u> 1,4031	<u>1626</u> 1,216	<u>2066</u> 1,050	<u>2623</u> 0,902	<u>3319</u> 0,775	<u>4098</u> 0,677	<u>5140</u> 0,589	<u>6506</u> 0,510
21,582	6,0	<u>549</u> 2,600	<u>678</u> 2,266	<u>858</u> 1,962	<u>1060</u> 1,726	<u>1329</u> 1,491	<u>1682</u> 1,296	<u>2137</u> 1,108	<u>2713</u> 0,961	<u>3434</u> 0,824	<u>4239</u> 0,726	<u>5317</u> 0,628	<u>6730</u> 0,540

Если при подборе вентилятора полученные величины W и $H_{вент}$ не попадают на характеристику одного из вентиляторов, имеющих на графике (номограмме), то принимают ближайший подходящий вентилятор, и, изменяя число оборотов вентилятора, получают требуемую по расчёту производительность и давление.

Пересчёт производят по формулам

$$W_2 = W_1 \frac{n_2}{n_1}, \quad H_2 = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2, \quad N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3, \quad (3.42)$$

где n_1 – число оборотов по характеристике;

n_2 – число оборотов изменённое;

W_1, H_1, N_1 – соответственно производительность, давление и мощность по характеристике;

W_2, H_2, N_2 – производительность, давление и мощность расчётные.

Необходимую мощность электродвигателя определяют по формуле

$$N_B = \frac{W_{вент} H_{вент}}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta_B \eta_{II}}, \quad (3.43)$$

где N_B – мощность, потребляемая вентилятором, кВт;

η_B – к.п.д. вентилятора (по характеристике);

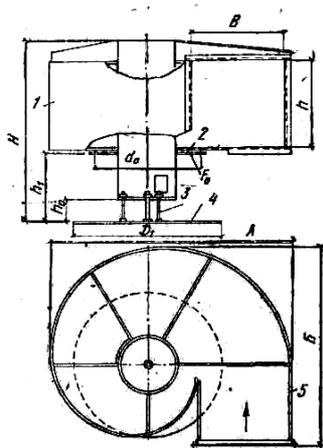
η_n – к.п.д. привода, принимаемый (для электровентиляторов $\eta_n = 1,0$; для муфтового соединения $\eta_n = 0,98$; для клиноремённой передачи $\eta_n = 0,95$).

Марки вентиляторов приведены в таблица 3.10.

Таблица 3.10 – Техническая характеристика воздухораспределителей типа ВЦ

Типоразмер	Размеры, мм (рисунок 3.14)									$F, \text{ м}^2$	Пропускная способность, $\text{м}^3/\text{ч}$, при скорости в отверстии v , $\text{м}/\text{с}$									Масса, кг
	d_0	D_1	B	h	h_0	h_1	A	Б	H		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
											и сопротивления ΔP , Па									
											60	90	130	170	230	290	350	430	510	
ВЦ-3	355	450	250	400	160	266	720	645	740	0,098	1415	1770	2120	2480	2830	3180	3450	3900	4250	32,0
ВЦ-5	500	670	400	500	225	375	1085	932	970	0,195	2820	3520	4220	4920	5630	6330	7040	7750	8450	61,5
ВЦ-7	710	980	500	800	320	532	1442	1246	1450	0,394	5700	7100	8520	9950	11350	1280	1420	15600	17000	145,5
ВЦ-9	900	126	800	800	405	675	2066	1733	1600	0,633	9150	11450	13750	1600	18300	2060	2200	2520	27400	229,5

Размеры воздухораспределителя даны на рисунок 3.14.



1 - корпус; 2 - выходной патрубок; 3 - винт регулировочный; 4 - диск;
5 - входной патрубок

Рисунок 3.14 - Воздухораспределитель центробежный типа ВЦ

Установочную мощность электродвигателя определяют по формуле (кВт)

$$N_{уст} = k_3 \cdot N_B, \quad (3.44)$$

где k_3 – коэффициент запаса мощности электродвигателей ($k_3 = 1,5 \dots 1,1$).

Электродвигатель подбирается по установочной мощности и числу оборотов вентилятора (таблица 3.11, 3.12).

Таблица 3.11 - Электродвигатели односкоростные

Мощность, кВт	Число об/мин	Тип	Мощность, кВт	Число об/мин	Тип
0,6	1410	АиАЛ31-4	4,5	1440	АиАЛ 51-4
0,6	1410	АОиАОЛ31-4	4,5	1440	АОиАОЛ 51-4
0,6	2960	АОиАОЛ31,2	4,5	2870	АиАЛ 42-2
1,0	930	АиАЛ41-6	4,5	2900	АОиАОЛ 51-2
1,0	930	АОиАОЛ41-6	7,0	730	А 62-8
1,0	1410	АиАЛ 32-4	7,0	735	АО 63-8
1,0	1410	АОиАОЛ 32-4	7,0	970	А 61-6
1,0	2850	АиАЛ 31-2	7,0	980	АО 62-6
1,0	2890	АОиАОЛ 32-2	7,0	1440	АиАЛ 52-4
1,7	430	АиАЛ 42-8	7,0	1440	АиАОЛ 52-4
1,7	430	АОиАОЛ 42-8	7,0	2890	АиЛЛ51-2

Продолжение таблицы 3.11

1,7	1420	АиАЛ 41-4	7,0	2900	АиАОЛ 52-2
1,7	1420	АОиАОЛ 41-4	10,0	730	А 71-8
1,7	2850	АиАЛ 32-2	10,0	735	АО 72-8
1,7	2850	АОиАОЛ 41-2	10,0	970	А 62-6
2,8	450	ЛиАЛ 51-6	10,0	980	АО 63-6
2,8	430	АОиАОЛ 51-6	10,0	1450	А 61-4
2,8	1420	АиАЛ 42-4	10,0	1460	АО 52-4
2,8	1420	АОиАОЛ 42-4	10,0	2890	АиАЛ 52-2
2,8	2870	АиАЛ 41-2	10,0	2930	АО 62-2
2,8	2880	АОиАОЛ 42-2	14,0	730	А 72-8
4,5	730	А 61-8	14,0	735	АО 73-8
4,5	735	АО 62-8	14,0	970	А 71-6
4,5	960	АиАЛ 52-6	14,0	980	АО 72-6
4,5	960	АОиАОЛ 52-6	14,0	1450	А 62-4

Таблица 3.12 - Характеристика асинхронных электродвигателей (до 400 кВт)

Типоразмер	Мощность P_n (кВт) при n_n , мин ⁻¹				Масса, кг
	3000	1500	1000	750	
Серии 4АН в исполнении IP 23					
4АН160S	22	18,5	-	-	112
4АН160M	30	22	-	-	132
4АН180S	37	30	18,5	15	170
4АН180M	45	37	22	18,5	186
4АН200M	55	45	30	22	260
4АН200L	75	55	37	30	295
4АН225M	90	75	45	37	355
4АН250S	110	90	55	45	450
4АН250M	132	110	75	55	500
4АН280S	160	132	90	75	715
4АН280M	200	160	110	90	825
4АН315S	-	200	132	110	860
4АН315M	250	250	160	132	940
4АН355S	315	315	200	160	1200
4АН355M	400	400	250	200	1350
Серии 4А в исполнении IP 44					
4А56А	0,18	0,12	-	-	4,5
4А56В	0,25	0,18	-	-	4,5
4А63А	0,37	0,25	0,18	-	6,3
4А63В	0,55	0,37	0,25	-	6,3
4А71А	0,75	0,55	0,37	-	15,1
4А7Ш	1,1	0,75	0,55	0,25	15,1
4А80А	1,5	1,1	0,75	0,37	17,4
4А80В	2,2	1,5	1,1	0,55	20,4
4А90L	3	2,2	1,5	0,75	28,7
4А90L	-	-	-	1,1	28,7
4А100S	4	3	-	-	36

Продолжение таблицы 3.12

4A100L	5,5	4	2,2	1,5	42
4A112M	7,5	5,5	3	2,2	56
4A112M	-	-	4	3	56
4A132S	-	7,5	5,5	4	77
4A132M	11	11	7,5	5,5	93
4A160M	18,5	18,5	15	11	155
4A180S	22	22	-	-	170
4A180M	30	30	18,5	15	185
4A200M	37	37	22	18,5	255
4A200L	45	45	30	22	285
4A225M	55	55	37	30	380
4A250S	75	75	45	37	475
4A250M	90	90	55	45	515
4A280S	110	110	75	55	810
4A280M	132	132	90	75	870
4A315S	160	160	110	90	1000
4A315M	200	200	132	110	1100
4A355S	250	250	160	132	1420
4A355M	315	315	200	160	1670

Пример 3.14. Рассчитать механическую вентиляцию в кабине трактора.

Решение. Расчет производим по выделению углеводов. Углеводов в пересчете на углерод выделяется 350 мг/м^3 , ПДК = 300 мг/м^3 .

Тогда кратность воздухообмена (раз в час) будет равна

$$K = \frac{P_{\phi}}{P_{\text{ПДК}}} = \frac{350}{300} = 1,2$$

Приняв объем кабины трактора $V = 1,5 \text{ м}^3$, определим требуемый воздухообмен

$$L_r = K \cdot V = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Определим площадь поперечного сечения воздуховода F , принимая скорость воздушного потока $v = 1 \text{ м/с}$ по формуле (3.15)

$$F = \frac{L_T}{3600 \cdot v} = \frac{1,8}{3600 \cdot 1} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Так как воздуховод круглого сечения, радиус его будет равен

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 0,012 \text{ м}.$$

Производительность вентилятора найдем с учетом коэффициента запаса ($k_3 = 1,3$) по формуле (3.34)

$$W_{\text{вент}} = L_{\text{расч}} \cdot k_3 = 1,8 \cdot 1,3 = 2 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Рассчитаем потери напора в вентиляционной сети по формуле (3.38), принимая, что коэффициент, учитывающий сопротивление труб, $\varphi_T = 0,02$; средняя скорость воздуха, м/с; $v_{cp} = 1 \text{ м/с}$; длина воздуховода, м; $l_m = 1,5 \text{ м}$; диаметр трубы, м; $d = 0,024 \text{ м}$; плотность воздуха $\rho_в = 1,247 \text{ кг/м}^3$.

$$Z = \frac{\varphi_T \cdot l_T \cdot \rho_в \cdot v_{cp}^2}{2d} = \frac{0,02 \cdot 1,247 \cdot 1 \cdot 1,5^2}{2 \cdot 0,024} = 0,75 \text{ Па}$$

Местные потери в коленах, переходах, жалюзи найдем по формуле (3.40), принимая коэффициент местных потерь напора для колена $\alpha = 120^\circ \psi_1 = 0,5$; для колена $\alpha = 90^\circ \psi_2 = 1,1$; для внезапного расширения $\psi_3 = 0,8$; для входа в вентилятор после фильтра $\psi_4 = 6$

$$Z_m = 0,5 \cdot \psi_m \cdot v_{cp}^2 \cdot \rho_в = 0,5 \cdot (1,5 + 1,1 + 0,8 + 6) \cdot 1 \cdot 1,247 = 5,9 \text{ Па}.$$

Суммарные потери напора в линии определим по формуле (3.39)

$$Z_{\text{Л}} = Z + Z_{\text{м}} = 5,9 + 0,75 = 6,65 \text{ Па.}$$

Тогда напор вентилятора $H_{\text{вент}} = Z_{\text{Л}} = 6,65 \text{ Па.}$

Найдем мощность (кВт), необходимую для привода вентилятора, по формуле (3.43)

$$N_{\text{В}} = \frac{W_{\text{вент}} \cdot H_{\text{вент}}}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta_{\text{В}} \eta_{\text{П}}} = \frac{6,65 \cdot 2}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,9} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кВт}$$

Вывод. Выбираем электродвигатель МЭ-12,5 мощностью 12,5Вт.

4 Производственное освещение

4.1 Общие сведения

Свет является разновидностью электромагнитной энергии. Он вызывает световое ощущение глаз в результате раздражения зрительного нерва волнами светового потока длиной от 780 до 380 нм (1 нанометр = 10^{-9} м). Остальная часть лучистого потока - ультрафиолетовые и инфракрасные лучи – зрительного ощущения не вызывают.

Энергия, передаваемая лучеиспусканием, называется *лучистой энергией*, а ее мощность - *лучистым потоком*. *Световой поток* – это часть лучистой энергии, вызывающая световое ощущение. Световой поток может по-разному распределяться в пространстве, действуя на орган зрения. Например, открытая лампа распределяет пучок света по всем направлениям, а прожектор, наоборот, собирает поток в пучок.

Ощущение того или иного цвета, что является очень важным в вопросах безопасности, неодинаково и зависит от длины волны. За единицу максимальной чувствительности глаза к излучению принята длина волны 555 нм, соответствующая желто-зеленому цвету. Все остальные волны характеризуют относительную видимость .

Через органы зрения человек получает 80% информации о внешнем мире.

Свет не только обеспечивает связь организма с внешней средой, но и обладает высоким биологическим и тонизирующим действием.

Правильно спроектированное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда, оказывает положительное психологическое воздействие. Рациональное освещение устраняет напряжение зрения и по мере увеличения освещенности увеличивает его остроту (способность глаза различать мелкие предметы), быстроту (скорость распознавания отдельных предметов), производительность труда (от 4 до 12%) и качество труда.

Световое ощущение, получаемое глазом, определяет яркость. Приспособление зрительного органа к изменению яркости называется *адаптацией глаз*. Большое значение в проблеме безопасности имеет соблюдение постоянного уровня адаптации. Отклонения от санитарных норм при проектировании освещения могут привести к негативным последствиям – к травмам на производстве или заболеваниям.

Реакции организма человека на воздействие излучений видимого диапазона при отклонении от санитарных норм приведены на рисунок 4.1.

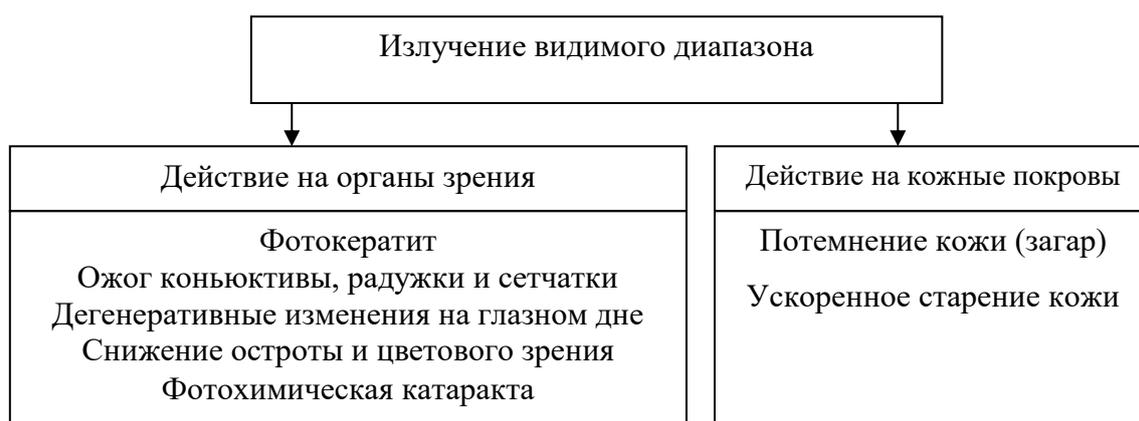


Рисунок 4.1 - Неблагоприятные действия излучений видимого диапазона

4.2. Классификация и основные характеристики освещения

В зависимости от источника света освещение может быть двух видов - естественное и искусственное.

По характеру *естественное освещение* подразделяют на виды: обычное, совмещенное (естественное, дополненное искусственным), боковое естественное (через световые проёмы в стенах), верхнее естественное (через фонари, проёмы в перекрытии), комбинированное естественное (сочетание верхнего и бокового освещения).

Искусственное освещение делят на общее (светильники размещают в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования), местное (дополнительное к общему; создаётся светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах), комбинированное (к общему освещению добавляется местное).

По назначению искусственное освещение подразделяется на следующие виды: рабочее, аварийное (для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения); эвакуационное, охранное (в нерабочее время), дежурное (рисунок 4.2).

Эвакуационное освещение устраивается на лестницах и в проходах. Оно должно составлять на полу основных проходов и на ступеньках лестниц 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк. *Охранное освещение* устраивается вдоль границ охраняемой территории в ночное время. Оно должно составлять 0,5 лк на уровне земли. *Дежурное освещение* устраивается в нерабочее время и в помещениях, через которые осуществляется проход к рабочим местам. *Аварийное освещение* предназначено для выполнения работ при внезапном отключении электроэнергии. Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в аварийном режиме должна составлять 5% от рабочего освещения, но не менее 2 лк при газоразрядных лампах и 10 лк при лампах накаливания.

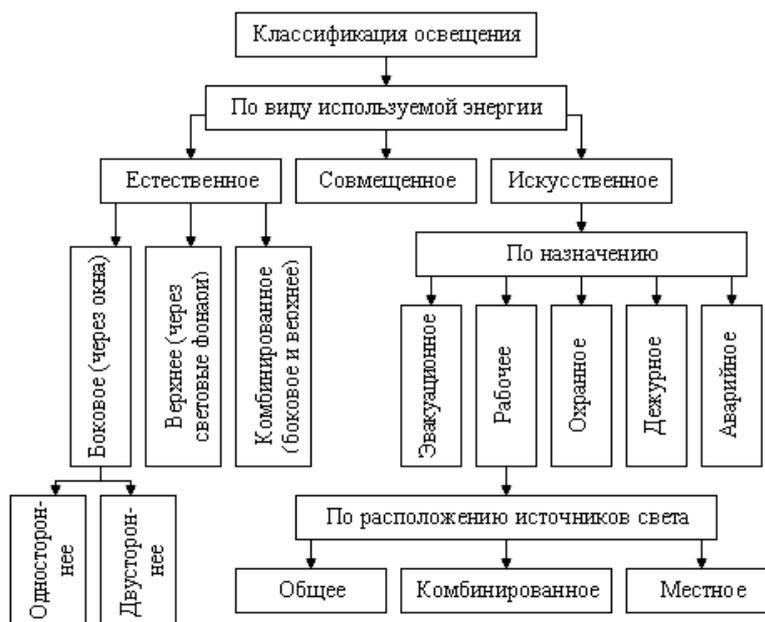


Рисунок 4.2 - Классификация освещения

Общее освещение предусматривает расположение светильников в верхней потолочной зоне. *Местное освещение* предусматривает концентрацию светового потока на рабочих местах. В производственных условиях применение местного освещения без общего освещения не допускается.

Естественная и искусственная освещённость нормируется в зависимости от характера зрительной работы (наивысшей точности, очень высокой точности, высокой точности, средней точности, малой точности, грубая работа, работа со светящимися материалами и изделиями, общее наблюдение), размера объекта различения (0,15 мм и более), разряда и подразряда зрительной работы (от I до VII и от а до г), контраста объекта различения с фоном (малый, средний, большой) и характеристики фона (тёмный, средний или светлый).

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями (рисунок 4.3).

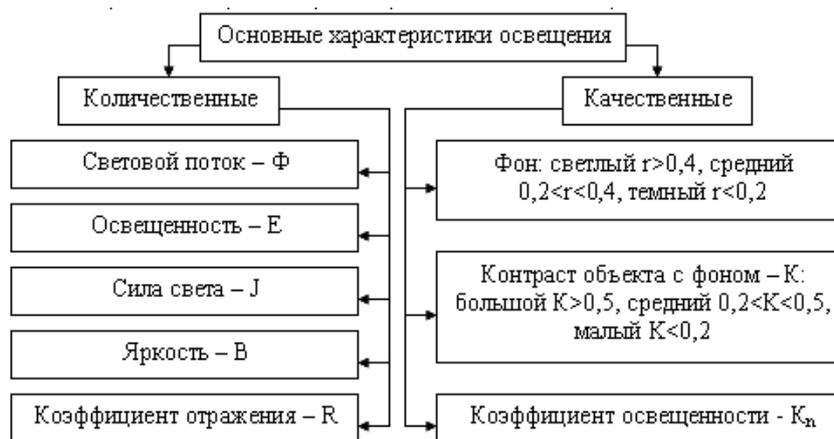


Рисунок 4.3 - Характеристики освещения

Естественное освещение создается рассеянным светом небосвода в пасмурную погоду или солнечным светом в ясную погоду.

Искусственное освещение создается двумя типами ламп - накаливания и газоразрядными, которые, в свою очередь, могут быть натриевые, ртутные, люминесцентные, ксеноновые, металлогалогенные (рисунок 4.4).

Совокупность источника света (лампы) и арматуры называется *светильником* (рисунок 4.5). По особенностям распределения светового потока светильники разделены на три группы: прямого света, в которых 90% светового потока направляется в нижнюю полусферу ("Универсаль", Глубоизлучатель", "Кососвет", "Альфа", "Бета"); отражённого света, в которых 90% светового потока направляется в потолок и, отражаясь от него, равномерно распределяется по всему помещению; рассеянного света ("Люцетта", ДМ-1, "Молочный шар").



Рисунок 4.4 - Классификация ламп



Рисунок 4.5 - Классификация светильников

По назначению светильники делятся на светильники общего и местного освещения ("Альфа", "Бета").

По степени защиты от окружающей среды светильники изготавливают следующих типов: открытые (лампа не закрыта); защищённые (лампа и патрон внутри арматуры); пыленепроницаемые; влагозащищённые; взрывозащищённые; взрывобезопасные (ВЗГ).

Люминесцентные светильники подразделяются на открытые (ОД), предназначенные для помещений с небольшой запылённостью и нормальной влажностью, и закрытые (ПВЛ), предназначенные для помещений с большим содержанием влаги и пыли.

Светильники с лампами накаливания подразделяются на светильники для нормальной среды (НСПО I, НСПО 9) и для тяжёлых условий (НСПО 3, ППР, ППД), в том числе взрывозащищённые (ВЗГ, ВРН, ВЧА).

Защитный угол у светильника - важный показатель, определяющий защиту глаз от прямых лучей источника света. Он образуется с горизонталью, проходящей через нить накала лампы, и линией, соединяющей крайнюю точку нити накала с противоположным краем отражателя (рисунок 4.6).

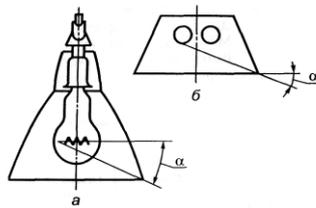


Рисунок 4.6 - Защитный угол светильника

Этот угол может быть определен из выражения

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{h}{R+r}, \quad (4.1)$$

где h - расстояние от тела накала лампы до уровня выходного отверстия светильника, мм;

R - радиус выходного отверстия светильника, мм;

r - радиус кольца тела накала лампы, мм.

Светильники с защитным углом менее 30° недостаточно защищают глаз от действия прямых лучей света.

4.3 Расчет естественного освещения по световому коэффициенту

Расчёт естественного освещения ведут двумя методами: по коэффициенту естественной освещённости и световому коэффициенту.

Коэффициент естественной освещённости (КЕО) рассчитывают по формуле

$$e = \frac{E_в}{E_н} \cdot 100\%, \quad (4.2)$$

где $E_в$ – освещённость внутри помещения, лк;

$E_н$ – освещённость на открытой местности, лк.

Световой коэффициент рассчитывается по формуле

$$\alpha = \frac{\sum S_o}{S_{п}}, \quad (4.3)$$

где $S_{п}$ – площадь пола в помещении, м²;

$\sum S_o$ - суммарная площадь окон, м².

Расчёт естественного освещения *по световому коэффициенту* ведут в следующей последовательности .

Выбирают значение светового коэффициента α в зависимости от характера выполняемых работ по таблице 4.1.

Рассчитывают суммарную площадь окон

$$\sum S_o = \alpha \cdot S_{п}, \quad (4.4)$$

Выбирают размер окон (таблица 4.2, 4.3).

Таблица 4.1 - Нормированное значение коэффициентов освещённости e и α

Разряд зрительной работы	Характер выполняемых работ (размер объекта различения)	КЕО, e , %		Световой коэффициент α
		при верхнем и комбинированном освещении	при боковом освещении	
I	Особо точные работы (менее 0,1 мм)	10	3,5	-
II	Весьма точные и тонкие работы (0,1 - 0,3 мм)	7	2	0,20-0,16
III	Точные и тонкие работы (0,3-1,0 мм)	5	1,5	0,16-0,14

Продолжение таблицы 4.1

IV	Работы малой точности (1-10 мм)	3	1	0,14-0,12
V	Грубые работы (более 10 мм)	2	0,5	0,12-0,10
VI	Весьма грубые работы	1	0,25	0,10-0,08

Таблица 4.2 - Размеры окон, применяемых в сельскохозяйственных постройках

Высота, мм	2100	1800	1575	1425	1275
Ширина, мм	1555	1555	1555	1555	1555
	1260	1260	1260	1260	1260
	1060	1060	1060	1060	1060
	860	860	860	860	860
	565	565	565	565	565
	-	-	565	565	565

Таблица 4.3 – Размеры окон (по ГОСТ 12506 – Окна производственных зданий)

Ширина, мм	Высота, мм					
	870	570				
1145	570					
1170	860	1160				
1743	860	1160				
1760	860	1160				
1850	1220	1820	2240	3020	3620	4220
2450	1220	1820	2240	3020	3620	4220
3050	1220	1820	2240	3020	3620	4220
4850	1220	1820	2240	3020	3620	4220

Рассчитывают количество окон по формуле

$$n = \frac{\sum S_o}{S_1}, \quad (4.5)$$

где S_1 – площадь одного окна, м².

4.4 Расчёт естественного бокового освещения по минимальному коэффициенту естественной освещённости

Расчёт естественного бокового освещения по минимальному коэффициенту естественной освещённости e_{min} (%) выполняют в следующей последовательности.

Необходимую суммарную площадь окон при боковом освещении находят по формуле

$$\sum S_o = \frac{S_{\Pi} \cdot e_{min} \cdot \eta_o \cdot k}{100 \cdot \tau_o \cdot r_1}, \quad (4.6)$$

где e_{min} - минимальный коэффициент естественной освещённости (таблица 4.1);

η_o – характеристика окна (таблица 4.4);

τ_o – общий коэффициент светопропускания (таблица 4.5);

k – коэффициент, учитывающий затенение соседними зданиями (таблица 4.6);

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение освещённости за счёт света, отражённого от стен и потолка (таблица 4.7).

Таблица 4.4 – Световая характеристика окон η_o (по Гусеву Н.М.)

Отношение ширины помещения к его глубине $L : B_{z.n.}$	Значения при следующих соотношениях глубины помещения и высоты верхнего края окна над уровнем рабочей поверхности, $B_{z.n.} : h$							
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
4 и более	–	–	7,0	9,0	12	15	17	20
3	9,5	8,5	9,5	11,5	16	19	23	26
2	11,5	10,0	11	13	18	22	26	30
1,5	13	11,5	12,5	15	20	25	30	35
1	16	15	17	19	25	35	42	45
0,5	–	–	22	27	43	–	–	–

Примечание. $B_{z.n.}$ – расстояние от стены с окнами до противоположной глухой стены, м; L – расстояние между противоположными стенами, перпендикулярными стене с окнами, м; h – расстояние от уровня рабочей плоскости до верхнего обреза окна, м.

Таблица 4.5 – Значение общего коэффициента светопропускания τ_0

Характеристика помещения по условиям загрязненности воздуха	Положение остекления	Деревянные переплеты		Стальные переплеты	
		одинарные	двойные	одинарные	двойные
Значительное выделение пыли, копоти	Вертикальное	0,40	0,25	0,5	0,3
	Наклонное	0,3	0,20	0,4	0,25
Незначительное выделение пыли, копоти	Вертикальное	0,5	0,35	0,6	0,4
	Наклонное	0,4	0,25	0,5	0,3

Примечание. Если светопроемы затенены элементами конструкций, значения нужно умножить на 0,9. При затенении балками (например, подкрановыми) – на 0,8.

Таблица 4.6 – Значение коэффициента k , учитывающего затенение окон

Величина отношения $L:H$	k	Величина отношения $L:H$	k
0,5	1,7	1,5	1,2
1,0	1,4	2,0	1,1
–	–	3,0 и более	1,0

Примечание. L – расстояние до противоположного здания, м; H – высота расположения карниза противостоящего здания над подоконником проектируемого светового проема, м.

Таблица 4.7 – Значение коэффициента r_1 , учитывающего отраженный свет

Окраска стен и потолка	Коэффициент r_1 при боковом освещении	
	одностороннем	двухстороннем
Светлые тона (белый, желтый, розовый, голубой и др.)	2,5	1,4
Темные тона (зеленый, синий, коричневый и др.)	2,0	1,2

4.5 Расчёт естественного верхнего освещения по минимальному коэффициенту естественной освещённости

Расчет естественного верхнего освещения по коэффициенту естественной освещенности ведут в следующей последовательности.

При естественном верхнем освещении площадь световых проемов (фонарей) определяется по формуле

$$\sum S_{a\phi} = \frac{S_{\text{пл}} \cdot e_{\text{min}} \cdot \eta_{\phi} \cdot k_3}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_2 \cdot k_{\phi}} \quad (4.7)$$

где η_{ϕ} – световая характеристика светового фонаря (таблица 4.8);

k_3 – коэффициент запаса (таблица 4.9);

r_2 – коэффициент, учитывающий повышение освещенности за счет отраженного света от поверхностей помещения (таблица 4.10);

k_{ϕ} – коэффициент, учитывающий тип фонаря (таблица 4.11).

Таблица 4.8 – Значение световой характеристики фонарей η_{ϕ}

Тип фонаря	Количество пролетов	Значение световой характеристики фонарей								
		отношение длины помещения (l_n) к ширине пролета (l_l)								
		от 1 до 2			от 2 до 4			более 4		
		отношение высоты помещения (h) к ширине пролета (l_l)								
		от 0,2 до 0,4	0,4 - 0,7	0,7 - 1	0,2 - 0,4	0,4 - 0,7	0,7 - 1	0,2 - 0,4	0,4 - 0,7	0,7 - 1
С вертикальным двухсторонним остеклением	один	5,8	9,4	16	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
	два	5,2	7,5	12,8	4,0	5,1	7,8	3,7	6,4	6,5
	три и более	4,8	6,7	11,4	3,8	4,5	6,9	3,4	4,0	5,6
С вертикальным односторонним остеклением	один	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10,0	4,9	7,1	8,5
	два	6,1	8,0	11,0	4,7	5,5	6,6	4,3	5,0	5,5
	три и более	5,0	6,5	8,2	4,0	4,3	5,0	3,6	3,8	4,1

Таблица 4.9 – Значение коэффициента запаса k_3

Характеристика помещений по условиям загрязненности	Естественное освещение			Искусственное освещение	
	Остекление вер- тикальное	Остекление наклонное	Остекление го- ризонтальное	газоразрядные лампы	лампы накаливания
В рабочей зоне более 5 мг/м ³ пыли, ды- ма, копоти	1,5	1,7	2,0	2,0	1,7
Пыли, дыма, копоти от 1 до 5 мг/м ³	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5
Пыли, дыма, копоти менее 1 мг/м ³	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
Значительные концентрации паров, кис- лот, щелочей	1,5	1,7	2,0	1,8	1,5

Таблица 4.10 – Значение коэффициента r_2 , учитывающего повышение освещенности за счет отраженного света

Отношение высоты помещения от рабочей поверхности до нижней границы остекления (h) к ширине пролета (l_1)	Средневзвешенный коэффициент отражения потока, стен, пола								
	0,5			0,4			0,3		
	количество пролетов								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	значение коэффициента r_2								
2	1,7	1,5	1,5	1,6	1,4	1,1	1,4	1,1	1,05
1	1,5	1,4	1,15	1,4	1,3	1,1	1,3	1,1	1,05
0,75	1,45	1,35	1,15	1,35	1,25	1,1	1,25	1,1	1,05
0,5	1,4	1,3	1,15	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,05
0,25	1,35	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05

Таблица 4.11 – Коэффициент, учитывающий тип фонаря K_{ϕ}

Тип фонаря	Коэффициент K_{ϕ}
Световые проемы в плоскости покрытия ленточные	1
Фонари с вертикальным двухсторонним остеклением	1,2
Фонари с вертикальным односторонним остеклением	1,4

Пример 4.1. Определить количество окон для разборочно-сборочного отделения ремонтной мастерской. Площадь отделения 140 м^2 .

Решение. Помещение относится к III разряду работ по точности. Световой коэффициент равен $0,16-0,14$. Принимаем $\alpha = 0,14$.

Тогда площадь окон будет равна

$$\sum S_o = \alpha \cdot S_{\Pi} = 0,14 \cdot 140 = 19,6 \text{ м}^2.$$

По таблице 4.2 выбираем размер окна $2,1 \times 1,55 \text{ м}^2$.

Количество окон по формуле (4.4) будет равно

$$n = \frac{\sum S_o}{S_1} = \frac{19,6}{2,1 \cdot 1,55} = 6.$$

Вывод. Для разборочно-сборочного отделения ремонтной мастерской требуется 6 окон размером $2,1 \times 1,55 \text{ м}^2$.

Пример 4.2. Рассчитать площадь окон для мотороремонтного цеха машиностроительного завода размерами $8,6 \times 28 \text{ м}^2$. Высота помещения $4,5 \text{ м}$. Параллельно цеху на расстоянии 10 м расположен другой цех с высотой карниза над подоконником мотороремонтного цеха 4 м . Внутренняя окраска стен и потолка светлая.

Решение. Коэффициент естественной освещенности для мотороремонтного цеха выбираем из таблицы 4.1 для работ средней точности $e_{\min} = 1\%$.

Для выбора коэффициента η_o находим отношение ширины помещения к его глубине $L:B_{z.n.}$ и отношение глубины помещения к расстоянию от уровня рабочей поверхности до верхнего обреза окна $B_{z.n.} \cdot h$.

$$\frac{L}{B_{z.n.}} = \frac{28}{8,6} = 3,3, \quad \frac{B_{z.n.}}{h} = \frac{8,6}{3,5} = 2,5.$$

Тогда коэффициент η_o из таблица 4.4 будет равен 11,8.

Коэффициент τ_o определим по таблице 4.5 для помещений со значительным выделением пыли и копоти, при стальных двойных переплетах. Он будет равен 0,4.

Коэффициент, учитывающий затенение k , найдем по отношению расстояния до противостоящего здания к высоте расположения карниза

$$\frac{L}{H} = \frac{10}{4} = 2,5.$$

Для этого значения отношения $L:H$ коэффициент $k = 1,15$.

Коэффициент отражения r при светлой окраске стен и потолка будет равен 2,5.

Подставим коэффициенты и площадь помещения в формулу (4.5) и получим значение суммарной площади окон

$$\sum S_o = \frac{S_{\Pi} \cdot e_{\min} \cdot \eta_o \cdot k}{100 \cdot \tau_o \cdot r_1} = \frac{240,8 \cdot 1 \cdot 11,8 \cdot 1,15}{100 \cdot 0,4 \cdot 2,5} = 32,67 \text{ м}^2.$$

Вывод. Суммарная площадь окон равна 32,67 м².

4.6 Расчет искусственного освещения лампами накаливания методом светового потока

Для обеспечения искусственного освещения необходимо выбрать тип источника света (лампа накаливания или газоразрядная), тип светильника, схему расположения светильников и выполнить светотехнический расчет .

Расположение светильников определяет экономичность, качество освещения и удобство эксплуатации. Основные схемы размещения светильников приведены на рисунок 4.7, 4.8.

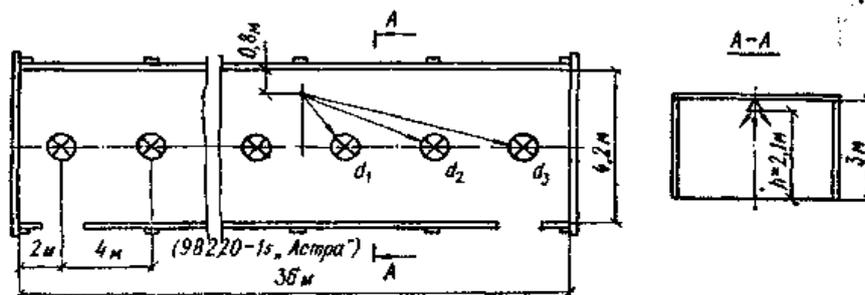


Рисунок 4.7 - Схема размещения светильников в коридоре

Расчет искусственного освещения ведут, в основном, двумя методами - методом светового потока и методом удельной мощности.

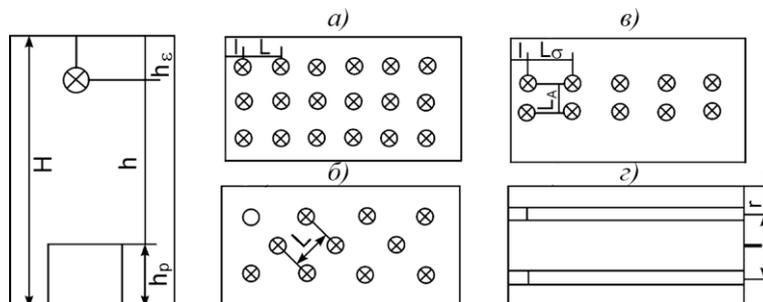


Рисунок 4.8 - Схема размещения светильников для общего освещения

Метод светового потока относится к точному и наиболее распространенному методу расчета общего освещения. Расчет с лампами накаливания ведут в следующей последовательности.

Подбирают тип светильника по таблице 4.12, 4.13.

Находят расстояние между светильниками по формуле

$$l_{cv} = k_l \cdot h_{ce}, \quad (4.8)$$

где k_l - коэффициент, учитывающий отношение высоты подвеса светильника к расстоянию между светильниками

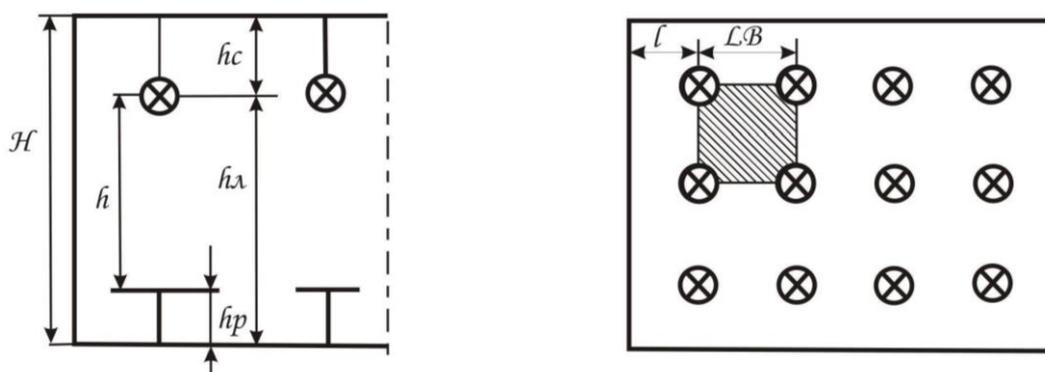
h_{ce} - высота подвеса светильника, м (рисунок 4.9, таблица 4.14, 4.15);

$$h_{ce} = H - (h_1 + h_2), \quad (4.9)$$

где H – высота помещения, м;

h_1 - расстояние от пола до освещённой поверхности (высота рабочей поверхности), м;

h_2 - расстояние от потолка до светильника, м; (на рисунке $h_2 = h_c$).



a - разрез; b - план помещения;

h_n - высота подвеса; l, L_b - расстояния от стен и между светильниками;

h_c - нить подвеса (свес); h - расчетная высота (высота подвеса светильника);

H - высота помещения.

Рисунок 4.9 - Расположение светильников в помещении

Таблица 4.12 – Характеристика светильников

Тип светильника	Число, тип и мощность ламп	КПД	Защитный угол, град	Масса, кг
1	2	3	4	5
С лампами накаливания				
НСП01x100/Д2 3-01	100	70	30	1,4
НСП01x100/Б2 0-04	60,100	70	30	1,4
НСП01x200 Д2 3-07	200	70	15	2,3
НСП01x500/Д50-У4	500	75	15	8,6
НСП09x200/Р53-04-02	200	75	90	3,7

Продолжение таблицы 4.12

НСП1х200/Д53-03	200	75	15	1,4
НСП03х60/Р53-01-У3	60	70	–	1,1
НКС01	100	55	30	1,65
НСР01х200/Р53-02-05	200	75	90	3,7
НПП03	100	70	–	3,5
Н4Б-300М (с отражателем)	300	50	–	8,0
Н4БН-150	150	55	15	7,0
Н4Т2Н-300-1	300	55	15	12,5
ППР-100	100	75	90	1,9
ППР-500	500	75	–	8,5
ПВД-100	100	65	15	2,5
ПВД-500	300,500	65	15	10,5
ПВД-2-500	300,500	65	30	7,0
ПСХ	60	68	–	1,13
ПНП-2х100	2х100	65	–	5,0
ГсУ-500М	500	80	30	2,3
СУ-200М	200	80	30	1,65
УВД-500	300,500	75	30	3,9
УПС-500	300,500	75	–	3,9
В4А-60	60	50	–	6,5
В3Г-100	100	45	–	8,0
ВСГ-200АМ	200	50	16	8,0
ВСГ/В4А-200М	200	45	16	9,8
С ртутными лампами				
РСП05х250/Д23	ДРЛ-250	70	15	2,1
РСП10-700-001	ДРИ-700	75	30	3,8
РСП14-2х700-212	ДРЛ-2х700	70	–	32,0
ГСП14-2х700-212	ДРИ-700	70	–	40,0
РСП14-2х400-212	ДРЛ-2х700	70	–	32,0
С натриевыми лампами				
ЖСП14-400-212	ДнаТ-400	70	–	32,0
ЖСП14-400-222	ДРЛ-250	75	–	32,0
С люминесцентными лампами				
ЛСП02-2х40/Д20-У4	2х40	70	15	9,0
ЛСП02-2х80/Д20-У4	2х80	70	15	13,0
ЛСП13-2х40-01-У3	2х40	80	15	12,0
ЛСП13-2х40-04-У3	2х40	75	30	12,5
ЛСП04-2х40/Д64-01	2х40	80	0	14,0
ЛВП02-4х80/Д53-03	2х40	65	15	14,5
ЛВП31-4х80/Д53	4х80	46	15	24,0
ВЛО-4х80Б	4х80	40	90	38,0
ВЛВ-4х80Б	4х80	56	15	15,5

Продолжение таблицы 4.12

МЛ-2x40/П20	4x80	55	90	17,5
МЛ-2x80/П20	2x40	60	90	120
НОГЛ-2x80-У3	2x80	60	90	15,0
ПВЛМ-2x40С	2x40	55	15	20,0
ПВЛМ-2x80С	2x40	85	–	8,24
ПВЛП-1-2x40-02	2x80	85	–	12,53
ПВЛ-1-2x40	2x40	68	–	11,0
ПВЛ-1-2x40	2x40	60	90	11,4

Таблица 4.13 - Технические данные некоторых светильников

Тип светильника	Условное обозначение	Эскиз	Распределение света	Мощность ламп, Вт.	КПД	Защитный угол, γ	Высота подвеса	Область применения
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Глубокоизлучатель эмалированный малый	А		Конусное	До 60	0,6	32-40°	-	Нормально отапливаемые помещения и неотапливаемые
«Кососвет»	К		Одностороннее	до 300	0,6	-	-	Дополнительное освещение и освещение складов
«Универсаль»	УМ У		Прямое	до 200 до 500	0,55 0,69	16°	4-5	-
«Люцетта» из молочного стекла	Лц		Рассеянного света; прямое	до 200	0,83	35°	3-4	-

Продолжение таблицы 4.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Водопыле- непроницаемые	Вм		Преимущест- венно прямое равномерное	200	0,67	90°	4-5	Сырые, особо сырые, очень сырые помеще- ния
Светильник промышлен- ный, уплотненный	ПУ-100 ПУ-200		Прямого света	до 100 до 200	0,75	-	3-4	Для влажных и запыленных помещений
Светильник кольцевой	СК-300		Преимущест- венно отраженное	до 300	0,8	-	3-4	-
Светильник подвесной с кольцевыми затенителями	Пм-1		Рассеянное	до 200	0,75 0,85	-	3-4	-

Таблица 4.14 - Наименьшая высота подвеса светильников

Характеристика светильника	Наименьшая высота подвеса, м
Светильники с защитным углом не менее 10°, с лампой мощностью менее 150 Вт	5,5
То же, с лампой 150 Вт	6,0
То же, 200...300 Вт	6,5
То же, 500...700 Вт	7,5
То же, 1000 Вт и выше	8,5
Светильники с замкнутыми светорассеивающими стеклами	4,0
Светильники у входов в здания с лампами мощностью до 60 Вт	2,5

Таблица 4.15 – Наименьшая высота установки над полом светильников с лампами накаливания

Светильник	Высота (м) при мощности ламп, Вт.		
	100 и более	150...200	300 и более
Прямого света с защитным углом 15-30 град:			
- без рассеивателя	3,5	4	4,5
- с матовым рассеивателем	2,5	3	3,5
Рассеянного света с защитным углом, град: - 15-30	3	3,5	4
- 30 и более	Не ограничивается	2,5	3,5

Рассчитывают ширину рядов по формуле

$$b_{ce} = k_b \cdot h_{ce}, \quad (4.10)$$

где k_b - коэффициент, учитывающий отношение максимальной ширины между светильниками к высоте подвеса (таблица 4.16, 4.17).

Таблица 4.16 – Коэффициенты K_l и K_g

Тип светильника	Отношение расстояния между светильниками к высоте подвеса $K_l = l_{св}:h_{св}$ при расположении		Отношение максимальной ширины между светильниками к высоте подвеса $K_g = b_{св}:h_{св}$
	в несколько ря- дов	в один ряд	
	У	1,8	
Г	1,6	1,8	1
Г	1,2	1,4	0,75

Таблица 4.17 – Значения коэффициента K_l

Тип светильника	Отношение расстояния между све- тильниками $l_{св}$ к рас четной высоте подвеса $h_{св}$ (при расположении ря- дами - между рядами светильников)	
	наивыгоднейшее	наибольшее допустимое
Зеркальные лампы светораспределения типа Г (глубоко- го), люминесцентные светильники с решетчатым зате- нителем, создающим защитный угол 30° и более	1,1...1,3	1,4
Глубокоизлучатель эмалированный	1,6	1,8
Светильники с кривой светораспределения типа Д (ко- синусная)	1,8	2,5
Светильники с горизонтальными люминесцентными лампами	1,4	1,5
Шар молочного стекла, плафоны одно- и двухламповые, промышленный уплотненный и аналогичные - при от- сутствии отражателей	2,3	3,2

В связи с большим разнообразием сортамента светильников при выборе отношения $l_{св}:h_{св}$, ($l_{св}$ - расстояние между светильниками или рядами светильников, $h_{св}$ - высота их подвеса над рабочей плоскостью) рекомендуется пользоваться типовыми кривыми силы света.

ГОСТ' устанавливает следующие *типовые кривые силы света*: К - концентрированная, Г - глубокая, Д - косинусная, Л - полуширокая, Ш - широкая, М - равномерная, С - синусная.

Отношение $l_{cс} : h_{cс}$ для светильника с кривой силы света типа К находится в пределах 0,4...0,7, типа Г - 0,3... 1,1; Д - 1,4... 1,6; М - 1,8...2,6; Л - 1,6... 1,8 (таблица 4.16, 4.17). Уменьшение отношения $l_{cс} : h_{cс}$ удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение приводит к резкой неравномерности освещенности и увеличению расхода электроэнергии.

Расстояние между рядами определяется по таблице 4.17.

Количество рядов светильников в проектируемом помещении вычисляют по формуле

$$m_p = \frac{B-a}{b_{cс}}, \quad (4.11)$$

где b – ширина помещения, м;

a - величина, учитывающая расстояние крайних от стен светильников, $a = k_{oс} l_{cс}$ (при отсутствии оборудования $k_{oс} = 0,5$; в других случаях $k_{oс} = 0,3$);

Вычисляют суммарное количество светильников по формуле

$$n_{cс} = \frac{L-a}{l_{cс}} \cdot m_p \quad (4.12)$$

где L – длина помещения, м.

Таблица 4.18 - Коэффициент использования светового потока $\eta_{св}$

Тип светильника		Глубокоизлучатель эмалированный			"Универсаль" без затенителя			"Универсаль" с матовым затенителем			Светильники с защитой от воды и пыли		
Коэффициент отражения	потолка	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5
	стен	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3
Показатель помещения φ		Коэффициент использования светового потока, $\eta_{св}$											
0,5		0,18	0,18	0,20	0,18	0,18	0,22	0,15	0,15	0,15	0,10	0,11	0,1
0,6		0,23	0,23	0,25	0,25	0,25	0,28	0,20	0,20	0,23	0,14	0,15	0,17
0,8		0,03	0,30	0,31	0,33	0,33	0,36	0,27	0,27	0,29	0,19	0,20	0,23
1,0		0,34	0,34	0,36	0,38	0,38	0,41	0,31	0,31	0,33	0,22	0,23	0,27
1,5		0,39	0,39	0,41	0,44	0,44	0,46	0,37	0,37	0,38	0,27	0,28	0,32
2,0		0,42	0,42	0,44	0,49	0,49	0,51	0,4	0,4	0,42	0,31	0,32	0,37
3,0		0,48	0,48	0,48	0,54	0,55	0,57	0,45	0,46	0,47	0,36	0,38	0,42
5,0		0,49	0,49	0,51	0,58	0,59	0,61	0,48	0,49	0,51	0,41	0,44	0,48

Таблица 4.19 - Значение коэффициента использования светового потока η_c для светильников различных типов

Тип светильника	Коэффициент отражения		Индекс помещения φ								
			0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
	потолка	стен	Значение η_c								
"Универсаль" без затенения	0,3	0,1	0,21	0,27	0,35	0,4	0,46	0,5	0,55	0,57	0,58
	0,5	0,3	0,24	0,3	0,38	0,42	0,48	0,52	0,57	0,59	-
	0,7	0,5	0,28	0,34	0,41	0,45	0,51	0,55	0,6	0,62	-
"Универсаль" с матовым затенением	0,3	0,1	0,14	0,19	0,26	0,3	0,35	0,39	0,43	0,45	0,43
	0,5	0,3	0,17	0,22	0,28	0,32	0,36	0,4	0,43	0,47	0,43
	0,7	0,5	0,21	0,26	0,32	0,35	0,4	0,43	0,47	0,49	0,51
"Люцетта"	0,3	0,1	0,14	0,19	0,25	0,29	0,34	0,38	0,44	0,46	0,48
	0,5	0,3	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,41	0,47	0,5	0,32
	0,7	0,5	0,22	0,27	0,33	0,37	0,44	0,48	0,54	0,59	0,61
Лампа без отражателя	0,3	0,1	0,1	0,14	0,19	0,22	0,28	0,32	0,33	0,42	0,48
	0,5	0,3	0,13	0,18	0,24	0,28	0,36	0,4	0,48	0,51	0,54
	0,7	0,5	0,21	0,26	0,32	0,37	0,45	0,51	0,59	0,64	0,67

Определяют показатель помещения φ по формуле

$$\varphi = \frac{S}{h_{ce}(L+B)}, \quad (4.13)$$

где S – площадь помещения ($S=L \times B$), м²;

h_{ce} – высота подвеса светильника, м.

По показателю помещения находят коэффициент использования светового потока η_{ce} (таблица 4.18, 4.19).

Таблица 4.20 - Значение коэффициента неравномерности освещения Z

Тип светильника	Отношение $l_{ce} : h_{ce}$.						
	0,8	1	1,2	1,4	1,5	1,75	2
	Значение Z						
"Универсаль" с матовым затенением	0,65	0,77	0,938	0,975	0,915	0,912	0,845
"Универсаль" без затенения	0,63	0,74	0,896	0,95	0,977	0,865	0,828
"Люцетта"	0,545	0,66	0,735	0,913	0,867	0,734	0,595
Эмалированный глубокоизлучатель	0,637	0,775	0,907	0,988	0,99	0,907	0,83

Примечание: l_{ce} – расстояние между светильниками; h_{ce} – высота подвеса светильника. Для других светильников $Z = 1,2$.

Находят коэффициент неравномерности освещения Z (таблица 4.20).

Выбирают коэффициент запаса k_3 (таблица 4.9, 4.21).

Таблица 4.21 – Значения коэффициента запаса k_3

Характеристика помещений по условиям загрязненности	Коэффициент запаса k_3		Сроки чистки светильников
	газоразрядные лампы	лампы накаливания	
Помещения с большим выделением пыли и копоти	2,0	1,7	4 раза в месяц
Помещения со средним выделением пыли и копоти	1,8	1,5	3 раза в месяц
Помещения с малым выделением пыли и копоти	1,5	1,3	2 раза в месяц
Открытые пространства	1,5	1,3	3 раза в год

Таблица 4.22 - Нормы освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях

Характер работы	Размер объекта различения, мм	Разряд работ	Подразряд	Контрастность объекта различения с фоном	Характеристика фона	Норма освещенности, лк			
						газоразрядными лампами		лампами накаливания	
						комбинированное	общее	комбинированное	общее
Наивысшая точность	Менее 0,15	1	а	Малая	Темный	5000	1500	4000	300
			б	Малая средняя	Средний Темный	4000	1250	3000	300
			в	Малая средняя	Светлый Средний	3000	1000	2000	300
			г	Большая	Светлый	1500	400	1250	300
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	2	а	Малая	Темный	4000	1250	3000	300
			б	Малая средняя	Средний Темный	3000	750	2500	300
			в	Малая средняя	Светлый Средний	2000	500	1500	300
			г	Большая	Светлый	1000	300	750	200
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	3	а	Малая	Темный	2000	500	1500	300
			б	Малая средняя	Средний Темный	1000	300	750	200
			в	Малая средняя	Светлый Средний	750	300	600	200
			г	Большая	Светлый	400	200	400	150
Средней точности	От 0,5	4	а	Малая	Темный	750	300	600	200
			б	Малая средняя	Средний Темный	500	200	500	150
			в	Малая средняя	Светлый Средний	400	150	400	100
			г	Большая	Светлый	300	150	300	100
Малой точности	От 1 до 5	5	а	Малая	Темный	300	200	300	150
			б	Малая средняя	Средний Темный	200	150	200	100
			в	Малая средняя	Светлый Средний	100	100	100	50
			г	Большая	Светлый	100	100	100	50
Грубая	Более 5	6	Не зависимо от характеристики фона и контраста			100	100	100	30

Находят световой поток лампы по формуле

$$F_{л} = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n_{св} \cdot \eta_{св}}, \quad (4.15)$$

где E_{\min} – минимальная освещённость, лк;

S – площадь помещения, м²;

k_3 – коэффициент запаса;

Z – коэффициент неравномерности освещённости;

$n_{св}$ – количество светильников;

$\eta_{св}$ – коэффициент использования светового потока.

По световому потоку лампы выбирают ближайшую лампу накаливания (таблица 4.23, 4.24), определяют потребляемую мощность и её тип.

Таблица 4.23 – Лампы накаливания общего назначения с нормальной световой отдачей

Мощность, <i>Вт</i>	Рабочее напряжение ламп, В			
	127В		220В	
	тип ламп	световой поток (<i>F</i>), лм	тип ламп	световой поток (<i>F</i>), лм
15	НВ 127–15	130	НВ 220–15	105
25	НВ 127–25	235	НВ 220–25	205
40	НБ 127–40	440	НБ 220–40	370
60	НБ 127–60	740	НБ 220–60	620
75	НБ 127–75	980	НБ 220–75	840
100	НБ 127–100	1400	НБ 220–100	1240
150	НГ 127–150	2300	НГ 220–150	1900
200	НГ 127–200	3200	НГ 220–200	2700
300	НГ 127–300	5150	НГ 220–300	4350
500	НГ 127–500	9100	НГ 220–500	8100
750	НГ 127–750	14250	НГ 220–750	13100
1000	НГ 127–1000	19500	НГ 220–1000	18200

Таблица 4.24 – Световые и электрические параметры ламп накаливания и люминесцентных ламп (по ГОСТ 6825)

Лампы накаливания, 220 В			Люминесцентные лампы		
тип ламп	световой поток (F), лм	световая отдача, лм/Вт	тип ламп	световой поток (F), лм	световая отдача, лм/Вт
1	2	3	4	5	6
БК-10	460	11,5	ЛДД-30	1450	48,2
Б-60	715	11,9	ЛД-30	1640	54,5
БК-100	1450	14,5	ЛБ-30	2100	70,0
Г-300	4600	15,4	ЛБ-40	3000	75,0
Г-500	8300	16,6	ЛДД-80	3560	44,5
Э-10000	18600	18,6	ЛБ-80	5220	65,3

Пример 4.3. Площадь разборочного отделения мотороремонтного цеха $8 \times 16 = 128 \text{ м}^2$. Высота помещения $4,5 \text{ м}$. Рассчитать электрическое освещение для этого отделения.

Решение. Для разборочного отделения применимы светильники типа «Универсаль» с матовым заменителем. При разборке двигателей на стендах освещаемая поверхность находится на высоте $l = 1,2 \text{ м}$. Примем $h_p = 1 \text{ м}$, а расстояние между светильниками $l_{ce} = 4 \text{ м}$.

Найдем количество ламп по формуле (4.14)

$$n = \frac{S}{l_{ce}^2} = \frac{16 \cdot 8}{4^2} = 8 \text{ ламп.}$$

Для определения светового потока лампы численные значения величин, входящих в формулу, подберем по таблицам.

Для помещений со средним выделением пыли (таблица 4.21) при применении ламп накаливания коэффициент запаса равен $k_3 = 1,3$.

Минимальную норму освещенности выберем по таблице 4.22 для работ, требующих различения предметов от более 1 до 10 мм - $E_{min} = 100 \text{ лк}$.

Коэффициент неравномерности освещения Z найдем по таблице 4.20. Для этого определим высоту подвеса светильника $h_{св}$ по формуле (4.9) исходя из того, что в отделении есть кран-балка и светильники подвешены на 0,5 м от потолка:

$$h_{св} = H - (h_1 + h_2) = 4,5 - (1 + 0,5) = 3 \text{ м.}$$

Далее, подсчитаем отношение $l_{св} : h_{св}$

$$\frac{l_{св}}{h_{св}} = \frac{4}{3} = 1,3.$$

По таблице 4.20 для светильников типа «Универсаль» с матовым затемнителем подберем $Z = 0,955$ (методом интерполяции).

Коэффициент использования светового потока $\eta_{св}$ найдем по таблице 4.18, подсчитав показатель помещения φ по формуле (4.13):

$$\varphi = \frac{S}{h_{св}(L+B)} = \frac{8 \cdot 16}{3(8+16)} = 1,77$$

При минимальном коэффициенте отражения светового потока от стен $\eta_{св} = 0,49$ (применен метод интерполяции).

Подставим полученные значения в формулу (4.15)

$$F_{л} = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{n_{св} \cdot \eta_{св}} = \frac{100 \cdot 128 \cdot 1,3 \cdot 0,955}{8 \cdot 0,49} = 4053 \text{ лм.}$$

По рассчитанному световому потоку по таблице 4.23 выбираем лампу и ее мощность.

Вывод. Для напряжения 220В подходит лампа НГ 220-300 мощностью 300 Вт, со световым потоком 4350 лм.

Пример 4.4. Площадь лекционной аудитории $7 \times 14 = 98 \text{ м}^2$. Высота помещения 4 м .

В аудитории симметрично в два ряда подвешены 14 светильников «Люцетта». Расстояние между светильниками $3,5 \text{ м}$. Рассчитать минимальную мощность ламп.

Решение. Световой поток лампы находим по формуле (4.15).

Как и в предыдущей задаче, по соответствующим таблицам подбираем числовые значения составляющих. Для определения коэффициента использования светового потока подсчитываем сначала показатель помещения

$$\varphi = \frac{S}{h_{\text{св}}(L+B)} = \frac{7 \cdot 14}{2,5(7+14)} = 1,86.$$

Затем из таблица 4.18 выбираем $\eta_{\text{св}} = 0,47$ при максимальной отраженности стен и потолка.

Коэффициент неравномерности освещения Z находим по таблице 4.20, найдя сначала отношение $l_{\text{св}}:h_{\text{св}} = 4 : 2,5 = 1,6$. Тогда $Z = 0,845$.

Коэффициент запаса k_3 берем равным $1,3$, а $E_{\text{min}} = 100 \text{ лк}$.

Подставив все значения в формулу (4.15), находим световой поток лампы

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{min}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n_{\text{св}} \cdot \eta_{\text{св}}} = \frac{100 \cdot 98 \cdot 1,3 \cdot 0,845}{14 \cdot 0,47} = 1636 \text{ лм}.$$

По световому потоку подбираем из таблицы 4.23 ближайшую лампу. Принимаем лампу НГ 220-200, мощность одной лампы равна 200 Вт , световой поток 2700 лм .

При таком световом потоке фактическая освещенность в помещении будет равна

$$E = \frac{2700 \cdot 14 \cdot 0,47}{98 \cdot 1,3 \cdot 0,845} = 165 \text{ лк}.$$

Вывод. Мощность одной лампы равна 200 Вт .

4.7 Расчет искусственного освещения люминесцентными лампами методом светового потока

Расчёт *общего искусственного освещения люминесцентными лампами* методом светового потока ведут в следующей последовательности.

Назначают число рядов люминесцентных светильников. Светильники с люминесцентными лампами следует размещать рядами (сплошными или с незначительными интервалами между ними) вдоль продольной оси помещения параллельно стене с окнами.

Выбирают тип, мощность и световой поток лампы (таблица 4.24, 4.25).

При малой высоте помещения предпочтительнее светильники с лампами 40Вт, при большой высоте – 80Вт.

Таблица 4.25 – Технические данные люминесцентных ламп

Тип ламп	Напряжение сети 127В		Тип ламп	Напряжение сети 220В	
	мощность, Вт	световой поток (F), лм		мощность, Вт	световой поток (F), лм
ЛДН 15	15	450	ЛДН 30	30	1110
ЛД 15		525	ЛД 30		1380
ЛХБ 15		600	ЛХБ 30		1500
ЛБ 15		630	ЛБ 30		1740
ЛТБ 15		600	ЛТБ 30		1500
ЛДУ 20	20	620	ЛДУ 40	40	1520
ЛД 20		760	ЛД 40		1960
ЛХБ 20		900	ЛХБ 40		2200
ЛБ 20		980	ЛБ 40		2480
ЛТБ 20		900	ЛТБ 40		2200

Выбирают норму освещённости в зависимости от разряда работ по точности (таблица 4.22) или вида помещения (таблица 4.26, 4.27).

Таблица 4.26 – Освещенность на рабочих поверхностях производственных и бытовых помещений при искусственном освещении (СНиП 11-4)

Помещения	Освещенность рабочей поверхности, лк
Кабинеты (в т.ч. учебные) и рабочие комнаты	300
Машинописные и машиносчетные бюро	400
Читальный зал	300
Лаборатории (химические)	300
Санитарно-бытовые помещения:	
- умывальные	75
- гардеробные	50
- красные уголки	300
Коридоры: - главные	75
- остальные	50

Таблица 4.27 – Нормы искусственного освещения сельскохозяйственных построек (НТП-СХ)

Помещения	Общая освещенность рабочей поверхности E, лк	
	люминесцентные лампы	лампы накаливания
Коровники: - зона доения	150	100
- зона кормления	75	30
Доильные залы	200	150
Помещения для первичной обработки молока	200	150
Телятники	75	30
Свинарники-откормочники	75	50
Свинарники-маточники	100	50
Овчарни	50	30
Птичники для кур несушек	150	100
Инкубаторий	100	75
Кормоцех: - у смесителя	150	100
- у котлов	100	50
Пульт управления и машинное отделение	150	100
Хранилища и склады	50	20
Гардеробные	100	150
Коридоры и проходы	50	75
Санузлы	75	100

Определяют показатель помещения φ по формуле (4.13).

По показателю помещения φ из таблица 4.28 выбирают коэффициент использования светового потока $\eta_{св}$.

Таблица 4.28 – Коэффициент использования светового потока люминесцентных ламп $\eta_{св}$

Тип светильника		ОД			ПВЛ		
Коэффициент отражения, %	потолка	0,30	0,50	0,70	0,30	0,50	0,70
	стен	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50
Показатель помещения φ	0,5	0,23	0,26	0,31	0,14	0,16	0,19
	0,6	0,30	0,33	0,37	0,18	0,20	0,22
	0,7	0,35	0,38	0,42	0,21	0,23	0,25
	0,8	0,39	0,41	0,45	0,23	0,25	0,27
	0,9	0,42	0,44	0,48	0,25	0,27	0,29
	1,0	0,44	0,46	0,49	0,26	0,28	0,30
	1,1	0,46	0,48	0,51	0,27	0,29	0,31
	1,25	0,48	0,50	0,53	0,29	0,30	0,32
	1,5	0,50	0,52	0,56	0,30	0,31	0,34
	1,75	0,52	0,55	0,58	0,31	0,33	0,35
	2,0	0,55	0,57	0,60	0,33	0,34	0,36
2,25	0,57	0,59	0,62	0,34	0,35	0,37	

Рассчитывают суммарное количество люминесцентных ламп $\sum n_l$ по формуле

$$\sum n_l = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k_z \cdot Z}{F_l \cdot \eta_{св}}, \quad (4.16)$$

где E_{\min} – минимальная освещённость, лк (таблица 4.22, 4.26, 4.27);

S – площадь помещения, м²;

k_z – коэффициент запаса (таблица 4.9, 4.21);

Z – коэффициент неравномерности освещённости (таблица 4.20);

F_l – световой поток лампы, лм (таблица 4.25);

$\eta_{св}$ – коэффициент использования светового потока (таблица 4.28).

Рассчитывают количество светильников по формуле

$$N_{св} = \frac{\sum n_l}{m_p \cdot n_l}, \quad (4.17)$$

где n_l - число ламп в светильнике.

m_p – количество рядов светильников в помещении (задаются или рассчитывают по формуле 4.11).

Рассчитывают полную длину светильников по формуле

$$\sum L_{св} = L_{св} \cdot N_{св}, \quad (4.18)$$

Производят корректировку расчетов.

Если длина ряда светильников близка к длине помещения, то ряд получается сплошным; если она меньше длины помещения, то делают разрыв между светильниками в ряду.

Если длина светильников больше длины помещения, тогда увеличивают число рядов или каждый ряд образуют из сдвоенных или строенных светильников.

4.8. Расчет искусственного освещения методом удельной мощности

Метод удельной мощности является наиболее простым, но менее точным. Его применяют при ориентировочных расчётах. Расчет выполняют в следующей последовательности [22].

Определяют мощность осветительной установки по формуле

$$\sum P = P_{уд} S_n, \quad (4.19)$$

где $P_{уд}$ – удельная мощность, Вт/м² (таблица 4.29, 4.30);

n – число ламп в осветительной установке.

Таблица 4.29 – Значение удельной мощности осветительной установки

Высота подвеса светильника, $h_{св}$, м	Площадь помещения, S_p , м ²	Освещённость, E , лк				
		100	200	300	400	500
		удельная мощность $P_{уд}$, Вт/м ²				
2...3	15...25	7,3	14,6	22	29	37
	25...50	6	12	18	24	30
	50...150	5	10	15	20	25
	150...300	4,4	8,8	13,2	17,6	22
3...4	15...20	9,6	19,2	29	38	48
	20...30	9,5	17	25,5	34	42
	30...50	7,3	14,6	22	29	36
	50...120	5,8	11,6	17,4	23	28
	120...300	4,9	9,8	14,8	19,6	25
4...6	25...35	10,4	21	31	42	52
	35...50	9,2	18,4	27,5	37	46
	50...80	7,9	15,8	23,5	32	40
	80...150	6,6	13,2	19,8	26,5	33
	150...400	5,3	10,6	16	21	26

Таблица 4.30 – Нормы удельной мощности электрического освещения

Помещения	Удельная мощность, Вт/м ²
Коровники для привязного и беспривязного содержания коров	4...4,5
Доильное отделение	15,5
Родильное отделение	23,0
Телятники и помещения для содержания молодняка	3,25...3,75
Помещения пунктов искусственного осеменения	25,0
Помещения для хряков-производителей, тяжелосупоросных и подсосных маток, поросят-отъемышей	4,5
Помещения для холостых и легкосупоросных маток и ремонтного молодняка:	
- в проходах	3,3
- в помещениях для откормочного поголовья	2,6
- в помещениях для кормления свиней	5,5
Овчарни	3,5
Телятники	8,0
Стригальные помещения	8,0
Птичники	3,0

Норму освещённости E выбирают в зависимости от разряда работ по точности (таблица 4.22) или вида помещения (таблица 4.26, 4.27).

Высоту подвеса светильников $h_{св}$ определяют по таблице 4.14, 4.15.

Число ламп рассчитывается по формуле

$$n = \frac{\sum P}{P_n}, \quad (4.20)$$

где S_n – площадь помещения, m^2 ;

P_n – выбранная мощность лампы, Вт.

Проверочный расчет количества ламп выполняют по формуле

$$n = \frac{P_{уд} \cdot S_n}{P_n}. \quad (4.21)$$

Пример 4.5. Определить количество ламп для родильного отделения животноводческого комплекса (помещения для отела коров, имеющего площадь $48 m^2$).

Решение. По таблица 4.30 определяем нормированную удельную мощность - $23 \text{ Вт}/m^2$. По таблице 4.24 выбираем тип лампы и ее мощность (БК-100).

Рассчитываем число ламп по формуле (4.20)

$$n = \frac{23 \cdot 48}{100} = 11,04.$$

Вывод. Для освещения родильного отделения принимаем 12 ламп.

Пример 4.6. Рассчитайте требуемое число ламп накаливания мощностью 100 Вт для помещения площадью $60 m^2$, если высота подвеса светильника равна 2,5 м, а нормируемая освещённость 75 лк.

Решение. Задачу решаем методом удельной мощности. Удельная мощность $P_{уд}$ выбирается из таблица 4.29 в зависимости от площади помещения $S_n = 60 m^2$, нормируемой освещенности $E = 75 \text{ лк}$ и высоты подвеса светильника $h_{св} = 2,5 \text{ м}$. Для условий примера $P_{уд} = 10 \text{ Вт}/m^2$.

Число ламп определим по формуле (4.21) при мощности лампы $P_l = 100 \text{ Вт}$

$$n = \frac{P_{\text{уд}} \cdot S_n}{P_l} = \frac{10 \cdot 60}{100} = 6 \text{ ламп.}$$

Вывод. Для помещения площадью 60 м^2 требуется 6 ламп мощностью по 100 Вт .

Список литературы

1. Лумисте Е.Г. Безопасность жизнедеятельности в примерах и задачах. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2010. 535 с.
2. Лумисте Е.Г. Расчет отопления: метод. указ. для студ. высш. учеб. заведений. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2009. 28 с.
3. Лумисте Е.Г. Расчет вентиляции: метод. указ. для студ. высш. учеб. заведений. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2009. 46 с.
4. Лумисте Е.Г., Ляхова Л.А. Расчет освещения: метод. указ. для студ. высш. учеб. заведений. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2009. 41 с.

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии

Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Профиль Безопасность технологических процессов и производств

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда»
на тему «Проектирование и расчет технических средств
улучшения условий труда»

Выполнил:
студент группы _____

Принял:
к.т.н., доцент

Т.В. Панова

Дата сдачи курсовой работы

_____ (дата, подпись сдавшего КП)

Дата защиты курсового проекта

_____ (дата, подпись принимающего)

Результат защиты

Брянская область
20____

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии

Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Профиль Безопасность технологических процессов и производств

Задание
на курсовой проект
по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда»
на тему «Проектирование и расчет технических средств
улучшения условий труда» для студентов группы ____.

1. Выполнить анализ производственной деятельности предприятия.
2. Выполнить анализ технологических процессов с указанием оборудования или операций, являющихся источником вредных производственных факторов.
3. Выполнить расчеты коллективных средств защиты (СКЗ), направленных на улучшение условий труда.
4. Подобрать средства индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с технологическим процессом и типовыми нормами выдачи СИЗ.

Графическая часть: Лист А1 – План производственного участка с внедряемыми средствами коллективной защиты (А2), общий вид и сборочный чертёж предлагаемого технического устройства (2 листа А3).

Задание получил (а) _____
(дата, подпись)

Задание выдал (а) _____
(дата, подпись)

Учебное издание

Панова Татьяна Васильевна
Панов Максим Владимирович
Симбирцева Марина Евгеньевна

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА**

Часть 1

Учебное пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов очной и заочной форм обучения,
обучающихся по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность
профиль Безопасность технологических процессов и производств

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 01.03.2024 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 7,03. Тираж 25 экз. Изд. №7631.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ