Министерство образования и науки Республики Казахстан
Некоммерческое акционерное общество
«Алматинский университет энергетики исвязи»

С.Е. Мананбаева, Т.С. Санатова,
А.С. Бегимбетова, Н.С. Бекмуратова

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Часть I «Производственная санитария»
Учебное пособие

Алматы 2017

УДК 614(075.8)
ББК 68.9
Б 39

Рецензенты:
доктор технических наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Каспийский Общественный Университет
М.Т.Жараспаев
кандидат технических наук, кафедра «Безопасность жизнедеятельности» «Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышбаева»
Ш.К.Курманова
доцент кафедры «Электроснабжения и возобновляемых источников энергии» АУЭС
М.В.Башкиров
Рекомендовано к изданию Ученым советом Алматинского университета энергетики и связи (Протокол № 10 от 27.06. 2017)
Печатается по тематическому плану выпуска ведомственной литературы
АУЭС на 2017 год, позиция 8.

Мананбаева С.Е., Санатова Т.С., Бегимбетова А.С.,Бекмуратова Н.С.
Б39 «Безопасность жизнедеятельности» выполнение раздела дипломных проектов; Учебно-методическое пособие (для студентов высших учебных заведений всех специальностей)/ Мананбаева С.Е., Санатова Т.С., Бегимбетова А.С., Бекмуратова Н.К. - Алматы: АУЭС, 2016.- 95с.: табл. 48, ил.15, библиогр. 15 назв.

ISBN 978-601-7889-59-3

Пособие предназначено для студентов при выполнении раздела БЖД в дипломных проектах для решения задач, направленных на улучшения условий труда, предупреждение профессиональных заболеваний и отравлений на производстве.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся всех специальности.

УДК 614(075.8)
ББК 68.9

ISBN 978-601-7889-59-3

© АУЭС, 2017
Мананбаева С.Е.,
Санатова Т.С.,
Бегимбетова А.С.,
Бекмуратова Н.С., 2017

Содержание

Введение……4
Содержание раздела……5
1 Производственная санитария……10
1.1 Вентиляция производственных помещений……..10
1.2 Расчет естественной вентиляции……..…15
1.2.3 Расчет аэрации……19
1.3 Порядок укрупненного расчета механической вентиляции……21
2 Производственное освещение……..……..40
2.1 Естественное освещение……40
2.2 Цель и порядок расчета естественного освещения……..42
2.3 Искусственные освещение……...55
2.3.1 Выбор источников света……..……55
2.3.2 Размещение светильников……60
2.3.3 Методика расчета осветительных установок……60
2.3.4 Расчет освещения методом коэффициента использования светового потока……...61
2.3.5 Расчет освещенности точечным методом……...63
3 Производственный шум…….……69
3.1 Гигиеническое нормирование шума……...70
3.2 Акустический расчет……72
3.2.1Выбор расчетных точек……..73
3.2.2 Расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных Точках……...73
3.2.3 Расчет требуемого снижения уровней звукового давления……..…74
3.2.4 Расчет уровней шума внутри помещений……...78
3.3 Выбор мероприятий по снижению шума…….82
3.3.1 Расчет мероприятий для снижения шума……83
Заключение……..93
Список литературы ……94

В представленном учебно-методическом пособии изложены основные принципы разработки раздела «Безопасность жизнедеятельности» », порядок сбора и объем материала, который должен собрать студент на преддипломной практике, структура и содержание раздела, порядок разработки и основная научно-техническая, нормативная и методическая литература для решения задач обеспечения безопасности и экологичности принимаемых в проекте решений.

Учебное пособие состоит из трех частей: первая часть – «Производственная санитария»; вторая часть – «Электробезопасность. Пажаро-взрывобезопасность»; третья часть – «Экологическая безопасность».

В первой части «Производственная санитария» рассматриваются три основные темы: «Производственная вентиляция», «Производственное освещение», «Производственный шум».

Учебное пособие предназначено для студентов всех специальностей.

Введение

Дипломное проектирование является завершающей стадией подготовки специалиста в вузе, поэтому при решении комплекса реальных инженерных задач одно из центральных мест должны занимать вопросы безопасности труда.

Дипломный проект студент разрабатывает на основе общего задания профилирующей кафедры при обязательном выполнении требований безопасности во всех разделах.

Ответственность за постановку и разработку вопросов, связанных с обеспечением безопасности и экологичности решений, принимаемых в проекте, несет выпускающая кафедра, которая в самом начале работы студента над проектом определяет круг вопросов и задач по безопасности, которые ему необходимо решить в проекте.

Кафедра БЖД оказывает консультационную помощь в подборе наиболее эффективных инженерных и организационных решений, определяет глубину проработки раздела и осуществляет контроль за его выполнением в соответствии с обязательными требованиями системы государственных и отраслевых стандартов безопасности труда (ССБТ), отраслевых норм и правил по охране труда и другой нормативно-технической документации.

Дипломное проектирование осуществляется по тематикам предприятий, которые относятся к потенциально опасным производствам. Поэтому основное внимание при разработке раздела следует уделять вопросам промышленной безопасности, экологической безопасности, обеспечению пожаро- и взрывобезопасности.

Экологическая безопасность является одним из основных стратегических компонентов национальной безопасности Республики Казахстан и важнейшим аспектом государственных приоритетов. Как

обоснованно считают многие отечественные и зарубежные исследователи, загрязнение окружающей среды стала серьезной преградой на пути социально-экономического развития Казахстана.

Изменение качества окружающей среды напрямую связано с развитием «грязных» технологий и экстенсивного сельского хозяйства. На территории республики насчитывается около 2,5 тыс. предприятий, относящихся к 1-2 - самым высоким классам опасности среди 5 существующих классов [14].

В республике сложилась очень напряженная радиационная обстановка, что приводит к росту числа заболеваний и смертности от онкологических заболеваний, нарушения иммунной системы и генетического статуса населения. Угрозу радиационной обстановки в государстве представляет наличие большого количества отработанных радиоактивных источников, не прошедших нейтрализацию и консервацию и способных создать серьезные аварийные ситуации.

Служба Чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) в настоящее время решает задачи предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, возникающих в результате крупномасштабных аварий и стихийных бедствий. Эти вопросы также рассматриваются в разделе БЖД дипломного проекта.

Таким образом, в тексте пояснительной записки к дипломному проекту выделяется раздел «Безопасность жизнедеятельности», в который включаются основные мероприятия по охране труда, противопожарной профилактике, экологической безопасности, обеспечивающие на рассматриваемом объекте безопасные и безвредные условия труда и безаварийную работу оборудования.

Содержание раздела

В целом, рекомендуемый к разработке в разделе «Безопасность жизнедеятельности» перечень вопросов следующий:

1) Основные опасности производства, наиболее опасные места на установке: анализируются потенциальные опасности проектируемого аппарата, машины, технологические установки, а также состояние рабочего места и производственной среды с целью выявления их возможного воздействия на работающих, что может быть следствием высоких давлений и температур, выделения взрывоопасных, токсичных газов и паров, действия электрического тока, неудовлетворительного состояния микроклимата, механических воздействий и др.

Приводится перечень основных опасностей производства – высокое давление, повышенная температура, большое скопление взрывоопасных веществ, быстровращающиеся детали и т.д., указываются конкретные наиболее опасные места – помещения насосных, блоки печей, реакторов, колодцы и др.

2) Производственная санитария: указываются требования к метеорологическим условиям в производственных помещениях проектируемых объектов.

Для предупреждения опасности отравления предусматривается вентиляция. Следует указать вид вентиляционной системы (местная, общеобменная). Приводят расчет необходимого воздухообмена в зависимости от характера и свойств выделяющихся в помещении вредных веществ.

В производственных помещениях предусматривается естественное и искусственное освещение. Приводятся нормы освещенности в соответствии с разрядом зрительной работы, с учетом взрыво- и пожароопасности производства выбирается тип светильников. Указываются основные требования к аварийному освещению с указанием норм аварийной освещенности.

При проектировании новых установок проводят расчет искусственного освещения. Этот расчет рекомендуется проводить при всякой перепланировке действующих помещений, чтобы избежать неоправданных расходов на оплату электроэнергии. Целью расчета является определение необходимого количества ламп, обеспечивающих нормативную освещенность рабочего места.

В помещениях энергетических объектов находится большое количество интенсивных источников шума.

Нормирование шума ведется в соответствии с Межгосударственным стандартом ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности, в которых определены основные характеристики производственных шумов и соответствующие им нормы шума на рабочих местах.

Для определения проникающего шума из помещений сначала необходимо рассчитать уровень шума внутри помещения.

3) Электробезопасность и защита от статического электричества (включая молниезащиту).

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) производится классификация помещений и наружных установок по взрывопожароопасности при применении электрооборудования (классификация взрывоопасных и пожароопасных зон).

Исходя из взрывоопасных свойств обращающихся веществ, подбирают взрывобезопасное электрооборудование и указывают его маркировку.

Категории и группы взрывоопасных смесей некоторых газов и паров приведены в таблице А.2 (Приложение А). Во взрывоопасных помещениях класса В-1а, а также для наружных установок класса В-1г в пределах взрывоопасной зоны допускается применение взрывозащищенного электрооборудования любого вида взрывозащиты соответственно категории и температурному классу перерабатываемых веществ. В помещениях класса В-

1б применяют взрывозащищенное электрооборудование в любом закрытом исполнении.

В соответствии с ПУЭ производится классификация помещений по степени опасности поражения электрическим током.

Разрабатываются мероприятия по защите работающих от возможного поражения электрическим током. К таким мероприятиям относятся: применение пониженного напряжения при работе с переносным инструментом и светильниками, обеспечение недоступности токоведущих частей и качественная изоляция электропроводок (указывают минимально допустимые значения сопротивления изоляции проводов); защитное отключение; защитное заземление и зануление; применение индивидуальных электрозащитных средств. Заземлению подлежат корпуса машин и механизмов, приводимые в движение электродвигателем, каркасы пультов управлений, щитов, металлические оболочки и броня кабелей, металлические корпуса арматуры светильников и т.д.

В качестве искусственных заземлителей используют обычно вертикальные электроды (стальные трубы диаметром 50-60 мм, длиной 2,5-3,0 м или прутки диаметром 10 – 16 мм, длиной 5 – 10 м) и горизонтальные электроды связи (полосовая сталь шириной 20 – 40 мм и толщиной 4 мм).

Указывают причины накопления зарядов статического электричества на оборудовании и трубопроводах, предусматривают меры для нейтрализации и удалению зарядов статического электричества.

Одним из видов статического является атмосферное электричество. Для защиты оборудования и сооружений от удара молнии предусматривается устройство систем молниезащиты [3].

4) Характеристика токсичности, пожаро- и взрывоопасности веществ, обращающихся на производстве.

Приводится химический состав, физические характеристики (газ, жидкость, аэрозоль и т.п.), пожаро- и взрывоопасные характеристики (температура воспламенения, нижний и верхний пределы воспламенения, пределы взрываемости и т.п.), указываются вредные и токсичные свойства, предельно-допустимая концентрация (далее – ПДК) вредного вещества, отмечаются признаки воздействия вредных веществ на организм человека (вызывают удушье, отравление, ожоги и т.п.).

5) Характеристика взрывопожароопасности помещений и блоков установки, оценка энергетического потенциала и радиусов разрушения.

Приводят деление установки на технологические блоки, указывают границы технологического блока и его категорию взрывоопасности, величину относительного энергетического потенциала и значения радиусов разрушения.

6) Пожарная безопасность.

Устройство технологических установок, компоновка в них оборудования и помещений регламентированы в техническом регламенте

«Общие требования к пожарной безопасности». Постановление Правительства Республики Казахстан от 16 января 2009 года № 14.

Указываются пределы огнестойкости строительных конструкций. Для производств категорий А, Б предусматриваются средства взрывозащитные (противовзрывные проемы, легко сбрасываемые конструкции). Для наружных технологических установок также указываются категории по пожарной опасности.

На проектируемой установке в зависимости от физико-химических свойств применяемых веществ выбирают средства пожаротушения. Приводят нормы наличия первичных средств пожаротушения в помещениях (тип огнетушителя, количество и т.п.). Указывают на наличие автоматических средств пожаротушения, автоматически действующую сигнализацию, типы пожарных извещателей.

7) Коллективные и индивидуальные средства защиты.

Средства коллективной защиты обеспечивают безопасные и нормальные гигиенические условия труда, к ним относятся все виды вентиляции (общеобменная, аварийная), системы производственного освещения, автоматические системы контроля состояния рабочей среды (звуковая, световая сигнализация), автоматические системы контроля эксплуатации оборудования и др. Приводится перечень всех средств коллективной защиты, имеющихся на установке.

8) Возможные аварийные ситуации и аварии, их ликвидация.

В соответствии с законом Республики Казахстан от 11 апреля 2014 года № 188-V «О гражданской защите»разрабатываются планы локализации и ликвидации аварийных ситуаций (далее – ПЛАС) и планы ликвидации (локализации) аварий (далее – ПЛА), в которых указываются действия персонала при аварийных ситуациях и авариях. Используя эти документы, необходимо описать действия персонала при конкретных аварийных ситуациях, которые могут возникнуть при эксплуатации разрабатываемого в проекте оборудования (например, прекращение подачи топлива в печь, прекращение подачи охлаждающей воды в реактор и т.д.).

9) Чрезвычайные ситуации.

Дается анализ вероятных последствий стихийных бедствий и техногенных катастроф. Приводятся схема укрытия работающих в убежищах на территории предприятия и схема эвакуации работников предприятия и членов их семей в загородную зону из зоны ЧС.

Кроме того, в разделе могут быть рассмотрена нормативно-техническая документация, регламентирующая мероприятия по промышленной безопасности и охране труда на предприятии, действующие в области промышленной безопасности законы и подзаконные акты; а также характеристики сточных вод, атмосферных выбросов и твердых отходов, имеющихся на установке, другие аспекты экологической безопасности.

При разработке вопросов не следует давать подробные описания, определения, классификации, необходимо указывать конкретные данные по веществам, оборудованию, помещениям, имеющимся на установке.

Информацию по разрабатываемым вопросам рекомендуется брать не из литературных источников, а из технологического регламента установки, из ПЛАС и ПЛА, из Положений и инструкций, действующих на установке. Отдельные сведения могут быть получены из справочной литературы, кроме описательной части.

В разделе обязательно должен быть выполнен расчет средств защиты от потенциальных опасностей, либо расчет, оценивающий потенциальную опасность установки, либо расчет мероприятий по улучшению состояния охраны труда и ТБ.

Рекомендуется выполнить один из расчетов:

1) Производственная вентиляция:

- определение количества вредных веществ в производственных помещениях;
- расчет необходимого воздухообмена в производственных помещениях;
- расчет естественной вентиляции в производственных помещениях;
- расчет механической вентиляции в производственных помещениях;

2) Производственное освещение:

- расчет естественного освещения производственных помещений;
- расчет искусственного освещения производственных помещений;

3) Защита от производственного шума:

- акустический расчет производственных помещений при использовании звукопоглощающих облицовок;
- определение эффективности звукоизоляции.

4) Расчет защитного заземления электрооборудования.

5) Расчет зануления на отключающую способность.

6) Расчет молниезащиты помещения насосной, операторной или отдельно стоящего аппарата (колонны, реактора, дымовой трубы) и т.д.

7) Расчет толщины тепло изоляции производственного оборудования.

8) Определение эффективности защиты от электромагнитных полей.

9) Оценка взрывоопасности блоков технологической установки.

10) Определение категории помещения по взрывопожароопасности.

11) Расчет рассеивания вредных примесей в атмосфере и определение санитарно-защитной зоны.

12) Определение минимальной высоты источника выброса.

13) Расчет категории опасности производства.

14) Расчет пылеуловителей.

Расчеты следует выполнять по методикам, изложенным в соответствующей нормативной и справочной литературе.

Конструкции рассчитанных средств защиты могут быть отражены в графической части проекта.

1 Производственная санитария

1.1 Вентиляция производственных помещений

Условия труда на производстве строго регламентируются соответствующей нормативной документацией. Соблюдение этих условий во многом зависит от качества воздушной среды в промышленных зданиях, которое должно обеспечиваться за счет правильной организации воздухообмена.

Вентиляция – это комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в помещениях. В соответствии с СН РК 4.02-01-2011 [3] под вентиляцией понимают обмен воздуха в помещении для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых метеорологических условий и чистоты воздуха.

Существует великое множество различных технологических процессов, но санитарные требования для людей, принимающих участие в этих процессах, остаются неизменными.

Различают системы с естественным побуждением (аэрация), с искусственным побуждением (механическая вентиляция) и смешанные. Выбор той или иной системы вентиляции определяется условиями обеспечения нормируемых параметров воздушной среды в помещениях.

Количество воздуха, которое необходимо подавать в помещения, определяют расчетным путем, исходя из условии ассимиляции избытков тепла и влаги, а также снижения концентрации газо-, паро-, пылевоздушных вредностей до допустимых уровней. Не допускается определять потребное количество воздуха по кратности воздухообмена, за исключением случаев, оговоренных соответствующими нормативными документами.

Минимальное количество воздуха (20....60 $м^3/ч$), подаваемого в помещения, рекомендуется принимать в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 - Минимальное количество воздуха, подаваемого в помещения

Помещения или отдельные участки и зоны помещения	Объем помещения (участка, зоны) на 1 чел, $м^3$	Минимальное количество наружного воздуха, подаваемого на 1 чел, $м^3/ч$
Производственные при возможности естественной вентиляции	Менее 20	30
Производственные без естественной вентиляции (проветривания): при подаче системами только наружного воздуха	20 и более	20
При применении систем с циркуляцией при расчетной кратности воздухообмена: 10 и более менее 10	Любой	60, но не менее однократного обмена воздуха в 1 ч 60, но не менее 20 % общего воздухообмена
Общественные и другие при возможности естественной вентиляции (проветривания)	По требованиям соответствующих глав СНиП [6]	По требованиям соответствующих глав СНиП [6]
То же, без естественной вентиляции (проветривания)	То же	60**

Допускается уменьшать до 10 % при подаче на одного работающего более 120 $м^3/ч$ наружного воздуха.

Для проектирования и расчета вентиляции производственных помещений необходимы следующие данные: наименование помещения и его размеры, число рабочих мест и их назначение, численность работающих, характер и категория работ по уровню энергозатрат, перечень и размещение оборудования, машин, время работы, места выделения загрязнений (газов, паров, пыли, аэрозолей), интенсивность теплового облучения работников, значения предельно допустимых концентраций вредных веществ (Министерство здравоохранения Республики Казахстан от 14 июля 2005 года N 355 Санитарно - эпидемиологические правила и нормы санитарно -

эпидемиологические требования к воздуху производственных помещений), характеристика веществ по пожаро- и взрывоопасности.

Располагая указанными данными, приступают к проектированию вентиляции.

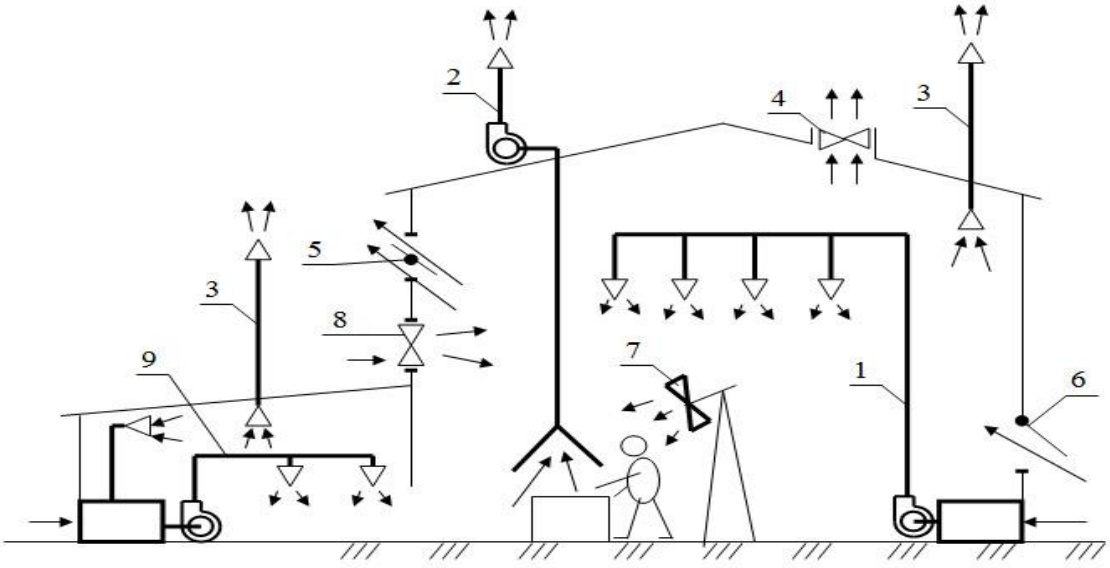
Механическая вентиляция, по принципу действия, может быть приточной, вытяжной или приточно-вытяжной.

Приточную вентиляцию применяют в производственных помещениях со значительным выделением теплоты при малой концентрации вредных веществ в воздухе, а также для усиления воздушного подпора в помещениях с локальным выделением вредных веществ при наличии систем местной вытяжной вентиляции. Это позволяет предотвратить распространение таких веществ по всему объему помещения.

Приточная механическая вентиляция чаще всего предназначается для компенсации расхода воздуха по общеобменной вытяжной и по местной вытяжной системам.

Вытяжную вентиляцию применяют для активного удаления воздуха, равномерно загрязненного по всему объему помещения, при малых концентрациях вредных веществ в воздухе и небольшой кратности воздухообмена.

Приточно-вытяжную вентиляцию применяют при значительном выделении вредных веществ в воздух помещений, в которых необходимо обеспечить особо надежный воздухообмен с повышенной кратностью.



1 - приточная прямоточная общеобменная канальная система с механическим побуждением движения воздуха; 2 - вытяжная местная канальная система с механическим побуждением движения воздуха; 3 - вытяжная общеобменная канальная с естественным побуждением движения воздуха; 4 - вытяжная общеобменная бесканальная с механическим

побуждением движения воздуха; 5 - вытяжная общеобменная бесканальная с естественным побуждением движения воздуха; 6 - приточная общеобменная бесканальная система с естественным побуждением движения воздуха; 7 - приточная местная бесканальная с механическим побуждением движения воздуха и 100% рециркуляцией; 8 - приточная прямоточная общеобменная бесканальная система с механическим побуждением движения воздуха; 9 - приточная общеобменная канальная с механическим побуждением движения воздуха и частичной рециркуляцией.

Рисунок 1 – Системы происводственной вентиляции

Естественная вентиляция может осуществляться посредством аэрации или через вытяжные каналы или шахты.

Аэрация - организованный управляемый воздухообмен за счет естественных природных сил (ветрового и теплового напоров). Аэрацию применяют для вентиляции производственных помещений большого объема, в которых применение механической вентиляции, в целом, для всего помещения потребует больших капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

Через специально предусмотренные вытяжные каналы или шахты рекомендуется для помещений небольших объемов при кратности воздухообмена к $< 3ч^{-1}$. Для повышения эффективности работы такой вентиляции на верхнем конце наружной части вытяжных каналов монтируют дефлекторы. Такую систему вентиляции следует применять в помещениях с незначительным выделением вредных веществ (хранилищах, помещениях для хранения химических реагентов, нефтехранилищах).

При естественной вентиляции воздух в помещения следует подавать через проемы, расположенные в обеих продольных стенах: в теплый период года на уровне не более 1,8 м от пола до нижнего края проема, в холодный период года на уровне не ниже 4 м.

Подача приточного воздуха без его подогрева в холодный период года на более низких отметках допускается только при осуществлении мероприятий, предотвращающих непосредственное воздействие холодного воздуха на работающих.

Выброс воздуха в атмосферу под действием теплового и ветрового напоров следует предусматривать через открывающиеся проемы окон и фонарей, шахты с дефлекторами и без них, исключая случаи, для которых техникоэкономическими расчетами обосновано применение вытяжки воздуха системами с механическим пробуждением. Число шахт для удаления воздуха из верхней зоны следует принимать минимальным.

Дефлекторы обеспечивают устойчивую вытяжку воздуха независимо от направления ветра. Они предназначены для увеличения пропускной способности вытяжных шахт за счет использования ветрового напора. Дефлекторы устроены таким образом, что при обдувании их ветром участок, ра-

ботающий на вытяжку, имеет большую площадь, чем участок, работающий на приток. В результате разность давлений на концах вытяжной трубы увеличивается, и производительность вентиляции возрастает.

В шахтах и дефлекторах при необходимости следует предусматривать регулирующие клапаны с приводом, обеспечивающим управление ими из рабочей зоны.

Управление фрамугами должно быть механизировано и легко осуществляться изнутри и снаружи помещений.

Воздухоприемные отверстия приточных систем с механическим побуждением, как правило, следует предусматривать в стенах зданий.

Допускается также применение отдельно установленных воздухоприемных устройств. Воздухоприемные отверстия необходимо размещать на высоте не менее 2 м от уровня земли, а при заборе воздуха из зеленой зоны - не менее 1 м от уровня земли.

При проектировании вытяжной механической вентиляции следует учитывать плотность удаляемых паров и газов. Причем, если она меньше плотности воздуха, то воздухоприемники располагают в верхней части помещений, а если больше - в их нижней части.

Выброс в атмосферу загрязненного воздуха, удаляемого механической вентиляцией, должен предусматриваться над кровлей зданий. Выброс воздуха через отверстия в стенах без устройства шахт, выведенных выше кровли, не допускается. В виде исключения выброс может предусматриваться через отверстия в стенах и окнах, если вредные вещества не будут заноситься в другие помещения.

Выброс в атмосферу взрывоопасных газов должен происходить на расстоянии по горизонтали, равном не менее 10 диаметров выбросной трубы, но не менее 20 м от места выброса дымовых газов.

Местную вытяжную вентиляцию устраивают в местах значительного выделения газов, паров, пыли, аэрозолей. Такая вентиляция предотвращает попадание опасных и вредных веществ в воздух производственных помещений.

Местную вытяжную вентиляцию следует применять на газо- и электросварочных постах, металлорежущих и заточных станках, в кузнечных цехах, гальванических установках, аккумуляторных цехах, на постах технического обслуживания, в помещениях у мест пуска автомобилей и тракторов.

Технологические выбросы, а также выбросы воздуха, содержащего пыль, ядовитые газы и пары, следует очищать перед выпуском их в атмосферу.

Объем воздуха, который необходимо подавать в помещение с требуемыми параметрами воздушной среды в рабочей или обслуживаемой зоне, следует рассчитывать на основании количеств теплоты, влаги и поступающих вредных веществ с учетом неравномерности их

распределения по площади помещения. При этом принимают во внимание количество удаляемого из рабочей или обслуживаемой зоны воздуха местными вытяжными устройствами и общеобменной вентиляцией.

Запрещается рассчитывать необходимый воздухообмен для производственных помещений по табличным значениям кратности воздухообмена *к*. По этому параметру допускается рассчитывать воздухообмен в основном санитарно-бытовых и общественно-административных помещений.

При затруднениях в определении количества выделяющихся вредных веществ расчет воздухообмена проводят, исходя из того, что в производственных помещениях с объемом на одного работающего менее 20 $м^3$ следует проектировать подачу наружного воздуха в количестве не менее 30 $м^3$/ч на каждого работающего, более 20 $м^3$ - не менее 20 $м^3$/ч на каждого работающего.

На следующем этапе проектирования составляют расчетную схему сети воздуховодов, на которой указывают местные вытяжные устройства и сопротивления (колена, повороты, шиберы, расширения, сужения), а также номера расчетных участков сети. Расчетный участок - это воздуховод, по которому проходит одинаковый объем воздуха при одинаковой скорости.

По количеству воздуха, проходящего в воздуховоде за единицу времени, и его полному давлению подбирают центробежный вентилятор по аэродинамическим характеристикам. При подборе вентилятора нужно обеспечить максимальное значение коэффициента полезного действия (КПД) установки и снижение уровня шума при работе.

Степень очистки выбросов воздуха, содержащего пыль, принимают по таблице 2. Если в выбросах воздуха содержание пыли не превышает значений, указанных в таблице 2, то этот воздух разрешается не подвергать очистке.

Таблица 2 - Допустимое содержание пыли в выбросах воздуха в зависимости от её ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений

ПДК пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений, мг/$м^3$	Допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, мг/$м^3$
<2	30
от 2 до 4	60
от 4 до 6	80
от 6 до 10	100

При выделении в воздух производственных помещений вредных газов, паров или пыли необходимое количество воздуха, $м^3$/ч, подаваемого в помещения, следует определять по формуле:

1.2 Расчет естественной вентиляции

Для расчета естественной вентиляции необходимо иметь следующие данные: назначение, наименование помещения и его размеры, наименование и количество машин, материалов или сырья, от которых выделяются вредные пары, газы, пыль, аэрозоли; среднюю скорость господствующего ветра для данной местности. ПДК вредных веществ принимают по нормативам Министерства здравоохранения Республики Казахстан от 14 июля 2005 года N 355 Санитарно - эпидемиологическим правилам и нормам «Санитарно - эпидемиологические требования к воздуху производственных помещений».

Далее определяют количество выделяющихся в воздух помещений вредных веществ за единицу времени.

Основным назначением общеобменной вентиляции является разбавление содержания вредных веществ в общей атмосфере помещения до предельно допустимой концентрации (ПДК).

При выделении в помещении вредных паров, газов или пыли расчет необходимого воздухообмена определяют по формуле:

$$L = \frac{G}{K(C_{\text{ПДК}} - C_0)}, \quad (1)$$

где L – необходимое количество подаваемого или удаляемого из помещения воздуха, м^3/ч;

G – интенсивность выделения рассматриваемого вредного вещества в помещении (определяют расчетным путем или экспериментально), мг/ч;

K – безразмерный коэффициент равномерности распределения вентиляционного воздуха в помещении (при равномерном его распределении принимают K = 1);

$C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация вредного вещества в рабочей зоне помещения, мг/м^3 (таблица 4);

C_O – концентрация этого вещества в поступающем для проветривания помещения воздухе, мг/м^3 : обычно C_O = 0, в остальных случаях C_O не должна превышать 30 % от ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

По определенному расчетом количества воздухообмена L устанавливается кратность воздухообмена $K_{\text{об}}$ (1/ч) в помещении, т. е. сколько раз в течение часа воздух в нем необходимо заменить свежим для того, чтобы содержание рассматриваемого вредного вещества не превышало ПДК:

$$К_{об} = \frac{L}{V}\ , \qquad (2)$$

где V – объем проветриваемого помещения, м^3.

Затем вычисляют суммарную площадь сечения вентиляционных каналов, м^2:

$$\sum F = \frac{L}{15948 \cdot \Psi \sqrt{\frac{h(\rho_н - \rho_в)}{\rho_н}}}\ , \qquad (3)$$

где Ψ - коэффициент, учитывающий сопротивление движению воздуха в каналах (обычно Ψ =0,5);

h - высота вытяжных каналов, м;

$\rho_н$- плотность наружного воздуха, кг/м^3;

$p_в$ - плотность внутреннего воздуха, кг/м^3.

Плотность воздуха, кг/м^3:

$$\rho = \frac{353}{273+t}, \qquad (\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square)$$

где t– температура воздуха, при которой определяют плотность,°С.

Площадь сечения одной вытяжной шахты принимают конструктивно, учитывая нормализованный ряд размеров дефлекторов. Рассчитывают число каналов:

$$n_{выт} = \frac{\sum F}{f}, \qquad (\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square)$$

где f - площадь сечения дной шахты, м^2.

Объём воздуха, удаляемого через один дефлектор, м^3/ч:

$$L_Д = \frac{L}{n_{выт}}. \qquad (\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square)$$

Диаметр патрубка дефлектора, м:

$$D_П = 0{,}0188\sqrt{\frac{L_Д}{K_{эф} v_в}}\ , \qquad (\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square)$$

где $K_Эф$ - коэффициент эффективности: для дефлекторов ЦАГИ -

$K_Эф$=0,4, для звездообразных -$K_Эф$=0,42;

v_e - средняя скорость ветра, м/с (таблица 3).

Таблица 3 - Значения скорости и средней температуры наружного воздуха для некоторых городов Казахстана

Город	$v_{e,\ м/с}$	$t_{хол.период}$, °С	$t_{тепл.период}$, °С
1	2	3	4
Актау	3,7	-24	30
Актобе	1,8	-22	29,2
Алматы	2,7	-11	29,7
Астана	2,9	-23	27
Атырау	2,8	-25	32,1
Балхаш	4,0	-20	28,7

Окончание таблицы 3

1	2	3	4
Жамбыл	1,6	-7	31,9
Караганда	2,7	-21	26,8
Кокшетау	3,9	-25	25,8
Костанай	2,5	-24	26,7
Кызылорда	2,5	-18	34,1
Павлодар	2,6	-24	27,7
Петропавловск	3,6	-24	24,9
Семей	2,6	-23	28,9
Талдыкорган	1,9	-11	30,8
Уральск	2,4	-19	29,5
Усть-Каменогорск	2,4	-26	28,2
Шымкент	2,6	-6	33

Установлены следующие значения диаметров горловин дефлекторов: 200, 315, 400, 500, 630, 710, 800, 900 и 1000 мм.

По требованию потребителей допускается изготовление дефлекторов, диаметр горловины которой более 1000 мм. Поэтому полученное значение D_n следует округлять в большую сторону до ближайшего значения из указанного ряда.

В конце расчета естественной вентиляции определяют места установки вытяжных каналов и дефлекторов.

Таблица 4 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Вещество	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	Вещество	ПДК, мг/м^3	Класс опасности
1	2	3	4	5	6
Альдегид изомасляный	5,0	3	Полипропилен не-стабилизированный	10,0	3
Альдегид масляный	5,0	3	Поливинилхлорид	6,0	3
Амилацетат	100	4	Пиридин	5,0	2
Аммиак	20,0	4	Пропиламин	200	4
Ангидрид сернистый	10,0	3	Полиэтилен низкого давления	10,0	3
Ангидрид фталевый	1,0	2	Сероводород	10,0	2
Ацетальдегид	5,0	3	Сероуглерод	1,0	2
Ацетон	200,0	4	Скипидар	300	4

Бензин	300,0	4	Спирт бутиловый	10,0	3
Бромбензол	3,0	2	Спирт амиловый	10,0	3
Бензол	5,0	2	Спирт пропиловый	10,0	3

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6
Бутилацетат	200,0	4	Спирт метиловый	5,0	3
Винилацетат	10,0	3	Спирт этиловый	1000	4
Гексахлорбензол	0,9	2	Стирол	5,0	3
Диметилэтаноламин	5,0	3	Толуол	50,0	3
Диметиламин	1,0	2	Трифторстирол	5,0	3
Дихлорбензол	20,0	4	Трихлорбензол	10,0	3
Дихлорэтан	10,0	2	Трихлорэтилен	10,0	3
Диэтиламин	30,0	4	Триэтиламин	10,0	3
Диэтилбензол	10,0	3	Уайт-спирит	300	4
Диэтиловый эфир	300,0	4	Углеводороды пред	300	4
Изопрен	40,0	4	Фенол	0,3	2
Изопропилбензол	50,0	4	Фенопласты	6,0	3
Керосин	300,0	4	Формальдегид	0,5	2
Кислота серная	1,0	2	Фосфористый водород	0,1	1
Кислота соляная	5,0	2	Фтористый водород	0,5	2
Кислота уксусная	5,0	3	Фторопласт –4	10,0	3
Ксилол	50,0	3	Хлор	1,0	2
Масла минеральные	5,0	3	Хлористый водород	5,0	2
Метилацетат	100,0	4	Хлорбензол	50,0	3
Метил бромистый	1,0	1	Хлорпрен	0,05	1
Метил хлористый	5,0	2	Циклогексан	80,0	4
Метилэтилкетон	200,0	4	Циклогексиламин	1,0	2
Нафталин	20,0	4	Циклопентадиен	5,0	3
Нитроциклогексан	1,0	2	Щелочи едкие (по NaOH)	0,5	2
Нефть	100,0	4	Этилацетат	200	4
Окись углерода	20,0	4	Этиленмеркаптан	1,0	2
Окись этилена	1,0	2	Этилтолуол	50,0	4
Пентафторбензол	5,0	3	Этил бромистый	5,0	3
Пентафторфенол	5,0	3	Этил хлористый	50,0	4

1.2.3 Расчет аэрации.

Аэрацию максимально используют в горячих цехах (литейных, кузнечнопрессовых и др.) для отвода из помещений излишка выделяемой теплоты, уменьшения концентрации пыли, газов и снижения энергопотребления системами вентиляции. Расчет аэрации проводят без учета ветрового напора для летнего времени, как наиболее неблагоприятного для осуществления этого процесса. Сущность расчета состоит в определении площади приточных и вытяжных проемов.

Сначала определяют требуемый воздухообмен, $м^3/ч$, помещения, в

воздух которого выделяются вредные вещества по формуле 1.

При расчете по избыткам теплоты количество воздуха L, м^3/ч, поступающего через проемы в стенах и удаляемого через аэрационные фонари, рассчитывают по формуле:

$$L = \frac{\chi \cdot k_a \cdot Q}{6{,}28(t_в - t_н)}, \qquad (1)$$

где χ - коэффициент, учитывающий высоту расположения центров приточных поёмов от пола.

Коэффициент χ принимают из следующих значений:

Расстояние от пола до оси проема, м	2	3	4	5
χ	1,04	1,1	1,2	1,35

Q - количество теплоты, выделяющейся в помещении, Вт;

$t_в$ - температура воздуха в рабочей зоне, °С;

$t_н$ - расчётная температура наружного воздуха, °С, принимаемая равной средней температуре в 13 ч самого жаркого месяца года (таблица 3);

k_a - коэффициент, учитывающий температурный режим в помещении, можно также определить в зависимости от значений отношения F/f (здесь f - площадь, занимаемая выделяющим теплоту оборудованием, F - площадь цеха).

F/f	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
k_a	0,25	0,45	0,62	0,68	0,83	0,87

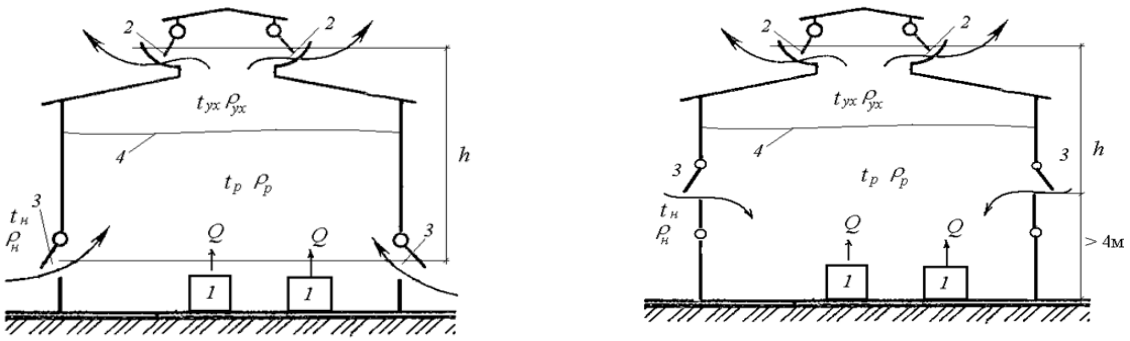
,

а также по формуле:

$$k_a = \frac{t_в - t_н}{t_у - t_н}, \qquad (2)$$

где $t_у$ - температура удаляемого воздуха в рабочей зоне, °С, определяемая из выражения: $t_у = t_в + a(h_в - 2)$.

А) Б)



А), Б) – в теплый и холодный период года соответственно;

1 - источники тепловыделений; 2 – вытяжные проемы; 3 – приточные проемы; 4 – температурное перекрытие.

Рисунок 2 - Схема аэрации одноэтажного промышленного здания

По полученному значению воздухообмена L_2 вычисляют площадь приточных и вытяжных проёмов, м^2 по формуле:

$$\sum F = \frac{L}{15948 \cdot \Psi_р \sqrt{\frac{h_а(\rho_н - \rho_в)}{\rho_н}}},$$ □□□□□□□□□□□□□

где $\Psi_р$ - коэффициент расхода, зависящий от конструкций устанавливаемых в приточных и вытяжных проемах створок и угла от их открытия: $\Psi_р$ = 0,15... 0,67.

Значения коэффициента расхода $\Psi_р$ для створок различных конструкций и назначения при угле их открытия а = 15...90° приведены в таблице 5.

$h_{выт}$ - расстояние между центрами приточных и вытяжных проемов по высоте, м.

Таблица 5 –Значение коэффициента расхода $\Psi_р$

Тип створки	Среднеподвесная приточная	Верхнеподвесная приточная	Верхнеподвесная вытяжная
$\Psi_р$	0,15-0,64	0,25-0,62	0,3-0,67

1.3 Порядок укрупненного расчета механической вентиляции

Для расчета необходимы следующие исходные данные: назначение помещения и его размеры, характер загрязнений; назначение и количество оборудования, материалов, выделяющих вредные вещества и теплоизлучения; характеристика загрязнений по пожароопасности; пожарная опасность помещений; предельно допустимая концентрация вредных веществ в

помещении, концентрация загрязнений в приточном воздухе.

Сначала выбирают способ устранения и предупреждения образования токсических, пожаро- и взрывоопасных концентраций, назначают систему вентиляции. Затем разрабатывают схему общеобменной системы вентиляции и схемы местных систем вентиляции. Для расчёта необходимо знать количество вредных веществ, выделяемых в помещении в течение 1 ч.

Объем воздуха, м^3/ч, который необходимо подать в помещение для снижения концентрации вредных веществ (пыли, газа, пара, аэрозоля) до ПДК определяют по формуле по формуле 1.

При известной (фактической) концентрации вредных веществ в помещении $C_ф$, мг/м^3, объем подаваемого воздуха определяют по формуле:

$$L = \frac{V_{\text{П}} \cdot C_{\text{ф}}}{C_{\text{ПДК}}},$$

где $V_п$- объём помещения, м^3.

Для удаления избыточной теплоты в помещение необходимо подать воздух объемом:

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{\text{c}\rho_{\text{н}}(t_{\text{вн}} - t_{\text{н.р}})},$$

где $Q_{изб}$ - суммарное количество избыточной теплоты, кДж/ч;

c - удельная теплоёмкость сухого воздуха, равная 0,99кДж/(кг-К);

$p_н$ - плотность приточного воздуха, кг/м^3;

$t_{вн}$ - температура воздуха в помещении, К;

$t_{нр}$ — расчётная температура наружного воздуха, К.

Объем воздуха, удаляемого местной вытяжной вентиляцией - вытяжным зонтом (рисунок 4), м^3/ч:

$$L_{\text{м}} = 3600F \cdot v_{\text{опт}} \cdot \text{К}_{\text{з}},$$

где $F = a\ b$ - площадь рабочего проема вытяжного зонта (панели), м^2; a, b - соответственно длина и ширина рабочего проема, м;

$v_{опт}$ - оптимальная скорость удаления вредных веществ, м/с (таблица 3 приложения);

$К_З$ - коэффициент запаса, учитывающий износ оборудования: $К_З$ = 1,1... 1,5.

Размеры рабочего проема вытяжного зонта, м:

$$\text{a} = \text{c} + 0{,}8h; b = d + 0{,}8h,$$

где *c, d* - соответственно длина и ширина перекрываемой поверхности оборудования, м;

h - расстояние по нормали от перекрываемого оборудования до рабочего проема зонта, м.

Угол раскрытия зонта φ, как правило, принимают не более 60°, а высоту бортика h_0 - в пределах 0,1...0,3 м.

Для обдирочно-заточных станков:

$$L_{\text{м}} = 1000AD_{\text{кр}}\ ,$$

где *A* - коэффициент, зависящий от диаметра и типа применяемого круга;

D_{Kp} - диаметр абразивного круга, м.

При D_{Kp} < 0,25 *м A* =2; при D_{Kp} = 0,25...0,6 м *A* = 1,8; при D_{Kp} > 0,6 м *A* = 1,6; для полировальных станков с войлочными кругами А = 4...6.

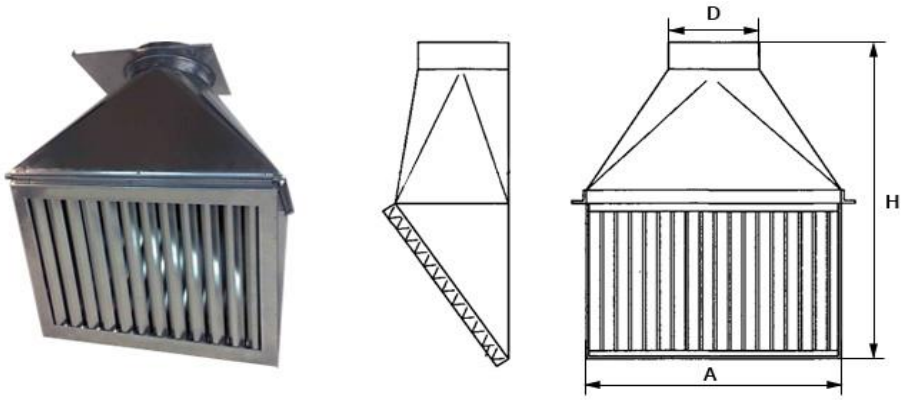


Рисунок 3 - Вытяжной зонт

На участке сварки работы сопровождаются выделением сварочных аэрозолей и вредных газообразных веществ (фтористого водорода, окислов азота, окиси углерода и др.). При определении количества выделяющихся вредностей во время сварки (резки) учитывают удельные показатели их выбросов (таблица 6).

Таблица 6 - Удельные выделения вредных веществ при сварке (наплавке) металлов (г на 1 кг электродов)

Марка электрода	Твердые частицы				Вредные газы		
	Сварочные	В том числе			Фтористый	Окислы	Окись углерод
		Окислы марганца	Окислы	фториды			
1	2	3	4	5	6	7	8
УОНИ-13/55	18,6	0,97	-	2,60	0,93	-	-
ЭА-60В/11	11,0	0,68	0,60	-	0,004	1,30	1,40
АНО-3	17,8	1,85	-	-	-	-	-
ОМА-2	9,2	0,83	-	-		-	-
ЦЧ-4	13,8	0,43	-	-	1,87	-	-
СМ-11	-	12	1,1	47,5	-	-	-
К-5	-	17,2	1,2	60	-	-	-
К-70,К-80	-	16	1,2	26	-	-	-
ОММ-5	-	67,2	1,1	-	-	-	-
ОЗС-2	-	20	1,1	52	-	-	-
ОЗЧ-1	14,7	0,47	-	-	1,65	-	-
МНЧ-2Т-	20,4	0,92	3,70	-	1,34	-	-

Количество вредных выделений при сварке определяют по формуле:

$$G_a = 10^{-3} \cdot M_Э q_a \,, \qquad (16)$$

где G_a– количество сварочного аэрозоля, кг/ч;

$M_Э$ – максимальный расход электродов, г/ч;

q_a– удельное выделение аэрозоля, г/кг.

Аналогично определяют количество выделяющихся при сварке вредных газов.

При газовой резке количество выделяющихся вредных веществ можно определить по таблице 7.

Таблица 7 - Выделение вредных веществ при газовой резке металлов

Материал	Толщина, мм	Сварочный аэрозоль				Газы			
		г/1м резки	г/ч	в том числе		Окись углерода		Окись азота	
				Окись марганца	Окись хрома	г/1м резк	г/ч	г/1м резк	г/ч
Сталь	5	2,25	74,	2,31	-	1,5	49,	1,1	39,0
лероди-	10	4,50	431,	3,79	-	2,1	63,	2,2	64,1
стая	20	9,0	200	6,00	-	2,9	65,	2,4	53,2
Сталь	5	2,50	82,	-	3,96	1,3	42,	1,0	33,6
легиро-	10	5,00	145,	-	6,68	1,9	55,	1,4	43,4
ванная	20	10,0	222,	-	10,35	2,6	57,	2,0	40,9

На гальваническом участке массу вредных веществ (г), поступающих в воздух помещения при гальваническом покрытии деталей, можно рассчитать по формуле:

$$G_{вр} = K_p F \delta \upsilon_в, \quad (17)$$

где K_p – концентрация вещества в растворе, г/л;

F – площадь покрытия, м^2;

δ – толщина покрытия (10...20 мкм);

$\upsilon_в$ – удельный унос вещества, отнесенный к 1 м^2 обрабатываемой площади на1мкм толщины покрытия, л/м^2·мкм (таблица 8).

Таблица 8 - Удельный вынос вещества из ванн

Технологический процесс	Вредное вещество	$\upsilon_в$, л/м^2.
1. Хромирование	Хромовый ангидрид	0,05
2. Молочноехромирование	Хромовый ангидрид	0,1
2. Цианирование	Цианистые	0,015
4. Никелирование, кадмирование, мед- нение, свинцевание, лужение, цинкование в кислотных	Парыкислот	0,001-0,005
5. То же в щелочных электролитах	Парыщелочей	0,01-0,05

При пайке используют мягкие припои, содержащие свинец и олово. Расчет выбросов вредных веществ производят отдельно по свинцу и олову поформуле:

$$G_a = 10^{-3} M_Э \cdot q_a, \quad (18)$$

где G_a – количество вредного аэрозоля, кг/ч;

$M_Э$ – максимальный расход припоя, г/ч;

q_a – удельное выделение аэрозоля, г/кг.

Удельное выделение загрязняющих веществ определяют по таблице 9.

Таблица 9 - Удельное выделение загрязнений на участках

Вид выполняемых	Применяемые	Загрязняющее вещество

работ	вещества и материалы	наименование	Удельное кол-во,
Пайка паяльником	Припои ПОС-30, ПОС-40, ПОС-60,	Свинец, окислы олова	0,51 0,28

Часовой объем воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией L, м^3/ч, определяют по формулам:

– для сварочного поста:

$$L = \frac{G \cdot q}{C_{\text{ПДК}} - C_{\text{н}}}, \quad (19)$$

где G – количество сварочного аэрозоля, кг/ч;

q - удельные выделения вредных веществ на 1 кг расходуемого сварочного материала, мг/кг (таблица 10).

Таблица 10 – Удельные выделения вредных веществ, мг/кг, при сварке и наплавке

Технологическая операция	Сварочные материалы	Удельные выделения вредных веществ на 1 кг расходуемого сварочного материала q, мг/кг	
		Наименование	Количество
Ручная дуговая: сварка:углеродистых и низколегированных конструкционных сталей	ОМА-2	Марганец	830
	ОЗС-6		860
	АНО-5		1870
	К-5а		1530
	АНО-6		1950
теплоустойчивой стали	ЦЛ-17	Хромовый ангидрид	166
коррозионностойкой жаропрочной и жаростойкой сталей	ОЗЛ-14	То же	460
	ОЗЛ-6	»	595
	ЭА-606/11	Марганец	340
	ЦТ-36	»	1190
высокопрочных среднелегированных сталей	Электроды типа:		
	ЭА-395/9	Хромовый ангидрид	425
	ЭА-981/15	То же	450
	ВИ-10-6	»	720
Ручная дуговая сварка и наплавка чугуна	Электроды типа:	»	
	ЦЧ-4	Марганец	435
	МНЧ-2	»	920
Ручная сварка и наплавка	«Комсомолец-	»	3900

меди и ее сплавов	100»		
Ручная сварка алю-	ОЗА-1	Оксид алюминия	20000
миния и его сплавов	ОЗА-2/АК	То же	28000
Полуавтоматическая	АМЦ	Марганец	625
аргоно-дуговая сварка	АМГ	»	780
алюминия и его сплавов. То же, титановых сплавов	Электродные проволоки	Титан и его диоксид	1750

- для гальванических установок

$$L = 3600 \cdot l \cdot b \cdot v_B \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot n, \quad (20)$$

где l, b – соответственно длинна и ширина щели, м: $b \geq 0{,}1B$ (здесь B – ширина ванны), обычно принимают b в пределах 50…100 мм;

v_B – скорость движения воздуха в открытых проемах, м/с (таблица 11);

k_1 – коэффициент, учитывающий сопротивление движения воздуха от зеркала ванны к щели: при отсутствии штанг для подвески деталей k_1=1, при наличии штанг k_1 =1,7;

k_2 – коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в помещении (таблица 12);

n – число щелей: в однобортовых отсосах n = 1 при B< 0,7 м; в двухтбортовых n = 2 при $B \geq 0{,}7$м;

Таблица 11 - Расчётные минимальные значения скоростей удаления вредных веществ в открытых проёмах местной вытяжной вентиляции

Вид вредности или работ	υ, м/с
Теплота, водяной пар	0,3
Бензин, масла технические и другие вредности с ПДК 100 мг/м^3 и выше	0,5…0,7
Вредные вещества с ПДК от 100 до 10 мг/м^3	0,7…1
Пыли, аэрозоли, дымы, пары, туманы веществ с ПДК от 10 до 2 мг/м^3	1,25
Вещества с ПДК от 2 до 1 мг/м^3	1,75
Вещества с ПДК менее 1 мг/м^3	2
Особо токсичные (ПДК<0,01 мг/м^3) и радиоактивные вещества	3
Сварка металлов электрическая	1,5
Сварка газовая	1,5…2
Пайка	0,7…1
Плавление (свинец)	1,5
Эпоксидная смола	До 3
Закалка в среде масла	0,3…0,5
Травление с применением:	

азотной кислоты	0,7…1
соляной или серной кислот	0,7

Таблица 12 – Значение коэффициента k_2

Скорость движения воздуха в помещении υв, м/с	Значения коэффициента k_2 при h/B												
	для однобортового отсоса							для двухбортового отсоса					
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,05	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,2	-	-	1,1	1,2	1,25	1,35	-	-	1,05	1,1	1,2	1,25	1,35
0,4	-	1,05	1,2	1,35	1,45	1,65	-	1,1	1,15	1,25	1,35	1,45	1,65
0,6	1,05	1,2	1,35	1,6	1,75	1,95	1,05	1,2	1,35	1,4	1,6	1,75	1,95
0,8	1,2	1,35	1,55	1,8	2	2,35	1,2	1,35	1,5	1,65	1,8	2	2,35
1	1,3	1,55	1,8	2,15	2,35	2,8	1,3	1,6	1,7	1,9	2,15	2,35	2,8

- для наплавочной установки:

$$L = K\sqrt[3]{I} \quad , \tag{21}$$

где K–переводной коэффициент: при щелевом отсосе K=12, при воронкообразном K=13,2;

I – сила сварочного тока, А.

Общее количество воздуха, удаляемого общеобменной и местными вытяжными системами вентиляции, м^3/ч, определяется по формуле:

$$L_{уд} = L + L_{м.общ}, \tag{22}$$

где L – часовой объем воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией, м^3/ч.;

$L_{\text{м общ}}$– общее количество воздуха, удаляемого несколькими системами вентиляции, м^3/ч:

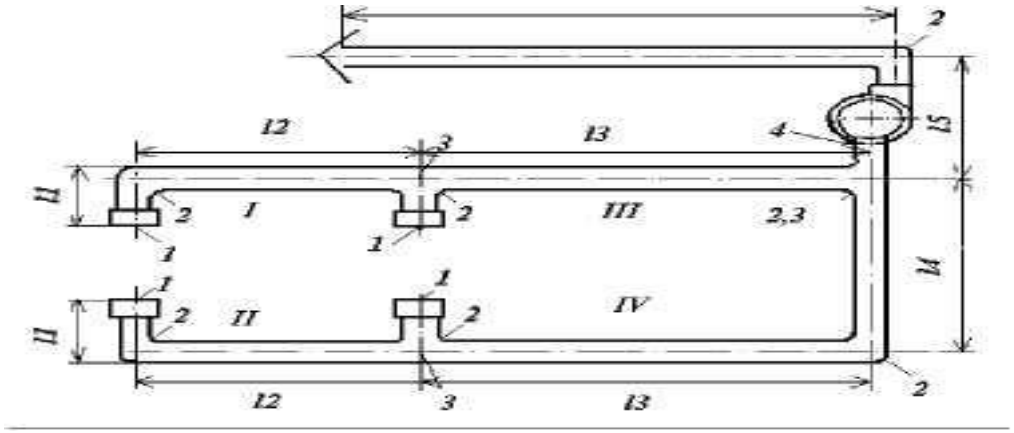
$$L_{\text{м.общ}} = L_{\text{М1}} + \cdots + L_{\text{мП}} = \sum_{i-1}^{n} L_{M_i}\,. \quad (23)$$

Общее количество приточного воздуха, м^3/ч:

$$L_{\text{ПР}} = L_{\text{УД}}. \quad (24)$$

Зная объемы циркулируемого воздуха, вычерчивают схему систем вентиляции производственных помещений, на которой указывают расположение местных отсосов, мест подачи и вытяжки воздуха в системе общеобменной вентиляции, делят схему на расчетные участки.

Длину воздуховодов выбирают из конструктивных соображений, руководствуясь планом размещения оборудования (рисунок 4).



I... IV - номера расчётных участков; 1.. .4 - местные сопротивления:

1 - жалюзи на входе; 2 - колено с углом поворота а=90°; 3 - внезапное расширение отверстия при $F_1/F_2=0_37$; 4 - диффузор вентилятора.

Рисунок 4 - Схема к расчёту вытяжной сети системы вентиляции

Далее рассчитывают сеть воздуховодов отдельно для приточной и вытяжной вентиляции. На отдельном участке сопротивление движению воздуха, Па:

$$\text{Н}_{\text{уч}} = \frac{\rho v^2}{2}\left(\frac{\lambda l}{d} + \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{\text{м}}\right) \quad (25)$$

где ρ – плотность воздуха,кг/м^3 (формула 4);

v– скорость движения воздуха в трубопроводе, необходимая для переноса различной пыли, м/с (таблица 13);

λ – коэффициент сопротивления движению воздуха на участке воздуховода: для металлических труб λ = 0,02, для полиэтиленовых λ =0,01;

l – длина участка,м;

d – диаметр воздуховода,м;

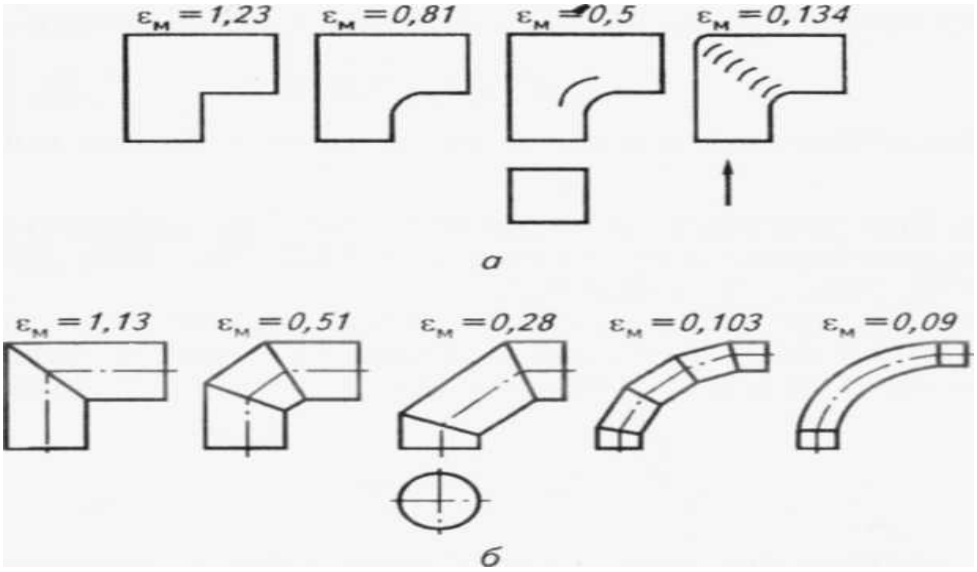
$\varepsilon_м$– коэффициент местных потерь напора (таблица 14, рисунок 6).

Таблица 13 - Рекомендуемые значения скоростей движения воздуха

Вид пыли, переносимой движущимся воздухом	Скорость движения воздуха,
Легкая сухая (древесная, табачная, мучная и т.п.)	8…10
Текстильная, зерновая, пылькрасок	10…12
Минеральная	12…14
Тяжелая минеральная	14…16

Таблица 14 - Значения коэффициента $\varepsilon_м$ для различных местных сопротивлений

Наименование	Значения $\varepsilon_м$
Жалюзи на входе	0,5
Диффузор вентилятора	0,15
Жалюзи на выходе	3,0
Внезапное сужение отверстия при F_2/F_1,равном:	
0,1	0,47
0,3	0,38
0,5	0,3
0,7	0,2
Внезапное расширение отверстия при F_1/F_2,равном:0,2...0,8	
0,1	0,81
0,3	0,49
0,5	0,25
0,7	0,1
Колено с углом поворота α =120°	0,5
Колено с углом поворота α =150°	0,2



а – квадратного сечения; б – круглого сечения

Рисунок 5 - Значения коэффициентов местных потерь напора в поворотных коленах

Диаметр воздуховода, м, рассчитывают поформуле:

$$d = 0{,}033\sqrt{L_{\text{уч}}/\pi v}\ , \qquad (26)$$

где $L_{\text{уч}}$– производительность вентиляции на данном участке вентиляционной сети, м^3/ч.

Полученное значение *d* округляют до ближайшего из следующего стандартизированного ряда, мм:180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630 и т.д.

При расчете диаметра воздуховода необходимо учитывать внезапное расширение отверстия ($F1/F2$) или внезапное сужение ($F2/F1$).

Значения εм для колен с углом поворота α = 90° в зависимости от формы этих элементов воздуховодов указаны на рисунке 6.

Общее сопротивление движению воздуха в воздуховодах сети, Па,

$$\text{Н}_\text{с} = \sum_{i=1}^{m} H_{i\text{уч}}\ . \qquad (27)$$

На основе известного воздухообмена рассчитывают производительность вентилятора L_B с учетом потерь или подсосов воздуха вентиляционной сети:

$$L_\text{В} \square\square k_\text{П} L, \qquad (28)$$

где kП – поправочный коэффициент на расчетное количество воздуха: при использовании стальных, пластмассовых и асбоцементных трубопроводов длиной до 50 м kП = 1,1, в остальных случаях - kП =1,15.

По необходимой производительности и полному расчетному давлению выбирают вентиляторы для общеобменной и местной систем вентиляции.

Назначают тип, номер и технические характеристики вентиляторов (таблица 14), а также их исполнение: обычное – для перемещения не агрессивных сред с температурой не выше 423 К, не содержащих липких веществ, при концентрации пыли и других твердых примесей не более 150 мг/м^3; антикоррозийное – для перемещения агрессивных сред; взрывобезопасное – для перемещения взрывоопасных смесей; пылевое – для перемещения воздуха с содержанием пыли более 150 мг/м^3.

Вентиляторы подбирают по аэродинамическим характеристикам. Зная производительность вентилятора, определяют КПД вентилятора η. При этом следует обеспечить воздухообмен с наибольшим КПД.

Условные обозначения: 4А–серия; 63…132–высота оси вращения, мм; А, В– первая и вторая длины сердечника; S,M,L–соответственно малая, средняя и большая длина корпуса; 2,4,6–число полюсов (6000/2=3000 мин-1; 6000/4 = 1500 мин-1; 6000/6=1000 мин-1); У–климатическое исполнение (для районов с умеренным климатом); 3 – категория размещения.

Таблица 15 - Технические характеристики центробежных вентиляторов серии Ц4-70

Номер венти	Диаметр колеса,	Подача, тыс. м^3/ч	Асинхронный электродвигатель		
			Марка*	Частота вращения,	Мощность, кВт
1	2	3	4	5	6
3	300	0.55...6.8	4АА63А4УЗ 4АА63В4УЗ 4А80А2УЗ	1380 1365 2850	0,25 0,37 1,5
4	400	0,95...11,	4А71А6УЗ	910	0,37
			4А71А4УЗ	1390	0,55
			4А80А4УЗ	1420	1,1
			4А10052УЗ	2880	4
			4А112М2УЗ	2900	7',5
5	500	2...17.5	4А71В6УЗ	900	0,55
			4А80В4УЗ	1415	1,5
			4А901.4УЗ	1425	2,2
6	600	2,5...26	4А90Ь6УЗ	935	1,5

			4А100L6У3	950	2,2
			4А100Ь4У3	1430	4
			4А13254У3	1455	7,5

С целью уменьшения шума вентиляционной установки следует добиваться выполнения условия:

$$\pi D_{\text{В}} n_{\text{В}} < 1800, \quad (29)$$

где $D_{\text{В}}$ – диаметр колеса вентилятора,м.

Определяют мощность электродвигателей для местной вытяжной и общеобменной систем вентиляции, кВт:

$$P = \frac{L_B H}{3{,}6 \cdot 10^6 \eta_B \eta_{\text{П}}}, \quad (30)$$

где $L_{\text{В}}$ – требуемая производительность вентилятора,м^3/ч;

H – давление, создаваемое вентилятором, Па (оно численно равно H_C);

$\eta_{\text{В}}$ – КПДвентилятора;

$\eta_{\text{П}}$– КПД передачи: колесо вентилятора на валу электродвигателя – $\eta_{\text{П}}$ = 1; соединительная муфта – $\eta_{\text{П}}$ = 0,98; клиноременная передача – $\eta_{\text{П}}$ =0,95; плоскоременная передача – $\eta_{\text{П}}$ =0,9.

Выбирают тип электродвигателя: для общеобменной и местной вытяжной систем вентиляции – взрывобезопасного или нормального исполнения в зависимости от удаляемых загрязнений; для приточной системы вентиляции нормального исполнения.

Установленную мощность электродвигателей для вытяжной, приточнойи местной систем вентиляции, кВт, рассчитывают по формуле:

$$\text{Р}_{\text{ут}} = \text{РК}_{\text{зм}}, \quad (31)$$

где $K_{\text{З.М}}$– коэффициент запаса мощности (таблица 16).

Таблица 16 – Значения коэффициента запаса мощности $К_{з.м}$ для вентилятора

Мощность на валу электродвигателя r, кВт	Значения $К_{з.м}$ для вентилятора	
	центробежного	осевого
до 0,5	1,5	1,2
0,51…1	1,3	1,15
1,01…2	1,2	1,1

2,01…5	1,15	1,05
более 5	1,1	1,05

Пример расчет естественной вентиляции.

Помещение оборудовано n=4 вытяжными шахтами естественной вентиляции сечением a×b = 0,7×0,7 м. Каждая из них оборудована заслонкой, позволяющей регулировать сечение.

Определить площадь проходного сечения шахты, если в помещении выделяется *G* = 150000 мг/ч сероводорода. Температура удаляемого воздуха $t_в$ = 28 ^{0}C, температура приточного воздуха $t_н$ = 22 ^{0}C, коэффициент, учитывающий потерю скорости воздуха в канале шахты ψ = 0,6; расстояние между приточными отверстиями и верхним торцом шахт h = 4 м.

ПДК сероводорода – 10 мг/м^3 (таблица 4).

Расчет необходимого воздухообмена при выделении в помещении вредных паров, газов или пыли определяют по формуле (1):

$$L = \frac{150000}{1(10-0)} = 15000 \text{ м}^3.$$

Площадь сечения вентиляционных каналов, м^2 определяют по формуле 3:

$$\sum F = \frac{15000}{15948 \cdot 0{,}5\sqrt{\frac{4(1{,}197-1{,}172)}{1{,}197}}} = 6{,}5 \text{ м}^2.$$

Плотность воздуха, кг/м^3 по формуле 4:

$$\rho_н = \frac{353}{273+22} = 1{,}197 \text{ кг/м}^3, \qquad \rho_в = \frac{353}{273+28} = 1{,}172 \text{ кг/м}^3.$$

Площадь сечения одной шахты, м^2 определим из формулы 5:

$$f = \frac{6{,}5}{4} = 1{,}6 \text{ м}^2.$$

Объем воздуха, удаляемого через один дефлектор, м^3/ч определим по формуле 6:

$$L_Д = \frac{15000}{4} = 3750 \text{ м}^3.$$

Диаметр патрубка дефлектора, м определим по формуле (7):

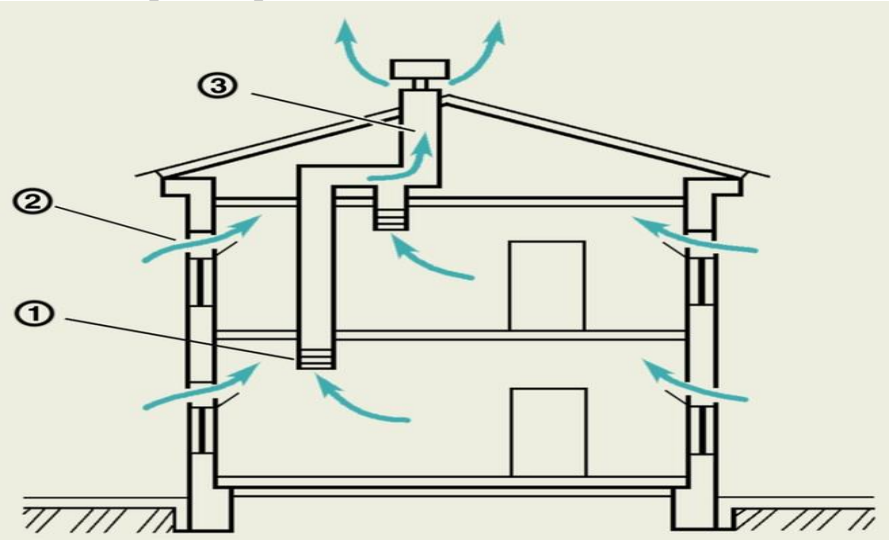
$$D_{\text{П}} = 0{,}0188\sqrt{\frac{3750}{0{,}4 \cdot 3{,}9}} = 0{,}92 \text{ м},$$

где $K_{эф}$ – 0,4 для дефлекторов ЦАГИ;

v_e – 3,9 для города Кокшетау (таблица 3).

По полученному значению диаметр патрубка дефлектора выбираем ближайшее стандартное значение горловины дефлектора $D_п$ = 900 мм.

В конце расчета естественной вентиляции определяют места установки вытяжных каналов и дефлекторов.



1 — вытяжная решетка; 2 — фрамуга или окно; 3 — вытяжная шахта; 4 — дефлектор

Рисунок 6 - Схема естественной вентиляции жилого помещения:

Пример расчет аэрации

В цехе в 1 час выделяется G = 150000 мг/ч сероводорода. Определить площадь приточных и вытяжных аэрационных проёмов (рисунок 2), если температура удаляемого из помещения воздуха равна t=28°С, а расстояние между центрами приточных и вытяжных проёмов h_a=4 м.

Необходимый воздухообмен при выделении в помещении вредных паров, газов или пыли определяется по формуле 1, L= 15000 м^3.

Площадь приточных и вытяжных проемов вычесляют по полученному значению воздухообмена L по формуле (10):

$$\sum F = \frac{15000}{15948 \cdot 0{,}15\sqrt{\frac{4(1{,}197-1{,}171)}{1{,}197}}} = 21\text{м}^2,$$

где $Ψ_р$=0,15 (таблица 4).

Пример расчета проектирования приточной и вытяжной механической вентиляции.

Рассчитать механическую вытяжную вентиляцию для помещения, в котором выделяется пыль или газ и наблюдается избыточное явное тепло.

Исходные данные.

Количество выделяющихся вредностей: $G_{вр}$ = 1,2 кг/ч пыли;

$Q^{Я}_{изб} = 26$кВт.

Параметры помещения: 9х26х6 м.

Температура воздуха: $t_П$ = 21° С, $t_У$ = 24 °С.

Допустимая концентрация пыли $C_{ПДК}$ = 50 мг/м^2

Число работающих – 80 человек в смену

Схема размещения воздуховода приведена на рисунке 5.4.

Подобрать необходимый вентилятор, тип и мощность его электродвигателя.

Расчет: $L_{СГ} \leq L_П \leq L_Б$,

где $L_П$ – потребное количество воздуха для помещения, м^3/ч;

$L_{СГ}$ – потребное количество воздуха, исходя из обеспечения в данном помещение санитарно-гигиенических норм, м^3/ч;

$L_Б$ – то же, исходя из норм взрывопожарной безопасности, м^3/ч.

$l_Д$ = 6м

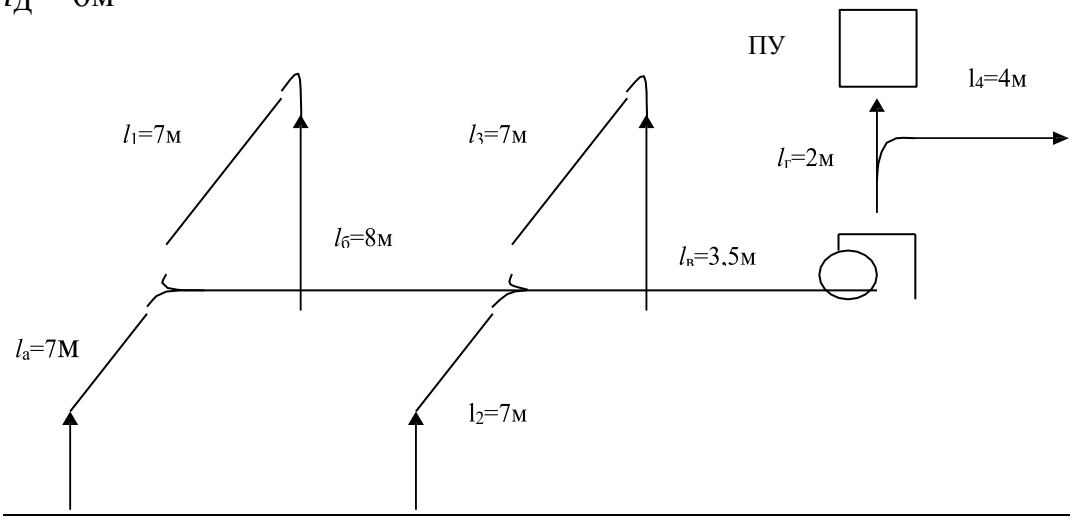


Рисунок 7 - Схема воздуховодов вытяжной вентиляции

Расчет значения $L_{СГ}$ ведут по избыткам явной или полной теплоте, массе выделяющихся вредных веществ, избыткам влаги (водяного пара), нормируемой кратности воздухообмена и нормируемому удельному расходу приточного воздуха. При этом значения $L_{СГ}$ определяют отдельно для теплого и холодного периодов года при плотности приточного и удаляемого воздуха □□= 1,2 кг/м^3 (при температуре 20 □С).

При наличии в помещении явной $Q^{я}_{изб}$ теплоты потребный расход определяют по формуле:

$$L_{я} = \frac{3{,}6 \cdot Q^{я}_{изб}}{1{,}2 \cdot (t_{у} - t_{п})} = \frac{3{,}6 \cdot 26000}{1{,}2 \cdot (24-21)} = 26000 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $t_{у}$ и $t_{п}$ – температуры удаленного и поступающего в помещение воздуха.

При наличии выделяющихся вредных веществ (пар, газ, пыль $m_{вр}$, мг/ч) в помещении потребный расход определяют по формуле:

$$L_{вр} = \frac{G_{вр}}{C_{ПДК} - C_{п}} = \frac{1{,}2 \cdot 10^6}{50 - 0{,}3 \cdot 50} = 34286 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $C_{д}$ – концентрация конкретного вредного вещества, удаляемого из помещения, мг/м^3;

$C_{ПДК}$ – предельно допустимая концентрация вредного вещества в рабочей зоне помещения, мг/м^3.

$C_{п}$ □□0,3 ПДК в рабочей зоне.

Расход воздуха для обеспечения норм взрывопожарной безопасности ведут по массе выделяющихся вредных веществ в данном помещении, способных к взрыву:

$$L_{\sigma} = \frac{G_{вр}}{0{,}1C_{нк} - C_{п}} = \frac{1{,}2 \cdot 10^6}{0{,}1 \cdot 60 - 0{,}3 \cdot 50} = -133{,}333 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $C_{нк}$ = 60 г/м^3 – нижний концентрационный предел распространения пламени по пылевоздушным смесям.

Найденное значение уточняют по минимальному расходу наружного воздуха:

$$L_{min} = n \,□□\, m \,□□\, z = 80 \,□□\, 25 \,□□\, 1{,}3 = 2600 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где m = 25 м^3/ч – норма воздуха на одного работника;

z =1,3 –коэффициент запаса;

n = 80 – число работников.

Окончательно: $L_М$ = 34286 м^3/ч.

Аэродинамический расчет ведут при заданных для каждого участка вентиляционной сети значений их длин *L*, м, и расходов воздуха *L*, м^3/ч. Для этого определяют:

- количество вытяжного воздуха по магистральным и другим воздуховодам;

- суммарное значение коэффициентов местных сопротивлений по участкам определяется по формуле:

$$\sum_{i=1}^{n} \xi_i = \xi_{пов} + \xi_{вт} = \xi_{сп},$$

где $\xi_{пов}$ – коэффициент местного сопротивления поворота;

$\xi_{ВТ} = \xi_{ВТ} \cdot n$ – суммарный коэффициент местного сопротивления вытяжных тройников;

$\xi_{СП}$ – коэффициент местного сопротивления при сопряжении потоков под острым углом, $\xi_{СП}$ = 0,4.

В соответствии с построенной схемой воздуховодов определяем коэффициент местных сопротивлений. Всасывающая часть воздуховода объединяет четыре отсоса, и после вентилятора воздух нагнетается по двум направлениям.

На участках *а*, *1*, *2* и *3* давление теряется на входе в двух (четырех) отводах и в тройнике. Коэффициент местного сопротивления на входе зависит от выбранной конструкции конического коллектора. Последний устанавливается под углом α = 30° и при соотношении l/d_0 = 0,05, тогда по справочным данным коэффициент равен 0,8. Два одинаковых круглых отвода запроектированы под углом α = 90° и с радиусом закругления $R_0/d_Э$ = 2. Для них коэффициент местного сопротивления ξ_0 = 0,15.

Потерю давления в штанообразном тройнике с углом ответвления в 15° ввиду малости (кроме участка *2*) не учитываем. Таким образом, суммарный коэффициент местных сопротивлений на участках *а*, *1*, *2*,*3:*

$$\xi = 0{,}8 + 2 \cdot 0{,}15 = 1{,}1.$$

На участках *б* и *в* местные потери сопротивления только в тройнике, которые ввиду малости (0,01…0,003) не учитываем. На участке *г* потери давления в переходном патрубке от вентилятора ориентировочно оценивают коэффициентом местного сопротивления $\xi_Г$ = 0,1. На участке *д* расположена выпускная шахта, коэффициент местного сопротивления зависит от выбранной ее конструкции. Поэтому выбираем тип шахты с плоским экраном и его относительным удлинением 0,33, а коэффициент местного сопротивления составляет 2,4. Так как потерей давления в

тройнике пренебрегаем, то на участке *д* (включая и ПУ) получим □д = 2,4. На участке *4* давление теряется на свободный выход (□□= 1,1 и в отводе □□= 0,15. Кроме того, следует ориентировочно предусмотреть потерю давления на ответвление в тройнике (□□= 0,15), так как здесь может быть существенный перепад скоростей. Тогда суммарный коэффициент местных сопротивлений на участке *4:*

$$\square\square_4 = 1{,}1 + 0{,}15 + 0{,}15 = 1{,}4.$$

Определение диаметров воздуховодов из уравнения расхода воздуха:

$$d = 1{,}13 \cdot \sqrt{L/V}.$$

Вычисленные диаметры округляются до ближайших стандартных диаметров. По полученным значениям диаметров пересчитывается скорость.

Определяется динамическое давление и приведенный коэффициент сопротивления движению воздуха на участках воздуховода. Подсчитываются потери давления:

$$\mathrm{H_{уч}} = \left(\frac{\lambda l}{d} + \sum \xi\right) \cdot \frac{\rho V^2}{2}.$$

Таблица 17 - Для упрощения вычислений составлена таблица с результатами

Номер	*L*, м	*L*1, 3/	*d*, мм	*V*, м/с	$\frac{\rho V^2}{2}$ П	$\frac{\lambda}{d}$	$r\frac{\lambda}{d}$	$r\frac{\lambda}{d}+$□ □	*Н*уч, Па	H^I ,	Δ*H* ,
а	7	857	400	19	21	0,0	0,28	1,38	298	298	-
б	8	1714	560	19,	22	0,02	0,2	0,2	45,2	343	-
в	3,	3428	800	19	21	0,01	0,05	0,053	11,4	354,	-
г	3,	3428	800	19	21	0,01	0,05	0,153	33	387	-
д	6	2571	675	23	31	0,0	0,12	2,52	799	118	-
1	7	857	400	19	21	0,0	0,28	1,38	298	298	-
2	7	857	400	19	21	0,0	0,28	1,38	298	343	45
3	7	857	400	19	21	0,0	0,28	1,38	298	343	45
4	4	857	40	19	21	0,0	0,16	1,56	337	799	46

Как видно из таблицы, на участке *4* получилась недопустимая невязка в 462 Па (57 %).

Как видно из таблицы, на участках *2*, *3* получилась недопустимая не вязка в 45 Па (13 %).

Для участка *4*: уменьшаем *d* с 400 мм до 250 мм, тогда

$$V = \frac{8572 \cdot 1{,}13^2}{3600 \cdot 0{,}25} = 12 \text{ м/с},$$

при этом $\frac{\rho V^2}{2} = 418$ Па и $\frac{\lambda}{d} = 0{,}08$, Н=780 Па, ΔН=80Па, => $\frac{80}{70} \cdot 100 = 10\%$.

Для участка *2* и *3*: уменьшаем *d* с 400 мм до 250 мм, тогда *V* = 10м/с, при этом $\frac{\rho V^2}{2} = 226$ Па и $\frac{\lambda}{d} = 0{,}25$, Н=305Па, ΔН=80 Па, = $\frac{80}{70} \cdot 100 = 10\%$>.

Выбор вентилятора.

Из приложения 1 [3] по значениям $L_{\text{потр}}$ = 34286 м^3/ч и H^I = 1186 Па вы- бран вентилятор Ц-4-76 №12.5 ($Q_{\text{В}}$ – 35000 м^3/ч, $M_{\text{В}}$ – 1400 Па, □$_{\text{В}}$ = 0,84, □$_{\text{П}}$ = 1). Отсюда установленная мощность электродвигателя составляет:

$$N_{\text{у}} = \frac{1{,}1 \cdot Q_{\text{В}} \cdot H_{\text{В}}}{\eta_{\text{В}} \cdot \eta_{\text{П}} \cdot 3600 \cdot 102} = \frac{1{,}1 \cdot 35000 \cdot 1460}{0{,}84 \cdot 3600 \cdot 102} = 75 \text{ кВт},$$

где $Q_{\text{В}}$ – принятая производительность вентилятора,

$N_{\text{В}}$ – принятый напор вентилятора,

□$_{\text{В}}$ = □□– КПД вентилятора,

□$_{\text{П}}$ – КПД передачи.

По значениям *N* = 75 кВт и □□= 1000 об/мин выбран электродвигатель АО2-92-6 («АО» – защитное исполнение, 92 – размер наружного диаметра, 6 – число полюсов).

2 Производственное освещение

2.1 Естественное освещение

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Источником естественного освещения является солнце. Условия освещения в помещении определяется в основном диффузным светом

небосвода, а также отраженным светом, создаваемым излучением, отраженным от земной поверхности.

Естественное освещение помещений осуществляется: боковым светом — через световые проемы в наружных стенах или через прозрачные части стен, выполненные из пустотелых стеклянных блоков; верхним — через световые проемы, устраиваемые в покрытии или через прозрачные части покрытия; комбинированным — через световые проемы в покрытии и стенах или через прозрачные ограждения покрытий и стен.

Применение одной из трех перечисленных систем естественного освещения зависит от назначения и размеров помещения, от требований к освещению, а также от расположения помещения в плане здания. В зданиях с большими площадями преобладающее значение для естественного освещения имеют фонари или прозрачные части покрытий, выполненные из стекло-железобетона.

Так как естественный свет непостоянен, может резко изменяться даже в течение нескольких минут, то естественное освещение нормируется не по освещенности, а по коэффициенту естественной освещенности (КЕО).

Коэффициент естественной освещенности (е) представляет собой отношение естественной освещенности в данной точке внутри помещения $E_в$ к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $E_н$, создаваемой светом полностью открытого небосвода. КЕО выражается формулой:

$$e = \frac{E_в}{E_н} \cdot 100, \% \, . \qquad (1)$$

Таким образом, коэффициент естественной освещенности показывает, какую долю наружной освещенности диффузного света небосвода составляет освещенность в расчетной точке внутри помещения.

В соответствии с требованиями СН РК 2,04.-02.2011 «Естественное и искусственное освещение» устанавливают минимальные значения КЕО в зависимости от разряда зрительной работы, системы освещения (боковое, верхнее).

Разряд зрительной работы определяется по наименьшему размеру объекта различения, например, толщина линии, нити, царапина и т.д.

Нормированные значения КЕО e_N для зданий располагаемых в различных районах следует определять по формуле:

$$e_N = e_н \cdot m_{N,,} \qquad (2)$$

где N –номер группы обеспеченности естественным светом (таблица 1а);

$e_н$- значения КЕО по таблице 13

m_N- коэффициент светового климата по таблице 1

Упрощенный метод расчета заключается в предварительном определении площади световых проемов которая обеспечит нормированное значение КЕО.

Расчет производится по следующим формулам:

- при боковом освещении

$$100\frac{S_o}{S_n} = \frac{e_н K_з \eta_o}{\tau_o r_1} K_{зд}, \quad (3)$$

- при верхнем освещении

$$100\frac{S_o}{S_n} = \frac{e_н K_з \eta_ф}{\tau_o r_2 K_ф}, \quad (4)$$

где S_o - площадь световых проемов при боковом освещении, м^2;

S_n- площадь пола помещения, м^2;

$e_н$ – нормируемое значение КЕО

$К_з$–коэффициент запаса, принимают по таблице 9;

η_o - световая характеристика окон, принимают по таблице 2;

τ_o - общий коэффициент светопропускания, определяют по формуле:

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (5)$$

где τ_1 - коэффициент светопропускания материала, принимают по таблице 4;

τ_2 - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема, принимают по таблице 5;

τ_3 - коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, при боковом освещении равен 1, при верхнем освещении принимают по таблице 6;

τ_4 - коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, принимают по таблице 7;

τ_5 - коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимают равным 0,9;

r_1 - коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении, благодаря свету, отраженному от поверхности помещения и подстилающего слоя, примыкающего к зданию, принимают по таблице 11;

$К_{зд}$ - коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями, принимают по таблице 9;

$S_ф$ -площадь световых проемов (в свету) при верхнем освещении, м^2;

$\eta_ф$-световая характеристика фонаря или светового проема в плоскости покрытия по таблице 3;

r_2 - коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении, благодаря свету, отраженному от поверхности помещения, принимают по таблице 12;

$К_ф$- коэффициент, учитывающий тип фонаря, принимают по таблице 7.

2.2 Цель и порядок расчета естественного освещения

Цель расчета естественного освещения - определение площади остекления, при которой будет обеспечена величина нормированного коэффициента естественной освещенности. При этом определяются тип переплетов (фонарей), положение остекления, количество световых проемов и др.

Порядок расчета:

1. Выбор системы естественного освещения.

Выбор производится в зависимости от назначения производственного помещения с учетом специфики технологического процесса.

Освещение может быть боковое (одностороннее иди двустороннее), верхнее - через аэрационные фонари, комбинированное (верхнее и боковое).

2. Выбор нормированного значения коэффициента естественной освещенности производится по СН РК 2,04.-02.2011 «Естественное и искусственное освещение». Для этого необходимо определить разряд зрительной работы в зависимости от наименьшего размера объекта различения.

Скорректировать значения $е_н$ в зависимости от района расположения здания с учетом светового климата по формуле (2). При этом коэффициент светового климата определяют в зависимости от номера группы административных районов по ресурсам светового климата (таблица 1,а).

3. Выбор коэффициента запаса $К_з$, который учитывает снижение КЕО за счет загрязнения остекления, производится по таблице 9. Для этого необходимо установить категорию помещения по условиям загрязнения воздушной среды и расположение светопропускающего материала по отношению к горизонту.

4. Определение световой характеристики световых проемов производится:

а) при боковом освещении по таблице 2 в зависимости от величины отношения длины помещения L к его глубине l (L/l), а также величины отношения глубины помещения l к его высоте от уровня условной рабочей поверхности от верха окна h_1 (l/ h_1);

б) при верхнем освещении по таблице 3 в зависимости от типа фонаря, а также величин отношений длины помещения к ширине ($L_п$/B) и высоты помещения к ширине (H/B).

5. Определение общего коэффициента светопропускания производится по формуле (5), а также с помощью таблиц 4-7.

6. Определение коэффициентов:

а) r1 - для бокового освещения по таблице 11.

Для этого необходимо определить:

- отношение глубины помещения к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна - l/ h_1;

- отношение глубины помещения к ширине помещения - l/B;

- отношение длины помещения к его глубине - L/l;

- величину средневзвешенного коэффициента отражения $\rho_{ср}$ потолка, стен и пола, которая определяется по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2 + \rho_3 S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \cdot 100, \% \, , \qquad (6)$$

где ρ_1, ρ_2, ρ_3 - коэффициенты отражения потолка, стен и пола соответственно;

S_1, S_2, S_3 - площадь поверхности потолка, стен и пола соответственно.

7. Определение коэффициента $К_{зд}$, учитывающего затенение противостоящими зданиями, производится с помощью таблицы 9 в зависимости от величины отношения расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданием к высоте расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна *($Р_{зд}/Н_{зд}$)*.

8. Определение площади световых проемов производится:

а) при боковом освещении по формуле (3);

б) при верхнем освещении по формуле (4).

Установленные расчетом размеры световых проемов допускается изменять на + 5%, -10 %.

Таблица 1 — Коэффициенты светового климата в зависимости от группы административного района и ориентации световых проемов по сторонам горизонта

Световые проемы	Ориентация световых проемов по горизонтам	Коэффициент светового климата *m*										
		Номер группы административных районов										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В наружних	С	1	0,9	1,	1,	0,8	0,9	1	1	0,9	0,7	0,7

стенах здания				1	2						5	5
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8	0,9	1	1	0,9	0,75	0,7
	З, В	1	0,9	1,1	1,1	0,8	0,9	1	0,9	0,8	0,7	0,65
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1	1,1	0,8	0,85	1	0,9	0,8	0,7	0,65
	Ю	1	0,85	1	1,1	0,75	0,85	0,95	0,9	0,8	0,7	0,65
В прямоугольных и трапец.-х фонарях	С-Ю	1	0,9	1,1	1,2	0,75	0,9	1	0,9	0,9	0,8	0,8
	СВ-ЮЗ ЮВ-СЗ	1	0,9	1,2	1,2	0,7	0,9	1	0,9	0,85	0,8	0,75
	В-З	1	0,9	1,1	1,2	0,7	0,85	1	0,85	0,8	0,75	0,7
В фонарях типа «шед»	С	1	0,9	1,2	1,2	0,7	0,9	1	0,9	0,9	0,8	0,8
В зенитных фонарях	—	1	0,9	1,2	1,2	0,75	1	1	0,8	0,8	0,75	0,7
П р и м е ч а н и я 1 С - северное; СВ - северо-восточное; СЗ - северо-западное; В - восточное; З - западное; С-Ю - север-юг; В-З - восток-запад; Ю - южное; ЮВ - юго-восточное; ЮЗ - юго-западное. 2 Группы административных районов стран ЕврАзЭС по ресурсам светового климата приведены в таблице 1а												

Таблица 1а - Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административный район
Казахстан	
8	Акмолинская, Костанайская, Северо-Казахстанская области
9	Актюбинская, Западно-Казахстанская области
10	Атырауская, Восточно-Казахстанская, Карагандинская, Мангистауская, Павлодарская области
11	Алматинская, Жамбылская, Кызылординская, Южно-Казахстанская области

Таблица 2 - Значения световой характеристики η_o окон при боковом освещении

Отношение	Значения световой характеристики η_o при отношении

длины помещения к его глубине	глубины помещения к его высоте от уровня условной рабочей поверхностидо верха окна							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 и более	6	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	-

Таблица 3 - Значение световой характеристики фонарей ηф

Тип фонарей	Отношение длины помещения Lп к ширине В								
	от 1 до 2			от 2 до 4			более 4		
	Отношение высоты помещения Н к ширине В								
	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1,0	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1,0	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1,0
С вертикальным двусторонним остеклением	5,8	9,4	16	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
С наклонным двусторонним остеклением	3,5	5,2	6,2	2,8	3,8	4,7	2,7	3,6	4,1
С вертикальным односторонним остеклением	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10	4,9	7,1	8,5
С наклонным односторонним остеклением	3,8	4,5	6,8	2,9	3,4	4,5	2,5	3,2	3,9

Таблица 4 - Значения коэффициента τ_1

Вид светопропускающего материала	τ_1
Стекло оконное листовое: -одинарное - двойное - тройное	0,9 0,8 0,75
Стекло витринное толщиной 6-8 мм	0,8
Стекло листовое армированное	0,6
Стекло листовое узорчатое	0,65
Стекло листовое со специальными свойствами: - солнцезащитное	0,65

- контрастное	0,75
Органическое стекло: - прозрачное - молочное	0,9 0,6
Пустотелые стеклянные блоки светопрозрачные	0,5 0,55
Стеклопакеты	0,8

Таблица 5 -Значения коэффициента τ_2

Вид переплета для окон промышленных зданий	τ_2
Переплеты деревянные : одинарные спаренные двойные раздельные	 0,75 0,7 0,6
Переплеты стальные: одинарные открывающиеся одинарные глухие двойные открывающиеся двойные глухие	 0,75 0,9 0,6 0,8

Таблица 6 -Значения коэффициента τ_3

Несущие конструкции покрытий	τ_3
Стальные формы	0,9
Железобетонные и деревянные формы и арки	0,8
Балки и рамы сплошные при высоте сечения : 50 см и более менее 50 см	 0,8 0,9

Таблица 7 -Значение коэффициента τ_4

Солнцезащитные устройства, изделия и материалы	τ_4
Убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы (межстекольные внутренние, наружные)	1
Стационарные жалюзи и экраны с защитным углом не более 45^0 при расположении пластин жалюзи или экранов под углом 90^0 к плоскости окна: горизонтальные вертикальные	 0,65 0,75
Горизонтальные козырьки: с защитным углом не более 30^0 с защитным углом от 15 до 45^0 (многоступенчатые)	 0,8 0,9-0,6

Таблица 8 -Значения коэффициента $К_ф$

Тип фонаря	$К_ф$
Световые проемы в плоскости покрытия, ленточные	1
Световые проемы в плоскости покрытия, штучные	1,1
Фонари с наклонным двусторонним остеклением (трапециевидные)	1,15
Фонари с вертикальным двусторонним остеклением (прямоугольные)	1,2
Фонари с наклонным односторонним остеклением (шеды)	1,3
Фонари с вертикальным односторонним остеклением (шеды)	1,4

Таблица 9 - Значения коэффициента $К_{зд}$

$Р/Н_{зд}$	0,5	1	1,5	2	3 и более
$К_{зд}$	1,7	1,4	1,2	1,1	1

Таблица 10 - Значение коэффициента запаса

Помещения и территории	Примеры помещений	Коэффициент запаса Кз				
		При ЕО и расположении светопропускающего материала			При искусственном освещении	
		Вертикально	Нак-лонно	Горизон-тально	Газоразрядные лампы	Лампы накаливания
1	2	3	4	5	6	7

1. Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне: а) св. 5 мг/м^3 пыли, дыма, копоти	Агломерационные фабрики, цемент-ные заводы и обрубные отделения литейных цехов. Цеха кузнечные, литейные, сварочные, сборного железобетона	1,5	1,7	2	2	1,7
б) от 1 до 5 мг/ м^3 пыли, дыма, копоти	Цеха инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, пошивочные	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5
в) менее 1 мг/м^3 пыли, дыма, копоти	Цеха химических заводов по выработке кислот, щелочей, едких химических реактивов, ядохимикатов, удобрений	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот	Цеха гальванических покрытий и гальванопластики	1,5	1,7	2	1,8	1,5
2. Помещений с особым режимом по чистоте воздуха: а) с технического этажа б) снизу из помещений		- -	- -	- -	1,3 1,4	1,1 6 1,2
3. Помещения общественных и жилых зданий	Кабинеты, учебные помещения, лаборатории, торговые залы и т.д.	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3

Таблица 11 - Значения коэффициента r2

Отношение высоты помещения, принимаемой от условной рабочей поверхности до нижней грани остекления, $H_ф$ к ширине В	Средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола		
	$\rho_{ср}$=0,5	$\rho_{ср}$=0,4	$\rho_{ср}$=0,3
2	1,7	1,6	1,4
1	1,5	1,4	1,3

0,75	1,45	1,35	1,25
0,5	1,4	1,3	1,2
0,25	1,35	1,25	1,15

$\frac{l}{h_1}$	$\frac{l}{B}$	Значения r_1 при боковом одностороннем освещении									Значения r_1 при боковом двустороннем освещении								
		Средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола																	
		0,5			0,4			0,3			0,5			0,4			0,3		
		Отношение длины помещения к его глубине																	
		0,5	1	2 и >	0,5	1	2 и >	0,5	1	2 и >	0,5	1	2 и >	0,5	1	2 и >	0,5	1	2 и >
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
От 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1	1,35	1,25	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	1	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,6	1,4	1,25	1,45	1,3	1,5	1,25	1,15	1,1
Свыше 1,5 до 2,5	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1	1,8	1,45	1,25	1,4	1,35	1,15	1,25	1,15	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2	2,1	1,75	1,5	1,75	7,45	1,2	1,3	1,25	1,2
	1	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5	2,35	2	1,6	1,9	1,6	1,5	1,5	1,35	1,2
	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1

Свыше 2,5 до 3,5	0,2	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1	1,05	1,05	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,4	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1	1	1,1	1,35	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	0,6	2	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,6	1,8	1,6	1,35	1,5	1,35	1,5	1,35	1,2	1,35	1,25	1,15
	0,8	3,6	3,1	2,1	2,4	2,2	1,55	1,9	1,7	1,4	2,8	2,4	1,9	1,9	1,6	1,3	1,65	1,5	1,25
	1	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7	4,45	3,35	2,65	2,4	2,1	1,6	2	1,7	1,4
Свыше 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,4	1,8	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2	2,35	2	1,75	1,6	1,4	1,3	1,35	1,25	1,15
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5	4,2	3,5	2,85	2,25	2	1,7	1,95	1,7	1,4
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9	5,8	4,5	3,6	2,8	2,4	1,95	2,25	2	1,6
	1	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5	6,3	5	4	3,5	2,9	2,4	2,6	2,25	1,9

Таблица 12 - Значения коэффициента r1

Т а б л и ц а 13 — Требования к освещению помещений промышленных предприятий

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение			Совмещенное освещение
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта UGR и коэф. пульсации		КЕО $e_н$, %			
						При системе комбин.-го освещения		При системе общего освещения			При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
						всего	в т.ч. от общего		*UGR*, не более	$K_п$, %, не более				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	500	500	—	21	10				
						4500	500	—	19	10				
			б	»	Средний	4000	400	1250	21	10				

				Средний	Темный	3500	400	1000	19	10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500 2000	300 200	750 600	21 19	10 10	—	—	6,0	2,0
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	1500 1250	200 200	400 300	21 19	10 10				
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	400	200	200	24	15				

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000 3500	400 400	— —	21 19	10 10				
			б	» Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600	21 19	10 10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	200 200	500 400	21 19	10 10	—	—	4,2	1,5
			г	Средний Большой	Светлый » Средн	1000 750	200 200	300 200	21 19	10 10				

				»	ий									
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	24 21	15 15				
			б	» Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200	24 21	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	24 21	15 15	—	—	3,0	1,2
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	400	200	200	24	15				
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	24	20				
			б	» Средний	Средний Темный	500	200	200	24	20				
			в	Малый	Светл						4,0	1,5	2,4	0,9

				Средний Большой	ый Средний Темный	400	200	200	24	20				
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	—	—	200	24	20				

Окончание таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Малой точности	Св. 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	24	20				
			б	» Средний	Средний Темный	—	—	200	24	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	—	—	200	24	20	3,0	1,0	1,8	0,6
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	—	—	200	24	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста		—	—	200	24	20	3,0	1,0	1,8	0,6

Работа со светящимися материалами и издел. в горячих цехах	Более 0,5	VII		То же	—	—	200	24	20	3,0	1,0	1,8	0,6
Общ. наблюдение за ходом производств-го процесса: постоянное периодическое пребывании людей в помещении то же общее наблюдение за инженер. коммуникации		VIII	а	»	—	—	200	24	20	3,0	1,0	1,8	0,6
			б	»	—	—	75	—	—	1,0	0,3	0,7	0,2
			в	»	—	—	50	—	—	0,7	0,2	0,5	0,2
			г	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	—	—	20	—	—	0,3	0,1	0,2	0,1

П р и м е ч а н и я

1 Для подразряда норм от Iа до IIIв может приниматься один из наборов нормируемых показателей, приведенных для данного подразряда в гр. 7 — 11.

2 Освещенность следует принимать с учетом пп. 7.5 и 7.6 настоящих норм.

3 Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего

4 Освещенность при работах со светящимися объектами размером 0,5 мм и менее следует выбирать в соответствии с размером объекта различения и относить их к подразряду «в».

Таблица 14

	TL218 CL							TL418 CL								TL236 CL								TL436 CL							
потолок	80	80	80	70	50	50	30	80	80	80	70	50	50	30	0	80	80	80	70	50	50	30	0	80	80	80	70	50	50	30	0
стены	80	50	30	50	50	30	30	80	50	30	50	50	30	30	0	80	50	30	50	50	30	30	0	80	50	30	50	50	30	30	0
пол	30	30	10	20	10	10	10	30	30	10	20	10	10	10	0	30	30	10	20	10	10	10	0	30	30	10	20	10	10	10	0
0,6	45	30	24	28	27	23	23	48	34	28	33	31	28	27	24	46	31	25	30	28	25	24	21	50	34	28	33	32	28	27	23
0,8	51	36	29	34	33	29	28	55	41	35	40	38	34	34	31	52	38	31	36	34	31	30	27	57	42	35	40	38	34	34	30
1	55	41	34	39	37	33	33	59	47	40	44	42	39	39	35	56	43	36	41	38	35	35	31	62	47	40	45	43	39	38	35
1,25	59	47	39	44	41	38	37	64	53	45	50	47	44	44	41	61	49	41	46	43	40	39	36	66	54	45	51	48	44	44	40
1,5	62	51	42	47	44	41	41	66	57	48	53	50	47	47	44	63	52	44	49	46	43	43	39	69	58	49	54	51	48	47	44
2	66	56	47	52	48	45	45	69	61	52	57	53	51	50	48	66	57	48	53	49	47	46	43	77	63	53	58	54	52	51	48
2,5	68	60	50	55	51	49	48	71	64	55	59	55	54	53	50	69	61	51	56	52	50	49	46	75	67	56	61	57	55	54	51
3	70	63	52	57	53	51	50	73	67	57	62	57	56	55	53	70	64	54	58	54	52	51	49	77	70	59	64	59	57	57	54
4	7	6	5	6	5	5	5	7	6	5	6	5	5	5	5	7	6	5	6	5	5	5	5	7	7	6	6	6	5	5	5

	2	6	5	0	5	3	2	4	9	9	3	8	7	6	4	2	6	6	0	6	4	3	1	8	3	1	6	1	9	8	6	
5	73	68	57	61	56	55	54	75	71	60	65	59	58	57	55	73	69	57	62	57	56	55	52	80	75	63	68	62	61	60	57	
	TLPL114								TLPL224								TLPL228								TLPL280							
потолок	80	80	80	70	50	50	30	0	80	80	80	70	50	50	30	0	80	80	80	70	50	50	30	0	80	80	80	70	50	50	30	0
стены	80	50	30	50	50	30	30	0	80	50	30	50	50	30	30	0	80	50	30	50	50	30	30	0	80	50	30	50	50	30	30	0
пол	30	30	10	20	10	10	10	0	30	30	10	20	10	10	10	0	30	30	10	20	10	10	10	0	30	30	10	20	10	10	10	0
0,6	48	29	21	27	26	21	20	15	45	27	20	26	25	20	19	15	52	32	25	31	30	24	24	19	52	32	24	31	29	24	23	18
0,8	55	36	28	34	32	27	26	21	52	34	26	32	30	26	25	20	60	40	32	38	36	31	31	25	60	40	31	38	36	31	30	25
1	60	41	32	39	36	31	30	25	57	39	31	37	35	30	29	24	65	46	37	44	41	36	35	30	66	46	37	44	41	36	35	29
1,25	65	47	37	44	41	36	35	30	61	45	36	42	39	35	34	29	70	53	43	50	47	42	41	36	71	53	43	50	46	42	41	35
1,5	69	52	41	48	45	40	39	33	65	50	40	46	43	39	38	33	74	58	47	54	50	46	45	40	75	58	47	54	50	46	45	39
2	73	58	47	54	49	45	44	38	69	56	45	51	47	43	43	38	79	65	53	60	55	51	50	45	79	65	53	60	55	51	50	45
2,5	76	63	51	58	53	49	48	42	72	60	49	55	51	47	46	42	82	70	57	64	59	55	54	50	82	70	57	64	59	55	54	49
3	79	67	54	61	56	52	51	46	74	64	52	58	53	50	49	45	82	74	61	67	62	59	58	53	85	74	61	68	62	59	58	53
4	8	7	5	6	5	5	5	4	7	6	5	6	5	5	5	4	8	7	6	7	6	6	6	5	8	7	6	7	6	6	6	5

	1	1	8	4	9	6	4	9	6	8	5	1	6	3	2	8	7	8	4	0	5	2	1	7	7	8	4	1	5	2	1	6
5	83	75	61	67	61	58	57	52	78	71	58	64	58	56	55	51	88	81	66	73	67	64	63	59	89	81	67	73	67	65	63	59

Таблица 15 - Коэффициенты отражения

Поверхность	Материал	Коэффициент отражения, %
Потолок	Бетон	40
	Штукатурка	73
	Плитка подвесного потолка белая	70
	Плитка подвесного потолка светло-серая	50
Стены	Пластик светлый	60
	Гипсокартон белый	80
	Обои (желтые, бежевые, розовые)	50
	Обои (голубые, светло-зеленые)	30
	Обои (красные, коричневые)	20
Пол	Плитка однотонная светлая	30
	Паркетная доска светлая	20
	Паркетная доска темная	10
	Ламинат светлый (ясень)	30
	Линолеум светло-серый	20
	Ковролин однотонный серый	10

Примеры расчета.

Рассчитать естественную освещенность в диспетчерском пункте подстанции.

Определить необходимую площадь световых проемов (остекления).

Д а н о: диспетчерский пункт подстанции находится в Актау.

Геометрические размеры помещения: длина помещения L =15 м; В= 8 м; высота Н = 5 м. Высота от рабочей поверхности ($h_{р.п.}$ =0,7 м) до верха окна ($h_{ок}$=3,5 + $h_{н\ ок}$ =1,2) h1 = $h_{ок}$ + $h_{н\ ок}$ – $h_{р.п.}$ = 3,5 + 1,2 – 0,7= 4 м. Коэффициенты отражения потолка, стен и пола: 50 %, 30%, 10 %.

Противостоящее здание находится на расстоянии $Р_{зд}$ = 30 м; $Н_{зд}$ = 30 м.

Спроектировать боковое, *одностороннее* (т.к. В< 12 м рекомендуется односторонняя системя естественного освещения) естественное освещение.

Предусмотреть использование двойного оконного стекла в деревянных спаренных вертикально расположенных переплетах. Наименьший размер объекта различения - 4 мм.

Р е ш е н и е:

Нормируемое значение КЕО определяется по формуле (2):

$$e_N = e_н \cdot m_N = 1 * 0{,}75 = 0{,}75,$$

где ен =1 по таблице 13;

m_N= 0,75 по таблице 1,1 а для Актау при ориентации окон на север

$K_з$ = 1,6 коэффициент запаса по таблице 10.

Находим световую характеристику световых проемов η_0 =9,5 по таблице 2 при l=B-1 м=8-1=7 м, L/l = 15 : 7 = 2 ; l/ h1 = 7 :4 = 1,75.

Определяем общий коэффициент светопропускания по формуле (5):

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4, = 0{,}8 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}8 \cdot 1 = 0{,}45,$$

где τ_1 = 0,8 по таблице (4);

τ_2 = 0,7 по таблице (5);

τ_3 = 0,8 по таблице (6);

τ_4 = 1 по таблице (7).

Определяем коэффициент r1 - для бокового освещения по таблице (11).

Для этого находим: отношение глубины помещения к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна - l/h1 = 1,75; отношение глубины помещения к ширине помещения - l/B = 7/8 = 0,5; отношение длины помещения к его глубине - L/ l = 2; величину средневзвешенного коэффициента отражения ρср потолка, стен и пола, при площади потолка S1 = 15•8 = 120 м^2; площади стен S2=2•8•5+ 15 •5 = 160 м^2; площади пола S3 = 15•8 = 120 м^2:

$\rho_{ср}$ = (50•120 + 30•160 + 10•120)/ (120 + 160 + 120) = 30 (%).

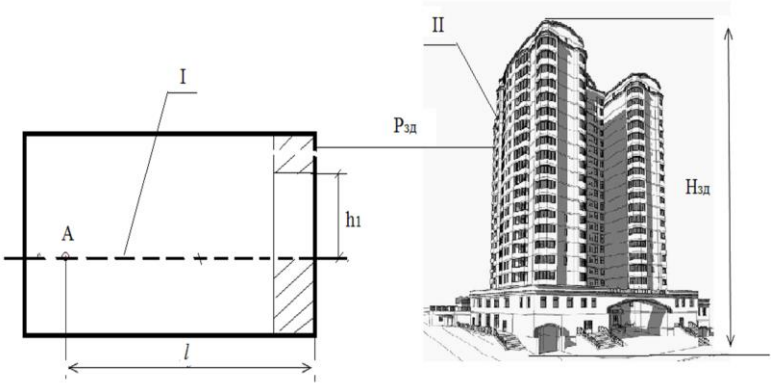
r1 = 1,15.

Находим коэффициент *Кзд*, учитывающий затенение противостоящим зданием по таблице 9 при отношении $P_{зд}/H_{зд}$ = 30/30 = 1 и ср = 30 % - $K_{зд}$ =1,4.

Определяем площадь световых проемов по формуле (3):

$$S_o = \frac{S_n \cdot e_н \cdot K_з \cdot \eta_o}{100 \cdot \tau_o \cdot r_1} K_{зд} = \frac{120 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}6 \cdot 9{,}5 \cdot 1{,}4}{100 \cdot 0{,}45 \cdot 1{,}15} = 37 м^2$$

.



1 - условная рабочая поверхность; 2 - противостоящее здание; А – расчетная точка.

Рисунок 1 - Система естественного освещения

2.3 Искусственные освещение

Проектирование осветительных установок (ОУ) подчиняется общим положениям, принятым в СН РК 2,04.-02.2011 «Естественное и искусственное освещение». Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства.

В светотехнической части проекта производится выбор значений освещенности и показателей качества освещения, систем, видов и способов освещения, типов источников света и осветительного прибора.

Выполняются светотехнические расчеты, в результате которых выбираются тип, мощность и расположение осветительных приборов.

В практике проектирования приходится рассматривать несколько вариантов устройства ОУ, отличающихся друг от друга по отдельным характеристикам или их совокупности: различные системы освещения, различные типы источников света и светильников, различная высота установки светильников.

2.3.1 Выбор источников света.

При выборе источников света (ИС) рекомендуется руководствоваться следующими указаниями:

а) для общего внутреннего и наружного освещения использовать преимущественно разрядные лампы;

б) применять лампы больше единичной мощности, при которой возможно выполнение нормативных требований к качеству освещения;

в) при технической необходимости или по архитектурно-художественным соображениям допускается применять в пределах одного помещения разрядные лампы и лампы накаливания;

г) не допускается, как правило, питать разрядные лампы постоянным током, а также применять их в случаях, когда возможно снижение напряжения до уровня ниже 90 % номинального.

Лампы накаливания применяются;

- для освещения помещений с тяжелыми условиями среды и при наличии взрывоопасных зон, если отсутствуют светильники с РЛ;
- в помещениях, где выполняются зрительные работы VI и VIII разрядов при временном пребывании людей, а также при постоянном пребывании людей, в случае технико-экономической целесообразности;
- для общего и местного освещения в помещениях с повышенной опасностью поражения электрическим током, когда не допускается применение напряжения 127 В и выше;
- для местного освещения при необходимости концентрации светового потока или его направленности, а также при конструктивной невозможности установки светильников с ЛЛ;

-в помещениях (независимо от точности выполняемых работ), где недопустимы радиопомехи;

- для аварийного освещения, когда «рабочее» выполнено РЛ.

Рассмотрим основные типы источников света, пришедших на замену лампам накаливания.

Галогенные лампы являются усовершенствованными лампами накаливания, в которых металл нити накала образует химические соединения с веществами, содержащимися в наполнении колбы - йодом, бромом, которые, при правильно подобранной температуре компактной колбы, не оседают на ней, а возвращаются конвекционными потоками обратно к спирали, где на ее поверхности вновь высвобождается чистый металл. Таким образом, снижается расход металла на испарение, что позволяет нити накаливания работать при более высокой, чем у обычных ламп накаливания, температуре, от которой зависит светоотдача и цветовая температура света, а также увеличивается срок службы. Светоотдача таких ламп составляет 17-24 лм/Вт, цветовая температура 2900-3000 К («теплый" свет»), цветопередача Ra 99 - срок службы 2-8 тыс. ч.

Более экономичными являются низковольтные галогенные лампы**.** Это объясняется тем, что у них, при равной мощность, нить короче и толще, что позволяет ей работать при повышенной температуре, и снижает риск перегорания, отчего и срок службы таких ламп всегда выше. Однако такие лампы требуют понижающих электронных трансформаторов. Галогенные лампы, рассчитанные на сетевое напряжения, однако, более удобны, поскольку не требуют трансформаторов и изготавливаются с внешней колбой и цоколем Е27, позволяющим использовать их в обычных светильниках вместо ламп накаливания.

Линейные люминесцентные лампы**.** Люминесцентные лампы представляют собой газоразрядные источники света, принцип действия которых заключается в следующем: под воздействием электрического поля в парах ртути, закачанной в герметичную стеклянную трубку, возникает электрический разряд, сопровождающийся ультрафиолетовым излучением. Нанесенный на внутреннюю поверхность трубки люминофор преобразует ультрафиолетовое излучение в видимый свет. Подбирая соответствующие виды люминофора, можно изменять цветовые характеристики ламп.

Люминесцентные лампы создают значительно более рассеянный свет, чем малоразмерные источники, такие как, лампы накаливания, галогенные и газоразрядные лампы высокого давления. В силу этого свойства и благодаря высокой световой отдаче, эти лампы идеально подходят для освещения больших помещений, где не требуется в течение суток часто включать и выключать освещение.

Светоотдача колеблется в пределах 70-104 лм/Вт, цветовая температура - 2700-6500 К, срок службы - 10-45 тыс. ч.

Наиболее предпочтительными во всех отношениях, в том числе цены, для внутреннего освещения считаются лампы с трехполосным люминофором, излучающим спектр из трех длин волн, соответствующих максимальной чувствительности колбочек сетчатки - красный, зеленый и синий, белое свечение с различными оттенками достигается смешением этих лучей, а также света, излучаемого разрядом. Обычные старые лампы на галофосфатном люминофоре (типа ЛБ, ЛТБ и ЛД), на определенных участках спектра - в желто-зеленой области, даже выигрывают по передаче оттенков, однако они плохо передают красные и синие цвета, и обладают низкой светоотдачей, из-за чего, на данный момент, сняты с производства.

Компактно-люминесцентные лампы с резьбовыми цоколями Е14 и Е27 действуют по принципу, сходному с люминесцентными лампами. Будучи созданными для прямой замены ламп накаливания, они, однако, обладают рядом недостатков: более низкая светоотдача - из-за меньшей, при равных мощностях, длины разрядных трубок, а также из-за значительных потерь при поглощении света в полости развитой поверхности трубок; меньший срок службы, в основном из-за более примитивного устройства ПРА, не обеспечивающего прогрева спиралей, а также часто выходящего из строя прежде разрядной трубки.

Светоотдача ламп составляет 50-75 лм/Вт, срок службы - 8-20 тыс. ч., цветовая температура - 2500-6400 лм/Вт, цветопередача Ra 80-85, выпускаются только с трехполосным люминофором.

Светодиодные лампы и светильники**.** Действие их основано на свечении кристаллов и люминофора, возбуждаемого частью видимого излучения кристалла (синего). Вопреки заявлениям многих производителей и продавцов, эти источники света, даже от самых известных производителей, обладают пока весьма скромными характеристиками - светоотдача 50-80 лм/Вт, цветопередача Ra 60-80, цветовая температура - 3000-6000 K, но технологии в этом направлении на данный момент развиваются. Спектр светодиодов в чем-то подобен спектру галофосфатных люминесцентных ламп - он состоит из из узкой синей полосы длиной волны 450 нм и участка непрерывного спектра неравномерной интенсивности в зелено-оранжевой области. Вне зависимости от цветовой температуры, светодиоды плохо передают красных цвет.

Учитывая эти факторы, предпочтительнее выбирать светодиодные лампы с низкой цветовой температурой, в излучении которых, синий свет кристалла составляет меньшую часть.

Металлогалогенные лампы**.** Являются газоразрядными лампами высокого давления (не путать с галогенными лампами), в которых преобладающим является излучение ионов металлов, особенно редкоземельных, образующихся в ртутном разряде при температуре 900-1000 °С из добавок йодистых и бромистых солей. Обладают довольно широким диапазоном цветностей, в зависимости от добавок. Лампы, предназначенные

для общего освещения, содержат, как правило, соли редкоземельных элементов и дают почти непрерывный спектр.

Основным недостатком этих ламп является долгий период разгорания и невозможность мгновенного включения после предшествующего выключения, значительный спад светового потока в течение службы, повышение потребления электроэнергии, нестабильность цветовых характеристик их значительная цена и недостаточные ассортимент светильников, предназначенных для них. Также запрещается использовать их без плафона, из-за большой яркости светящегося тела.

Выбор источников света чаще всего зависит от экономичности, цветовой температуры и цветопередачи, однако не всегда каждый из этих факторов имеет одинаковое значение для потребителя. Не во всех случаях требуется идеальная цветопередача, а экономичностью можно пожертвовать в пользу низкой цены и эстетических требований к светильнику, ограничением которых часто бывают габариты и форма ламп.

В настоящее время на рынке Казахстана широко представлена продукция всемирно известных фирм, производящих источники света: Philips, Osram, GeneralElectric и др. В таблицах 13- 15 приведены основные характеристики некоторых ламп фирмы Philips.

а

б

в

г

д

а- галогенные лампы; *б*-линейные люминесцентные лампы; *в* - компактно-люминесцентные лампы; *г* - светодиодные лампы; *д* - металлогалогенные лампы

Рисунок 2 - Основные типы источников света

Таблица16 - Лампы накаливании фирмы Philips

Тип	Мощность, Вт	Напряжение, В	Световой поток, лм	Цвет колбы
STANDARD	25	230	195	белый
STANDARD	40	230	370	белый
STANDARD	60	230	630	белый
STANDARD	75	230	840	белый
STANDARD	100	230	1200	белый
CANDLE	25	230	215	прозрачный
CANDLE	40	230	415	прозрачный
CANDLE	60	230	670	прозрачный
CANDLE	25	230	195.	белый
CANDLE	40	230	365	белый
LUSTRE	60	230	580	белый

Таблица 17 -Стандартные люминесцентные лампы (диаметр трубки - 26 мм)

Обозначение			Мощность (W)	Цоколь	Световой поток(Лм)	Ra
Osram	Philips	GE				
-	TL-D 36W/54	F36W/54	36	G13	2500	76
L36/20	TL-D 36W/33	F36W/33		G13	2850	62
L36/25	-	F36W/35		G13	2600	75
L36/30	TL-D 36W/29	F36W/29		G13	2850	50
-	-	F36W/25		G13	2600	73
-	TL-D 58W/54	F58W/54	58	G13	4000	76
L58/20	TL-D 58W/33	F58W/33		G13	4600	62
L58/25	-	F58W/35		G13	4100	75
L58/30	TL-D 58W/29	F58W/29		G13	4600	50
-	-	F58W/25		G13	4100	73

Таблица 18 - Люминесцентные лампы улучшенной цветопередачи, с трехслойным люминофором

Обозначение	Мощность	Цоколь	Световой	Ra

Osram	Philips	GE	(W)		поток(Лм)	
-	TL-D 36W/865	-	36	G13	3250	85
L36/11-860PLUS	-	F36W/860		G13	3250	85
L36/21-840PLUS	TL-D 36W/840	F36W/840		G13	3350	85
-	-	F36W/835		G13	3450	85
L36/41-827PLUS	TL-D 36W/827	F36W/827		G13	3350	85
-	TL-D 58W/865	-	58	G13	5000	85
L58/21-840PLUS	TL-D 58W/840	F58W/840		G13	5200	85
-	-	F58W/835		G13	5400	85
L58/41-827PLUS	TL-D 58W/827	F58W/827		G13	5200	85

2.3.2 Размещение светильников.

При системе общего освещения светильники можно размещать над освещаемой поверхностью либо равномерно, либо локализовано. При равномерном освещении светильники располагают правильными симметричными рядами, создавая при этом относительно равномерную освещенность по всей площади. При локализованном освещении светильники располагаются индивидуально для каждого рабочего места или участка производственного помещения, создавая при этом требуемые освещенности только на рабочих местах.

Минимальная высота подвеса светильника над освещаемой поверхностью определяется условиями ограничения ослепленности. При общем равномерном освещении выгоднейшими вариантами расположения светильников с лампами накаливания и лампами ДРЛ является расположение их по углам прямоугольника или шахматное расположение, а при расположении светильников по углам квадрата или по углам равностороннего треугольника получается наиболее равномерное распределение освещенности по всей площади помещения. Выбор расстояния между светильниками зависит от типа светильника, высоты его подвеса над рабочей поверхностью, а иногда способ расположения светильников зависит от архитектурных или строительных условий.

Высота установки светильников общего освещения обусловливается многими факторами: высотой самих помещений и наличием в их верхней зоне каких-либо частей производственного оборудования, транспортных средств и инженерных коммуникаций(подвесных транспортеров и конвейеров,

мостовых кранов, кран-балок, монорельсовых путей для тельферов, вентиляционных коробов, трубопроводов различного назначения и т.п.), характером, размещением и высотой производственного оборудования, а также расположением рабочих зон и других мест, требующих освещения.

2.3.3 Методика расчета осветительных установок.

Расчет освещения производственных помещений является комплексной задачей, в процессе решения которой определяются высота, установки, размещение, число светильников, а также мощность ламп, необходимых для создания требуемых осветительных установок. Выбор числа, мощности и расположения светильников следует производить на основании типовых решений для освещаемых помещений и лишь при отсутствии таковых - на основе светотехнического расчета.

Основной задачей расчета искусственного освещения является определение числа светильников или мощности ламп для обеспечения нормированного значения освещенности.

Для расчета искусственного освещения используют один из трех методов: по коэффициенту использования светового потока, точечный и метод удельной мощности.

При расчете общего равномерного освещения основным является метод использования светового потока, создаваемого источником света, и с учетом отражения от стен, потолка, пола.

Расчет освещения начинают с выбора типа светильника, который принимается в зависимости от условий среды и класса помещений по взрывопожароопасности.

2.3.4 Расчет освещения методом коэффициента использования светового потока.

Для помещений, в которых предусматривается общее равномерное освещение горизонтальных поверхностей, освещение рассчитывают методом коэффициента использования светового потока.

По этому методу расчетную освещенность на горизонтальной поверхности определяют с учетом светового потока, падающего от светильников непосредственно на поверхность и отраженного света от стен, потолка и самой поверхности. Так как этот метод учитывает долю освещенности, создаваемую отраженным световым потоком, его применяют для расчета помещений, где отраженный световой поток играет существенную роль, т.е. для помещений со светлыми потоками и стенами при светильниках рассеянного, отраженного света.

Обычно для светлых административно- конторских помещений:

$$\rho_{пот} = 70\%,\ \rho_{ст} = 50\%,\ \rho_{пол} = 30\%$$

Для производственных помещений с незначительными пылевыделениями:

$$\rho_{пот} = 50\%,\ \rho_{ст} = 30\%,\ \rho_{пол} = 10\%$$

Для пыльных производственных помещений:

$$\rho_{пот} = 30\%,\ \rho_{ст} = 10\%,\ \rho_{пол} = 10\%.$$

Отношение светового потока, опадающего на расчетную поверхность, ко всему потоку, излучаемому светильниками, установленными в помещении, называется коэффициентом использования светового потока в осветительной установке:

$$\eta = \frac{\Phi_п + \Phi_{отр}}{n\Phi_л} = \frac{\Phi_р}{n\Phi_л}, \qquad (7)$$

где $\Phi_п$ - световой поток, падающий от светильников на непосредственно освещаемую поверхность, лм;

$\Phi_{отр}$ - отраженный световой поток, падающий на ту же освещаемую поверхность, лм;

$\Phi_л$- световой поток каждой лампы, лм;

n- число ламп в освещаемом помещении.

Величина коэффициента использования всегда меньше единицы, т.к. величина $n\Phi_л$ всегда больше величины $\Phi_р$ ввиду того, что некоторая часть светового потока поглощается осветительной арматурой, стенами и потолком.

На величины коэффициента использования влияют следующие факторы:

- тип и КПД светильника. Чем больше выбранный светильник направляет световой поток непосредственно на освещаемую поверхность $\Phi_п$, тем больше коэффициент использования, тем меньше потери в нем, следовательно, больше коэффициент использования;

- геометрические размеры помещения. Чем больше освещаемая поверхность по сравнению с отражающими, тем выше коэффициент использования, т.к. при этом возрастает $\Phi_п$;

- высота подвеса светильника над освещаемой поверхностью. Чем выше подвешены светильники над освещаемой поверхностью, тем больше светового потока поглощается стенами и потолком, следовательно, коэффициент использования уменьшается;

- окраска стен и потолка. Чем светлее окраска стен и потолка, тем выше коэффициент отражения и $\Phi_{отр}$ возрастает, а следовательно, возрастает и коэффициент использования.

Зависимость η от площади помещения, высоты и формы, возможно учесть одной комплексной характеристикой - индексом помещения.

Индекс помещения рассчитывается из выражения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \qquad (8)$$

где *A, B, S*- соответственно длина, ширина и площадь помещения.

Если предварительно выбран тип светильников, определено их расположение и число, то по расчетному потоку ИС определяют ближайшее стандартное значение мощности лампы.

При расчетах освещения по любому методу отклонения светового потока выбираемой стандартной лампы при нормативной освещенности допускается в пределах от + 20% до -10% от значения, полученного по расчету.

Расчетный поток ИС определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot z \cdot K}{N \cdot \eta}, \qquad (9)$$

где *N* - число ИС;

K - коэффициент запаса;

z - коэффициент минимальной освещенности (отношение средней и минимальной освещенности).

В расчетах коэффициент *z* принимается равным: 1,15 - для светильников, располагаемых по вершинам прямоугольных полей; 1,1 - для светильников с ЛЛ, располагаемых рядами. Обычно таким способом ведется расчет, если в качестве ИС используются ЛН или РЛ высокого давления.

Если выбран тип светильников и задана мощность ламп, то число светильников может быть определено из выражения:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot z \cdot K}{\Phi \cdot \eta}. \qquad (10)$$

После нахождения числа светильников и мощности ламп, удовлетворяющих нормированной освещенности, производят проверку варианта осветительной установки по качественным показателям освещения: не будет ли установка оказывать недопустимое слепящее действие на людей, работающих или находящихся в помещении, и какова глубина пульсации освещенности при использовании в качестве источника света газоразрядных ламп.

2.3.5 Расчет освещенности точечным методом

Определение освещенности от точечного источника. Пусть требуется определить освещенность в точке А горизонтальной плоскости от светильника О, имеющего кривую распределения сил света, показанную на рисунке 6.

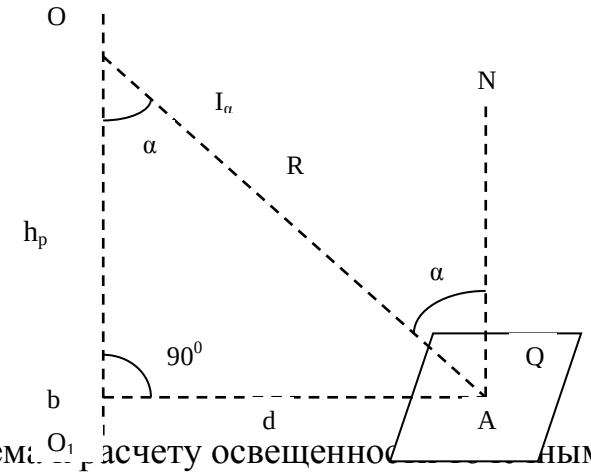


Рисунок 3 - Схема к расчету освещенности точечным методом

Источник света Q освещает горизонтальную поверхность Q. Требуется определить освещенность $E_г$ в точке*A,* находящейся на расстоянии *R* от источника света (рисунок 3).

На основании известного соотношения между освещенностью и силой света, освещенность в точке *A* определяется уравнением:

$$E_{AГ} = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{R^2 k_з} \ , \qquad (11)$$

где I_α- сила света в направлении рассматриваемой точки;

$k_з$ – коэффициент запаса.

Расстояние *R* можно выразить через высоту подвеса светильника над расчетной поверхностью h_p:

$$R = \frac{h_p}{\cos^3 \alpha} \ , \qquad (12)$$

Следовательно, горизонтальная освещенность в точке*A*от одного светильника определяется следующей формулой:

$$e_{AГ} = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{h_p k_з} \ . \qquad (13)$$

Расчет горизонтальной освещенности производится в такой последовательности:

1) Определяем tgα по заданной высоте подвеса светильника из выражения

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{\mathrm{d}}{h_P},$$

(14)

где d – расстояние от проекции оси светильника на плоскость до расчетной точки (величина d измеряется по плану), м.

2) По найденному тангенсу угла α из таблицы тригонометрических величин определяют угол α и $\cos^3\alpha$.

3) Из кривой силы света выбранного типа светильника с условной лампой $F_л$=1000*лм* приводятся в светотехнических справочниках. В некоторых справочниках вместо кривых даются таблицы значений силы света стандартных светильников в зависимости от угла.

4) По расчетной формуле определяют условную горизонтальную освещенность$E'_{АГ}$ (для лампы в 1000 *лм*).

5) Условную освещенность, полученную по формуле (11), пересчитывают с учетом потока лампы, установленной в светильнике:

$$E_{АГ} = E'_{АГ}\frac{F_л}{1000}, \qquad (15)$$

где $F_л$ – световой поток лампы по каталогу.

Если точка *А* на поверхности Q освещается несколькими светильниками, тогда расчетная формула для определения фактической освещенности в точке *А* от нескольких светильников принимает следующий вид:

$$E_{АГ} = \frac{\mu \cdot F_л}{1000 \cdot K_з}\sum_{1}^{n} e_{АГn}\ , \qquad (16)$$

где μ – коэффициент, учитывающий освещенность от удаленных светильников и отраженный световой поток от стен, потолка и расчетной поверхности. Этот коэффициент вводится как поправочный, чтобы избежать завышения мощности ламп.

При эмалированных светильниках прямого света μ=1,1-1,2. При зеркальных μ=1,0. При светильниках преимущественно прямого света μ=1,3-1,6.

Примеры расчета.

Пример расчета по методу коэффициента использования светового потока.

Определить электрическую мощность осветительной установки W, количество светильников N, высоту подвеса светильников $H_р$, схему размещения светильников по потолку для создания общего равномерного освещения в аппаратном зале электростанции.

Дано: Длина аппаратного зала А = 15 м, ширина В =8 м, высота Н = 4 м.

Потолка светло-серый, стены окрашены белой краской. Минимальный размер объекта различения 0,5 мм, контраст объекта с фоном средний, фон средний.

Решение. Выбираем напряжение питающей сети U = 220 В, светильник типа TLPL228.2x36, в котором применяются две люминесцентные лампы типа TL-D 58W/865.

Расчет проводим по методу коэффициента. Необходимое количество светильников для создания требуемого нормированного общего освещения в помещении определяется по формуле (10):

$$N = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot z \cdot K_з}{\Phi \cdot \eta},$$

где $К_з$ =1,5 для помещений, где отсутствует выделение пыли по таблице 25;

Emin = 300 лк III, б разряд зрительных работ по таблице 27;

Z – 1,15;

Фл = 5000 лм для лампы типа TL-D 58W/865;

Значение коэффициента использования зависит от индекса помещения *i* и коэффициентов отражения $\rho_{ст}$ стен, $\rho_{пот}$ потолка и $\rho_{пол}$ пола помещения, а также высоты подвеса светильников $h_р$. Коэффициенты отражения стен и потолка и пола 80:50:30 по таблице 15.

Высота подвеса светильников определяется как расстояние между уровнем рабочей горизонтальной поверхности и светильником:

$$h_р = H - (h_{раб.} + h_{св}),$$

где Н - 4 м высота помещения;

hраб - уровень (высота) рабочей поверхности, hраб= 1,5 м;

hсв. - расстояние между светильником и потолком, hсв. = 0,5 м.

Тогда h р = 4 - (0 + 1) =3 м.

Индекс помещения ***i*** , определяется по формуле (8):

$$i = \frac{15 \cdot 8}{3{,}2 \cdot (15+8)} = 1{,}63.$$

По таблице 14 для светильника типа TLPL228.2x36 находим η = 0,63.

Таким образом, количество светильников равно:

$$N = \frac{300 \cdot 200 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}5}{2 \cdot 5000 \cdot 0{,}63} \approx 15 \text{ шт.}$$

Расчет искусственного освещенния точечным методом.

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами, м (рисунок 4):

H – высота помещения;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_{рп}$ – высота рабочей поверхности над полом;

$h_p = H-h_c – h_{рп}$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

Для создания благоприятных зрительных условий на рабочем месте, для борьбы со слепящим действием источников света введены требования ограничения наименьшей высоты светильников над полом.

L – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B, l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным (0,3-0,5) L.

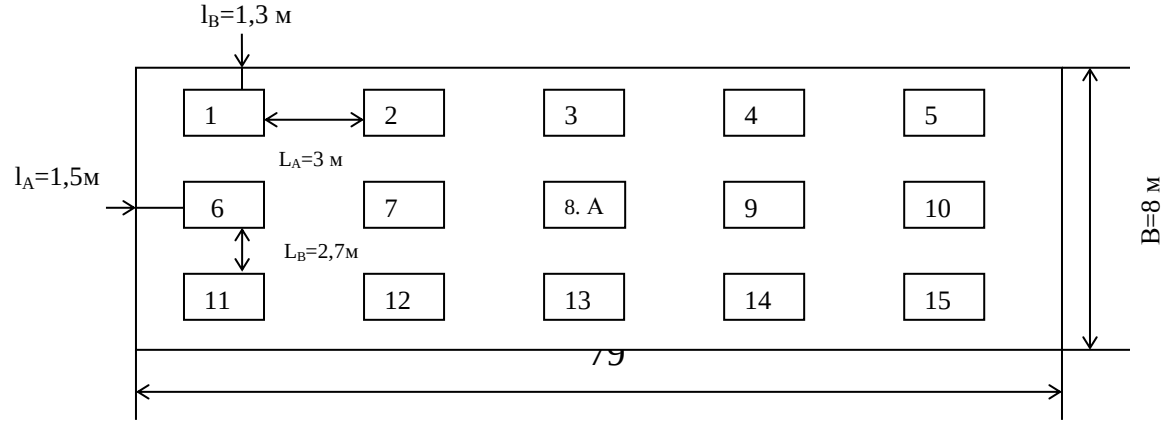
Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина $\lambda = L/h$, уменьшение которой удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости. В таблице 19 приведены значения λ для разных светильников.

Таблица 19 - Значения λ для разных типов светильников

Типовая кривая	Значения λ	
	Рекомендуемое	Наибольшее допустимое
Концентрированная (К)	0,4-0,7	0,9
Глубокая (Г)	0,8-1,2	1,4
Косинусная (Д)	1,2-1,6	2,1
Равномерная (М)	1,8-2,6	3,4
Полуширокая (Л)	1,4-2,0	2,3

Расстояние между светильниками L определяется как $L = \lambda \cdot h_p$.

Необходимо изобразить в масштабе в соответствии с исходными данными план помещения, указать на нём расположение светильников и определить их число (рисунок 7).



L=15м

Рисунок 4 – Схема размещения светильников

Горизонтальная освещенность в точке А от одного светильника определяется формулой (13):

$$e_i = \frac{I_\alpha \cdot \cos^3(\alpha)}{h^2}$$

где $\alpha = arctg\left(\frac{d_i}{h}\right)$;

Лампа 8:

d_1=0 м; α=atan(0/3,2)=0^0;

$e_1 = \frac{175 \cdot \cos^3(0)}{3{,}2^2} =$ 17,09 лк; I_a=175 кд при 0^0 по таблице (3.10) [3].

Лампы 3,13:

d_2=2,7м; α=atan(2,7/3,2)=$40{,}18^0$;

$e_2 = \frac{119{,}64 \cdot \cos^3(40{,}18)}{3{,}2^2} = 5{,}22$ лк; I_a=119,64 кд при $40{,}18^0$ по таблице 3.10 [3].

Лампы 7,9:

d_3=3м; α = atan(3/3,2)=$43{,}17^0$;

$e_3 = \frac{113{,}66 \cdot \cos^3(43{,}17)}{3{,}2^2} = 4{,}31$ лк; I_a=113,66 кд при $43{,}17^0$ по таблице 3.10 [3].

Лампы 2, 4, 12, 14:

$d_4=\sqrt{2{,}7^2 + 3^2}$= 4,04 м; α = atan(4,04/3,2)=$51{,}64^0$;

$e_4 = \frac{83{,}44 \cdot \cos^3(51{,}64)}{3{,}2^2} = 1{,}95$ лк; I_a=83,44 кд при $51{,}64^0$ по таблице 3.10 [3].

Лампы 1, 5, 11, 15:

$d_5=\sqrt{6^2 + 2{,}7^2}$= 6,6м; α = atan(6,6/3,2)=$64{,}17^0$;

$e_5 = \frac{60{,}83 \cdot \cos^3(64{,}17)}{3{,}2^2} = 0{,}49$ лк; I_a=60,83кд при $64{,}17^0$ по таблице 3.10 [3].

Лампы 6, 10:

d_6=6 м; α = atan(6/3,2)=$61{,}96^0$;

$e_6 = \frac{61{,}96 \cdot \cos^3(63{,}04)}{3{,}2^2} = 0{,}64$ лк; I_a=63,04 кд при $61{,}96^0$ по таблице 3.10 [3]

Суммарная условная освещенность равна:

$\sum E = e_1*1+e_2*2+e_3*2+e_4*4+e_5*4+e_6*2=$

$=17,01*1+5,22*2+4,31*2+1,95*4+0,49*4+0,64*2= 47,11$ лк

Подставим все данные в формулу (11), получим:

$$E_г = \frac{5000 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 47,11}{1000 \cdot 1,5} = 377 \text{ лк.}$$

Предложенная система освещения обеспечивает нормированную освещенность $E_г > E_н$.

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятии обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

От освещения в значительной степени зависят: сохранность зрения работника, состояние его центральной нервной системы, безопасность на производстве, производительность труда и качество выпускаемой продукции.

3 Производственный шум

В биологическом отношении шум является заметным стрессовым фактором, способным вызвать срыв приспособительных реакций.

Акустический стресс может приводить к разным проявлениям: от функциональных нарушений регуляции ЦНС до морфологически обозначенных дегенеративных деструктивных процессов в разных органах и тканях. Степень шумовой патологии зависит от интенсивности и продолжительности воздействия, функционального состояния ЦНС, от индивидуальной чувствительности организма к акустическому раздражителю.

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, исключительно сильное влияние оказывает шум на быстроту реакции, сбор информации и аналитические процессы, из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы.

Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы, что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

Шум, даже когда он невелик (при уровне от 50 до 60 дБА), создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывает на него психологическое воздействие. Слабый шум различно влияет на людей. Это зависит от возраста, здоровья, вида труда, физического и душевного состояния.

Известно, что ряд таких серьезных заболеваний, как гипертоническая и язвенная болезни, неврозы, в ряде случаев желудочно-кишечные и кожные заболевания связаны с перенапряжением нервной системы в процессе труда и отдыха. Отсутствие необходимой тишины, особенно в ночное время, приводит к преждевременной усталости, а часто и к заболеванию. Так шум от 30 до 40 дБА в ночное время может явиться серьезным беспокоящим фактором. С увеличением уровней шума до 80 дБА и выше шум может оказать определенное физиологическое воздействие на человека. Под воздействием шума от 85 до 90 дБА снижается слуховая чувствительность (на высоких частотах).

Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей.

Человек, работающий при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление.

Слуховой анализатор через центральную нервную систему связан с различными органами жизнедеятельности человека, поэтому шум оказывает влияние на весь организм человека. Под влиянием сильного шума (от 90 до 100 дБА) притупляется острота зрения, появляются головные боли и головокружения, изменяются ритмы дыхания и сердечной деятельности, повышается внутричерепное и кровяное давление, нарушается процесс пищеварения, происходит изменение объема внутренних органов. Под действием шума высоких уровней (более 145 дБ) возможен разрыв барабанной перепонки, контузия, а при еще более высоких (более 160 дБА) и смерть.

3.1 Гигиеническое нормирование шума

Нормирование шума ведется в соответствии с Межгосударственным стандартом ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности, в котором определены основные характеристики производственных шумов и соответствующие им нормы шума на рабочих местах.

Нормы соответствуют рекомендациям Технического комитета акустик при Международной организации по стандартизации и устанавливают допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА на рабочих местах.

Нормы предусматривают дифференцированный подход в соответствии с характером производственной деятельности в условиях шума, т.е. нормируемые уровни звукового давления имеют различные предельные спектры для разных профессиональных групп и помещений, где осуществляется различная по характеру работа (умственный труд, нервно-эмоциональное напряжение, преимущественно физический труд и т.д.).

В нормах учитываются характер действующего шума (тональный, импульсный, постоянный) и время воздействия шумового фактора при расчете эквивалентных его уровней для непостоянных шумов.

При исследовании шумов весь слышимый диапазон звуковых колебаний по частоте можно разбить на отдельные полосы – октавы. Октава – это диапазон частот, в котором верхняя граница частоты f_2 вдвое больше нижней f_1 (f_2/f_1 =2).

Однако для обозначения октавы обычно указывают не диапазон частот, а так называемые среднегеометрические частоты $f_{ср} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$.

Нужно заметить, что кроме стандарта, действуют также санитарные нормы. В этих документах характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Совокупность девяти нормативных уровней звукового давления на девяти стандартных среднегеометрических частотах называется предельным спектром шума.

Сокращенно предельный спектр обозначается ПС с указанием допустимого уровня звукового давления в дБ на среднегеометрической частоте 1000 Гц, например: ПС-45, ПС-55, ПС-75 и др.

Для ориентировочной оценки (например, при проверке органами надзора, выявлении необходимости применения мер по шумоглущению и др.) допускается за характеристику постоянного широкополосного шума на рабочем месте принимать уровень звука L_A, дБА, измеренный на временной характеристике «медленно» шумомера, определяемый по формуле:

$$L_A = 20 \cdot lg \frac{P_A}{P_0}, \qquad (3.1)$$

где P_A – среднеквадратичная величина звукового давления с учетом коррекции по кривой чувствительности «А» шумомера, Па.

Шкала А шумомера имитирует кривую чувствительности уха человека. Измеренный в соответствии с ней уровень шума оказался наиболее пригодным для оценки воздействия шумов на организм. Уровень звука $A\ L$, дБА связан с ПС следующей зависимостью:

$$L_A = ПС + 5 \text{ дБ} \qquad (3.2)$$

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах являются эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА и по СН РК 2.04-03-2011 «Защита от шума» максимальные уровни звука $L_{Амакс}$, дБА.

Для постоянного шума нормируемыми параметрами являются значения

уровней звукового давления в девяти октавных полосах. В качестве ориентировочной оценки постоянного шума (при проверке органами надзора) допускается для постоянного широкополосного шума использовать норму для уровня звука в дБА.

Для непостоянного шума нормируемым параметром является эквивалентный (по энергии) уровень звука $L_{Аэкв}$, дБА. Эквивалентный уровень звука – это значение уровня звука длительностью постоянного шума, который в пределах регламентируемого интервала времени имеет тоже самое среднеквадратичное значение уровня звука, что и рассматриваемый шум.

В санитарных нормах предельно допустимые уровни звука и эквивалент уровни звука на рабочих местах приведены с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности и представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса (физическая нагрузка)				
	легкая	средняя	труд I ст.	труд II ст.	труд III ст.
легкой степени	80	80	75	75	75
средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 ст.	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 ст.	50	50	-	-	-

Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса рекомендуется проводить в соответствии с «Р 2.2.2006-05 Руководство по гиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА на рабочих местах для тонального и импульсного шума, измеренного шумомером на характеристике «медленно», следует принимать на 5 дБ меньше указанных таблице (3.1) значений.

Для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления,

допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА на рабочих местах следует принимать на 5 дБ меньше значений, указанных в таблице, или фактических уровней шума в этих помещениях, если последние не превышают значений, приведенных в таблице (3.1) (поправку для тонального и импульсного шумов в этом случае принимать не следует).

Для оценки непостоянного шума допускается также применять подход основанный на использовании в качестве характеристики непостоянного шума дозы шума.

3.2 Акустический расчет

Необходимость проведения мероприятий по снижению шума определяется: на действующих предприятиях на основании измерений уровней звукового давления на рабочих местах с последующим сравнением этих уровней с допустимыми по нормам $L_{p\text{доп}}$, на проектируемых предприятиях – на основании проведенного акустического расчета.

Акустический расчет включает:

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор расчетных точек и определение допустимых уровней звукового давления $L_{\text{доп}}$ для этих точек;
- расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках;
- расчет необходимого снижения шума в расчетных точках;
- разработка строительно-акустических мероприятий для обеспечения требуемого снижения шума или по защите от шума (с расчетом).

Акустический расчет выполняется во всех расчетных точках для восьми октавных полос со среднегеометрическими частотами от 63 до 8000 Гц с точностью до десятых долей дБ.

Окончательный результат округляют до целых значений.

Исходными данными для акустического расчета являются:

- геометрические размеры помещения;
- спектр шума источника (или источников) излучения;
- характеристика помещения;
- характеристика преграды;
- расстояние от центра источника (источников) до рабочей точки.

3.2.1 Выбор расчетных точек

Расчетные точки при акустических расчетах следует выбирать внутри помещений зданий и сооружений, а также на территории на рабочих местах или в зоне постоянного пребывания людей на высоте 1,2 – 1,5 м от уровня пола рабочей площадки или планировочной отметки территории.

При этом внутри помещения, в котором один источник шума или несколько источников шума с одинаковыми октавными уровнями звукового давления, следует выбирать не менее двух расчетных точек: одну на рабочем месте, расположенном в зоне отраженного звука, а другую – на рабочем месте в зоне прямого звука, создаваемого источниками шума.

Если в помещении несколько источников шума, отличающихся друг от друга по октавным уровням звукового давления на рабочих местах более чем на 10 дБ, то в зоне прямого звука следует выбирать две расчетные точки: на рабочих местах у источников с наибольшими и наименьшими уровнями звукового давления L_p в дБ.

3.2.2 Расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках.

В зависимости от того, где находится источник шума и расчетные точки (в свободном звуковом поле или в помещении), применяют различные методики расчета:

а) Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления в помещении:

- с одним источником шума;
- с несколькими источниками шума;
- изолированном от источников шума.

б) Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления при распространении звука в свободном пространстве.

3.2.3 Расчет требуемого снижения уровней звукового давления.

Уровни звукового давления в расчетных точках не должны превосходить уровней, допустимых по нормам во всех октавных полосах со средними геометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Требуемое снижение уровней звукового давления определяется по формуле:

$$\Delta L_{pi,\text{рт}} = L_{pi} - L_{\text{p}i,\text{доп}}\text{ , дБ,} \qquad (3.3)$$

где $L_{pi,\text{рт}}$ - уровень звукового давления в i-ой октавной полосе, определяемый в расчетных точках проектируемого предприятия;

$L_{pi,\text{доп}}$ – уровень звукового давления в той же полосе частот согласно допустимым нормам, определяемый в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014.

Значения допустимых уровней звукового давления в помещениях различного назначения приведены в таблицах (3.2) и (3.3).

Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 85 дБ должны быть обозначены знаками безопасность, и работающие в этих зонах должны применять СИЗ.

Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Контроль за уровнями шума на рабочих местах должен быть обеспечен не реже 1 раза в год.

Таблица 3.2 - Допустимые уровни звукового давления в помещениях различного назначения

Назначение помещений или территорий	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1 Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ	79	70	63	58	55	52	50	49
2 Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, участки точной сборки, телефонные и телеграфные станции	83	74	68	63	60	57	55	54
3 Помещения лабораторий для проведения	91	83	77	73	70	68	66	64

экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону								
4 Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами (за исключением работ, перечисленных в поз. 1-3)	95	87	82	78	75	73	71	69
5 Палаты больниц и санаториев	59	48	40	34	30	27	25	23
6 Операционные больниц, кабинеты врачей больниц, поликлиник, санаториев	59	48	40	34	30	27	25	23
7 Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории учебных заведений, конференц-залы, читальные залы библиотек, зрительные залы клубов и кинотеатров, залы судебных заседаний, культовые здания, зрительные залы клубов с обычным оборудованием	63	52	45	39	35	32	30	28
8 Кинотеатры с оборудованием «Долби»	72	55	44	35	29	25	22	20
9 Музыкальные классы	76	59	48	40	34	30	27	25
10 Жилые комнаты квартир	79 72	63 55	52 44	45 35	39 29	35 25	32 22	30 20
11 Жилые комнаты общежитий	83 76	67 59	57 48	49 40	44 34	40 30	37 27	35 25
12 Гостиницы	83	67	57	49	44	40	37	35
13Жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения детских дошкольных учреждений и	63 55	52 44	45 35	39 29	35 25	32 22	30 20	28 18

школ-интернатов								
14 Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций:	71	61	54	49	45	42	40	38
15 Залы кафе, ресторанов	75	66	59	54	50	47	45	43

Продолжение таблицы 3.2

16 Фойе театров и концертных залов	67	57	49	44	40	37	35	33
17 Зрительные залы театров и концертных залов	55	44	35	29	25	22	20	18
18 Многоцелевые залы	59	48	40	34	30	27	25	23
19 Спортивные залы	67	57	49	44	40	37	35	33
20 Торговые залы магазинов, пассажирские залы вокзалов и аэровокзалов, спортивные залы	79	70	63	58	55	52	50	49
21Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	71 63	61 52	54 45	49 39	45 35	42 32	40 30	38 28
22 Территории, непосредственно прилегающие к жилым зданиям, домам отдыха, домам-интернатам для престарелых и инвалидов	75 67	66 57	59 49	54 44	50 40	47 37	45 35	44 33
23 Территории, непосредственно прилегающие к зданиям поликлиник, школ и других учебных заведений, детских дошкольных учреждений, площадки отдыха микрорайонов и групп жилых домов	75	66	59	54	50	47	45	44

Примечания.

1 Допустимые уровни шума в помещениях, приведенные в поз. 1,5-13, относятся только к шуму, проникающему из других помещений и извне.

2 Допустимые уровни шума от внешних источников в помещениях, приведенные в поз. 5-12, установлены при условии обеспечения нормативного воздухообмена, т.е. при отсутствии принудительной системы вентиляции или кондиционирования воздуха - должны выполняться при условии открытых форточек или иных устройств, обеспечивающих приток воздуха. При наличии систем принудительной вентиляции или кондиционирования воздуха, обеспечивающих нормативный воздухообмен, допустимые уровни внешнего шума у зданий (15-17) могут быть увеличены из расчета обеспечения допустимых уровней в помещениях при закрытых окнах.

3 Допустимые уровни шума от оборудования систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления, а также от насосов систем отопления и водоснабжения и холодильных установок встроенных (пристроенных) предприятий торговли и общественного питания следует принимать на 5 дБ (дБА) ниже значений, указанных в таблице 1, за исключением поз. 10-13 (для ночного времени суток). При этом поправку на тональность шума не учитывают.

4 Максимальные уровни звука в данных помещениях не нормируются

Таблица 3.3 - Ориентировочные шумовые характеристики оборудования ТЭС для предварительных расчетов внутри помещений

Обозначение оборудования	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.Турбина:								
газовая	130	140	130	125	135	135	130	100
паровая	125	120	120	120	115	115	110	105
2.Редукционноохладительная установка	100	95	95	95	110	110	110	110
3.Углеразмольное оборудование	110	115	115	115	110	105	105	100
4.Котлы:								
паровые	115	115	115	115	110	105	105	95
котлы-утилизаторы	105	105	105	105	100	95	95	85
5.Компрессор	100	110	100	95	100	95	95	95
питатетельный	95	95	115	110	110	105	90	90
конденсатный	90	90	90	95	90	90	90	90
сетевой	100	100	100	100	105	100	95	90
багерный	100	100	95	90	100	95	80	80
6. Деаэрационная установка	80	85	90	95	100	105	100	95
7. Паропроводы	85	90	90	100	105	110	105	100
8. Синхронный компенсатор	100	105	90	85	85	85	80	80
9. Вентилятор приточно-вытяжной вентиляции	100	100	100	100	95	95	90	80
Литейное производство								
Электропечь	100	99	98	100	102	101	95	88
Бегуны смесительные (УЗТМ)	106	104	104	113	99	95	86	79
Ленточный транспортер	105	106	107	99	96	92	89	85
Фармовочные машины	110	109	103	110	111	105	104	102
Шаровая мельница	99	115	117	123	123	121	117	107

Обозначение оборудования	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Пескомет	104	110	113	105	100	96	94	91
Пневматическая выбивная решетка	108	115	115	113	112	113	106	96
Трамбовка ТР-1	88	91	93	96	90	93	86	77
Обдирочно-шлифовальный станок	105	99	101	100	105	105	97	84
Кузнечно-прессовое производство								
Горячештамповочный кривошипный пресс	115	120	119	118	118	117	113	106
Пресс при вырубке штампом	120	134	135	134	135	131	128	123
Холодоновысадочный автомат	105	109	110	111	109	107	103	95
Обрезной автомат	103	109	112	116	112	109	105	98
Прессы гидравлические	89	96	100	99	95	91	87	82
Металлообрабатывающее и сварочное оборудование								
Токарный станок	96	94	95	98	93	90	90	86
Горизонтально-фрезерный	81	84	92	93	92	91	77	75
Вертикально-фрезерный	85	86	92	97	94	83	92	96

Окончание таблицы 3.3

Обозначение оборудования	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продольно-фрезерный	98	98	95	99	96	94	86	84
Шлифовальный	88	91	94	98	99	97	91	86
Координатно-расточный	80	85	93	98	84	80	78	77
Радиально-сверлильный	90	97	95	90	85	88	82	87
Сварочный аппарат	95	97	97	100	105	101	109	110
Сварочная машина	94	94	94	97	90	91	91	90
Газовая сварка	94	95	97	92	96	87	102	103

3.2.4 Расчет уровней шума внутри помещений.

В помещениях энергетических объектов находится большое количество интенсивных источников шума. Для определения проникающего шума из помещений сначала необходимо рассчитать уровень шума внутри помещения.

Расчет уровней шума внутри помещений , дБ , проводится по формуле:

$$L_{\text{сум}} = 10lg\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{\Delta_i \cdot \chi_i \cdot \Phi}{S_i} + 4\frac{\psi}{\text{B}}\sum_{i=1}^{n}\Delta_i\right) \qquad (3.4)$$

где $\Lambda_i = 10^{0.1\,L_{p_i}}$,

L_{pi} — октавный уровень звуковой мощности, дБ, создаваемый i-м источником шума;

χ — коэффициент , учитывающий характер звукового поля в зависимости от расположения расчетной точки и максимального габаритного размера источника (рисунок 4.3);

S — площадь, м^2, воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку ($S= 2\pi r^2$ — при расположении источника на поверхности);

B — постоянная помещения, м^2;

ψ — коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении (рисунок 4.4);

Ф — фактор направленности (Ф=1);

m — количество источников шума, ближайших к расчетной точки, т.е. для которых $r_i < 5r_{\text{мин}}$ ($r_{\text{мин}}$ — расстоянии от расчетной точки до акустического центра ближайшего к ней источника шума, м);

n — общее число источников шума в помещении.

Расчет следует начинать с ближайших интенсивных источников, вклад удаленных источников часто оказывается пренебрежимо малым.

Следует выбирать не менее двух расчетных точек, из них одна — на рабочем месте в зоне отраженного звука, другая — на рабочем месте в зоне прямого звука, создаваемого источниками шума.

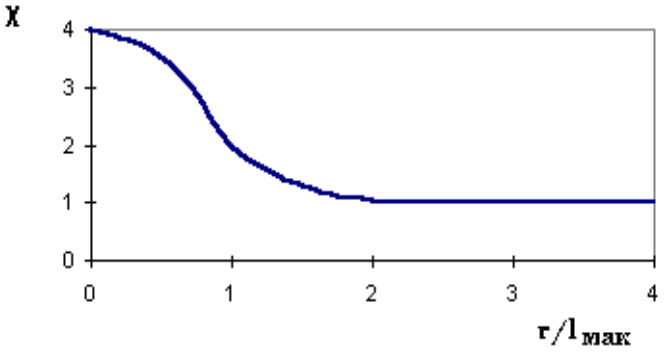


Рисунок 3.1 - График для определения коэффициента χ в зависимости от отношения r к максимальному линейному размеру источника шума $l_{мак}$

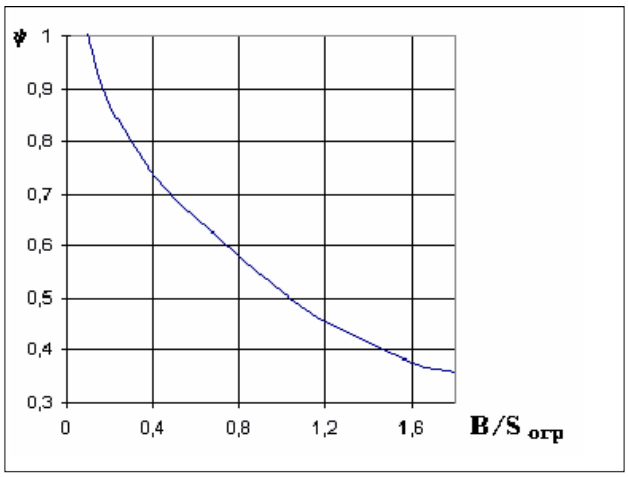


Рисунок 3.2 - График для определения коэффициента ψ в зависимости от отношения постоянной помещения B к площади ограждающих поверхностей $S_{огр}$

Общепринято рассчитывать постоянную помещения в зависимости от объема и типа помещения:

$$B = \mu_i B_{1000} \ , \qquad (3.5)$$

где $B_{1000} = V/k_1$ — постоянная помещения на частоте 1000 Гц;

V — объем помещения, м^3; k_1 — коэффициент , учитывающий тип помещения(таблица (3.4));

μ_i — частотный множитель (таблица (3.5)).

Таблица 3.4 - Значение коэффициента k_1

Характеристика помещения	k_1
С небольшим количеством людей(генераторные, машинные залы, цеха и др.)	20
С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории , кабинеты и др.)	10
С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управления, конструкторских бюро, жилые помещения и др.)	6

Таблица 3.5 - Частотный множитель μ

Объём помещения V, м^3	Среднегеометрическая частота, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Меньше 200	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
200-1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
Больше 1000	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3,0	6,0

При практических расчетах в зоне прямого звука:

$$\sum_{i=1}^{m} \frac{\Lambda_i \chi_i \Phi_i}{S_i} \gg \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^{n} \Lambda_i ,$$

поэтому второе слагаемое под логарифмом в формуле (3.4) не учитывают, а в зоне отраженного звука

$$\frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^{n} \Lambda_i \gg \sum_{i=1}^{m} \frac{\Lambda_i \chi_i \Phi_i}{S_i} ,$$

поэтому пренебрегают первым слагаемым.

Пример: Определить требуемое снижение шума, когда источники шума и расчетная точка расположены в одном закрытом помещении.

В производственном помещении объемом 10400 м^3 размещено равномерно 10 источников шума (станков) двух типов: пять источников одного типа, обозначенных ИШ1, и пять – другого, обозначенных ИШ2. Уровни звуковой мощности, излучаемые каждым источником, приведены в таблице (3.6).

Таблица 3.6 – Уровни звуковой мощности источников шума

Величина, дБ	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_{p1}	95	106	110	105	105	103	101	98
L_{p2}	94	96	98	100	103	101	97	87

Все источники работают одновременно. Источники установлены на полу, поэтому принимаем для них Φ_i=A=1. Расчетная точка находится в середине помещения между станками на высоте 1,5 м от пола. Расстояния от акустических центров до расчетной точки: $r_1=r_5$=17,35 м, $r_2=r_4$=6,7 м, r_3=2,9 м, $r_6=r_{10}$=16,5 м, $r_7=r_9$=6,9 м, r_8=3,4 м. Максимальный размер любого из рассматриваемых источников не превышает l_{max}=1,4 м.

Решение. Октавные уровни звукового давления в расчетной точке определяются по формуле (3.4).

Минимальное расстояние от расчетной точки до акустического центра и ближайшего к ней источника $r_{min}=r_3$=2,9 м, тогда $5r_{min}$=14,5 м. Общее

количество принимаемых в расчет источников шума, расположенных вблизи расчетной точки, для которых $r_i<5r_{min}=14,5$ м, будет равно m=6.

Учитываются источники, расположенные на расстояниях $r_2=r_4=6,7$м, $r_3=2,9$ м, $r_7=r_9=6,9$ м, $r_8=3,4$ м.

Наибольший габаритный размер рассматриваемых источников $l_{max}=1,4$м, следовательно для всех источников выполняется условие $2l_{max}<2,9$, поэтому можно принять $S_i=2\pi r^2$. Величины $r_i/ l_{max}\geq 2$, поэтому $\chi_i=1$ (рисунок 3.1). По формуле (3.4) определяем суммарные уровни звукового давления $L_{общ}$ в расчетной точке от всех источников шума. Величину В определяем по таблицам (3.4, 3.5). Затем определяем требуемый уровень снижения шума по формуле:

$$\Delta L_{тр\ общ}=L_{общ}-L_{доп}\ , \qquad (3.6)$$

где $L_{общ}$ – октавный уровень звукового давления в расчетной точке от всех источников шума, дБ.

Результаты расчета занесены в таблицу (3.7).

Таблица 3.7 - Результаты расчета

№	величина	Ед. изм.	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L_{p1}	дБ	95	106	110	105	105	103	101	98
2	L_{p2}	дБ	94	96	98	100	103	101	97	87
3	$\Delta_1=10^{0,1Lp1}$	-	$32*10^9$	$4*10^{10}$	$1*10^{11}$	$3,2*10^{10}$	$3,2*10^{10}$	$2*10^{10}$	$1,3*10^{10}$	$6,3*10^9$
4	$\Delta_2=10^{0,1Lp2}$	-	$25*10^9$	$4*10^9$	$6,3*10^9$	$1*10^{10}$	$2*10^{10}$	$4,3*10^{10}$	$5*10^9$	$5*10^9$
5	$S_2=S_4=2\pi r_2^2$	$м^2$	576	576	576	576	576	576	576	576
6	$S_7=S_9=2\pi r_7^2$	$м^2$	600	600	600	600	600	600	600	600
7	$S_3=2\pi r_3^2$	$м^2$	106	106	106	106	106	106	106	106
8	$S_8=2\pi r_8^2$	$м^2$	146	146	146	146	146	146	146	146
9	$10^{0,1\ Lp1}/\ S_2$	-	$41*10^7$	$1,4*10^8$	$3,5*10^8$	$1,1*10^8$	$1,1*10^8$	$6,9*10^7$	$4,5*10^7$	$2,2*10^7$
10	$10^{0,1\ Lp1}/\ S_3$	-	$6*10^7$	$7,6*10^8$	$1,9*10^9$	$6*10^8$	$6*10^8$	$3,8*10^8$	$2,5*10^8$	$1,2*10^8$
11	$10^{0,1\ Lp2}/\ S_7$	-	$8,4*10^6$	$1,3*10^7$	$2,1*10^7$	$3,3*10^7$	$6,7*10^7$	$4,4*10^7$	$1,7*10^7$	$1,7*10^6$
12	$10^{0,1\ Lp2}/\ S_8$	-	$3,4*10^7$	$5,5*10^7$	$1,4*10^8$	$2,7*10^8$	$1,8*10^8$	$1,8*10^8$	$6,9*10^7$	$6,9*10^6$
13	$10^{0,1\ Lp1}/\ S_4$	-	$1,1*10^7$	$1,4*10^8$	$3,5*10^8$	$1,1*10^8$	$1,1*10^8$	$6,9*10^7$	$4,5*10^7$	$2,2*10^7$
14	$10^{0,1\ Lp2}/\ S_9$	-	$8,4*10^6$	$1,3*10^7$	$2,3*10^7$	$3,3*10^7$	$6,7*10^7$	$4,4*10^7$	$1,6*10^7$	$6,9*10^6$
1	Σ9-14	-	$1,3*10^8$	$1,1*10^9$	$2,7*10^9$	$1*10^9$	$1,2*10^9$	$7,9*10^8$	$4,4*10^8$	$1,7*10^8$

5										
16	B_{1000}	$м^2$	520	520	520	520	520	520	520	520
17	μ		0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6
18	B	$м^2$	260	260	286	364	520	832	1560	3120
19	4ψ/B		$1,5*10^{-2}$	$1,5*10^{-2}$	$1,4*10^{-2}$	$1,1*10^{-2}$	$7,7*10^{-3}$	$14,8*10^{-3}$	$2,6*10^{-3}$	$1,3*10^{-3}$
20	$\sum_{1}^{5} 10^{0,1Lp1} = 5 \cdot 10^{0,1Lp1}$	-	$1,6*10^{10}$	$2*10^{11}$	$5*10^{11}$	$1,6*10^{11}$	$1,6*10^{11}$	$1,6*10^{10}$	$6,5*10^{10}$	$3,2*10^{10}$
21	$\sum_{1}^{5} 10^{0,1Lp2} = 5 \cdot 10^{0,1Lp2}$	-	$1,3*10^{10}$	$2*10^{10}$	$3,2*10^{10}$	$5*10^{10}$	$1*10^{11}$	$6,5*10^{10}$	$2,5*10^{10}$	$2,5*10^{10}$
22	строки 20+21	-	$2,9*10^{10}$	$2,2*10^{11}$	$5,3*10^{11}$	$2,1*10^{11}$	$2,6*10^{11}$	$1,6*10^{11}$	$9*10^{10}$	$3,5*10^{10}$
23	строки 19*22	-	$4,4*10^{8}$	$3,3*10^{8}$	$7,4*10^{10}$	$2,3*10^{9}$	$2*10^{9}$	$7,7*10^{8}$	$2,3*10^{8}$	$4,6*10^{8}$
24	строки 15+23	-	$5,7*10^{8}$	$4,4*10^{8}$	$1*10^{10}$	$3,3*10^{9}$	$3,2*10^{9}$	$1,6*10^{9}$	$6,7*10^{8}$	$2,2*10^{8}$
25	$L_{общ}$=10lg(стр.24)	дБ	87,7	96,4	100	95,2	95,1	92	88,3	88,3
26	$L_{доп}$= $L_{н}$	дБ	103	96	91	88	85	83	81	80
27	$\Delta L_{тр\ общ}$	дБ	-	-	9	7	10	9	7	3

3.3 Выбор мероприятий по снижению шума

Для снижения шума в источнике его образования необходимо при проектировании и конструировании оборудования и технологических процессов (где это возможно) заменять ударные взаимодействия деталей безударными, возвратно-поступательное движение – вращательным, подшипники качения – подшипниками скольжения, металлические детали – деталями из пластмасс или других материалов, шумные технологические процессы – бесшумными или малошумными. Путем обеспечения минимальных допусков (зазоров) в сочленениях деталей и использования качественной смазки также достигается снижение уровня шума.

Звукоизоляция – это специальные устройства-преграды (в виде стен, перегородок, кожухов, экранов и т.д.), препятствующие распространению шума из одного помещения в другое или в одном и том же помещении. Звукоизолирующие конструкции изготавливают из плотных твердых материалов, препятствующих распространению шума. Физическая сущность звукоизоляции состоит в том, что наибольшая часть звуковой энергии отражается от ограждающих конструкций. Звукоизолирующая способность преград возрастает с увеличением их массы и частоты звука. В ряде случаев многослойные конструкции, состоящие из разных материалов, обладают более высокой звукоизоляцией, чем однослойные конструкции такой же массы. Воздушная прослойка между слоями увеличивает звукоизолирующую способность преграды.

Для уменьшения шума, излучаемого промышленным оборудованием, предусматриваются следующие мероприятия:

- применение таких материалов и конструкций при проектировании кровли, стен, фонарей, окон, ворот, дверей, которые смогут обеспечивать требуемую звукоизоляцию;
- устройство специальных звукоизолированных боксов и звукоизолирующих кожухов при размещении шумящего оборудования;
- экранирование источников шума;
- применение глушителей для снижения аэродинамического шума.

Для оборудования ТЭС при проектировании предусматриваются следующие мероприятия по снижению шума и вибрации:

- укрепление на упругих прокладках с созданием ребер жесткости всех перекрытий, а каналов и дверей у фундаментов турбоагрегатов;
- виброизоляция конденсаторов турбин;
- скорости движения пара в трубопроводах высокого давления принимаются в пределах наименьших шумовых воздействий;
- арматура заключается в звукоизолирующие кожухи;
- заключение в звукопоглощающие кожухи монтажных колец генератора, без щеточных возбудителей;

- установка вентиляторов на виброизолирующие основания;

- установка вентиляционного оборудования в вентиляционных камерах;

- установка глушителей аэродинамического шума в воздуховодах всасывания и нагнетания системы кондиционирования;

- тепловая изоляция оборудования одновременно является звукопоглощающим покрытием.

Для уменьшения прохождения шума в изолируемое помещение предусматриваются следующие строительно - акустические мероприятия:

- применение необходимых материалов и конструкций при проектировании перекрытий стен, перегородок, дверей, окон, кабин наблюдений щитов управления и т.д.;

- применение звукоизолирующих и вибродемпфирующих покрытий на поверхности трубопроводов;

- использование глушителей шума в системах механической вентиляции и кондиционирования воздуха.

3.3.1 Расчет мероприятий для снижения шума.

Согласно СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» требуемую изоляцию воздушного шума в дБ ограждающей конструкцией следует определять:

- при проникновении шума из одного помещения в другое по формуле:

$$R_{mpi}=L_{ш}-10lgB+10lgS_i-L_{доп}+10lgn\ , \qquad (3.7)$$

где $L_ш$ – октавный уровень звукового давления в не защищаемом от шума помещении, дБ, определяемый по формулам (3.1-3.5);

B – постоянная защищаемого от шума помещения, $м^2$;

S_i – площадь рассматриваемой ограждающей конструкции, через которую проникает шум, $м^2$;

$L_{доп}$ – допустимый октавный уровень звукового давления;

n – общее количество ограждающих конструкций, через которые проникает шум;

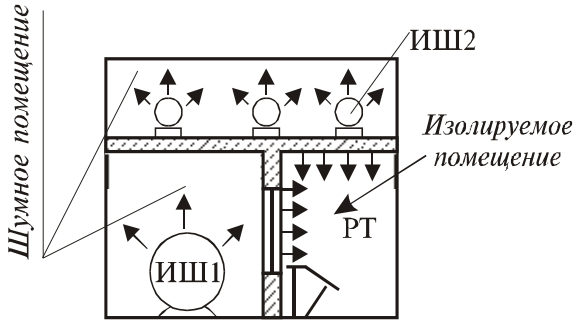


Рисунок 3.3 - Схема проникновения шума в расчетную точку РТ из смежных шумных помещений

- при проникновении шума из помещений на прилегающую территорию (в атмосферу) по формуле:

$$R_{mpi}=L_{ш}+10lgS_i-15lgr_i-L_{доп}+10lgn-11, \quad (3.8)$$

где r_i – расстояние от ограждающей конструкции или ее элемента до расчетной точки, м;

- при проникновении шума с прилегающей территории в помещение (смотри рисунок 3.4) по формуле

$$R_{mpi}=L_{нар}+10lgS_i-10lgB+6-L_{доп}+10lgn \quad (3.9)$$

где $L_{нар}$ – суммарный октавный уровень звукового давления в дБ от всех источников шума в 2 м от рассматриваемой ограждающей конструкции, определяемый по таблице (3.10).

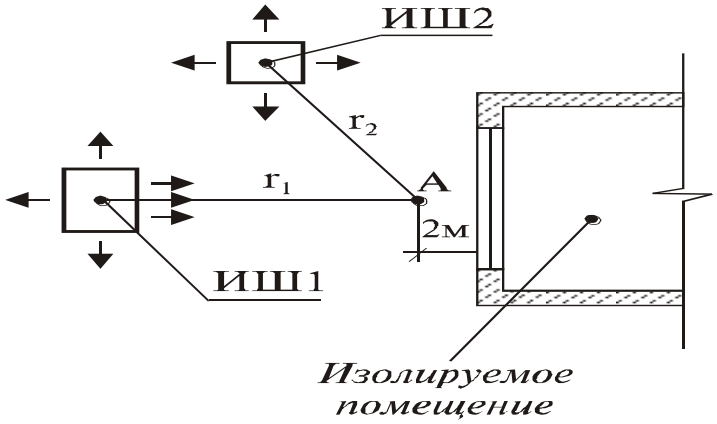


Рисунок 3.4 - Схема проникновения шума из окружающей атмосферы в изолируемое помещение

Пример. Запроектировать стену (с окном и дверью) и перекрытие кабины наблюдения зала вибростендов, имеющего размеры 12х6х4 м. Площадь глухой стены S_1 и перекрытия кабины наблюдения S_2, граничащих с залом вибростендов соответственно равны 48 и 72 м^2, площадь двери S_3=4 м^2, окна S_4=3 м^2. Суммарный уровень звуковой мощности $L_{рсум}$, излучаемый всеми вибростендами, приведен в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Результаты расчета

Величина	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{рсум, дБ}$	93	90	91	108	117	116	115	117

Решение. Требуемую звукоизолирующую способность каждого элемента ограждения определяем по формуле (3.9). Постоянная помещения В и B_{1000} определяем по таблице (3.4). Допустимый уровень звукового давления определяется по таблице (3.2).

Расчет сводим в таблицу (3.9). Величины звукоизолирующей способности конструкций приведены в таблицах (3.10, 3.11) звукоизолирующая способность конструкций для стены (с окном и дверью) и перекрытия кабины наблюдения представлена в таблице (3.12).

Таблица 3.9 – Результаты акустического расчета

Величина	Ед. изм.	Ссылка	Среднегеометрическая частота, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
B_{1000}	$м^2$	Табл.(3.8)	29	29	29	29	29	29	29	29
μ	-	Табл.(3.9)	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$B= B_{1000}$ μ	-	ф-а (3.4)	19	18	18	22	29	44	70	122
$L_{рсум, дБ}$	дБ	Табл.(3.14)	93	90	91	108	117	116	115	117
$L_{доп, дБ}$	дБ	Табл. (3.7)	94	87	82	78	75	73	71	70
10lgn (n=4)	-	-	6	6	6	6	6	6	6	6
10lgB	-	-	13	13	13	14	15	16	18	21
$10lgS_1(S_1=48м^2)$	-	-	17	17	17	17	17	17	17	17
$10lgS_2(S_2=72м^2)$	-	-	19	19	19	19	19	19	19	19
$10lgS_3(S_3=4м^2)$	-	-	6	6	6	6	6	6	6	6
$10lgS_4(S_4=3м^2)$	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5
$R_{тр1}$	дБ	ф-а (3.13)	9	13	19	39	50	50	49	49
$R_{тр2}$	дБ	ф-а (3.13)	11	15	21	41	52	52	51	51
$R_{тр3}$	дБ	ф-а (3.13)	-2	2	28	38	39	39	38	38
$R_{тр4}$	дБ	ф-а (3.13)	-3	1	7	27	38	38	37	37

Таблица 3.10 – Конструкции, обеспечивающие требуемую звукоизоляцию

Элемент конструкции	Условия прилегания по периметру	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Окно с силикатным стеклом толщиной:	Без уплотняющих								
3 мм	прокладок	(8)	12	16	18	20	22	20	-
6 мм		(12)	18	18	20	23	25	25	-

Продолжение таблицы 3.10

Оконный блок с двойным переплетом, толщиной стекла 3 мм	с уплотняющими прокладками из пористой резины	(22) (27)	27 33	26 33	28 36	30 38	28 38	27 38	- -
2-ое остекление со стеклами толщиной 4 и 7 мм и воздушным зазором: 200 мм 300 мм	С уплотняющими прокладками из пористой резины	- -	27 32	36 39	41 43	47 47	49 51	55 55	- -
Стеклоблоки типа БК-98 (толщина 98 мм)	-	-	37	40	42	45	48	50	-
Окно размером 1х1,2 м с органическим стеклом толщиной: 4 мм 10 мм 18 мм 36 мм	С герметизацией притворов	 (13) (18) (22) (30)	 17 23 30 35	 21 26 32 34	 25 31 35 35	 39 34 35 40	 33 34 33 40	 36 32 38 48	 30 40 (45) -
Стекло силикатное толщиной 4 мм	То же	-	19	24	28	30	33	31	-
То же, 7 мм	То же	-	22	28	29	34	28	39	-
Витраж стекло силикатное 7 мм	То же	-	22	27	29	31	25	36	-
Стеклопакеты из силикатного стекла 4 мм (2 ряда) при воздушном промежутке: 16 мм 30 мм 100 мм 200 мм 400 мм	То же	 - - - - -	 16 15 21 28 34	 26 26 33 36 40	 28 30 39 41 44	 37 36 47 48 50	 41 40 50 54 52	 41 40 51 56 54	 - - - - -

Стеклопакеты из силикатного стекла толщиной 4 и 7 мм при воздушном промежутке:	То же								
16 мм		-	18	29	32	42	40	47	-
100 мм		-	28	35	39	47	46	52	-
200 мм		-	30	37	43	48	49	58	-
300 мм		-	34	40	45	48	52	58	-
Обыкновенная филенчатая дверь	Без прокладок	7	12	14	16	22	20	20	-
	С прокладками из резины	12	18	19	23	30	33	32	-
Глухая щитовая дверь марки ДБ-8 толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм	Без уплотняющих прокладок	(17)	22	23	24	24	24	23	-
	С уплотняющими прокладками из резины	(22)	27	27	32	35	34	35	-

Окончание таблицы 3.10

Элемент конструкции	Условия прилегания по периметру	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Типовая дверь П-327	Без уплотняющих прокладок	-	(13)	23	31	33	34	36	44
	С уплотняющими прокладками из простой резины	-	(29)	30	33	35	39	41	42

Щитовая дверь из твердых древесноволокнистых плит толщиной 4-6 мм с воздушным зазором 50 мм, заполненным стекловатой	Без уплотняющих прокладок	(17)	25	26	30	31	28	29	-
	С уплотняющими прокладками из пористой резины	(23)	28	30	33	36	32	30	-
То же, с заполнением минеральным войлоком	Без уплотняющих прокладок	-	24	24	28	27	25	24	-
	С уплотняющими прокладками из пористой резины	-	28	28	32	34	32	32	-

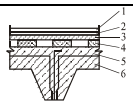
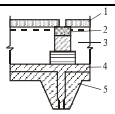
Таблица 3.11 - Звукоизолирующая способность перекрытий, дБ

Эскиз	Конструкция перекрытия	Толщина элемента, мм	Средняя поверхностная плотность, кг/м^2	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц					
				125	250	500	1000	2000	4000
	Железобетонная панель	120	300	42	45	51	58	58	-
	То же, с полами:								
	а) плитки ПХВ, древесно-стружечная плита, сплошная прокладка из мягких древесноволокнистых плит;	3 20 25	323	37	42	51	58	58	58

	б) плитки ПХВ, древесно-стружечная плита, ленточные прокладки из мягких древесноволокнистых плит	3 20 25	320	39	43	47	53	57	58
	Железобетонная панель	140	350	40	47	52	56	61	-

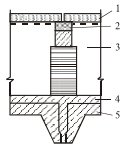
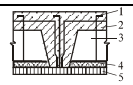
Продолжение таблицы 3.11

Эскиз	Конструкция перекрытия	Толщина элемента, мм	Средняя поверхностная плотность, кг/м^2	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц					
				125	250	500	1000	2000	4000
	То же с полами: а) линолеум на войлочной подоснове; б) линолеум на тканевой подоснове, твердая древесноволокнистая плита, полутвердая древесново-локнистая плита	5 2 4 8	354 358	35 37	38 42	47 50	55 57	65 62	62 60
	в) паркетная клепка, твердая древесноволокнистая плита, мягкая древесново-локнистая плита	14 4 12, 5	364	40	42	51	58	59	53

	г) плитка ПХВ, битумная мастика, полутвердая древесноволокнистая плита, битумная мастика	3 - 5 -	355	35	41	47	53	60	59
	д) паркетные доски, лаги 25х100 мм через 400 мм, ленточные прокладки из мягких древесно волокнистых плит	25 - 12, 5	368	37	43	52	62	67	63
	1-линолеум 2-гипсовая стяжка 3-шлакобетонная плита 4-упругие прокладки 5-бетонная стяжка 6-железобетонная плита типа ИИ-64 (вып.1, марки П-1-1)	4 5-7 45 20-25 50 60	380	46	47	55	63	65	70
	1-пол из деревянных щитов, подшитых сеткой с асбестом 2-упругая прокладка 3-воздушный зазор 4-бетонная стяжка 5-железобетонная плита типа ИИ-64 (вып.1, марки П-1-1)	60 - 400 50 60	360	34	43	54	57	67	73

Окончание таблицы 3.11

Эскиз	Конструкция перекрытия	Толщина элемента, мм	Средняя поверхностная плотность, кг/м^2	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц					
				125	250	500	1000	2000	4000

	1-пол из деревянных щитов, подшитых сеткой с асбестом 2-упругая прокладка 3-воздушный зазор 4-бетонная стяжка 5-железобетонная плита типа ИИ-64 (вып.1, марки П-1-1)	60 - 800 50 60	370	42	46	52	58	67	74
	1-бетонная стяжка 2-железобетонная плита типа ИИ-64 (вып.1, марки П-1-1) 3-воздушный зазор 4-минеральные плиты 5-штукатурка по сетке Рабитца	50 60 240 50 20	340	47	50	55	59	64	69

Т а б л и ц а 3.12 - Звукоизолирующая способность стен и перегородок акустически однослойной конструкции, дБ

Материал конструкции	Толщина	Средняя поверхностная плотность ограждения, кг/м^2	Среднегеометрическая частота октавной полосы, ГЦ							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кирпичная кладка (оштукатуренная с двух сторон)	$^1/_2$ 1 – 1 $^1/_2$ – 2 – 2 $^1/_2$ –	220 420 620 820 1000	32 36 41 45 45	39 41 44 45 47	40 44 48 52 55	42 51 55 59 60	48 58 61 65 67	54 64 65 70 70	60 65 65 70 70	60 65 65 70 70
Виброкирпичная панель 120 мм, оштукатуренная с двух сторон не цементным раствором толщиной 20 мм	160	250	-	34	40	42	48	53	53	-

Виброкирпичная панель неоштукатуренная	160 140	280 240	- -	34 33	41 40	45 43	50 49	54 54	55 56	- -

Окончание таблицы 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Железобетонная плита	40 50 100 160 200 300 400 800	100 125 250 400 500 750 1000 2000	- 28 34 - 40 44 45 47,5	32 34 40 43 42 44,5 47,5 55	36 35 40 47 44 50 55 61	35 35 44 51 51 58 61 67,5	38 41 50 60 59 65 67,5 70	47 48 55 63 65 69 70 70	53 55 60 - 65 69 70 70	- 55 60 - 65 69 70 70
Гипсобетонная (плита	80 95	115 135	- -	28 32	33 37	37 37	39 42	44 48	44 53	42 -
Керамзитобетонная плита	80 120	100 150	- -	33 33	34 37	39 39	47 47	52 54	54 -	- -
Газобетонная плита	240 мм	270	-	39	42	51	56	54	52	-
Пемзобетонная панель	130	255	-	37	34	46	50	60	65	-
Шлакобетонная панель	250 140	400 250	- -	30 -	45 41	52 45	59 49	64 51	64 51	- -
Шлакоблоки	220	360	-	42	42	48	54	60	63	-
Армированная силикатобетонная панель	140	300	-	34	41	48	55	59	59	-
Древесностружечная плита	20	12	-	23	26	26	26	26	26	23
Фанера	3 4 5 8 10	2,4 3,2 4 6,4 8	7 8 9 12 13	11 12 13 16 17	14 16 17 20 21	19 20 21 24 25	23 24 25 27 28	26 27 28 27 25	27 27 26 27 29	26 27 29 32 33
Стеклопластик	3 5 8 10	5,1 8,5 13,6 17	9 12 15 17	13 16 19 21	17 20 23 25	21 24 27 28	25 28 30 31	29 31 31 31	31 31 33 34	32 34 37 38

Сталь (панели с ребрами жесткости, размер ячеек между ребрами не более 1х1 м)	0,7	-	8	15	19	23	26	30	34	37
	1	7,8	13	17	21	25	28	32	36	35
	2	15,6	16	20	24	28	32	36	35	33
	3	23,4	19	23	27	31	35	37	30	39
	4	31,2	21	25	29	33	36	34	34	41
	5	39	22	26	30	34	37	32	36	42
	6	46,8	23	27	31	35	37	30	39	43
	8	62,4	24	28	32	36	34	33	40	44
	10	78	26	30	34	36	32	36	42	46
Алюминиево-магниевые сплавы	1	2,8	6	10	12	18	22	25	29	28
	2	5,6	10	14	18	22	26	29	27	25
	3	8,4	12	16	20	24	28	31	22	30
	4	11,2	14	18	22	26	29	27	25	32

Пример 5. Рассчитать требуемую звукоизолирующую способность ограждающей конструкции при проникновении шума из металлообрабатывающего цеха, имеющего размеры 100х30х 6м с тремя источниками шума в помещение дистанционного управления с речевой связью по телефону (размеры: 30х5х6м). Помещения примыкают друг к другу стеной L=30 м. Уровни шума источников в каждой октавной полосе приведены в таблице (3.13).

Решение. Требуемую для каждой октавной полосы изолирующую способность смежной стены двух помещений можно определить по формуле (3.7).

Проведем расчет для октавной полосы 63 Гц:

1) Суммарный уровень звукового давления всех источников шума в помещении определяется по формуле (3.4).

2) Согласно таблице (3.4), постоянная помещения при частоте 1000 Гц для металлообрабатывающих цехов определяется по формуле:

$$B_{Ш_{1000}} = \frac{V}{20} = \frac{100 \cdot 30 \cdot 6}{20} = 900\ м^2.$$

Постоянная помещения при частоте 1000 Гц для помещений управления по формуле:

$$B_{И_{1000}} = \frac{V}{6} = \frac{30 \cdot 5 \cdot 6}{6} = 150\ м^2.$$

3) По таблице 3.5 частотный множитель (частота 63 Гц) для цеха объемом V=100·30·6=18000 м^3 при μ_{63}=0,5, а для помещения управления объемом V=30·5·6=900 м^3 при μ_{63}=0,65. Тогда постоянные этих помещений при частоте 63 Гц будут равны:

- для цеха: $B_{Ш63} = \mu_{63} \cdot B_{Ш_{1000}} = 0{,}5 \cdot 900 = 450 м^2$;

- для помещения управления: $B_{И63} = \mu_{63} \cdot B_{И1000} = 0{,}65 \cdot 150 = 97{,}5\ м^2$.

4) Площадь смежной стены, изолирующей помещение управления:

$$S = 30 \cdot 6 = 180\ м^2.$$

5) Допустимый уровень шума в помещении дистанционного управления с речевой связью по таблице (3.2) $L_{доп.63}$=83 дБ.

6) В данном случае количество элементов ограждения n=1, так как изолирует помещения друг от друга одна стена площадью S=180 м^2.

7) Требуемая изолирующая способность стены для октавной полосы 63 Гц

$R_{тр63}$=95,15-10log 450 − 10 log 97,5 + 10 log 180 + 6 − 83 + 10 log 1=-5,65 дБ

Для остальных октавных полос расчет проводится аналогично и сводится в таблице (3.13).

По данным таблицы (3.12) подбираем материал, отвечающий требуемой звукоизолирующей способности. Исходя из результатов расчета таблицы (3.19) и экономических соображений, выбираем кирпичную кладку в 1/2 кирпича и заносим $R_{фактj}$ в таблицу (3.13).

Т а б л и ц а (3.13) - Последовательность вычисления и результаты расчета

№ п/п	Исходные и расчетные величины	Значения исходных и расчетных величин при среднегеометрической частоте октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L_{P1}	93	104	110	108	105	104	108	105
2	L_{P2}	75	110	100	92	107	84	105	95
3	L_{P3}	91	101	97	86	100	102	100	100
4	$10^{0,1L_{P1}}$	$2 \cdot 10^9$	$2{,}5 \cdot 10^{10}$	$1{,}0 \cdot 10^{10}$	$6{,}3 \cdot 10^{10}$	$3{,}16 \cdot 10^{10}$	$2{,}5 \cdot 10^{10}$	$6{,}3 \cdot 10^{10}$	$3{,}16 \cdot 10^{10}$
5	$10^{0,1L_{P2}}$	$3 \cdot 10^7$	$1{,}0 \cdot 10^{11}$	$1{,}0 \cdot 10^{10}$	$1{,}6 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^8$	$3{,}16 \cdot 10^{10}$	$3{,}2 \cdot 10^9$
6	$10^{0,1L_{P3}}$	$1{,}25 \cdot 10^9$	$1{,}26 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^8$	$1{,}0 \cdot 10^{10}$	$1{,}58 \cdot 10^{10}$	$1{,}0 \cdot 10^{10}$	$1{,}0 \cdot 10^{10}$
7	$\sum_{k=1}^{3} 10^{0,1L_{Pк}}$	$3{,}28 \cdot 10^9$	$1{,}37 \cdot 10^{11}$	$1{,}15 \cdot 10^{11}$	$6{,}5 \cdot 10^{10}$	$9{,}16 \cdot 10^{10}$	$4{,}1 \cdot 10^{10}$	$1{,}14 \cdot 10^{11}$	$4{,}5 \cdot 10^{10}$
8	$L_{\Sigma j} = 10\lg \sum_{k=1}^{3} 10^{0,1L_{Pк}}$	95,15	110,13	110,6	108,12	109,61	106,13	110,6	106,5
9	$B_{Ш1000} = \frac{V}{20}$	-	-	-	-	900	-	-	-
10	μ_j	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3	6
11	$B_{Шj}$	450	450	495	630	900	1440	2700	5400
12	$10\lg B_{Шj}$	26,5	26,5	26,9	28,0	29,5	31,6	34,3	37,3
13	$B_{И1000} = \frac{V}{6}$	-	-	-	-	150	-	-	-
14	μ_j	0,65	0,62	0,64	0,75	1,0	1,5	2,4	4,2

15	$B_{Иj}$	97,5	93	96	112,5	150	225	360	630
16	$10lgB_{Иj}$	19,9	19,7	19,8	20,5	21,8	23,5	25,6	28
17	10lgS	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
18	$L_{доп}$	83	74	68	63	60	57	55	54
19	10lgn(n=1)	0	0	0	0	0	0	0	0
20	$R_{трj}$	-5,65	18,53	24,5	25,22	26,91	22,63	24,3	15,8
21	$R_{фактj}$ (стена в 1/2 кирпича)	32	39	40	42	48	54	60	60

Таким образом, стена 1/2 кирпича, оштукатуренная с двух сторон, обеспечивает требуемое снижение шума в помещении управления во всех октавных полосах.

Заключение

В даном учебном пособии приведены основные расчеты, необходимые для принятия будущими специалистами конструктивных и грамотых решений вопросов по тематикам: «Производственная вентиляция», «Производственное освещение» и «Производственный шум», нацеленных на улучшение состояния людей в производственной среде.

Соблюдение гигиенических требований и норм обеспечивает предупреждение профессиональных заболеваний, а значит, способствует сохранению здоровья рабочих. Рабочая деятельность людей проходит в разных условиях, и поэтому одной из основных характеристик рабочей среды выступают производственные факторы. Производственная санитария, освещение и шум представляют собой комплекс мер и требований. Их выполение необходимо для формирования здоровой рабочей обстановки.

Для выработки определенных норм, требований, рекомендаций необходимо изучать и анализировать рабочие условия, их влияние на состояние людей. В процессе разработки раздела БЖД студенты, как будущие специалисты, учатся правильно применять полученные результаты как на производственой практике, так и в дальнейшем на рабочем месте. Расчеты и основные положения, приведенные в учебном пособии, позволяют закрепить у студентов знания, полученные при прослушивании курса «Охрана труда», и обучают навыкам их практического применения. В рамках данного направления устанавливаются требования к содержанию помещений, вентиляции, отоплению, освещению и шуму.

Список литературы

1 Хакимжанов Т.Е. Охрана труда: Учебное пособие, Алматы: Эверо, 2006. - 262 с.

2 Глебова, Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: учеб.пособие для вузов / Е.В. Глебова. – М.: Высшая школа, 2005. – 383 с.

3 СН РК 4.02-01-2011 отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха // комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами министерства национальной экономики республики казахстан. Астана, 2015. – 42 с.

4 Министерство здравоохранения Республики Казахстан от 14 июля 2005 года N 355 Санитарно - эпидемиологические правила и нормы «Санитарно - эпидемиологические требования к воздуху производственных помещений».

5 Нор Е.В. Расчёт воздухообмена [Текст] : методические указания к выполнению практической работы по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда» для студентов специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств» / Е.В. Нор, О.А. Колесник. – Ухта: УГТУ, 2009. – 39 с.

6 Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства Строительные нормы СН РК 2,04.-02.2011 «Естественное и искусственное освещение». – Астана, 2015. – 69 с.

7 Абдимуратов Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех

специальностей. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 20 с.

8 Справочная книга по светотехнике [Текст] : справочное издание / под ред. Ю. Б. Айзенберга. - 3-е изд., перераб. - М. : [Б. и.], 2008. - 952 с.

9 Феоктистова Т.Г. Безопасность жизнедеятельности «Производственная санитария и гигиена труда» расчет производственного освещения. – Москва: МГТУ ГА, 2013.- 52 с.

10 ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности, в котором определены основные характеристики производственных шумов и соответствующие им нормы шума на рабочих местах.

11 Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства Строительные нормы РК СН РК 2.04-02-2011 «Защита от шума». – Астана, 2015. – 42 с.

12 Тупов В.Б. Снижение шумового воздействия от оборудования в энергетике -М.; 2004 г.- 280 с.

13 Жандаулетова Ф.Р., Бегимбетова А.С. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Защита от производственного шума» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 20 с. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 34 с.

14 Тусупбаева Г.А. Геополитические факторы обеспечения национальной безопасности – составные параметры государственной политики Республики Казахстан // Казахстан – спектр, 2005. №2. – С.51.

15 manager@energywind.ru Значения скорости и средней температуры наружного воздуха для некоторых городов Казахстана.

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Некоммерческое акционерное общество
«Алматинский университет энергетики исвязи»

С.Е. Мананбаева, Т.С. Санатова,
А.С. Бегимбетова, Н.С. Бекмуратова

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Часть I «Производственная санитария»
Учебное пособие

Алматы 2017

УДК 614.87(075.8)
ББК
К

Рецензенты:

Рекомендовано к изданию Ученым советом Алматинского университета энергетики и связи (Протокол № __ _____ 2017) Печатается по тематическому плану выпуска ведомственной литературы АУЭС на 2016 год, позиция __.

«Безопасность жизнедеятельности» выполнение раздела дипломных проектов; Учебно-методическое пособие (для студентов высших учебных заведений всех специальностей)/ Мананбаева С.Е., Санатова Т.С., Бегимбетова А.С., Бекмуратова Н.К. - Алматы: АУЭС, 2016.- 95с.: табл.48, ил.15, библиогр. 15 назв.

ISBN _____

Содержание

Введение……4
Содержание раздела……5
1 Производственная санитария……10
1.1 Вентиляция производственных помещений……..10
1.2 Расчет естественной вентиляции……..…15
1.2.3 Расчет аэрации……19
1.3 Порядок укрупненного расчета механической вентиляции……..…21

2 Производственное освещение……..……..40
2.1 Естественное освещение……40
2.2 Цель и порядок расчета естественного освещения……..42
2.3 Искусственные освещение……...55
2.3.1 Выбор источников света……..……55
2.3.2 Размещение светильников……60
2.3.3 Методика расчета осветительных установок…….60
2.3.4 Расчет освещения методом коэффициента использования светового потока……...61
2.3.5 Расчет освещенности точечным методом……...63
3 Производственный шум…….……69
3.1 Гигиеническое нормирование шума……...70
3.2 Акустический расчет……72
3.2.1Выбор расчетных точек……..73
3.2.2 Расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных Точках……...73
3.2.3 Расчет требуемого снижения уровней звукового давления……...…74
3.2.4 Расчет уровней шума внутри помещений……...78
3.3 Выбор мероприятий по снижению шума…….82
3.3.1 Расчет мероприятий для снижения шума……83
Заключение……..93
Список литературы ……94

В представленном учебно-методическом пособии изложены основные принципы разработки раздела «Безопасность жизнедеятельности» », порядок сбора и объем материала, который должен собрать студент на преддипломной практике, структура и содержание раздела, порядок разработки и основная научно-техническая, нормативная и методическая литература для решения задач обеспечения безопасности и экологичности принимаемых в проекте решений.

Учебное пособие состоит из трех частей: первая часть – «Производственная санитария»; вторая часть – «Электробезопасность. Пажаро-взрывобезопасность»; третья часть – «Экологическая безопасность».

В первой части «Производственная санитария» рассматриваются три основные темы: «Производственная вентиляция», «Производственное освещение», «Производственный шум».

Учебное пособие предназначено для студентов всех специальностей.

Введение

Дипломное проектирование является завершающей стадией подготовки специалиста в вузе, поэтому при решении комплекса реальных инженерных задач одно из центральных мест должны занимать вопросы безопасности труда.

Дипломный проект студент разрабатывает на основе общего задания профилирующей кафедры при обязательном выполнении требований безопасности во всех разделах.

Ответственность за постановку и разработку вопросов, связанных с обеспечением безопасности и экологичности решений, принимаемых в проекте, несет выпускающая кафедра, которая в самом начале работы студента над проектом определяет круг вопросов и задач по безопасности, которые ему необходимо решить в проекте.

Кафедра БЖД оказывает консультационную помощь в подборе наиболее эффективных инженерных и организационных решений, определяет глубину проработки раздела и осуществляет контроль за его выполнением в соответствии с обязательными требованиями системы государственных и отраслевых стандартов безопасности труда (ССБТ), отраслевых норм и правил по охране труда и другой нормативно-технической документации.

Дипломное проектирование осуществляется по тематикам предприятий, которые относятся к потенциально опасным производствам. Поэтому основное внимание при разработке раздела следует уделять вопросам промышленной безопасности, экологической безопасности, обеспечению пожаро- и взрывобезопасности.

Экологическая безопасность является одним из основных стратегических компонентов национальной безопасности Республики Казахстан и важнейшим аспектом государственных приоритетов. Как обоснованно считают многие отечественные и зарубежные исследователи, загрязнение окружающей среды стала серьезной преградой на пути социально-экономического развития Казахстана.

Изменение качества окружающей среды напрямую связано с развитием «грязных» технологий и экстенсивного сельского хозяйства. На территории республики насчитывается около 2,5 тыс. предприятий, относящихся к 1-2 - самым высоким классам опасности среди 5 существующих классов [14].

В республике сложилась очень напряженная радиационная обстановка, что приводит к росту числа заболеваний и смертности от онкологических заболеваний, нарушения иммунной системы и генетического статуса населения. Угрозу радиационной обстановки в государстве представляет наличие большого количества отработанных радиоактивных источников, не прошедших нейтрализацию и консервацию и способных создать серьезные аварийные ситуации.

Служба Чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) в настоящее время решает задачи предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, возникающих в результате крупномасштабных аварий и стихийных бедствий. Эти вопросы также рассматриваются в разделе БЖД дипломного проекта.

Таким образом, в тексте пояснительной записки к дипломному проекту выделяется раздел «Безопасность жизнедеятельности», в который включаются основные мероприятия по охране труда, противопожарной профилактике, экологической безопасности, обеспечивающие на рассматриваемом объекте безопасные и безвредные условия труда и безаварийную работу оборудования.

Содержание раздела

В целом, рекомендуемый к разработке в разделе «Безопасность жизнедеятельности» перечень вопросов следующий:

1) Основные опасности производства, наиболее опасные места на установке: анализируются потенциальные опасности проектируемого аппарата, машины, технологические установки, а также состояние рабочего места и производственной среды с целью выявления их возможного воздействия на работающих, что может быть следствием высоких давлений и температур, выделения взрывоопасных, токсичных газов и паров, действия электрического тока, неудовлетворительного состояния микроклимата, механических воздействий и др.

Приводится перечень основных опасностей производства – высокое давление, повышенная температура, большое скопление взрывоопасных веществ, быстровращающиеся детали и т.д., указываются конкретные наиболее опасные места – помещения насосных, блоки печей, реакторов, колодцы и др.

2) Производственная санитария: указываются требования к метеорологическим условиям в производственных помещениях проектируемых объектов.

Для предупреждения опасности отравления предусматривается вентиляция. Следует указать вид вентиляционной системы (местная, общеобменная). Приводят расчет необходимого воздухообмена в зависимости от характера и свойств выделяющихся в помещении вредных веществ.

В производственных помещениях предусматривается естественное и искусственное освещение. Приводятся нормы освещенности в соответствии с разрядом зрительной работы, с учетом взрыво- и пожароопасности производства выбирается тип светильников. Указываются основные требования к аварийному освещению с указанием норм аварийной освещенности.

При проектировании новых установок проводят расчет искусственного освещения. Этот расчет рекомендуется проводить при всякой перепланировке действующих помещений, чтобы избежать неоправданных расходов на оплату электроэнергии. Целью расчета является определение необходимого количества ламп, обеспечивающих нормативную освещенность рабочего места.

В помещениях энергетических объектов находится большое количество интенсивных источников шума.

Нормирование шума ведется в соответствии с Межгосударственным стандартом ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности, в которых определены основные характеристики производственных шумов и соответствующие им нормы шума на рабочих местах.

Для определения проникающего шума из помещений сначала необходимо рассчитать уровень шума внутри помещения.

3) Электробезопасность и защита от статического электричества (включая молниезащиту).

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) производится классификация помещений и наружных установок по взрывопожароопасности при применении электрооборудования (классификация взрывоопасных и пожароопасных зон).

Исходя из взрывоопасных свойств обращающихся веществ, подбирают взрывобезопасное электрооборудование и указывают его маркировку.

Категории и группы взрывоопасных смесей некоторых газов и паров приведены в таблице А.2 (Приложение А). Во взрывоопасных помещениях класса В-1а, а также для наружных установок класса В-1г в пределах взрывоопасной зоны допускается применение взрывозащищенного электрооборудования любого вида взрывозащиты соответственно категории и температурному классу перерабатываемых веществ. В помещениях класса В-1б применяют взрывозащищенное электрооборудование в любом закрытом исполнении.

В соответствии с ПУЭ производится классификация помещений по степени опасности поражения электрическим током.

Разрабатываются мероприятия по защите работающих от возможного поражения электрическим током. К таким мероприятиям относятся: применение пониженного напряжения при работе с переносным инструментом и светильниками, обеспечение недоступности токоведущих

частей и качественная изоляция электропроводок (указывают минимально допустимые значения сопротивления изоляции проводов); защитное отключение; защитное заземление и зануление; применение индивидуальных электрозащитных средств. Заземлению подлежат корпуса машин и механизмов, приводимые в движение электродвигателем, каркасы пультов управлений, щитов, металлические оболочки и броня кабелей, металлические корпуса арматуры светильников и т.д.

В качестве искусственных заземлителей используют обычно вертикальные электроды (стальные трубы диаметром 50-60 мм, длиной 2,5-3,0 м или прутки диаметром 10 – 16 мм, длиной 5 – 10 м) и горизонтальные электроды связи (полосовая сталь шириной 20 – 40 мм и толщиной 4 мм).

Указывают причины накопления зарядов статического электричества на оборудовании и трубопроводах, предусматривают меры для нейтрализации и удалению зарядов статического электричества.

Одним из видов статического является атмосферное электричество. Для защиты оборудования и сооружений от удара молнии предусматривается устройство систем молниезащиты [3].

4) Характеристика токсичности, пожаро- и взрывоопасности веществ, обращающихся на производстве.

Приводится химический состав, физические характеристики (газ, жидкость, аэрозоль и т.п.), пожаро- и взрывоопасные характеристики (температура воспламенения, нижний и верхний пределы воспламенения, пределы взрываемости и т.п.), указываются вредные и токсичные свойства, предельно-допустимая концентрация (далее – ПДК) вредного вещества, отмечаются признаки воздействия вредных веществ на организм человека (вызывают удушье, отравление, ожоги и т.п.).

5) Характеристика взрывопожароопасности помещений и блоков установки, оценка энергетического потенциала и радиусов разрушения.

Приводят деление установки на технологические блоки, указывают границы технологического блока и его категорию взрывоопасности, величину относительного энергетического потенциала и значения радиусов разрушения.

6) Пожарная безопасность.

Устройство технологических установок, компоновка в них оборудования и помещений регламентированы в техническом регламенте «Общие требования к пожарной безопасности». Постановление Правительства Республики Казахстан от 16 января 2009 года № 14.

Указываются пределы огнестойкости строительных конструкций. Для производств категорий А, Б предусматриваются средства взрывозащитные (противовзрывные проемы, легко сбрасываемые конструкции). Для наружных технологических установок также указываются категории по пожарной опасности.

На проектируемой установке в зависимости от физико-химических свойств применяемых веществ выбирают средства пожаротушения. Приводят

нормы наличия первичных средств пожаротушения в помещениях (тип огнетушителя, количество и т.п.). Указывают на наличие автоматических средств пожаротушения, автоматически действующую сигнализацию, типы пожарных извещателей.

10) Коллективные и индивидуальные средства защиты.

Средства коллективной защиты обеспечивают безопасные и нормальные гигиенические условия труда, к ним относятся все виды вентиляции (общеобменная, аварийная), системы производственного освещения, автоматические системы контроля состояния рабочей среды (звуковая, световая сигнализация), автоматические системы контроля эксплуатации оборудования и др. Приводится перечень всех средств коллективной защиты, имеющихся на установке.

11) Возможные аварийные ситуации и аварии, их ликвидация.

В соответствии с законом Республики Казахстан от 11 апреля 2014 года № 188-V «О гражданской защите»разрабатываются планы локализации и ликвидации аварийных ситуаций (далее – ПЛАС) и планы ликвидации (локализации) аварий (далее – ПЛА), в которых указываются действия персонала при аварийных ситуациях и авариях. Используя эти документы, необходимо описать действия персонала при конкретных аварийных ситуациях, которые могут возникнуть при эксплуатации разрабатываемого в проекте оборудования (например, прекращение подачи топлива в печь, прекращение подачи охлаждающей воды в реактор и т.д.).

12) Чрезвычайные ситуации.

Дается анализ вероятных последствий стихийных бедствий и техногенных катастроф. Приводятся схема укрытия работающих в убежищах на территории предприятия и схема эвакуации работников предприятия и членов их семей в загородную зону из зоны ЧС.

Кроме того, в разделе могут быть рассмотрена нормативно-техническая документация, регламентирующая мероприятия по промышленной безопасности и охране труда на предприятии, действующие в области промышленной безопасности законы и подзаконные акты; а также характеристики сточных вод, атмосферных выбросов и твердых отходов, имеющихся на установке, другие аспекты экологической безопасности.

При разработке вопросов не следует давать подробные описания, определения, классификации, необходимо указывать конкретные данные по веществам, оборудованию, помещениям, имеющимся на установке.

Информацию по разрабатываемым вопросам рекомендуется брать не из литературных источников, а из технологического регламента установки, из ПЛАС и ПЛА, из Положений и инструкций, действующих на установке. Отдельные сведения могут быть получены из справочной литературы, кроме описательной части.

В разделе обязательно должен быть выполнен расчет средств защиты от потенциальных опасностей, либо расчет, оценивающий потенциальную

опасность установки, либо расчет мероприятий по улучшению состояния охраны труда и ТБ.

Рекомендуется выполнить один из расчетов:

2) Производственная вентиляция:

- определение количества вредных веществ в производственных помещениях;
- расчет необходимого воздухообмена в производственных помещениях;
- расчет естественной вентиляции в производственных помещениях;
- расчет механической вентиляции в производственных помещениях;

2) Производственное освещение:

- расчет естественного освещения производственных помещений;
- расчет искусственного освещения производственных помещений;

3) Защита от производственного шума:

- акустический расчет производственных помещений при использовании звукопоглощающих облицовок;
- определение эффективности звукоизоляции.

4) Расчет защитного заземления электрооборудования.

5) Расчет зануления на отключающую способность.

6) Расчет молниезащиты помещения насосной, операторной или отдельно стоящего аппарата (колонны, реактора, дымовой трубы) и т.д.

7) Расчет толщины тепло изоляции производственного оборудования.

8) Определение эффективности защиты от электромагнитных полей.

9) Оценка взрывоопасности блоков технологической установки.

10) Определение категории помещения по взрывопожароопасности.

11) Расчет рассеивания вредных примесей в атмосфере и определение санитарно-защитной зоны.

12) Определение минимальной высоты источника выброса.

13) Расчет категории опасности производства.

14) Расчет пылеуловителей.

Расчеты следует выполнять по методикам, изложенным в соответствующей нормативной и справочной литературе.

Конструкции рассчитанных средств защиты могут быть отражены в графической части проекта.

1 Производственная санитария

1.1 Вентиляция производственных помещений

Условия труда на производстве строго регламентируются соответствующей нормативной документацией. Соблюдение этих условий во

многом зависит от качества воздушной среды в промышленных зданиях, которое должно обеспечиваться за счет правильной организации воздухообмена.

Вентиляция – это комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в помещениях. В соответствии с СН РК 4.02-01-2011 [3] под вентиляцией понимают обмен воздуха в помещении для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых метеорологических условий и чистоты воздуха.

Существует великое множество различных технологических процессов, но санитарные требования для людей, принимающих участие в этих процессах, остаются неизменными.

Различают системы с естественным побуждением (аэрация), с искусственным побуждением (механическая вентиляция) и смешанные. Выбор той или иной системы вентиляции определяется условиями обеспечения нормируемых параметров воздушной среды в помещениях.

Количество воздуха, которое необходимо подавать в помещения, определяют расчетным путем, исходя из условии ассимиляции избытков тепла и влаги, а также снижения концентрации газо-, паро-, пылевоздушных вредностей до допустимых уровней. Не допускается определять потребное количество воздуха по кратности воздухообмена, за исключением случаев, оговоренных соответствующими нормативными документами.

Минимальное количество воздуха (20....60 $м^3$/ч), подаваемого в помещения, рекомендуется принимать в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 - Минимальное количество воздуха, подаваемого в помещения

Помещения или отдельные участки и зоны помещения	Объем помещения (участка, зоны)	Минимальное количество наружного воздуха, подаваемого на
Производственные при возможности естественной вентиляции	Менее 20	30
Производственные без естественной вентиляции (проветривания):	20 и более	20

При применении систем с циркуляцией при расчетной кратности воздухообмена: 10 и более менее 10	Любой	60, но не менее однократного обмена воздуха в 1 ч 60, но не менее 20 % об
Общественные и другие при возможности естественной вентиляции (проветривания)	По требованиям соответствую	По требованиям соответствующих глав СНиП [6]
То же, без естественной вентиляции (проветривания)	То же	60**

Допускается уменьшать до 10 % при подаче на одного работающего более 120 $м^3$/ч наружного воздуха.

Для проектирования и расчета вентиляции производственных помещений необходимы следующие данные: наименование помещения и его размеры, число рабочих мест и их назначение, численность работающих, характер и категория работ по уровню энергозатрат, перечень и размещение оборудования, машин, время работы, места выделения загрязнений (газов, паров, пыли, аэрозолей), интенсивность теплового облучения работников, значения предельно допустимых концентраций вредных веществ (Министерство здравоохранения Республики Казахстан от 14 июля 2005 года N 355 Санитарно - эпидемиологические правила и нормы санитарно - эпидемиологические требования к воздуху производственных помещений), характеристика веществ по пожаро- и взрывоопасности.

Располагая указанными данными, приступают к проектированию вентиляции.

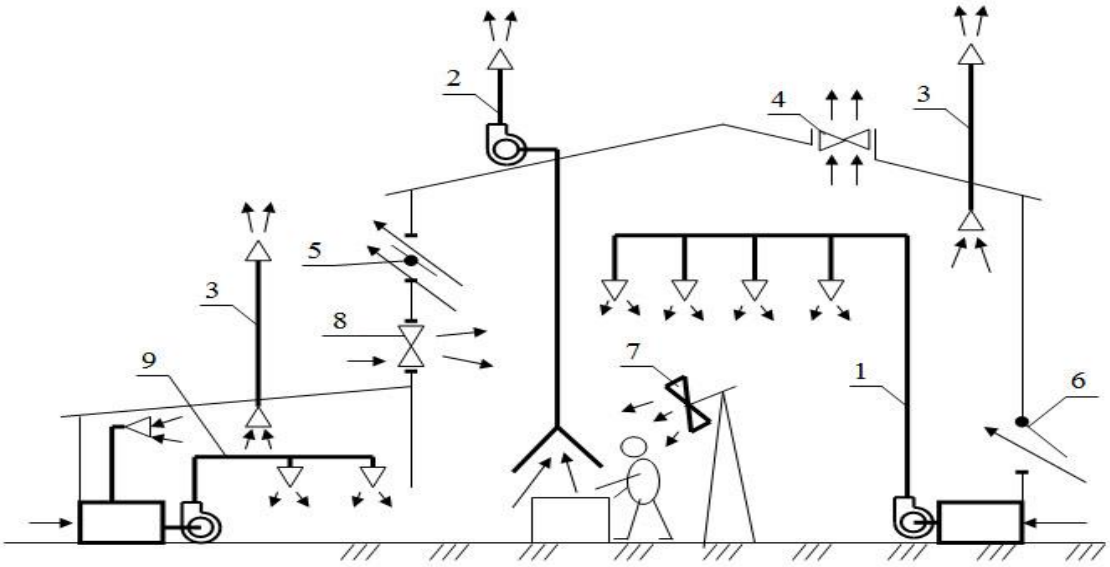
Механическая вентиляция, по принципу действия, может быть приточной, вытяжной или приточно-вытяжной.

Приточную вентиляцию применяют в производственных помещениях со значительным выделением теплоты при малой концентрации вредных веществ в воздухе, а также для усиления воздушного подпора в помещениях с локальным выделением вредных веществ при наличии систем местной вытяжной вентиляции. Это позволяет предотвратить распространение таких веществ по всему объему помещения.

Приточная механическая вентиляция чаще всего предназначается для компенсации расхода воздуха по общеобменной вытяжной и по местной вытяжной системам.

Вытяжную вентиляцию применяют для активного удаления воздуха, равномерно загрязненного по всему объему помещения, при малых концентрациях вредных веществ в воздухе и небольшой кратности воздухообмена.

Приточно-вытяжную вентиляцию применяют при значительном выделении вредных веществ в воздух помещений, в которых необходимо обеспечить особо надежный воздухообмен с повышенной кратностью.



1 - приточная прямоточная общеобменная канальная система с механическим побуждением движения воздуха; 2 - вытяжная местная канальная система с механическим побуждением движения воздуха; 3 - вытяжная общеобменная канальная с естественным побуждением движения воздуха; 4 - вытяжная общеобменная бесканальная с механическим побуждением движения воздуха; 5 - вытяжная общеобменная бесканальная с естественным побуждением движения воздуха; 6 - приточная общеобменная бесканальная система с естественным побуждением движения воздуха; 7 - приточная местная бесканальная с механическим побуждением движения воздуха и 100% рециркуляцией; 8 - приточная прямоточная общеобменная бесканальная система с механическим побуждением движения воздуха; 9 - приточная общеобменная канальная с механическим побуждением движения воздуха и частичной рециркуляцией.

Рисунок 1 – Системы происводственной вентиляции

Естественная вентиляция может осуществляться посредством аэрации или через вытяжные каналы или шахты.

Аэрация - организованный управляемый воздухообмен за счет естественных природных сил (ветрового и теплового напоров). Аэрацию применяют для вентиляции производственных помещений большого объема, в которых применение механической вентиляции, в целом, для всего помещения потребует больших капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

Через специально предусмотренные вытяжные каналы или шахты рекомендуется для помещений небольших объемов при кратности воздухообмена к $< 3ч^{-1}$. Для повышения эффективности работы такой вентиляции на верхнем конце наружной части вытяжных каналов монтируют

дефлекторы. Такую систему вентиляции следует применять в помещениях с незначительным выделением вредных веществ (хранилищах, помещениях для хранения химических реагентов, нефтехранилищах).

При естественной вентиляции воздух в помещения следует подавать через проемы, расположенные в обеих продольных стенах: в теплый период года на уровне не более 1,8 м от пола до нижнего края проема, в холодный период года на уровне не ниже 4 м.

Подача приточного воздуха без его подогрева в холодный период года на более низких отметках допускается только при осуществлении мероприятий, предотвращающих непосредственное воздействие холодного воздуха на работающих.

Выброс воздуха в атмосферу под действием теплового и ветрового напоров следует предусматривать через открывающиеся проемы окон и фонарей, шахты с дефлекторами и без них, исключая случаи, для которых техникоэкономическими расчетами обосновано применение вытяжки воздуха системами с механическим пробуждением. Число шахт для удаления воздуха из верхней зоны следует принимать минимальным.

Дефлекторы обеспечивают устойчивую вытяжку воздуха независимо от направления ветра. Они предназначены для увеличения пропускной способности вытяжных шахт за счет использования ветрового напора. Дефлекторы устроены таким образом, что при обдувании их ветром участок, работающий на вытяжку, имеет большую площадь, чем участок, работающий на приток. В результате разность давлений на концах вытяжной трубы увеличивается, и производительность вентиляции возрастает.

В шахтах и дефлекторах при необходимости следует предусматривать регулирующие клапаны с приводом, обеспечивающим управление ими из рабочей зоны.

Управление фрамугами должно быть механизировано и легко осуществляться изнутри и снаружи помещений.

Воздухоприемные отверстия приточных систем с механическим побуждением, как правило, следует предусматривать в стенах зданий.

Допускается также применение отдельно установленных воздухоприемных устройств. Воздухоприемные отверстия необходимо размещать на высоте не менее 2 м от уровня земли, а при заборе воздуха из зеленой зоны - не менее 1 м от уровня земли.

При проектировании вытяжной механической вентиляции следует учитывать плотность удаляемых паров и газов. Причем, если она меньше плотности воздуха, то воздухоприемники располагают в верхней части помещений, а если больше - в их нижней части.

Выброс в атмосферу загрязненного воздуха, удаляемого механической вентиляцией, должен предусматриваться над кровлей зданий. Выброс воздуха через отверстия в стенах без устройства шахт, выведенных выше кровли, не допускается. В виде исключения выброс может

предусматриваться через отверстия в стенах и окнах, если вредные вещества не будут заноситься в другие помещения.

Выброс в атмосферу взрывоопасных газов должен происходить на расстоянии по горизонтали, равном не менее 10 диаметров выбросной трубы, но не менее 20 м от места выброса дымовых газов.

Местную вытяжную вентиляцию устраивают в местах значительного выделения газов, паров, пыли, аэрозолей. Такая вентиляция предотвращает попадание опасных и вредных веществ в воздух производственных помещений.

Местную вытяжную вентиляцию следует применять на газо- и электросварочных постах, металлорежущих и заточных станках, в кузнечных цехах, гальванических установках, аккумуляторных цехах, на постах технического обслуживания, в помещениях у мест пуска автомобилей и тракторов.

Технологические выбросы, а также выбросы воздуха, содержащего пыль, ядовитые газы и пары, следует очищать перед выпуском их в атмосферу.

Объем воздуха, который необходимо подавать в помещение с требуемыми параметрами воздушной среды в рабочей или обслуживаемой зоне, следует рассчитывать на основании количеств теплоты, влаги и поступающих вредных веществ с учетом неравномерности их распределения по площади помещения. При этом принимают во внимание количество удаляемого из рабочей или обслуживаемой зоны воздуха местными вытяжными устройствами и общеобменной вентиляцией.

Запрещается рассчитывать необходимый воздухообмен для производственных помещений по табличным значениям кратности воздухообмена *к.* По этому параметру допускается рассчитывать воздухообмен в основном санитарно-бытовых и общественно-административных помещений.

При затруднениях в определении количества выделяющихся вредных веществ расчет воздухообмена проводят, исходя из того, что в производственных помещениях с объемом на одного работающего менее 20 $м^3$ следует проектировать подачу наружного воздуха в количестве не менее 30 $м^3$/ч на каждого работающего, более 20 $м^3$ - не менее 20 $м^3$/ч на каждого работающего.

На следующем этапе проектирования составляют расчетную схему сети воздуховодов, на которой указывают местные вытяжные устройства и сопротивления (колена, повороты, шиберы, расширения, сужения), а также номера расчетных участков сети. Расчетный участок - это воздуховод, по которому проходит одинаковый объем воздуха при одинаковой скорости.

По количеству воздуха, проходящего в воздуховоде за единицу времени, и его полному давлению подбирают центробежный вентилятор по аэродинамическим характеристикам. При подборе вентилятора нужно

обеспечить максимальное значение коэффициента полезного действия (КПД) установки и снижение уровня шума при работе.

Степень очистки выбросов воздуха, содержащего пыль, принимают по таблице 2. Если в выбросах воздуха содержание пыли не превышает значений, указанных в таблице 2, то этот воздух разрешается не подвергать очистке.

Таблица 2 - Допустимое содержание пыли в выбросах воздуха в зависимости от её ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений

ПДК пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений, мг/м^3	Допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, мг/м^3
<2	30
от 2 до 4	60
от 4 до 6	80
от 6 до 10	100

При выделении в воздух производственных помещений вредных газов, паров или пыли необходимое количество воздуха, м^3/ч, подаваемого в помещения, следует определять по формуле:

1.3 Расчет естественной вентиляции

Для расчета естественной вентиляции необходимо иметь следующие данные: назначение, наименование помещения и его размеры, наименование и количество машин, материалов или сырья, от которых выделяются вредные пары, газы, пыль, аэрозоли; среднюю скорость господствующего ветра для данной местности. ПДК вредных веществ принимают по нормативам Министерства здравоохранения Республики Казахстан от 14 июля 2005 года N 355 Санитарно - эпидемиологическим правилам и нормам «Санитарно - эпидемиологические требования к воздуху производственных помещений».

Далее определяют количество выделяющихся в воздух помещений вредных веществ за единицу времени.

Основным назначением общеобменной вентиляции является разбавление содержания вредных веществ в общей атмосфере помещения до предельно допустимой концентрации (ПДК).

При выделении в помещении вредных паров, газов или пыли расчет необходимого воздухообмена определяют по формуле:

$$L = \frac{G}{K(C_{\text{ПДК}} - C_0)}, \quad (1)$$

где L – необходимое количество подаваемого или удаляемого из помещения воздуха, м^3/ч;

G – интенсивность выделения рассматриваемого вредного вещества в помещении (определяют расчетным путем или экспериментально), мг/ч;

K – безразмерный коэффициент равномерности распределения вентиляционного воздуха в помещении (при равномерном его распределении принимают $K = 1$);

$C_{ПДК}$ – предельно допустимая концентрация вредного вещества в рабочей зоне помещения, мг/м^3 (таблица 4);

C_O – концентрация этого вещества в поступающем для проветривания помещения воздухе, мг/м^3 : обычно $C_O = 0$, в остальных случаях C_O не должна превышать 30 % от ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

По определенному расчетом количества воздухообмена L устанавливается кратность воздухообмена $K_{об}$ (1/ч) в помещении, т. е. сколько раз в течение часа воздух в нем необходимо заменить свежим для того, чтобы содержание рассматриваемого вредного вещества не превышало ПДК:

$$К_{об} = \frac{L}{V}\ , \qquad (2)$$

где V – объем проветриваемого помещения, м^3.

Затем вычисляют суммарную площадь сечения вентиляционных каналов, м^2:

$$\sum F = \frac{L}{15948 \cdot \Psi \sqrt{\frac{h(\rho_н - \rho_в)}{\rho_н}}}\ , \qquad (3)$$

где Ψ - коэффициент, учитывающий сопротивление движению воздуха в каналах (обычно Ψ =0,5);

h - высота вытяжных каналов, м;

$\rho_н$- плотность наружного воздуха, кг/м^3;

$p_в$ - плотность внутреннего воздуха, кг/м^3.

Плотность воздуха, кг/м^3:

$$\rho = \frac{353}{273+t}\,, \qquad \square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square$$

где t– температура воздуха, при которой определяют плотность,°С.

Площадь сечения одной вытяжной шахты принимают конструктивно, учитывая нормализованный ряд размеров дефлекторов. Рассчитывают число

каналов:

$$n_{\text{выт}} = \frac{\sum F}{f}, \qquad (\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square)$$

где f - площадь сечения дной шахты, м^2.

Объём воздуха, удаляемого через один дефлектор, м^3/ч:

$$L_{\text{Д}} = \frac{L}{n_{\text{выт}}}. \qquad (\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square)$$

Диаметр патрубка дефлектора, м:

$$D_{\text{П}} = 0{,}0188\sqrt{\frac{L_{\text{Д}}}{K_{\text{эф}} v_{\text{в}}}}, \qquad (\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square)$$

где $K_Эф$ - коэффициент эффективности: для дефлекторов ЦАГИ - $K_Эф$=0,4, для звездообразных -$K_Эф$=0,42;

v_e - средняя скорость ветра, м/с (таблица 3).

Таблица 3 - Значения скорости и средней температуры наружного воздуха для некоторых городов Казахстана

Город	$v_{e,\ м/с}$	$t_{хол.период}$, °С	$t_{тепл.период}$, °С
1	2	3	4
Актау	3,7	-24	30
Актобе	1,8	-22	29,2
Алматы	2,7	-11	29,7
Астана	2,9	-23	27
Атырау	2,8	-25	32,1
Балхаш	4,0	-20	28,7

Окончание таблицы 3

1	2	3	4
Жамбыл	1,6	-7	31,9
Караганда	2,7	-21	26,8
Кокшетау	3,9	-25	25,8
Костанай	2,5	-24	26,7
Кызылорда	2,5	-18	34,1
Павлодар	2,6	-24	27,7
Петропавловск	3,6	-24	24,9
Семей	2,6	-23	28,9
Талдыкорган	1,9	-11	30,8
Уральск	2,4	-19	29,5
Усть-Каменогорск	2,4	-26	28,2
Шымкент	2,6	-6	33

Установлены следующие значения диаметров горловин дефлекторов: 200, 315, 400, 500, 630, 710, 800, 900 и 1000 мм.

По требованию потребителей допускается изготовление дефлекторов, диаметр горловины которой более 1000 мм. Поэтому полученное значение D_n следует округлять в большую сторону до ближайшего значения из указанного ряда.

В конце расчета естественной вентиляции определяют места установки вытяжных каналов и дефлекторов.

Таблица 4 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Вещество	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	Вещество	ПДК, мг/м^3	Класс опасности
1	2	3	4	5	6
Альдегид изомасляный	5,0	3	Полипропилен не-стабилизированный	10,0	3
Альдегид масляный	5,0	3	Поливинилхлорид	6,0	3
Амилацетат	100	4	Пиридин	5,0	2
Аммиак	20,0	4	Пропиламин	200	4
Ангидрид сернистый	10,0	3	Полиэтилен низкого давления	10,0	3
Ангидрид фталевый	1,0	2	Сероводород	10,0	2
Ацетальдегид	5,0	3	Сероуглерод	1,0	2
Ацетон	200,0	4	Скипидар	300	4

Бензин	300,0	4	Спирт бутиловый	10,0	3
Бромбензол	3,0	2	Спирт амиловый	10,0	3
Бензол	5,0	2	Спирт пропиловый	10,0	3

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6
Бутилацетат	200,0	4	Спирт метиловый	5,0	3
Винилацетат	10,0	3	Спирт этиловый	1000	4
Гексахлорбензол	0,9	2	Стирол	5,0	3
Диметилэтаноламин	5,0	3	Толуол	50,0	3
Диметиламин	1,0	2	Трифторстирол	5,0	3
Дихлорбензол	20,0	4	Трихлорбензол	10,0	3
Дихлорэтан	10,0	2	Трихлорэтилен	10,0	3
Диэтиламин	30,0	4	Триэтиламин	10,0	3
Диэтилбензол	10,0	3	Уайт-спирит	300	4
Диэтиловый эфир	300,0	4	Углеводороды пред	300	4
Изопрен	40,0	4	Фенол	0,3	2
Изопропилбензол	50,0	4	Фенопласты	6,0	3
Керосин	300,0	4	Формальдегид	0,5	2
Кислота серная	1,0	2	Фосфористый водород	0,1	1
Кислота соляная	5,0	2	Фтористый водород	0,5	2
Кислота уксусная	5,0	3	Фторопласт –4	10,0	3
Ксилол	50,0	3	Хлор	1,0	2
Масла минеральные	5,0	3	Хлористый водород	5,0	2
Метилацетат	100,0	4	Хлорбензол	50,0	3
Метил бромистый	1,0	1	Хлорпрен	0,05	1
Метил хлористый	5,0	2	Циклогексан	80,0	4
Метилэтилкетон	200,0	4	Циклогексиламин	1,0	2
Нафталин	20,0	4	Циклопентадиен	5,0	3
Нитроциклогексан	1,0	2	Щелочи едкие (по NaOH)	0,5	2
Нефть	100,0	4	Этилацетат	200	4
Окись углерода	20,0	4	Этиленмеркаптан	1,0	2
Окись этилена	1,0	2	Этилтолуол	50,0	4
Пентафторбензол	5,0	3	Этил бромистый	5,0	3
Пентафторфенол	5,0	3	Этил хлористый	50,0	4

1.2.3 Расчет аэрации.

Аэрацию максимально используют в горячих цехах (литейных, кузнечнопрессовых и др.) для отвода из помещений излишка выделяемой теплоты, уменьшения концентрации пыли, газов и снижения энергопотребления системами вентиляции. Расчет аэрации проводят без учета ветрового напора для летнего времени, как наиболее неблагоприятного для осуществления этого процесса. Сущность расчета состоит в определении площади приточных и вытяжных проемов.

Сначала определяют требуемый воздухообмен, $м^3/ч$, помещения, в

воздух которого выделяются вредные вещества по формуле 1.

При расчете по избыткам теплоты количество воздуха L, м^3/ч, поступающего через проемы в стенах и удаляемого через аэрационные фонари, рассчитывают по формуле:

$$L = \frac{\chi \cdot k_a \cdot Q}{6{,}28(t_в - t_н)}, \qquad (1)$$

где χ - коэффициент, учитывающий высоту расположения центров приточных поёмов от пола.

Коэффициент χ принимают из следующих значений:

Расстояние от пола до оси проема, м	2	3	4	5
χ	1,04	1,1	1,2	1,35

Q - количество теплоты, выделяющейся в помещении, Вт;

$t_в$ - температура воздуха в рабочей зоне, °С;

$t_н$ - расчётная температура наружного воздуха, °С, принимаемая равной средней температуре в 13 ч самого жаркого месяца года (таблица 3);

k_a - коэффициент, учитывающий температурный режим в помещении, можно также определить в зависимости от значений отношения F/f (здесь f - площадь, занимаемая выделяющим теплоту оборудованием, F - площадь цеха).

F/f	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
k_a	0,25	0,45	0,62	0,68	0,83	0,87

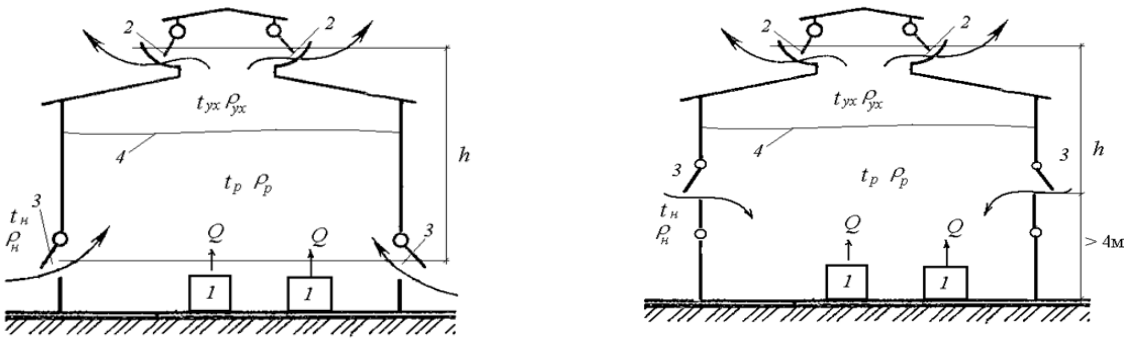
,

а также по формуле:

$$k_a = \frac{t_в - t_н}{t_у - t_н}, \qquad (2)$$

где $t_у$ - температура удаляемого воздуха в рабочей зоне, °С, определяемая из выражения: $t_у = t_в + a(h_в - 2)$.

А) Б)



А), Б) – в теплый и холодный период года соответственно;

1 - источники тепловыделений; 2 – вытяжные проемы; 3 – приточные проемы; 4 – температурное перекрытие.

Рисунок 2 - Схема аэрации одноэтажного промышленного здания

По полученному значению воздухообмена L_2 вычисляют площадь приточных и вытяжных проёмов, м^2 по формуле:

$$\sum F = \frac{L}{15948 \cdot \Psi_р \sqrt{\frac{h_а(\rho_н - \rho_в)}{\rho_н}}},$$ □□□□□□□□□□□□□

где $\Psi_р$ - коэффициент расхода, зависящий от конструкций устанавливаемых в приточных и вытяжных проемах створок и угла от их открытия: $\Psi_р$ = 0,15... 0,67.

Значения коэффициента расхода $\Psi_р$ для створок различных конструкций и назначения при угле их открытия а = 15...90° приведены в таблице 5.

$h_{выт}$ - расстояние между центрами приточных и вытяжных проемов по высоте, м.

Таблица 5 –Значение коэффициента расхода $\Psi_р$

Тип створки	Среднеподвесная приточная	Верхнеподвесная приточная	Верхнеподвесная вытяжная
$\Psi_р$	0,15-0,64	0,25-0,62	0,3-0,67

1.3 Порядок укрупненного расчета механической вентиляции

Для расчета необходимы следующие исходные данные: назначение помещения и его размеры, характер загрязнений; назначение и количество оборудования, материалов, выделяющих вредные вещества и теплоизлучения; характеристика загрязнений по пожароопасности; пожарная опасность помещений; предельно допустимая концентрация вредных веществ в

помещении, концентрация загрязнений в приточном воздухе.

Сначала выбирают способ устранения и предупреждения образования токсических, пожаро- и взрывоопасных концентраций, назначают систему вентиляции. Затем разрабатывают схему общеобменной системы вентиляции и схемы местных систем вентиляции. Для расчёта необходимо знать количество вредных веществ, выделяемых в помещении в течение 1 ч.

Объем воздуха, м^3/ч, который необходимо подать в помещение для снижения концентрации вредных веществ (пыли, газа, пара, аэрозоля) до ПДК определяют по формуле по формуле 1.

При известной (фактической) концентрации вредных веществ в помещении $C_ф$, мг/м^3, объем подаваемого воздуха определяют по формуле:

$$L = \frac{V_{\text{П}} \cdot C_{\text{ф}}}{C_{\text{ПДК}}},$$

где $V_п$- объём помещения, м^3.

Для удаления избыточной теплоты в помещение необходимо подать воздух объемом:

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{\text{c}\rho_{\text{н}}(t_{\text{вн}} - t_{\text{н.р}})},$$

где $Q_{изб}$ - суммарное количество избыточной теплоты, кДж/ч;

c - удельная теплоёмкость сухого воздуха, равная 0,99кДж/(кг-К);

$p_н$ - плотность приточного воздуха, кг/м^3;

$t_{вн}$ - температура воздуха в помещении, К;

$t_{нр}$ — расчётная температура наружного воздуха, К.

Объем воздуха, удаляемого местной вытяжной вентиляцией - вытяжным зонтом (рисунок 4), м^3/ч:

$$L_{\text{м}} = 3600F \cdot v_{\text{опт}} \cdot \text{К}_{\text{з}},$$

где $F = a\ b$ - площадь рабочего проема вытяжного зонта (панели), м^2; a, b - соответственно длина и ширина рабочего проема, м;

$v_{опт}$ - оптимальная скорость удаления вредных веществ, м/с (таблица 3 приложения);

$К_З$ - коэффициент запаса, учитывающий износ оборудования: $К_З$ = 1,1... 1,5.

Размеры рабочего проема вытяжного зонта, м:

$$\text{a} = \text{c} + 0{,}8h; b = d + 0{,}8h,$$

где *c, d* - соответственно длина и ширина перекрываемой поверхности оборудования, м;

h - расстояние по нормали от перекрываемого оборудования до рабочего проема зонта, м.

Угол раскрытия зонта φ, как правило, принимают не более 60°, а высоту бортика h_0 - в пределах 0,1...0,3 м.

Для обдирочно-заточных станков:

$$L_{\text{м}} = 1000AD_{\text{кр}}\ ,$$

где *A* - коэффициент, зависящий от диаметра и типа применяемого круга;

D_{Kp} - диаметр абразивного круга, м.

При D_{Kp} < 0,25 *м A* =2; при D_{Kp} = 0,25...0,6 м *A* = 1,8; при D_{Kp} > 0,6 м *A* = 1,6; для полировальных станков с войлочными кругами А = 4...6.

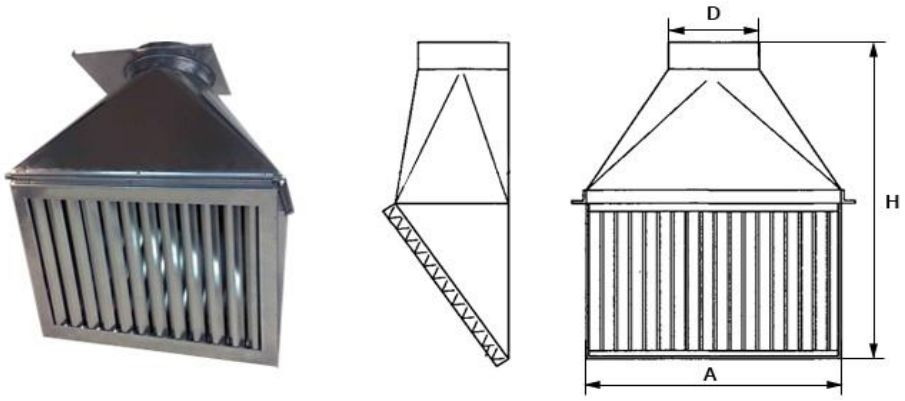


Рисунок 3 - Вытяжной зонт

На участке сварки работы сопровождаются выделением сварочных аэрозолей и вредных газообразных веществ (фтористого водорода, окислов азота, окиси углерода и др.). При определении количества выделяющихся вредностей во время сварки (резки) учитывают удельные показатели их выбросов (таблица 6).

Таблица 6 - Удельные выделения вредных веществ при сварке (наплавке) металлов (г на 1 кг электродов)

Марка электрода	Твердые частицы				Вредные газы		
	Сварочные	В том числе			Фтористый	Окислы	Окись углерод
		Окислы марганца	Окислы	фториды			
1	2	3	4	5	6	7	8
УОНИ-13/55	18,6	0,97	-	2,60	0,93	-	-
ЭА-60В/11	11,0	0,68	0,60	-	0,004	1,30	1,40
АНО-3	17,8	1,85	-	-	-	-	-
ОМА-2	9,2	0,83	-	-		-	-
ЦЧ-4	13,8	0,43	-	-	1,87	-	-
СМ-11	-	12	1,1	47,5	-	-	-
К-5	-	17,2	1,2	60	-	-	-
К-70,К-80	-	16	1,2	26	-	-	-
ОММ-5	-	67,2	1,1	-	-	-	-
ОЗС-2	-	20	1,1	52	-	-	-
ОЗЧ-1	14,7	0,47	-	-	1,65	-	-
МНЧ-2Т-	20,4	0,92	3,70	-	1,34	-	-

Количество вредных выделений при сварке определяют по формуле:

$$G_a = 10^{-3} \cdot M_Э q_a \,, \qquad (16)$$

где G_a– количество сварочного аэрозоля, кг/ч;

$M_Э$ – максимальный расход электродов, г/ч;

q_a– удельное выделение аэрозоля, г/кг.

Аналогично определяют количество выделяющихся при сварке вредных газов.

При газовой резке количество выделяющихся вредных веществ можно определить по таблице 7.

Таблица 7 - Выделение вредных веществ при газовой резке металлов

Материал	Толщина, мм	Сварочный аэрозоль				Газы			
		г/1м резки	г/ч	в том числе		Окись углерода		Окись азота	
				Окись марганца	Окись хрома	г/1м резк	г/ч	г/1м резк	г/ч
Сталь	5	2,25	74,	2,31	-	1,5	49,	1,1	39,0
лероди-	10	4,50	431,	3,79	-	2,1	63,	2,2	64,1
стая	20	9,0	200	6,00	-	2,9	65,	2,4	53,2
Сталь	5	2,50	82,	-	3,96	1,3	42,	1,0	33,6
легиро-	10	5,00	145,	-	6,68	1,9	55,	1,4	43,4
ванная	20	10,0	222,	-	10,35	2,6	57,	2,0	40,9

На гальваническом участке массу вредных веществ (г), поступающих в воздух помещения при гальваническом покрытии деталей, можно рассчитать по формуле:

$$G_{вр} = K_p F \delta \upsilon_в, \quad (17)$$

где K_p – концентрация вещества в растворе, г/л;

F – площадь покрытия, м^2;

δ – толщина покрытия (10...20 мкм);

$\upsilon_в$ – удельный унос вещества, отнесенный к 1 м^2 обрабатываемой площади на1мкм толщины покрытия, л/м^2·мкм (таблица 8).

Таблица 8 - Удельный вынос вещества из ванн

Технологический процесс	Вредное вещество	$\upsilon_в$, л/м^2.
3. Хромирование	Хромовый ангидрид	0,05
2. Молочноехромирование	Хромовый ангидрид	0,1
4. Цианирование	Цианистые	0,015
4. Никелирование, кадмирование, мед- нение, свинцевание, лужение, цинкование в кислотных	Парыкислот	0,001-0,005
5. То же в щелочных электролитах	Парыщелочей	0,01-0,05

При пайке используют мягкие припои, содержащие свинец и олово. Расчет выбросов вредных веществ производят отдельно по свинцу и олову поформуле:

$$G_a = 10^{-3} M_Э \cdot q_a, \quad (18)$$

где G_a – количество вредного аэрозоля, кг/ч;

$M_Э$ – максимальный расход припоя, г/ч;

q_a – удельное выделение аэрозоля, г/кг.

Удельное выделение загрязняющих веществ определяют по таблице 9.

Таблица 9 - Удельное выделение загрязнений на участках

Вид выполняемых	Применяемые	Загрязняющее вещество

работ	вещества и материалы	наименование	Удельное кол-во,
Пайка паяльником	Припои ПОС-30, ПОС-40, ПОС-60,	Свинец, окислы олова	0,51 0,28

Часовой объем воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией L, м^3/ч, определяют по формулам:

– для сварочного поста:

$$L = \frac{G \cdot q}{C_{\text{ПДК}} - C_{\text{н}}}, \quad (19)$$

где G – количество сварочного аэрозоля, кг/ч;

q - удельные выделения вредных веществ на 1 кг расходуемого сварочного материала, мг/кг (таблица 10).

Таблица 10 – Удельные выделения вредных веществ, мг/кг, при сварке и наплавке

Технологическая операция	Сварочные материалы	Удельные выделения вредных веществ на 1 кг расходуемого сварочного материала q, мг/кг	
		Наименование	Количество
Ручная дуговая: сварка:углеродистых и низколегированных конструкционных сталей	ОМА-2	Марганец	830
	ОЗС-6		860
	АНО-5		1870
	К-5а		1530
	АНО-6		1950
теплоустойчивой стали	ЦЛ-17	Хромовый ангидрид	166
коррозионностойкой жаропрочной и жаростойкой сталей	ОЗЛ-14	То же	460
	ОЗЛ-6	»	595
	ЭА-606/11	Марганец	340
	ЦТ-36	»	1190
высокопрочных среднелегированных сталей	Электроды типа:		
	ЭА-395/9	Хромовый ангидрид	425
	ЭА-981/15	То же	450
	ВИ-10-6	»	720
Ручная дуговая сварка и наплавка чугуна	Электроды типа:	»	
	ЦЧ-4	Марганец	435
	МНЧ-2	»	920
Ручная сварка и наплавка	«Комсомолец-	»	3900

меди и ее сплавов	100»		
Ручная сварка алю-	ОЗА-1	Оксид алюминия	20000
миния и его сплавов	ОЗА-2/АК	То же	28000
Полуавтоматическая	АМЦ	Марганец	625
аргоно-дуговая сварка	АМГ	»	780
алюминия и его сплавов. То же, титановых сплавов	Электродные проволоки	Титан и его диоксид	1750

- для гальванических установок

$$L = 3600 \cdot l \cdot b \cdot v_B \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot n, \quad (20)$$

где l, b – соответственно длинна и ширина щели, м: $b \geq 0{,}1B$ (здесь B – ширина ванны), обычно принимают b в пределах 50…100 мм;

v_B – скорость движения воздуха в открытых проемах, м/с (таблица 11);

k_1 – коэффициент, учитывающий сопротивление движения воздуха от зеркала ванны к щели: при отсутствии штанг для подвески деталей k_1=1, при наличии штанг k_1 =1,7;

k_2 – коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в помещении (таблица 12);

n – число щелей: в однобортовых отсосах n = 1 при B< 0,7 м; в двухтбортовых n = 2 при $B \geq 0{,}7$м;

Таблица 11 - Расчётные минимальные значения скоростей удаления вредных веществ в открытых проёмах местной вытяжной вентиляции

Вид вредности или работ	υ, м/с
Теплота, водяной пар	0,3
Бензин, масла технические и другие вредности с ПДК 100 мг/м^3 и выше	0,5…0,7
Вредные вещества с ПДК от 100 до 10 мг/м^3	0,7…1
Пыли, аэрозоли, дымы, пары, туманы веществ с ПДК от 10 до 2 мг/м^3	1,25
Вещества с ПДК от 2 до 1 мг/м^3	1,75
Вещества с ПДК менее 1 мг/м^3	2
Особо токсичные (ПДК<0,01 мг/м^3) и радиоактивные вещества	3
Сварка металлов электрическая	1,5
Сварка газовая	1,5…2
Пайка	0,7…1
Плавление (свинец)	1,5
Эпоксидная смола	До 3
Закалка в среде масла	0,3…0,5
Травление с применением:	

азотной кислоты	0,7…1
соляной или серной кислот	0,7

Таблица 12 – Значение коэффициента k_2

Скорость движения воздуха в помещении υв, м/с	Значения коэффициента k_2 при h/B												
	для однобортового отсоса							для двухбортового отсоса					
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,05	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,2	-	-	1,1	1,2	1,25	1,35	-	-	1,05	1,1	1,2	1,25	1,35
0,4	-	1,05	1,2	1,35	1,45	1,65	-	1,1	1,15	1,25	1,35	1,45	1,65
0,6	1,05	1,2	1,35	1,6	1,75	1,95	1,05	1,2	1,35	1,4	1,6	1,75	1,95
0,8	1,2	1,35	1,55	1,8	2	2,35	1,2	1,35	1,5	1,65	1,8	2	2,35
1	1,3	1,55	1,8	2,15	2,35	2,8	1,3	1,6	1,7	1,9	2,15	2,35	2,8

- для наплавочной установки:

$$L = K\sqrt[3]{I} \quad , \tag{21}$$

где K–переводной коэффициент: при щелевом отсосе K=12, при воронкообразном K=13,2;

I – сила сварочного тока, А.

Общее количество воздуха, удаляемого общеобменной и местными вытяжными системами вентиляции, м^3/ч, определяется по формуле:

$$L_{уд} = L + L_{м.общ}, \tag{22}$$

где L – часовой объем воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией, м^3/ч.;

$L_{\text{м общ}}$– общее количество воздуха, удаляемого несколькими системами вентиляции, м^3/ч:

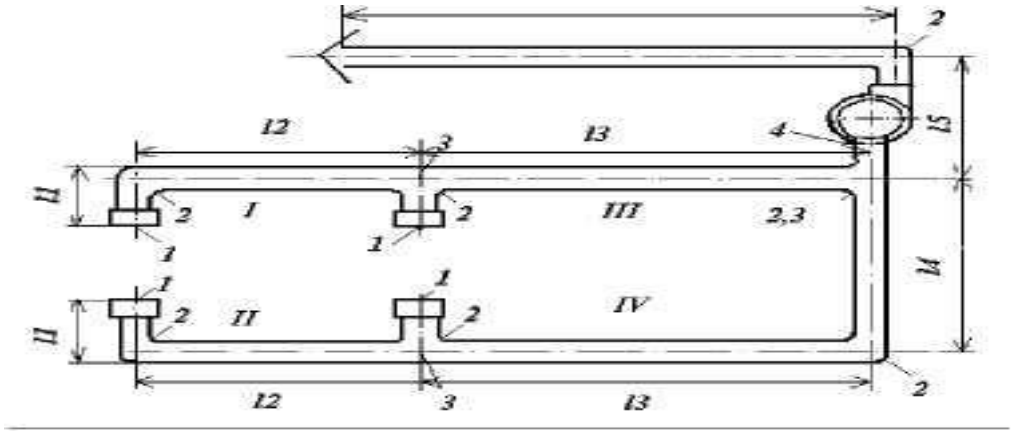
$$L_{\text{м.общ}} = L_{\text{М1}} + \cdots + L_{\text{мП}} = \sum_{i-1}^{n} L_{M_i}\,. \quad (23)$$

Общее количество приточного воздуха, м^3/ч:

$$L_{\text{ПР}} = L_{\text{УД}}. \quad (24)$$

Зная объемы циркулируемого воздуха, вычерчивают схему систем вентиляции производственных помещений, на которой указывают расположение местных отсосов, мест подачи и вытяжки воздуха в системе общеобменной вентиляции, делят схему на расчетные участки.

Длину воздуховодов выбирают из конструктивных соображений, руководствуясь планом размещения оборудования (рисунок 4).



I... IV - номера расчётных участков; 1.. .4 - местные сопротивления:

1 - жалюзи на входе; 2 - колено с углом поворота а=90°; 3 - внезапное расширение отверстия при $F_1/F_2=0_37$; 4 - диффузор вентилятора.

Рисунок 4 - Схема к расчёту вытяжной сети системы вентиляции

Далее рассчитывают сеть воздуховодов отдельно для приточной и вытяжной вентиляции. На отдельном участке сопротивление движению воздуха, Па:

$$\text{Н}_{\text{уч}} = \frac{\rho v^2}{2}\left(\frac{\lambda l}{d} + \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{\text{м}}\right) \quad (25)$$

где ρ – плотность воздуха,кг/м^3 (формула 4);

v– скорость движения воздуха в трубопроводе, необходимая для переноса различной пыли, м/с (таблица 13);

λ – коэффициент сопротивления движению воздуха на участке воздуховода: для металлических труб λ = 0,02, для полиэтиленовых λ =0,01;

l – длина участка,м;

d – диаметр воздуховода,м;

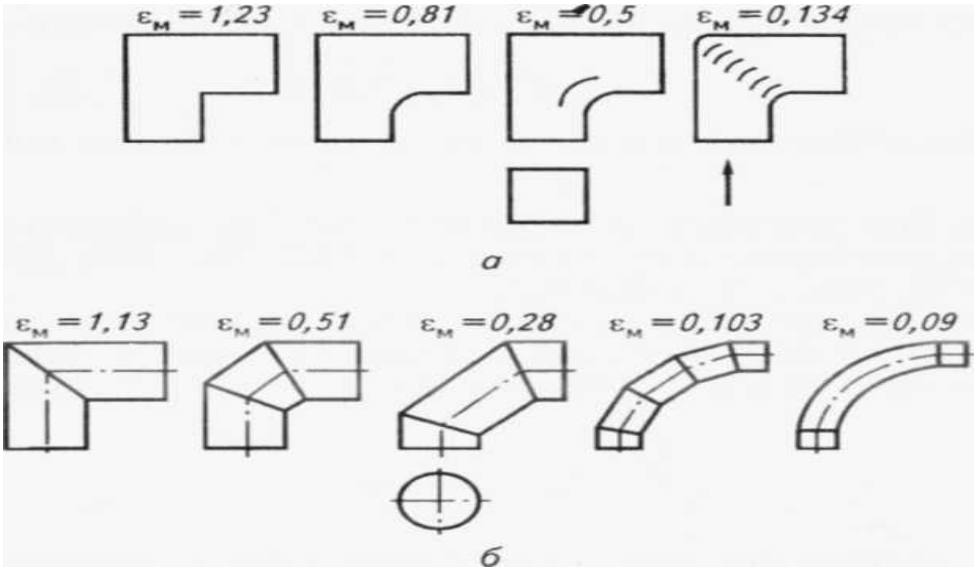
$\varepsilon_м$– коэффициент местных потерь напора (таблица 14, рисунок 6).

Таблица 13 - Рекомендуемые значения скоростей движения воздуха

Вид пыли, переносимой движущимся воздухом	Скорость движения воздуха,
Легкая сухая (древесная, табачная, мучная и т.п.)	8…10
Текстильная, зерновая, пылькрасок	10…12
Минеральная	12…14
Тяжелая минеральная	14…16

Таблица 14 - Значения коэффициента $\varepsilon_м$ для различных местных сопротивлений

Наименование	Значения $\varepsilon_м$
Жалюзи на входе	0,5
Диффузор вентилятора	0,15
Жалюзи на выходе	3,0
Внезапное сужение отверстия при F_2/F_1,равном:	
0,1	0,47
0,3	0,38
0,5	0,3
0,7	0,2
Внезапное расширение отверстия при F_1/F_2,равном:0,2...0,8	
0,1	0,81
0,3	0,49
0,5	0,25
0,7	0,1
Колено с углом поворота α =120°	0,5
Колено с углом поворота α =150°	0,2



а – квадратного сечения; б – круглого сечения

Рисунок 5 - Значения коэффициентов местных потерь напора в поворотных коленах

Диаметр воздуховода, м, рассчитывают поформуле:

$$d = 0{,}033\sqrt{L_{\text{уч}}/\pi v}\ , \qquad (26)$$

где $L_{\text{уч}}$– производительность вентиляции на данном участке вентиляционной сети, м^3/ч.

Полученное значение *d* округляют до ближайшего из следующего стандартизированного ряда, мм:180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630 и т.д.

При расчете диаметра воздуховода необходимо учитывать внезапное расширение отверстия ($F1/F2$) или внезапное сужение ($F2/F1$).

Значения εм для колен с углом поворота α = 90° в зависимости от формы этих элементов воздуховодов указаны на рисунке 6.

Общее сопротивление движению воздуха в воздуховодах сети, Па,

$$\text{Н}_\text{с} = \sum_{i=1}^{m} H_{i\text{уч}}\ . \qquad (27)$$

На основе известного воздухообмена рассчитывают производительность вентилятора L_B с учетом потерь или подсосов воздуха вентиляционной сети:

$$L_\text{В} \square\square k_\text{П} L, \qquad (28)$$

где kП – поправочный коэффициент на расчетное количество воздуха: при использовании стальных, пластмассовых и асбоцементных трубопроводов длиной до 50 м kП = 1,1, в остальных случаях - kП =1,15.

По необходимой производительности и полному расчетному давлению выбирают вентиляторы для общеобменной и местной систем вентиляции.

Назначают тип, номер и технические характеристики вентиляторов (таблица 14), а также их исполнение: обычное – для перемещения не агрессивных сред с температурой не выше 423 К, не содержащих липких веществ, при концентрации пыли и других твердых примесей не более 150 мг/м^3; антикоррозийное – для перемещения агрессивных сред; взрывобезопасное – для перемещения взрывоопасных смесей; пылевое – для перемещения воздуха с содержанием пыли более 150 мг/м^3.

Вентиляторы подбирают по аэродинамическим характеристикам. Зная производительность вентилятора, определяют КПД вентилятора η. При этом следует обеспечить воздухообмен с наибольшим КПД.

Условные обозначения: 4А–серия; 63…132–высота оси вращения, мм; А, В– первая и вторая длины сердечника; S,M,L–соответственно малая, средняя и большая длина корпуса; 2,4,6–число полюсов (6000/2=3000 мин-1; 6000/4 = 1500 мин-1; 6000/6=1000 мин-1); У–климатическое исполнение (для районов с умеренным климатом); 3 – категория размещения.

Таблица 15 - Технические характеристики центробежных вентиляторов серии Ц4-70

Номер венти	Диаметр колеса,	Подача, тыс. м^3/ч	Асинхронный электродвигатель		
			Марка*	Частота вращения,	Мощность, кВт
1	2	3	4	5	6
3	300	0.55...6.8	4АА63А4У3 4АА63В4У3 4А80А2У3	1380 1365 2850	0,25 0,37 1,5
4	400	0,95...11,	4А71А6У3	910	0,37
			4А71А4У3	1390	0,55
			4А80А4У3	1420	1,1
			4А10052У3	2880	4
			4А112М2У3	2900	7',5
5	500	2...17.5	4А71В6У3	900	0,55
			4А80В4У3	1415	1,5
			4А901.4У3	1425	2,2
6	600	2,5...26	4А90Ь6У3	935	1,5

			4А100L6У3	950	2,2
			4А100Ь4У3	1430	4
			4А13254У3	1455	7,5

С целью уменьшения шума вентиляционной установки следует добиваться выполнения условия:

$$\pi D_{\text{В}} n_{\text{В}} < 1800, \quad (29)$$

где $D_{\text{В}}$ – диаметр колеса вентилятора,м.

Определяют мощность электродвигателей для местной вытяжной и общеобменной систем вентиляции, кВт:

$$P = \frac{L_B H}{3{,}6 \cdot 10^6 \eta_B \eta_{\text{П}}}, \quad (30)$$

где $L_{\text{В}}$ – требуемая производительность вентилятора,м^3/ч;

H – давление, создаваемое вентилятором, Па (оно численно равно H_C);

$\eta_{\text{В}}$ – КПДвентилятора;

$\eta_{\text{П}}$– КПД передачи: колесо вентилятора на валу электродвигателя – $\eta_{\text{П}}$ = 1; соединительная муфта – $\eta_{\text{П}}$ = 0,98; клиноременная передача – $\eta_{\text{П}}$ =0,95; плоскоременная передача – $\eta_{\text{П}}$ =0,9.

Выбирают тип электродвигателя: для общеобменной и местной вытяжной систем вентиляции – взрывобезопасного или нормального исполнения в зависимости от удаляемых загрязнений; для приточной системы вентиляции нормального исполнения.

Установленную мощность электродвигателей для вытяжной, приточнойи местной систем вентиляции, кВт, рассчитывают по формуле:

$$\text{Р}_{\text{ут}} = \text{РК}_{\text{зм}}, \quad (31)$$

где $K_{\text{З.М}}$– коэффициент запаса мощности (таблица 16).

Таблица 16 – Значения коэффициента запаса мощности $К_{з.м}$ для вентилятора

Мощность на валу электродвигателя r, кВт	Значения $К_{з.м}$ для вентилятора	
	центробежного	осевого
до 0,5	1,5	1,2
0,51…1	1,3	1,15
1,01…2	1,2	1,1

2,01…5	1,15	1,05
более 5	1,1	1,05

Пример расчет естественной вентиляции.

Помещение оборудовано n=4 вытяжными шахтами естественной вентиляции сечением a×b = 0,7×0,7 м. Каждая из них оборудована заслонкой, позволяющей регулировать сечение.

Определить площадь проходного сечения шахты, если в помещении выделяется *G* = 150000 мг/ч сероводорода. Температура удаляемого воздуха $t_в$ = 28 ^{0}C, температура приточного воздуха $t_н$ = 22 ^{0}C, коэффициент, учитывающий потерю скорости воздуха в канале шахты ψ = 0,6; расстояние между приточными отверстиями и верхним торцом шахт h = 4 м.

ПДК сероводорода – 10 мг/м^3 (таблица 4).

Расчет необходимого воздухообмена при выделении в помещении вредных паров, газов или пыли определяют по формуле (1):

$$L = \frac{150000}{1(10-0)} = 15000 \text{ м}^3.$$

Площадь сечения вентиляционных каналов, м^2 определяют по формуле 3:

$$\sum F = \frac{15000}{15948 \cdot 0{,}5\sqrt{\frac{4(1{,}197-1{,}172)}{1{,}197}}} = 6{,}5 \text{ м}^2.$$

Плотность воздуха, кг/м^3 по формуле 4:

$$\rho_н = \frac{353}{273+22} = 1{,}197 \text{ кг/м}^3, \qquad \rho_в = \frac{353}{273+28} = 1{,}172 \text{ кг/м}^3.$$

Площадь сечения одной шахты, м^2 определим из формулы 5:

$$f = \frac{6{,}5}{4} = 1{,}6 \text{ м}^2.$$

Объем воздуха, удаляемого через один дефлектор, м^3/ч определим по формуле 6:

$$L_Д = \frac{15000}{4} = 3750 \text{ м}^3.$$

Диаметр патрубка дефлектора, м определим по формуле (7):

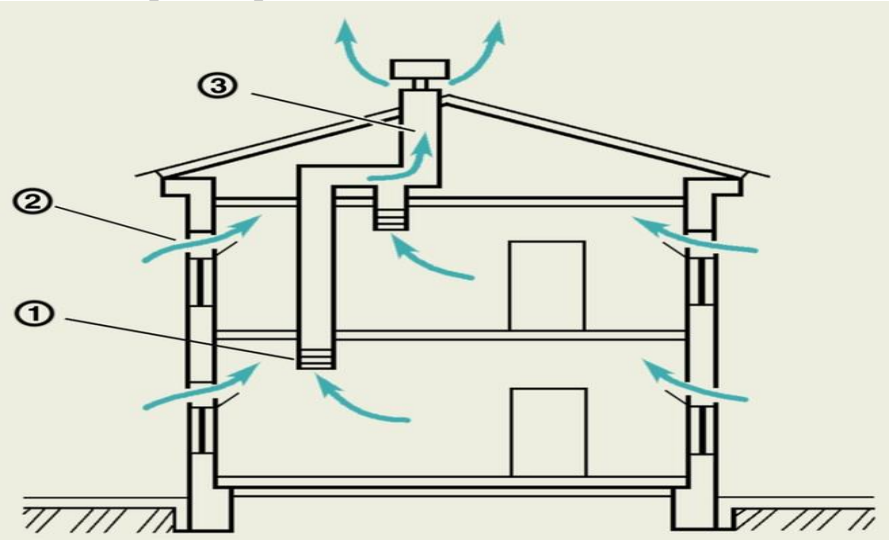
$$D_{\text{П}} = 0{,}0188\sqrt{\frac{3750}{0{,}4 \cdot 3{,}9}} = 0{,}92 \text{ м},$$

где $K_{эф}$ – 0,4 для дефлекторов ЦАГИ;

v_e – 3,9 для города Кокшетау (таблица 3).

По полученному значению диаметр патрубка дефлектора выбираем ближайшее стандартное значение горловины дефлектора $D_п$ = 900 мм.

В конце расчета естественной вентиляции определяют места установки вытяжных каналов и дефлекторов.



1 — вытяжная решетка; 2 — фрамуга или окно; 3 — вытяжная шахта; 4 — дефлектор

Рисунок 6 - Схема естественной вентиляции жилого помещения:

Пример расчет аэрации

В цехе в 1 час выделяется G = 150000 мг/ч сероводорода. Определить площадь приточных и вытяжных аэрационных проёмов (рисунок 2), если температура удаляемого из помещения воздуха равна t=28°С, а расстояние между центрами приточных и вытяжных проёмов h_a=4 м.

Необходимый воздухообмен при выделении в помещении вредных паров, газов или пыли определяется по формуле 1, L= 15000 м^3.

Площадь приточных и вытяжных проемов вычесляют по полученному значению воздухообмена L по формуле (10):

$$\sum F = \frac{15000}{15948 \cdot 0{,}15\sqrt{\frac{4(1{,}197-1{,}171)}{1{,}197}}} = 21\text{м}^2,$$

где $Ψ_р$=0,15 (таблица 4).

Пример расчета проектирования приточной и вытяжной механической вентиляции.

Рассчитать механическую вытяжную вентиляцию для помещения, в котором выделяется пыль или газ и наблюдается избыточное явное тепло.

Исходные данные.

Количество выделяющихся вредностей: $G_{вр}$ = 1,2 кг/ч пыли;

$Q_{изб}^{Я} = 26$кВт.

Параметры помещения: 9х26х6 м.

Температура воздуха: $t_П$ = 21° С, $t_У$ = 24 °С.

Допустимая концентрация пыли $C_{ПДК}$ = 50 мг/м^2

Число работающих – 80 человек в смену

Схема размещения воздуховода приведена на рисунке 5.4.

Подобрать необходимый вентилятор, тип и мощность его электродвигателя.

Расчет: $L_{СГ} \leq L_П \leq L_Б$,

где $L_П$ – потребное количество воздуха для помещения, м^3/ч;

$L_{СГ}$ – потребное количество воздуха, исходя из обеспечения в данном помещение санитарно-гигиенических норм, м^3/ч;

$L_Б$ – то же, исходя из норм взрывопожарной безопасности, м^3/ч.

$l_Д$ = 6м

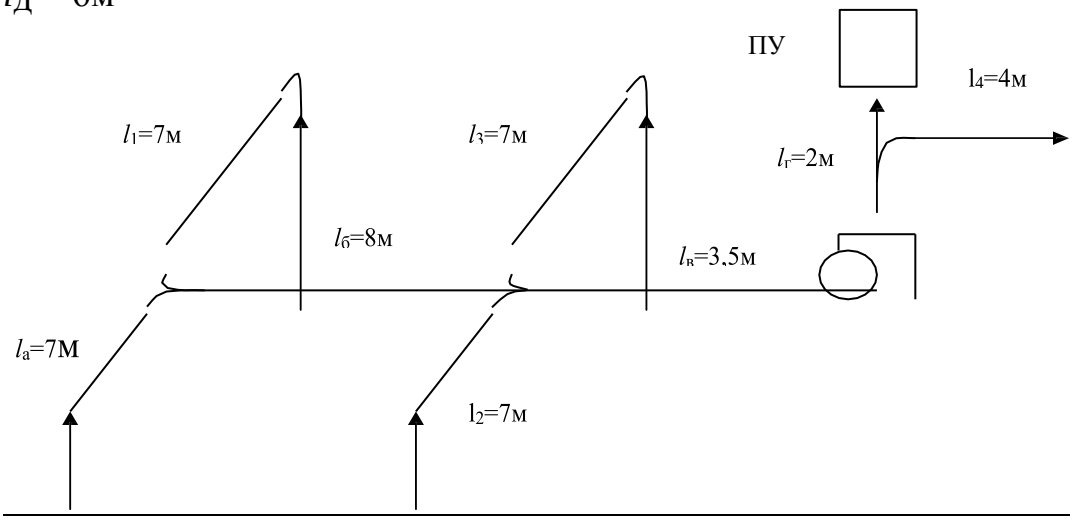


Рисунок 7 - Схема воздуховодов вытяжной вентиляции

Расчет значения $L_{СГ}$ ведут по избыткам явной или полной теплоте, массе выделяющихся вредных веществ, избыткам влаги (водяного пара), нормируемой кратности воздухообмена и нормируемому удельному расходу приточного воздуха. При этом значения $L_{СГ}$ определяют отдельно для теплого и холодного периодов года при плотности приточного и удаляемого воздуха Q = 1,2 кг/м^3 (при температуре 20 С).

При наличии в помещении явной $Q^{я}_{изб}$ теплоты потребный расход определяют по формуле:

$$L_{я} = \frac{3{,}6 \cdot Q^{я}_{изб}}{1{,}2 \cdot (t_{у} - t_{п})} = \frac{3{,}6 \cdot 26000}{1{,}2 \cdot (24 - 21)} = 26000 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $t_{у}$ и $t_{п}$ – температуры удаленного и поступающего в помещение воздуха.

При наличии выделяющихся вредных веществ (пар, газ, пыль $m_{вр}$, мг/ч) в помещении потребный расход определяют по формуле:

$$L_{вр} = \frac{G_{вр}}{C_{ПДК} - C_{п}} = \frac{1{,}2 \cdot 10^6}{50 - 0{,}3 \cdot 50} = 34286 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $C_{д}$ – концентрация конкретного вредного вещества, удаляемого из помещения, мг/м^3;

$C_{ПДК}$ – предельно допустимая концентрация вредного вещества в рабочей зоне помещения, мг/м^3.

$C_{п}$ 0,3 ПДК в рабочей зоне.

Расход воздуха для обеспечения норм взрывопожарной безопасности ведут по массе выделяющихся вредных веществ в данном помещении, способных к взрыву:

$$L_{\sigma} = \frac{G_{вр}}{0{,}1C_{нк} - C_{п}} = \frac{1{,}2 \cdot 10^6}{0{,}1 \cdot 60 - 0{,}3 \cdot 50} = -133{,}333 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $C_{нк}$ = 60 г/м^3 – нижний концентрационный предел распространения пламени по пылевоздушным смесям.

Найденное значение уточняют по минимальному расходу наружного воздуха:

$$L_{min} = n \cdot m \cdot z = 80 \cdot 25 \cdot 1{,}3 = 2600 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где m = 25 м^3/ч – норма воздуха на одного работника;

z =1,3 –коэффициент запаса;

n = 80 – число работников.

Окончательно: $L_М$ = 34286 м^3/ч.

Аэродинамический расчет ведут при заданных для каждого участка вентиляционной сети значений их длин *L*, м, и расходов воздуха *L*, м^3/ч. Для этого определяют:

- количество вытяжного воздуха по магистральным и другим воздуховодам;
- суммарное значение коэффициентов местных сопротивлений по участкам определяется по формуле:

$$\sum_{i=1}^{n} \xi_i = \xi_{пов} + \xi_{вт} = \xi_{сп},$$

где $\xi_{пов}$ – коэффициент местного сопротивления поворота;

$\xi_{ВТ} = \xi_{ВТ} \cdot n$ – суммарный коэффициент местного сопротивления вытяжных тройников;

$\xi_{СП}$ – коэффициент местного сопротивления при сопряжении потоков под острым углом, $\xi_{СП}$ = 0,4.

В соответствии с построенной схемой воздуховодов определяем коэффициент местных сопротивлений. Всасывающая часть воздуховода объединяет четыре отсоса, и после вентилятора воздух нагнетается по двум направлениям.

На участках *а*, *1*, *2* и *3* давление теряется на входе в двух (четырех) отводах и в тройнике. Коэффициент местного сопротивления на входе зависит от выбранной конструкции конического коллектора. Последний устанавливается под углом α = 30° и при соотношении l/d_0 = 0,05, тогда по справочным данным коэффициент равен 0,8. Два одинаковых круглых отвода запроектированы под углом α = 90° и с радиусом закругления $R_0/d_Э$ = 2. Для них коэффициент местного сопротивления ξ_0 = 0,15.

Потерю давления в штанообразном тройнике с углом ответвления в 15° ввиду малости (кроме участка *2*) не учитываем. Таким образом, суммарный коэффициент местных сопротивлений на участках *а*, *1*, *2*,*3:*

$$\xi = 0{,}8 + 2 \cdot 0{,}15 = 1{,}1.$$

На участках *б* и *в* местные потери сопротивления только в тройнике, которые ввиду малости (0,01…0,003) не учитываем. На участке *г* потери давления в переходном патрубке от вентилятора ориентировочно оценивают коэффициентом местного сопротивления $\xi_Г$ = 0,1. На участке *д* расположена выпускная шахта, коэффициент местного сопротивления зависит от выбранной ее конструкции. Поэтому выбираем тип шахты с плоским экраном и его относительным удлинением 0,33, а коэффициент местного сопротивления составляет 2,4. Так как потерей давления в

тройнике пренебрегаем, то на участке *д* (включая и ПУ) получим □д = 2,4. На участке *4* давление теряется на свободный выход (□□= 1,1 и в отводе □□= 0,15. Кроме того, следует ориентировочно предусмотреть потерю давления на ответвление в тройнике (□□= 0,15), так как здесь может быть существенный перепад скоростей. Тогда суммарный коэффициент местных сопротивлений на участке *4:*

$$\square\square_4 = 1{,}1 + 0{,}15 + 0{,}15 = 1{,}4.$$

Определение диаметров воздуховодов из уравнения расхода воздуха:

$$d = 1{,}13 \cdot \sqrt{L/V}.$$

Вычисленные диаметры округляются до ближайших стандартных диаметров. По полученным значениям диаметров пересчитывается скорость.

Определяется динамическое давление и приведенный коэффициент сопротивления движению воздуха на участках воздуховода. Подсчитываются потери давления:

$$\mathrm{H_{уч}} = \left(\frac{\lambda l}{d} + \sum \xi\right) \cdot \frac{\rho V^2}{2}.$$

Таблица 17 - Для упрощения вычислений составлена таблица с результатами

Номер	*L*, м	*L*1, 3/	*d*, мм	*V*, м/с	$\frac{\rho V^2}{2}$ П	$\frac{\lambda}{d}$	$r\frac{\lambda}{d}$	$r\frac{\lambda}{d}+$□	*Н*уч, Па	H^I ,	Δ*H* ,
а	7	857	400	19	21	0,0	0,28	1,38	298	298	-
б	8	1714	560	19,	22	0,02	0,2	0,2	45,2	343	-
в	3,	3428	800	19	21	0,01	0,05	0,053	11,4	354,	-
г	3,	3428	800	19	21	0,01	0,05	0,153	33	387	-
д	6	2571	675	23	31	0,0	0,12	2,52	799	118	-
1	7	857	400	19	21	0,0	0,28	1,38	298	298	-
2	7	857	400	19	21	0,0	0,28	1,38	298	343	45
3	7	857	400	19	21	0,0	0,28	1,38	298	343	45
4	4	857	40	19	21	0,0	0,16	1,56	337	799	46

Как видно из таблицы, на участке *4* получилась недопустимая невязка в 462 Па (57 %).

Как видно из таблицы, на участках *2*, *3* получилась недопустимая не вязка в 45 Па (13 %).

Для участка *4*: уменьшаем *d* с 400 мм до 250 мм, тогда

$$V = \frac{8572 \cdot 1{,}13^2}{3600 \cdot 0{,}25} = 12 \text{ м/с},$$

при этом $\frac{\rho V^2}{2} = 418$ Па и $\frac{\lambda}{d} = 0{,}08$, Н=780 Па, ΔН=80Па, => $\frac{80}{70} \cdot 100 = 10\%$.

Для участка *2* и *3*: уменьшаем *d* с 400 мм до 250 мм, тогда *V* = 10м/с, при этом $\frac{\rho V^2}{2} = 226$ Па и $\frac{\lambda}{d} = 0{,}25$, Н=305Па, ΔН=80 Па, = $\frac{80}{70} \cdot 100 = 10\%$>.

Выбор вентилятора.

Из приложения 1 [3] по значениям $L_{\text{потр}}$ = 34286 м^3/ч и H^I = 1186 Па вы- бран вентилятор Ц-4-76 №12.5 ($Q_{\text{В}}$ – 35000 м^3/ч, $M_{\text{В}}$ – 1400 Па, □$_{\text{В}}$ = 0,84, □$_{\text{П}}$ = 1). Отсюда установленная мощность электродвигателя составляет:

$$N_{\text{у}} = \frac{1{,}1 \cdot Q_{\text{В}} \cdot H_{\text{В}}}{\eta_{\text{В}} \cdot \eta_{\text{П}} \cdot 3600 \cdot 102} = \frac{1{,}1 \cdot 35000 \cdot 1460}{0{,}84 \cdot 3600 \cdot 102} = 75 \text{ кВт},$$

где $Q_{\text{В}}$ – принятая производительность вентилятора,

$N_{\text{В}}$ – принятый напор вентилятора,

□$_{\text{В}}$ = □□– КПД вентилятора,

□$_{\text{П}}$ – КПД передачи.

По значениям *N* = 75 кВт и □□= 1000 об/мин выбран электродвигатель АО2-92-6 («АО» – защитное исполнение, 92 – размер наружного диаметра, 6 – число полюсов).

2 Производственное освещение

2.1 Естественное освещение

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Источником естественного освещения является солнце. Условия освещения в помещении определяется в основном диффузным светом

небосвода, а также отраженным светом, создаваемым излучением, отраженным от земной поверхности.

Естественное освещение помещений осуществляется: боковым светом — через световые проемы в наружных стенах или через прозрачные части стен, выполненные из пустотелых стеклянных блоков; верхним — через световые проемы, устраиваемые в покрытии или через прозрачные части покрытия; комбинированным — через световые проемы в покрытии и стенах или через прозрачные ограждения покрытий и стен.

Применение одной из трех перечисленных систем естественного освещения зависит от назначения и размеров помещения, от требований к освещению, а также от расположения помещения в плане здания. В зданиях с большими площадями преобладающее значение для естественного освещения имеют фонари или прозрачные части покрытий, выполненные из стекло-железобетона.

Так как естественный свет непостоянен, может резко изменяться даже в течение нескольких минут, то естественное освещение нормируется не по освещенности, а по коэффициенту естественной освещенности (КЕО).

Коэффициент естественной освещенности (е) представляет собой отношение естественной освещенности в данной точке внутри помещения $E_в$ к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $E_н$, создаваемой светом полностью открытого небосвода. КЕО выражается формулой:

$$e = \frac{E_в}{E_н} \cdot 100, \% \, . \qquad (1)$$

Таким образом, коэффициент естественной освещенности показывает, какую долю наружной освещенности диффузного света небосвода составляет освещенность в расчетной точке внутри помещения.

В соответствии с требованиями СН РК 2,04.-02.2011 «Естественное и искусственное освещение» устанавливают минимальные значения КЕО в зависимости от разряда зрительной работы, системы освещения (боковое, верхнее).

Разряд зрительной работы определяется по наименьшему размеру объекта различения, например, толщина линии, нити, царапина и т.д.

Нормированные значения КЕО e_N для зданий располагаемых в различных районах следует определять по формуле:

$$e_N = e_н \cdot m_{N,,} \qquad (2)$$

где N –номер группы обеспеченности естественным светом (таблица 1а);

$e_н$- значения КЕО по таблице 13

m_N- коэффициент светового климата по таблице 1

Упрощенный метод расчета заключается в предварительном определении площади световых проемов которая обеспечит нормированное значение КЕО.

Расчет производится по следующим формулам:

- при боковом освещении

$$100\frac{S_o}{S_n} = \frac{e_н K_з \eta_o}{\tau_o r_1} K_{зд}, \quad (3)$$

- при верхнем освещении

$$100\frac{S_o}{S_n} = \frac{e_н K_з \eta_ф}{\tau_o r_2 K_ф}, \quad (4)$$

где S_o - площадь световых проемов при боковом освещении, м^2;

S_n- площадь пола помещения, м^2;

$e_н$ – нормируемое значение КЕО

$К_з$–коэффициент запаса, принимают по таблице 9;

η_o - световая характеристика окон, принимают по таблице 2;

τ_o - общий коэффициент светопропускания, определяют по формуле:

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (5)$$

где τ_1 - коэффициент светопропускания материала, принимают по таблице 4;

τ_2 - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема, принимают по таблице 5;

τ_3 - коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, при боковом освещении равен 1, при верхнем освещении принимают по таблице 6;

τ_4 - коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, принимают по таблице 7;

τ_5 - коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимают равным 0,9;

r_1 - коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении, благодаря свету, отраженному от поверхности помещения и подстилающего слоя, примыкающего к зданию, принимают по таблице 11;

$К_{зд}$ - коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями, принимают по таблице 9;

$S_ф$ -площадь световых проемов (в свету) при верхнем освещении, м^2;

$\eta_ф$-световая характеристика фонаря или светового проема в плоскости покрытия по таблице 3;

r_2 - коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении, благодаря свету, отраженному от поверхности помещения, принимают по таблице 12;

$К_ф$- коэффициент, учитывающий тип фонаря, принимают по таблице 7.

2.2 Цель и порядок расчета естественного освещения

Цель расчета естественного освещения - определение площади остекления, при которой будет обеспечена величина нормированного коэффициента естественной освещенности. При этом определяются тип переплетов (фонарей), положение остекления, количество световых проемов и др.

Порядок расчета:

1. Выбор системы естественного освещения.

Выбор производится в зависимости от назначения производственного помещения с учетом специфики технологического процесса.

Освещение может быть боковое (одностороннее иди двустороннее), верхнее - через аэрационные фонари, комбинированное (верхнее и боковое).

2. Выбор нормированного значения коэффициента естественной освещенности производится по СН РК 2,04.-02.2011 «Естественное и искусственное освещение». Для этого необходимо определить разряд зрительной работы в зависимости от наименьшего размера объекта различения.

Скорректировать значения $е_н$ в зависимости от района расположения здания с учетом светового климата по формуле (2). При этом коэффициент светового климата определяют в зависимости от номера группы административных районов по ресурсам светового климата (таблица 1,а).

3. Выбор коэффициента запаса $К_з$, который учитывает снижение КЕО за счет загрязнения остекления, производится по таблице 9. Для этого необходимо установить категорию помещения по условиям загрязнения воздушной среды и расположение светопропускающего материала по отношению к горизонту.

4. Определение световой характеристики световых проемов производится:

а) при боковом освещении по таблице 2 в зависимости от величины отношения длины помещения L к его глубине l (L/l), а также величины отношения глубины помещения l к его высоте от уровня условной рабочей поверхности от верха окна h_1 (l/ h_1);

б) при верхнем освещении по таблице 3 в зависимости от типа фонаря, а также величин отношений длины помещения к ширине ($L_п$/B) и высоты помещения к ширине (H/B).

5. Определение общего коэффициента светопропускания производится по формуле (5), а также с помощью таблиц 4-7.

6. Определение коэффициентов:

а) r1 - для бокового освещения по таблице 11.

Для этого необходимо определить:

- отношение глубины помещения к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна - l/ h_1;

- отношение глубины помещения к ширине помещения - l/B;

- отношение длины помещения к его глубине - L/l;

- величину средневзвешенного коэффициента отражения $\rho_{ср}$ потолка, стен и пола, которая определяется по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2 + \rho_3 S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \cdot 100, \% \, , \qquad (6)$$

где ρ_1, ρ_2, ρ_3 - коэффициенты отражения потолка, стен и пола соответственно;

S_1, S_2, S_3 - площадь поверхности потолка, стен и пола соответственно.

7. Определение коэффициента $К_{зд}$, учитывающего затенение противостоящими зданиями, производится с помощью таблицы 9 в зависимости от величины отношения расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданием к высоте расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна *($Р_{зд}/Н_{зд}$)*.

8. Определение площади световых проемов производится:

а) при боковом освещении по формуле (3);

б) при верхнем освещении по формуле (4).

Установленные расчетом размеры световых проемов допускается изменять на + 5%, -10 %.

Таблица 1 — Коэффициенты светового климата в зависимости от группы административного района и ориентации световых проемов по сторонам горизонта

Световые проемы	Ориентация световых проемов по горизонтам	Коэффициент светового климата *m*										
		Номер группы административных районов										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В наружних	С	1	0,9	1,	1,	0,8	0,9	1	1	0,9	0,7	0,7

стенах здания				1	2						5	5
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8	0,9	1	1	0,9	0,75	0,7
	З, В	1	0,9	1,1	1,1	0,8	0,9	1	0,9	0,8	0,7	0,65
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1	1,1	0,8	0,85	1	0,9	0,8	0,7	0,65
	Ю	1	0,85	1	1,1	0,75	0,85	0,95	0,9	0,8	0,7	0,65
В прямоугольных и трапец.-х фонарях	С-Ю	1	0,9	1,1	1,2	0,75	0,9	1	0,9	0,9	0,8	0,8
	СВ-ЮЗ ЮВ-СЗ	1	0,9	1,2	1,2	0,7	0,9	1	0,9	0,85	0,8	0,75
	В-З	1	0,9	1,1	1,2	0,7	0,85	1	0,85	0,8	0,75	0,7
В фонарях типа «шед»	С	1	0,9	1,2	1,2	0,7	0,9	1	0,9	0,9	0,8	0,8
В зенитных фонарях	—	1	0,9	1,2	1,2	0,75	1	1	0,8	0,8	0,75	0,7
П р и м е ч а н и я 1 С - северное; СВ - северо-восточное; СЗ - северо-западное; В - восточное; З - западное; С-Ю - север-юг; В-З - восток-запад; Ю - южное; ЮВ - юго-восточное; ЮЗ - юго-западное. 2 Группы административных районов стран ЕврАзЭС по ресурсам светового климата приведены в таблице 1а												

Таблица 1а - Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административный район
Казахстан	
8	Акмолинская, Костанайская, Северо-Казахстанская области
9	Актюбинская, Западно-Казахстанская области
10	Атырауская, Восточно-Казахстанская, Карагандинская, Мангистауская, Павлодарская области
11	Алматинская, Жамбылская, Кызылординская, Южно-Казахстанская области

Таблица 2 - Значения световой характеристики η_o окон при боковом освещении

Отношение	Значения световой характеристики η_o при отношении

длины помещения к его глубине	глубины помещения к его высоте от уровня условной рабочей поверхностидо верха окна							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 и более	6	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	-

Таблица 3 - Значение световой характеристики фонарей ηф

Тип фонарей	Отношение длины помещения Lп к ширине В								
	от 1 до 2			от 2 до 4			более 4		
	Отношение высоты помещения Н к ширине В								
	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1,0	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1,0	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1,0
С вертикальным двусторонним остеклением	5,8	9,4	16	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
С наклонным двусторонним остеклением	3,5	5,2	6,2	2,8	3,8	4,7	2,7	3,6	4,1
С вертикальным односторонним остеклением	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10	4,9	7,1	8,5
С наклонным односторонним остеклением	3,8	4,5	6,8	2,9	3,4	4,5	2,5	3,2	3,9

Таблица 4 - Значения коэффициента τ_1

Вид светопропускающего материала	τ_1
Стекло оконное листовое: -одинарное - двойное - тройное	0,9 0,8 0,75
Стекло витринное толщиной 6-8 мм	0,8
Стекло листовое армированное	0,6
Стекло листовое узорчатое	0,65
Стекло листовое со специальными свойствами: - солнцезащитное	0,65

- контрастное	0,75
Органическое стекло: - прозрачное - молочное	0,9 0,6
Пустотелые стеклянные блоки светопрозрачные	0,5 0,55
Стеклопакеты	0,8

Таблица 5 -Значения коэффициента τ_2

Вид переплета для окон промышленных зданий	τ_2
Переплеты деревянные : одинарные спаренные двойные раздельные	 0,75 0,7 0,6
Переплеты стальные: одинарные открывающиеся одинарные глухие двойные открывающиеся двойные глухие	 0,75 0,9 0,6 0,8

Таблица 6 -Значения коэффициента τ_3

Несущие конструкции покрытий	τ_3
Стальные формы	0,9
Железобетонные и деревянные формы и арки	0,8
Балки и рамы сплошные при высоте сечения : 50 см и более менее 50 см	 0,8 0,9

Таблица 7 -Значение коэффициента τ_4

Солнцезащитные устройства, изделия и материалы	τ_4
Убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы (межстекольные внутренние, наружные)	1
Стационарные жалюзи и экраны с защитным углом не более 45^0 при расположении пластин жалюзи или экранов под углом 90^0 к плоскости окна: горизонтальные вертикальные	 0,65 0,75
Горизонтальные козырьки: с защитным углом не более 30^0 с защитным углом от 15 до 45^0 (многоступенчатые)	 0,8 0,9-0,6

Таблица 8 -Значения коэффициента $К_ф$

Тип фонаря	$К_ф$
Световые проемы в плоскости покрытия, ленточные	1
Световые проемы в плоскости покрытия, штучные	1,1
Фонари с наклонным двусторонним остеклением (трапециевидные)	1,15
Фонари с вертикальным двусторонним остеклением (прямоугольные)	1,2
Фонари с наклонным односторонним остеклением (шеды)	1,3
Фонари с вертикальным односторонним остеклением (шеды)	1,4

Таблица 9 - Значения коэффициента $К_{зд}$

$Р/Н_{зд}$	0,5	1	1,5	2	3 и более
$К_{зд}$	1,7	1,4	1,2	1,1	1

Таблица 10 - Значение коэффициента запаса

Помещения и территории	Примеры помещений	Коэффициент запаса Кз				
		При ЕО и расположении светопропускающего материала			При искусственном освещении	
		Вертикально	Нак-лонно	Горизон-тально	Газоразрядные лампы	Лампы накаливания
1	2	3	4	5	6	7

1. Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне: а) св. 5 мг/м^3 пыли, дыма, копоти	Агломерационные фабрики, цемент-ные заводы и обрубные отделения литейных цехов. Цеха кузнечные, литейные, сварочные, сборного железобетона	1,5	1,7	2	2	1,7
б) от 1 до 5 мг/ м^3 пыли, дыма, копоти	Цеха инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, пошивочные	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5
в) менее 1 мг/м^3 пыли, дыма, копоти	Цеха химических заводов по выработке кислот, щелочей, едких химических реактивов, ядохимикатов, удобрений	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот	Цеха гальванических покрытий и гальванопластики	1,5	1,7	2	1,8	1,5
2. Помещений с особым режимом по чистоте воздуха: а) с технического этажа б) снизу из помещений		- -	- -	- -	1,3 1,4	1,1 6 1,2
3. Помещения общественных и жилых зданий	Кабинеты, учебные помещения, лаборатории, торговые залы и т.д.	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3

Таблица 11 - Значения коэффициента r2

Отношение высоты помещения, принимаемой от условной рабочей поверхности до нижней грани остекления, $H_ф$ к ширине В	Средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола		
	$\rho_{ср}$=0,5	$\rho_{ср}$=0,4	$\rho_{ср}$=0,3
2	1,7	1,6	1,4
1	1,5	1,4	1,3

0,75	1,45	1,35	1,25
0,5	1,4	1,3	1,2
0,25	1,35	1,25	1,15

$\frac{l}{h_1}$	$\frac{l}{B}$	Значения r_1 при боковом одностороннем освещении									Значения r_1 при боковом двустороннем освещении								
		Средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола																	
		0,5			0,4			0,3			0,5			0,4			0,3		
		Отношение длины помещения к его глубине																	
		0,5	1	2 и >	0,5	1	2 и >	0,5	1	2 и >	0,5	1	2 и >	0,5	1	2 и >	0,5	1	2 и >
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
От 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1	1,35	1,25	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	1	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,6	1,4	1,25	1,45	1,3	1,5	1,25	1,15	1,1
Свыше 1,5 до 2,5	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1	1,8	1,45	1,25	1,4	1,35	1,15	1,25	1,15	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2	2,1	1,75	1,5	1,75	7,45	1,2	1,3	1,25	1,2
	1	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5	2,35	2	1,6	1,9	1,6	1,5	1,5	1,35	1,2
	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1

Свыше 2,5 до 3,5	0,2	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1	1,05	1,05	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,4	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1	1	1,1	1,35	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	0,6	2	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,6	1,8	1,6	1,35	1,5	1,35	1,5	1,35	1,2	1,35	1,25	1,15
	0,8	3,6	3,1	2,1	2,4	2,2	1,55	1,9	1,7	1,4	2,8	2,4	1,9	1,9	1,6	1,3	1,65	1,5	1,25
	1	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7	4,45	3,35	2,65	2,4	2,1	1,6	2	1,7	1,4
Свыше 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,4	1,8	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2	2,35	2	1,75	1,6	1,4	1,3	1,35	1,25	1,15
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5	4,2	3,5	2,85	2,25	2	1,7	1,95	1,7	1,4
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9	5,8	4,5	3,6	2,8	2,4	1,95	2,25	2	1,6
	1	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5	6,3	5	4	3,5	2,9	2,4	2,6	2,25	1,9

Таблица 12 - Значения коэффициента r1

Т а б л и ц а 13 — Требования к освещению помещений промышленных предприятий

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение			Совмещенное освещение
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта UGR и коэф. пульсации		КЕО $e_н$, %			
						При системе комбин.-го освещения		При системе общего освещения			При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
						всего	в т.ч. от общего		*UGR*, не более	$K_п$, %, не более				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	500	500	—	21	10				
						4500	500	—	19	10				
			б	»	Средний	4000	400	1250	21	10				

				Средний	Темный	3500	400	1000	19	10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500 2000	300 200	750 600	21 19	10 10	—	—	6,0	2,0
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	1500 1250	200 200	400 300	21 19	10 10				
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	400	200	200	24	15				

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000 3500	400 400	— —	21 19	10 10				
			б	» Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600	21 19	10 10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	200 200	500 400	21 19	10 10	—	—	4,2	1,5
			г	Средний Большой	Светлый » Средн	1000 750	200 200	300 200	21 19	10 10				

				»	ий									
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	24 21	15 15				
			б	» Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200	24 21	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	24 21	15 15	—	—	3,0	1,2
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	400	200	200	24	15				
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	24	20				
			б	» Средний	Средний Темный	500	200	200	24	20				
			в	Малый	Светл						4,0	1,5	2,4	0,9

				Средний Большой	ый Средний Темный	400	200	200	24	20				
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	—	—	200	24	20				

Окончание таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Малой точности	Св. 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	24	20				
			б	» Средний	Средний Темный	—	—	200	24	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	—	—	200	24	20	3,0	1,0	1,8	0,6
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	—	—	200	24	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста		—	—	200	24	20	3,0	1,0	1,8	0,6

Работа со светящимися материалами и издел. в горячих цехах	Более 0,5	VII		То же	—	—	200	24	20	3,0	1,0	1,8	0,6
Общ. наблюдение за ходом производств-го процесса: постоянное периодическое пребывании людей в помещении то же общее наблюдение за инженер. коммуникации		VIII	а	»	—	—	200	24	20	3,0	1,0	1,8	0,6
			б	»	—	—	75	—	—	1,0	0,3	0,7	0,2
			в	»	—	—	50	—	—	0,7	0,2	0,5	0,2
			г	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	—	—	20	—	—	0,3	0,1	0,2	0,1

П р и м е ч а н и я

1 Для подразряда норм от Iа до IIIв может приниматься один из наборов нормируемых показателей, приведенных для данного подразряда в гр. 7 — 11.

2 Освещенность следует принимать с учетом пп. 7.5 и 7.6 настоящих норм.

3 Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего

4 Освещенность при работах со светящимися объектами размером 0,5 мм и менее следует выбирать в соответствии с размером объекта различения и относить их к подразряду «в».

Таблица 14

	TL218 CL							TL418 CL								TL236 CL								TL436 CL							
потолок	80	80	80	70	50	50	30	80	80	80	70	50	50	30	0	80	80	80	70	50	50	30	0	80	80	80	70	50	50	30	0
стены	80	50	30	50	50	30	30	80	50	30	50	50	30	30	0	80	50	30	50	50	30	30	0	80	50	30	50	50	30	30	0
пол	30	30	10	20	10	10	10	30	30	10	20	10	10	10	0	30	30	10	20	10	10	10	0	30	30	10	20	10	10	10	0
0,6	45	30	24	28	27	23	23	48	34	28	33	31	28	27	24	46	31	25	30	28	25	24	21	50	34	28	33	32	28	27	23
0,8	51	36	29	34	33	29	28	55	41	35	40	38	34	34	31	52	38	31	36	34	31	30	27	57	42	35	40	38	34	34	30
1	55	41	34	39	37	33	33	59	47	40	44	42	39	39	35	56	43	36	41	38	35	35	31	62	47	40	45	43	39	38	35
1,25	59	47	39	44	41	38	37	64	53	45	50	47	44	44	41	61	49	41	46	43	40	39	36	66	54	45	51	48	44	44	40
1,5	62	51	42	47	44	41	41	66	57	48	53	50	47	47	44	63	52	44	49	46	43	43	39	69	58	49	54	51	48	47	44
2	66	56	47	52	48	45	45	69	61	52	57	53	51	50	48	66	57	48	53	49	47	46	43	77	63	53	58	54	52	51	48
2,5	68	60	50	55	51	49	48	71	64	55	59	55	54	53	50	69	61	51	56	52	50	49	46	75	67	56	61	57	55	54	51
3	70	63	52	57	53	51	50	73	67	57	62	57	56	55	53	70	64	54	58	54	52	51	49	77	70	59	64	59	57	57	54
4	7	6	5	6	5	5	5	7	6	5	6	5	5	5	5	7	6	5	6	5	5	5	5	7	7	6	6	6	5	5	5

	2	6	5	0	5	3	2	4	9	9	3	8	7	6	4	2	6	6	0	6	4	3	1	8	3	1	6	1	9	8	6	
5	73	68	57	61	56	55	54	75	71	60	65	59	58	57	55	73	69	57	62	57	56	55	52	80	75	63	68	62	61	60	57	
	TLPL114								TLPL224								TLPL228								TLPL280							
потолок	80	80	80	70	50	50	30	0	80	80	80	70	50	50	30	0	80	80	80	70	50	50	30	0	80	80	80	70	50	50	30	0
стены	80	50	30	50	50	30	30	0	80	50	30	50	50	30	30	0	80	50	30	50	50	30	30	0	80	50	30	50	50	30	30	0
пол	30	30	10	20	10	10	10	0	30	30	10	20	10	10	10	0	30	30	10	20	10	10	10	0	30	30	10	20	10	10	10	0
0,6	48	29	21	27	26	21	20	15	45	27	20	26	25	20	19	15	52	32	25	31	30	24	24	19	52	32	24	31	29	24	23	18
0,8	55	36	28	34	32	27	26	21	52	34	26	32	30	26	25	20	60	40	32	38	36	31	31	25	60	40	31	38	36	31	30	25
1	60	41	32	39	36	31	30	25	57	39	31	37	35	30	29	24	65	46	37	44	41	36	35	30	66	46	37	44	41	36	35	29
1,25	65	47	37	44	41	36	35	30	61	45	36	42	39	35	34	29	70	53	43	50	47	42	41	36	71	53	43	50	46	42	41	35
1,5	69	52	41	48	45	40	39	33	65	50	40	46	43	39	38	33	74	58	47	54	50	46	45	40	75	58	47	54	50	46	45	39
2	73	58	47	54	49	45	44	38	69	56	45	51	47	43	43	38	79	65	53	60	55	51	50	45	79	65	53	60	55	51	50	45
2,5	76	63	51	58	53	49	48	42	72	60	49	55	51	47	46	42	82	70	57	64	59	55	54	50	82	70	57	64	59	55	54	49
3	79	67	54	61	56	52	51	46	74	64	52	58	53	50	49	45	82	74	61	67	62	59	58	53	85	74	61	68	62	59	58	53
4	8	7	5	6	5	5	5	4	7	6	5	6	5	5	5	4	8	7	6	7	6	6	6	5	8	7	6	7	6	6	6	5

	1	1	8	4	9	6	4	9	6	8	5	1	6	3	2	8	7	8	4	0	5	2	1	7	7	8	4	1	5	2	1	6
5	83	75	61	67	61	58	57	52	78	71	58	64	58	56	55	51	88	81	66	73	67	64	63	59	89	81	67	73	67	65	63	59

Таблица 15 - Коэффициенты отражения

Поверхность	Материал	Коэффициент отражения, %
Потолок	Бетон	40
	Штукатурка	73
	Плитка подвесного потолка белая	70
	Плитка подвесного потолка светло-серая	50
Стены	Пластик светлый	60
	Гипсокартон белый	80
	Обои (желтые, бежевые, розовые)	50
	Обои (голубые, светло-зеленые)	30
	Обои (красные, коричневые)	20
Пол	Плитка однотонная светлая	30
	Паркетная доска светлая	20
	Паркетная доска темная	10
	Ламинат светлый (ясень)	30
	Линолеум светло-серый	20
	Ковролин однотонный серый	10

Примеры расчета.

Рассчитать естественную освещенность в диспетчерском пункте подстанции.

Определить необходимую площадь световых проемов (остекления).

Д а н о: диспетчерский пункт подстанции находится в Актау.

Геометрические размеры помещения: длина помещения L =15 м; В= 8 м; высота Н = 5 м. Высота от рабочей поверхности ($h_{р.п.}$ =0,7 м) до верха окна ($h_{ок}$=3,5 + $h_{н\ ок}$ =1,2) h1 = $h_{ок}$ + $h_{н\ ок}$ – $h_{р.п.}$ = 3,5 + 1,2 – 0,7= 4 м. Коэффициенты отражения потолка, стен и пола: 50 %, 30%, 10 %.

Противостоящее здание находится на расстоянии $Р_{зд}$ = 30 м; $Н_{зд}$ = 30 м.

Спроектировать боковое, *одностороннее* (т.к. В< 12 м рекомендуется односторонняя системя естественного освещения) естественное освещение.

Предусмотреть использование двойного оконного стекла в деревянных спаренных вертикально расположенных переплетах. Наименьший размер объекта различения - 4 мм.

Р е ш е н и е:

Нормируемое значение КЕО определяется по формуле (2):

$$e_N = e_н \cdot m_N = 1 * 0{,}75 = 0{,}75,$$

где ен =1 по таблице 13;

m_N= 0,75 по таблице 1,1 а для Актау при ориентации окон на север

$K_з$ = 1,6 коэффициент запаса по таблице 10.

Находим световую характеристику световых проемов η_0 =9,5 по таблице 2 при l=B-1 м=8-1=7 м, L/l = 15 : 7 = 2 ; l/ h1 = 7 :4 = 1,75.

Определяем общий коэффициент светопропускания по формуле (5):

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4, = 0{,}8 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}8 \cdot 1 = 0{,}45,$$

где τ_1 = 0,8 по таблице (4);

τ_2 = 0,7 по таблице (5);

τ_3 = 0,8 по таблице (6);

τ_4 = 1 по таблице (7).

Определяем коэффициент r1 - для бокового освещения по таблице (11).

Для этого находим: отношение глубины помещения к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна - l/h1 = 1,75; отношение глубины помещения к ширине помещения - l/B = 7/8 = 0,5; отношение длины помещения к его глубине - L/ l = 2; величину средневзвешенного коэффициента отражения ρср потолка, стен и пола, при площади потолка S1 = 15•8 = 120 м^2; площади стен S2=2•8•5+ 15 •5 = 160 м^2; площади пола S3 = 15•8 = 120 м^2:

$\rho_{ср}$ = (50•120 + 30•160 + 10•120)/ (120 + 160 + 120) = 30 (%).

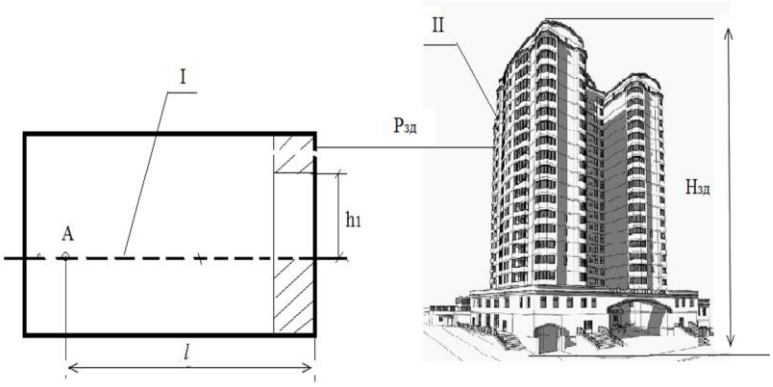
r1 = 1,15.

Находим коэффициент *Кзд*, учитывающий затенение противостоящим зданием по таблице 9 при отношении $P_{зд}/H_{зд}$ = 30/30 = 1 и ср = 30 % - $K_{зд}$ =1,4.

Определяем площадь световых проемов по формуле (3):

$$S_o = \frac{S_n \cdot e_н \cdot K_з \cdot \eta_o}{100 \cdot \tau_o \cdot r_1} K_{зд} = \frac{120 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}6 \cdot 9{,}5 \cdot 1{,}4}{100 \cdot 0{,}45 \cdot 1{,}15} = 37 м^2$$

.



1 - условная рабочая поверхность; 2 - противостоящее здание; А – расчетная точка.

Рисунок 1 - Система естественного освещения

2.3 Искусственные освещение

Проектирование осветительных установок (ОУ) подчиняется общим положениям, принятым в СН РК 2,04.-02.2011 «Естественное и искусственное освещение». Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства.

В светотехнической части проекта производится выбор значений освещенности и показателей качества освещения, систем, видов и способов освещения, типов источников света и осветительного прибора.

Выполняются светотехнические расчеты, в результате которых выбираются тип, мощность и расположение осветительных приборов.

В практике проектирования приходится рассматривать несколько вариантов устройства ОУ, отличающихся друг от друга по отдельным характеристикам или их совокупности: различные системы освещения, различные типы источников света и светильников, различная высота установки светильников.

2.3.1 Выбор источников света.

При выборе источников света (ИС) рекомендуется руководствоваться следующими указаниями:

а) для общего внутреннего и наружного освещения использовать преимущественно разрядные лампы;

б) применять лампы больше единичной мощности, при которой возможно выполнение нормативных требований к качеству освещения;

в) при технической необходимости или по архитектурно-художественным соображениям допускается применять в пределах одного помещения разрядные лампы и лампы накаливания;

г) не допускается, как правило, питать разрядные лампы постоянным током, а также применять их в случаях, когда возможно снижение напряжения до уровня ниже 90 % номинального.

Лампы накаливания применяются;

- для освещения помещений с тяжелыми условиями среды и при наличии взрывоопасных зон, если отсутствуют светильники с РЛ;
- в помещениях, где выполняются зрительные работы VI и VIII разрядов при временном пребывании людей, а также при постоянном пребывании людей, в случае технико-экономической целесообразности;
- для общего и местного освещения в помещениях с повышенной опасностью поражения электрическим током, когда не допускается применение напряжения 127 В и выше;
- для местного освещения при необходимости концентрации светового потока или его направленности, а также при конструктивной невозможности установки светильников с ЛЛ;

-в помещениях (независимо от точности выполняемых работ), где недопустимы радиопомехи;

- для аварийного освещения, когда «рабочее» выполнено РЛ.

Рассмотрим основные типы источников света, пришедших на замену лампам накаливания.

Галогенные лампы являются усовершенствованными лампами накаливания, в которых металл нити накала образует химические соединения с веществами, содержащимися в наполнении колбы - йодом, бромом, которые, при правильно подобранной температуре компактной колбы, не оседают на ней, а возвращаются конвекционными потоками обратно к спирали, где на ее поверхности вновь высвобождается чистый металл. Таким образом, снижается расход металла на испарение, что позволяет нити накаливания работать при более высокой, чем у обычных ламп накаливания, температуре, от которой зависит светоотдача и цветовая температура света, а также увеличивается срок службы. Светоотдача таких ламп составляет 17-24 лм/Вт, цветовая температура 2900-3000 К («теплый" свет»), цветопередача Ra 99 - срок службы 2-8 тыс. ч.

Более экономичными являются низковольтные галогенные лампы**.** Это объясняется тем, что у них, при равной мощность, нить короче и толще, что позволяет ей работать при повышенной температуре, и снижает риск перегорания, отчего и срок службы таких ламп всегда выше. Однако такие лампы требуют понижающих электронных трансформаторов. Галогенные лампы, рассчитанные на сетевое напряжения, однако, более удобны, поскольку не требуют трансформаторов и изготавливаются с внешней колбой и цоколем Е27, позволяющим использовать их в обычных светильниках вместо ламп накаливания.

Линейные люминесцентные лампы**.** Люминесцентные лампы представляют собой газоразрядные источники света, принцип действия которых заключается в следующем: под воздействием электрического поля в парах ртути, закачанной в герметичную стеклянную трубку, возникает электрический разряд, сопровождающийся ультрафиолетовым излучением. Нанесенный на внутреннюю поверхность трубки люминофор преобразует ультрафиолетовое излучение в видимый свет. Подбирая соответствующие виды люминофора, можно изменять цветовые характеристики ламп.

Люминесцентные лампы создают значительно более рассеянный свет, чем малоразмерные источники, такие как, лампы накаливания, галогенные и газоразрядные лампы высокого давления. В силу этого свойства и благодаря высокой световой отдаче, эти лампы идеально подходят для освещения больших помещений, где не требуется в течение суток часто включать и выключать освещение.

Светоотдача колеблется в пределах 70-104 лм/Вт, цветовая температура - 2700-6500 К, срок службы - 10-45 тыс. ч.

Наиболее предпочтительными во всех отношениях, в том числе цены, для внутреннего освещения считаются лампы с трехполосным люминофором, излучающим спектр из трех длин волн, соответствующих максимальной чувствительности колбочек сетчатки - красный, зеленый и синий, белое свечение с различными оттенками достигается смешением этих лучей, а также света, излучаемого разрядом. Обычные старые лампы на галофосфатном люминофоре (типа ЛБ, ЛТБ и ЛД), на определенных участках спектра - в желто-зеленой области, даже выигрывают по передаче оттенков, однако они плохо передают красные и синие цвета, и обладают низкой светоотдачей, из-за чего, на данный момент, сняты с производства.

Компактно-люминесцентные лампы с резьбовыми цоколями Е14 и Е27 действуют по принципу, сходному с люминесцентными лампами. Будучи созданными для прямой замены ламп накаливания, они, однако, обладают рядом недостатков: более низкая светоотдача - из-за меньшей, при равных мощностях, длины разрядных трубок, а также из-за значительных потерь при поглощении света в полости развитой поверхности трубок; меньший срок службы, в основном из-за более примитивного устройства ПРА, не обеспечивающего прогрева спиралей, а также часто выходящего из строя прежде разрядной трубки.

Светоотдача ламп составляет 50-75 лм/Вт, срок службы - 8-20 тыс. ч., цветовая температура - 2500-6400 лм/Вт, цветопередача Ra 80-85, выпускаются только с трехполосным люминофором.

Светодиодные лампы и светильники**.** Действие их основано на свечении кристаллов и люминофора, возбуждаемого частью видимого излучения кристалла (синего). Вопреки заявлениям многих производителей и продавцов, эти источники света, даже от самых известных производителей, обладают пока весьма скромными характеристиками - светоотдача 50-80 лм/Вт, цветопередача Ra 60-80, цветовая температура - 3000-6000 K, но технологии в этом направлении на данный момент развиваются. Спектр светодиодов в чем-то подобен спектру галофосфатных люминесцентных ламп - он состоит из из узкой синей полосы длиной волны 450 нм и участка непрерывного спектра неравномерной интенсивности в зелено-оранжевой области. Вне зависимости от цветовой температуры, светодиоды плохо передают красных цвет.

Учитывая эти факторы, предпочтительнее выбирать светодиодные лампы с низкой цветовой температурой, в излучении которых, синий свет кристалла составляет меньшую часть.

Металлогалогенные лампы**.** Являются газоразрядными лампами высокого давления (не путать с галогенными лампами), в которых преобладающим является излучение ионов металлов, особенно редкоземельных, образующихся в ртутном разряде при температуре 900-1000 °С из добавок йодистых и бромистых солей. Обладают довольно широким диапазоном цветностей, в зависимости от добавок. Лампы, предназначенные

для общего освещения, содержат, как правило, соли редкоземельных элементов и дают почти непрерывный спектр.

Основным недостатком этих ламп является долгий период разгорания и невозможность мгновенного включения после предшествующего выключения, значительный спад светового потока в течение службы, повышение потребления электроэнергии, нестабильность цветовых характеристик их значительная цена и недостаточные ассортимент светильников, предназначенных для них. Также запрещается использовать их без плафона, из-за большой яркости светящегося тела.

Выбор источников света чаще всего зависит от экономичности, цветовой температуры и цветопередачи, однако не всегда каждый из этих факторов имеет одинаковое значение для потребителя. Не во всех случаях требуется идеальная цветопередача, а экономичностью можно пожертвовать в пользу низкой цены и эстетических требований к светильнику, ограничением которых часто бывают габариты и форма ламп.

В настоящее время на рынке Казахстана широко представлена продукция всемирно известных фирм, производящих источники света: Philips, Osram, GeneralElectric и др. В таблицах 13- 15 приведены основные характеристики некоторых ламп фирмы Philips.

а

б

в

г

д

а- галогенные лампы; *б*-линейные люминесцентные лампы; *в* - компактно-люминесцентные лампы; *г* - светодиодные лампы; *д* - металлогалогенные лампы

Рисунок 2 - Основные типы источников света

Таблица16 - Лампы накаливании фирмы Philips

Тип	Мощность, Вт	Напряжение, В	Световой поток, лм	Цвет колбы
STANDARD	25	230	195	белый
STANDARD	40	230	370	белый
STANDARD	60	230	630	белый
STANDARD	75	230	840	белый
STANDARD	100	230	1200	белый
CANDLE	25	230	215	прозрачный
CANDLE	40	230	415	прозрачный
CANDLE	60	230	670	прозрачный
CANDLE	25	230	195.	белый
CANDLE	40	230	365	белый
LUSTRE	60	230	580	белый

Таблица 17 -Стандартные люминесцентные лампы (диаметр трубки - 26 мм)

Обозначение			Мощность (W)	Цоколь	Световой поток(Лм)	Ra
Osram	Philips	GE				
-	TL-D 36W/54	F36W/54	36	G13	2500	76
L36/20	TL-D 36W/33	F36W/33		G13	2850	62
L36/25	-	F36W/35		G13	2600	75
L36/30	TL-D 36W/29	F36W/29		G13	2850	50
-	-	F36W/25		G13	2600	73
-	TL-D 58W/54	F58W/54	58	G13	4000	76
L58/20	TL-D 58W/33	F58W/33		G13	4600	62
L58/25	-	F58W/35		G13	4100	75
L58/30	TL-D 58W/29	F58W/29		G13	4600	50
-	-	F58W/25		G13	4100	73

Таблица 18 - Люминесцентные лампы улучшенной цветопередачи, с трехслойным люминофором

Обозначение	Мощность	Цоколь	Световой	Ra

Osram	Philips	GE	(W)		поток(Лм)	
-	TL-D 36W/865	-	36	G13	3250	85
L36/11-860PLUS	-	F36W/860		G13	3250	85
L36/21-840PLUS	TL-D 36W/840	F36W/840		G13	3350	85
-	-	F36W/835		G13	3450	85
L36/41-827PLUS	TL-D 36W/827	F36W/827		G13	3350	85
-	TL-D 58W/865	-	58	G13	5000	85
L58/21-840PLUS	TL-D 58W/840	F58W/840		G13	5200	85
-	-	F58W/835		G13	5400	85
L58/41-827PLUS	TL-D 58W/827	F58W/827		G13	5200	85

2.3.2 Размещение светильников.

При системе общего освещения светильники можно размещать над освещаемой поверхностью либо равномерно, либо локализовано. При равномерном освещении светильники располагают правильными симметричными рядами, создавая при этом относительно равномерную освещенность по всей площади. При локализованном освещении светильники располагаются индивидуально для каждого рабочего места или участка производственного помещения, создавая при этом требуемые освещенности только на рабочих местах.

Минимальная высота подвеса светильника над освещаемой поверхностью определяется условиями ограничения ослепленности. При общем равномерном освещении выгоднейшими вариантами расположения светильников с лампами накаливания и лампами ДРЛ является расположение их по углам прямоугольника или шахматное расположение, а при расположении светильников по углам квадрата или по углам равностороннего треугольника получается наиболее равномерное распределение освещенности по всей площади помещения. Выбор расстояния между светильниками зависит от типа светильника, высоты его подвеса над рабочей поверхностью, а иногда способ расположения светильников зависит от архитектурных или строительных условий.

Высота установки светильников общего освещения обусловливается многими факторами: высотой самих помещений и наличием в их верхней зоне каких-либо частей производственного оборудования, транспортных средств и инженерных коммуникаций(подвесных транспортеров и конвейеров,

мостовых кранов, кран-балок, монорельсовых путей для тельферов, вентиляционных коробов, трубопроводов различного назначения и т.п.), характером, размещением и высотой производственного оборудования, а также расположением рабочих зон и других мест, требующих освещения.

2.3.3 Методика расчета осветительных установок.

Расчет освещения производственных помещений является комплексной задачей, в процессе решения которой определяются высота, установки, размещение, число светильников, а также мощность ламп, необходимых для создания требуемых осветительных установок. Выбор числа, мощности и расположения светильников следует производить на основании типовых решений для освещаемых помещений и лишь при отсутствии таковых - на основе светотехнического расчета.

Основной задачей расчета искусственного освещения является определение числа светильников или мощности ламп для обеспечения нормированного значения освещенности.

Для расчета искусственного освещения используют один из трех методов: по коэффициенту использования светового потока, точечный и метод удельной мощности.

При расчете общего равномерного освещения основным является метод использования светового потока, создаваемого источником света, и с учетом отражения от стен, потолка, пола.

Расчет освещения начинают с выбора типа светильника, который принимается в зависимости от условий среды и класса помещений по взрывопожароопасности.

2.3.4 Расчет освещения методом коэффициента использования светового потока.

Для помещений, в которых предусматривается общее равномерное освещение горизонтальных поверхностей, освещение рассчитывают методом коэффициента использования светового потока.

По этому методу расчетную освещенность на горизонтальной поверхности определяют с учетом светового потока, падающего от светильников непосредственно на поверхность и отраженного света от стен, потолка и самой поверхности. Так как этот метод учитывает долю освещенности, создаваемую отраженным световым потоком, его применяют для расчета помещений, где отраженный световой поток играет существенную роль, т.е. для помещений со светлыми потоками и стенами при светильниках рассеянного, отраженного света.

Обычно для светлых административно- конторских помещений:

$$\rho_{пот} = 70\%,\ \rho_{ст} = 50\%,\ \rho_{пол} = 30\%$$

Для производственных помещений с незначительными пылевыделениями:

$$\rho_{пот} = 50\%,\ \rho_{ст} = 30\%,\ \rho_{пол} = 10\%$$

Для пыльных производственных помещений:

$$\rho_{пот} = 30\%,\ \rho_{ст} = 10\%,\ \rho_{пол} = 10\%.$$

Отношение светового потока, опадающего на расчетную поверхность, ко всему потоку, излучаемому светильниками, установленными в помещении, называется коэффициентом использования светового потока в осветительной установке:

$$\eta = \frac{\Phi_п + \Phi_{отр}}{n\Phi_л} = \frac{\Phi_р}{n\Phi_л}, \qquad (7)$$

где $\Phi_п$ - световой поток, падающий от светильников на непосредственно освещаемую поверхность, лм;

$\Phi_{отр}$ - отраженный световой поток, падающий на ту же освещаемую поверхность, лм;

$\Phi_л$- световой поток каждой лампы, лм;

n- число ламп в освещаемом помещении.

Величина коэффициента использования всегда меньше единицы, т.к. величина $n\Phi_л$ всегда больше величины $\Phi_р$ ввиду того, что некоторая часть светового потока поглощается осветительной арматурой, стенами и потолком.

На величины коэффициента использования влияют следующие факторы:

- тип и КПД светильника. Чем больше выбранный светильник направляет световой поток непосредственно на освещаемую поверхность $\Phi_п$, тем больше коэффициент использования, тем меньше потери в нем, следовательно, больше коэффициент использования;

- геометрические размеры помещения. Чем больше освещаемая поверхность по сравнению с отражающими, тем выше коэффициент использования, т.к. при этом возрастает $\Phi_п$;

- высота подвеса светильника над освещаемой поверхностью. Чем выше подвешены светильники над освещаемой поверхностью, тем больше светового потока поглощается стенами и потолком, следовательно, коэффициент использования уменьшается;

- окраска стен и потолка. Чем светлее окраска стен и потолка, тем выше коэффициент отражения и $\Phi_{отр}$ возрастает, а следовательно, возрастает и коэффициент использования.

Зависимость η от площади помещения, высоты и формы, возможно учесть одной комплексной характеристикой - индексом помещения.

Индекс помещения рассчитывается из выражения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \qquad (8)$$

где *A, B, S*- соответственно длина, ширина и площадь помещения.

Если предварительно выбран тип светильников, определено их расположение и число, то по расчетному потоку ИС определяют ближайшее стандартное значение мощности лампы.

При расчетах освещения по любому методу отклонения светового потока выбираемой стандартной лампы при нормативной освещенности допускается в пределах от + 20% до -10% от значения, полученного по расчету.

Расчетный поток ИС определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot z \cdot K}{N \cdot \eta}, \qquad (9)$$

где *N* - число ИС;

K - коэффициент запаса;

z - коэффициент минимальной освещенности (отношение средней и минимальной освещенности).

В расчетах коэффициент *z* принимается равным: 1,15 - для светильников, располагаемых по вершинам прямоугольных полей; 1,1 - для светильников с ЛЛ, располагаемых рядами. Обычно таким способом ведется расчет, если в качестве ИС используются ЛН или РЛ высокого давления.

Если выбран тип светильников и задана мощность ламп, то число светильников может быть определено из выражения:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot z \cdot K}{\Phi \cdot \eta}. \qquad (10)$$

После нахождения числа светильников и мощности ламп, удовлетворяющих нормированной освещенности, производят проверку варианта осветительной установки по качественным показателям освещения: не будет ли установка оказывать недопустимое слепящее действие на людей, работающих или находящихся в помещении, и какова глубина пульсации освещенности при использовании в качестве источника света газоразрядных ламп.

2.3.5 Расчет освещенности точечным методом

Определение освещенности от точечного источника. Пусть требуется определить освещенность в точке А горизонтальной плоскости от светильника О, имеющего кривую распределения сил света, показанную на рисунке 6.

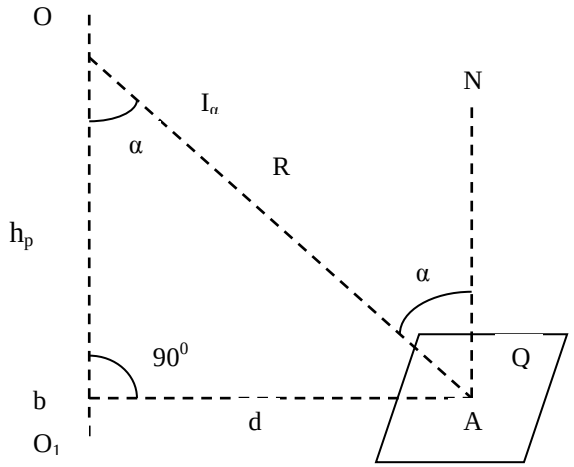


Рисунок 3 - Схема к расчету освещенности точечным методом

Источник света Q освещает горизонтальную поверхность Q. Требуется определить освещенность $E_г$ в точке *A,* находящейся на расстоянии *R* от источника света (рисунок 3).

На основании известного соотношения между освещенностью и силой света, освещенность в точке *A* определяется уравнением:

$$E_{АГ} = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{R^2 k_з} \ , \qquad (11)$$

где I_α- сила света в направлении рассматриваемой точки;

$k_з$ – коэффициент запаса.

Расстояние *R* можно выразить через высоту подвеса светильника над расчетной поверхностью h_p:

$$R = \frac{h_p}{\cos^3 \alpha} \ , \qquad (12)$$

Следовательно, горизонтальная освещенность в точке*A*от одного светильника определяется следующей формулой:

$$e_{АГ} = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{h_p k_з} \ . \qquad (13)$$

Расчет горизонтальной освещенности производится в такой последовательности:

2) Определяем tgα по заданной высоте подвеса светильника из выражения

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{\mathrm{d}}{h_P},$$

(14)

где d – расстояние от проекции оси светильника на плоскость до расчетной точки (величина d измеряется по плану), м.

2) По найденному тангенсу угла α из таблицы тригонометрических величин определяют угол α и $\cos^3\alpha$.

3) Из кривой силы света выбранного типа светильника с условной лампой $F_л$=1000*лм* приводятся в светотехнических справочниках. В некоторых справочниках вместо кривых даются таблицы значений силы света стандартных светильников в зависимости от угла.

4) По расчетной формуле определяют условную горизонтальную освещенность$E'_{АГ}$ (для лампы в 1000 *лм*).

5) Условную освещенность, полученную по формуле (11), пересчитывают с учетом потока лампы, установленной в светильнике:

$$E_{АГ} = E'_{АГ}\frac{F_л}{1000}, \qquad (15)$$

где $F_л$ – световой поток лампы по каталогу.

Если точка *А* на поверхности Q освещается несколькими светильниками, тогда расчетная формула для определения фактической освещенности в точке *А* от нескольких светильников принимает следующий вид:

$$E_{АГ} = \frac{\mu \cdot F_л}{1000 \cdot K_з}\sum_{1}^{n} e_{АГn}\ , \qquad (16)$$

где μ – коэффициент, учитывающий освещенность от удаленных светильников и отраженный световой поток от стен, потолка и расчетной поверхности. Этот коэффициент вводится как поправочный, чтобы избежать завышения мощности ламп.

При эмалированных светильниках прямого света μ=1,1-1,2. При зеркальных μ=1,0. При светильниках преимущественно прямого света μ=1,3-1,6.

Примеры расчета.

Пример расчета по методу коэффициента использования светового потока.

Определить электрическую мощность осветительной установки W, количество светильников N, высоту подвеса светильников $H_р$, схему размещения светильников по потолку для создания общего равномерного освещения в аппаратном зале электростанции.

Дано: Длина аппаратного зала А = 15 м, ширина В =8 м, высота Н = 4 м.

Потолка светло-серый, стены окрашены белой краской. Минимальный размер объекта различения 0,5 мм, контраст объекта с фоном средний, фон средний.

Решение. Выбираем напряжение питающей сети U = 220 В, светильник типа TLPL228.2x36, в котором применяются две люминесцентные лампы типа TL-D 58W/865.

Расчет проводим по методу коэффициента. Необходимое количество светильников для создания требуемого нормированного общего освещения в помещении определяется по формуле (10):

$$N = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot z \cdot K_з}{\Phi \cdot \eta},$$

где $К_з$ =1,5 для помещений, где отсутствует выделение пыли по таблице 25;

Emin = 300 лк III, б разряд зрительных работ по таблице 27;

Z – 1,15;

Фл = 5000 лм для лампы типа TL-D 58W/865;

Значение коэффициента использования зависит от индекса помещения *i* и коэффициентов отражения $\rho_{ст}$ стен, $\rho_{пот}$ потолка и $\rho_{пол}$ пола помещения, а также высоты подвеса светильников $h_р$. Коэффициенты отражения стен и потолка и пола 80:50:30 по таблице 15.

Высота подвеса светильников определяется как расстояние между уровнем рабочей горизонтальной поверхности и светильником:

$$h_р = H - (h_{раб.} + h_{св}),$$

где Н - 4 м высота помещения;

hраб - уровень (высота) рабочей поверхности, hраб= 1,5 м;

hсв. - расстояние между светильником и потолком, hсв. = 0,5 м.

Тогда h р = 4 - (0 + 1) =3 м.

Индекс помещения ***i*** , определяется по формуле (8):

$$i = \frac{15 \cdot 8}{3{,}2 \cdot (15+8)} = 1{,}63.$$

По таблице 14 для светильника типа TLPL228.2x36 находим η = 0,63.

Таким образом, количество светильников равно:

$$N = \frac{300 \cdot 200 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}5}{2 \cdot 5000 \cdot 0{,}63} \approx 15 \text{ шт.}$$

Расчет искусственного освещенния точечным методом.

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами, м (рисунок 4):

H – высота помещения;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_{рп}$ – высота рабочей поверхности над полом;

$h_p = H-h_c – h_{рп}$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

Для создания благоприятных зрительных условий на рабочем месте, для борьбы со слепящим действием источников света введены требования ограничения наименьшей высоты светильников над полом.

L – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B, l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным (0,3-0,5) L.

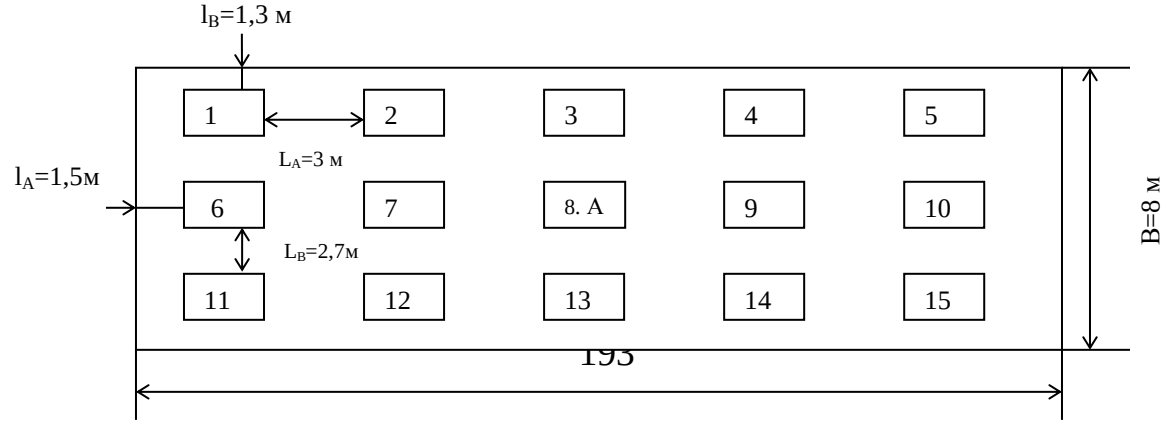
Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина $\lambda = L/h$, уменьшение которой удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости. В таблице 19 приведены значения λ для разных светильников.

Таблица 19 - Значения λ для разных типов светильников

Типовая кривая	Значения λ	
	Рекомендуемое	Наибольшее допустимое
Концентрированная (К)	0,4-0,7	0,9
Глубокая (Г)	0,8-1,2	1,4
Косинусная (Д)	1,2-1,6	2,1
Равномерная (М)	1,8-2,6	3,4
Полуширокая (Л)	1,4-2,0	2,3

Расстояние между светильниками L определяется как $L = \lambda \cdot h_p$.

Необходимо изобразить в масштабе в соответствии с исходными данными план помещения, указать на нём расположение светильников и определить их число (рисунок 7).



L=15м

Рисунок 4 – Схема размещения светильников

Горизонтальная освещенность в точке А от одного светильника определяется формулой (13):

$$e_i = \frac{I_\alpha \cdot \cos^3(\alpha)}{h^2}$$

где $\alpha = arctg\left(\frac{d_i}{h}\right)$;

Лампа 8:

d_1=0 м; α=atan(0/3,2)=0^0;

$e_1 = \frac{175 \cdot \cos^3(0)}{3{,}2^2} =$ 17,09 лк; I_a=175 кд при 0^0 по таблице (3.10) [3].

Лампы 3,13:

d_2=2,7м; α=atan(2,7/3,2)=$40{,}18^0$;

$e_2 = \frac{119{,}64 \cdot \cos^3(40{,}18)}{3{,}2^2} = 5{,}22$ лк; I_a=119,64 кд при $40{,}18^0$ по таблице 3.10 [3].

Лампы 7,9:

d_3=3м; α = atan(3/3,2)=$43{,}17^0$;

$e_3 = \frac{113{,}66 \cdot \cos^3(43{,}17)}{3{,}2^2} = 4{,}31$ лк; I_a=113,66 кд при $43{,}17^0$ по таблице 3.10 [3].

Лампы 2, 4, 12, 14:

$d_4=\sqrt{2{,}7^2 + 3^2}$= 4,04 м; α = atan(4,04/3,2)=$51{,}64^0$;

$e_4 = \frac{83{,}44 \cdot \cos^3(51{,}64)}{3{,}2^2} = 1{,}95$ лк; I_a=83,44 кд при $51{,}64^0$ по таблице 3.10 [3].

Лампы 1, 5, 11, 15:

$d_5=\sqrt{6^2 + 2{,}7^2}$= 6,6м; α = atan(6,6/3,2)=$64{,}17^0$;

$e_5 = \frac{60{,}83 \cdot \cos^3(64{,}17)}{3{,}2^2} = 0{,}49$ лк; I_a=60,83кд при $64{,}17^0$ по таблице 3.10 [3].

Лампы 6, 10:

d_6=6 м; α = atan(6/3,2)=$61{,}96^0$;

$e_6 = \frac{61{,}96 \cdot \cos^3(63{,}04)}{3{,}2^2} = 0{,}64$ лк; I_a=63,04 кд при $61{,}96^0$ по таблице 3.10 [3]

Суммарная условная освещенность равна:

$\sum E = e_1*1+e_2*2+e_3*2+e_4*4+e_5*4+e_6*2=$

$=17,01*1+5,22*2+4,31*2+1,95*4+0,49*4+0,64*2= 47,11$ лк

Подставим все данные в формулу (11), получим:

$$E_г = \frac{5000 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 47,11}{1000 \cdot 1,5} = 377 \text{ лк.}$$

Предложенная система освещения обеспечивает нормированную освещенность $E_г > E_н$.

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятии обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

От освещения в значительной степени зависят: сохранность зрения работника, состояние его центральной нервной системы, безопасность на производстве, производительность труда и качество выпускаемой продукции.

3 Производственный шум

В биологическом отношении шум является заметным стрессовым фактором, способным вызвать срыв приспособительных реакций.

Акустический стресс может приводить к разным проявлениям: от функциональных нарушений регуляции ЦНС до морфологически обозначенных дегенеративных деструктивных процессов в разных органах и тканях. Степень шумовой патологии зависит от интенсивности и продолжительности воздействия, функционального состояния ЦНС, от индивидуальной чувствительности организма к акустическому раздражителю.

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, исключительно сильное влияние оказывает шум на быстроту реакции, сбор информации и аналитические процессы, из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы.

Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы, что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

Шум, даже когда он невелик (при уровне от 50 до 60 дБА), создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывает на него психологическое воздействие. Слабый шум различно влияет на людей. Это зависит от возраста, здоровья, вида труда, физического и душевного состояния.

Известно, что ряд таких серьезных заболеваний, как гипертоническая и язвенная болезни, неврозы, в ряде случаев желудочно-кишечные и кожные заболевания связаны с перенапряжением нервной системы в процессе труда и отдыха. Отсутствие необходимой тишины, особенно в ночное время, приводит к преждевременной усталости, а часто и к заболеванию. Так шум от 30 до 40 дБА в ночное время может явиться серьезным беспокоящим фактором. С увеличением уровней шума до 80 дБА и выше шум может оказать определенное физиологическое воздействие на человека. Под воздействием шума от 85 до 90 дБА снижается слуховая чувствительность (на высоких частотах).

Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей.

Человек, работающий при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление.

Слуховой анализатор через центральную нервную систему связан с различными органами жизнедеятельности человека, поэтому шум оказывает влияние на весь организм человека. Под влиянием сильного шума (от 90 до 100 дБА) притупляется острота зрения, появляются головные боли и головокружения, изменяются ритмы дыхания и сердечной деятельности, повышается внутричерепное и кровяное давление, нарушается процесс пищеварения, происходит изменение объема внутренних органов. Под действием шума высоких уровней (более 145 дБ) возможен разрыв барабанной перепонки, контузия, а при еще более высоких (более 160 дБА) и смерть.

3.1 Гигиеническое нормирование шума

Нормирование шума ведется в соответствии с Межгосударственным стандартом ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности, в котором определены основные характеристики производственных шумов и соответствующие им нормы шума на рабочих местах.

Нормы соответствуют рекомендациям Технического комитета акустик при Международной организации по стандартизации и устанавливают допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА на рабочих местах.

Нормы предусматривают дифференцированный подход в соответствии с характером производственной деятельности в условиях шума, т.е. нормируемые уровни звукового давления имеют различные предельные спектры для разных профессиональных групп и помещений, где осуществляется различная по характеру работа (умственный труд, нервно-эмоциональное напряжение, преимущественно физический труд и т.д.).

В нормах учитываются характер действующего шума (тональный, импульсный, постоянный) и время воздействия шумового фактора при расчете эквивалентных его уровней для непостоянных шумов.

При исследовании шумов весь слышимый диапазон звуковых колебаний по частоте можно разбить на отдельные полосы – октавы. Октава – это диапазон частот, в котором верхняя граница частоты f_2 вдвое больше нижней f_1 (f_2/f_1 =2).

Однако для обозначения октавы обычно указывают не диапазон частот, а так называемые среднегеометрические частоты $f_{ср} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$.

Нужно заметить, что кроме стандарта, действуют также санитарные нормы. В этих документах характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Совокупность девяти нормативных уровней звукового давления на девяти стандартных среднегеометрических частотах называется предельным спектром шума.

Сокращенно предельный спектр обозначается ПС с указанием допустимого уровня звукового давления в дБ на среднегеометрической частоте 1000 Гц, например: ПС-45, ПС-55, ПС-75 и др.

Для ориентировочной оценки (например, при проверке органами надзора, выявлении необходимости применения мер по шумоглущению и др.) допускается за характеристику постоянного широкополосного шума на рабочем месте принимать уровень звука L_A, дБА, измеренный на временной характеристике «медленно» шумомера, определяемый по формуле:

$$L_A = 20 \cdot lg \frac{P_A}{P_0}, \qquad (3.1)$$

где P_A – среднеквадратичная величина звукового давления с учетом коррекции по кривой чувствительности «А» шумомера, Па.

Шкала А шумомера имитирует кривую чувствительности уха человека. Измеренный в соответствии с ней уровень шума оказался наиболее пригодным для оценки воздействия шумов на организм. Уровень звука $A\ L$, дБА связан с ПС следующей зависимостью:

$$L_A = ПС + 5 \text{ дБ} \qquad (3.2)$$

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах являются эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА и по СН РК 2.04-03-2011 «Защита от шума» максимальные уровни звука $L_{Амакс}$, дБА.

Для постоянного шума нормируемыми параметрами являются значения

уровней звукового давления в девяти октавных полосах. В качестве ориентировочной оценки постоянного шума (при проверке органами надзора) допускается для постоянного широкополосного шума использовать норму для уровня звука в дБА.

Для непостоянного шума нормируемым параметром является эквивалентный (по энергии) уровень звука $L_{Аэкв}$, дБА. Эквивалентный уровень звука – это значение уровня звука длительностью постоянного шума, который в пределах регламентируемого интервала времени имеет тоже самое среднеквадратичное значение уровня звука, что и рассматриваемый шум.

В санитарных нормах предельно допустимые уровни звука и эквивалент уровни звука на рабочих местах приведены с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности и представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса (физическая нагрузка)				
	легкая	средняя	труд I ст.	труд II ст.	труд III ст.
легкой степени	80	80	75	75	75
средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 ст.	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 ст.	50	50	-	-	-

Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса рекомендуется проводить в соответствии с «Р 2.2.2006-05 Руководство по гиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА на рабочих местах для тонального и импульсного шума, измеренного шумомером на характеристике «медленно», следует принимать на 5 дБ меньше указанных таблице (3.1) значений.

Для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления,

допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА на рабочих местах следует принимать на 5 дБ меньше значений, указанных в таблице, или фактических уровней шума в этих помещениях, если последние не превышают значений, приведенных в таблице (3.1) (поправку для тонального и импульсного шумов в этом случае принимать не следует).

Для оценки непостоянного шума допускается также применять подход основанный на использовании в качестве характеристики непостоянного шума дозы шума.

3.2 Акустический расчет

Необходимость проведения мероприятий по снижению шума определяется: на действующих предприятиях на основании измерений уровней звукового давления на рабочих местах с последующим сравнением этих уровней с допустимыми по нормам $L_{p\text{доп}}$, на проектируемых предприятиях – на основании проведенного акустического расчета.

Акустический расчет включает:

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор расчетных точек и определение допустимых уровней звукового давления $L_{\text{доп}}$ для этих точек;
- расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках;
- расчет необходимого снижения шума в расчетных точках;
- разработка строительно-акустических мероприятий для обеспечения требуемого снижения шума или по защите от шума (с расчетом).

Акустический расчет выполняется во всех расчетных точках для восьми октавных полос со среднегеометрическими частотами от 63 до 8000 Гц с точностью до десятых долей дБ.

Окончательный результат округляют до целых значений.

Исходными данными для акустического расчета являются:

- геометрические размеры помещения;
- спектр шума источника (или источников) излучения;
- характеристика помещения;
- характеристика преграды;
- расстояние от центра источника (источников) до рабочей точки.

3.2.1 Выбор расчетных точек

Расчетные точки при акустических расчетах следует выбирать внутри помещений зданий и сооружений, а также на территории на рабочих местах или в зоне постоянного пребывания людей на высоте 1,2 – 1,5 м от уровня пола рабочей площадки или планировочной отметки территории.

При этом внутри помещения, в котором один источник шума или несколько источников шума с одинаковыми октавными уровнями звукового давления, следует выбирать не менее двух расчетных точек: одну на рабочем месте, расположенном в зоне отраженного звука, а другую – на рабочем месте в зоне прямого звука, создаваемого источниками шума.

Если в помещении несколько источников шума, отличающихся друг от друга по октавным уровням звукового давления на рабочих местах более чем на 10 дБ, то в зоне прямого звука следует выбирать две расчетные точки: на рабочих местах у источников с наибольшими и наименьшими уровнями звукового давления L_p в дБ.

3.2.2 Расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках.

В зависимости от того, где находится источник шума и расчетные точки (в свободном звуковом поле или в помещении), применяют различные методики расчета:

а) Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления в помещении:

- с одним источником шума;
- с несколькими источниками шума;
- изолированном от источников шума.

б) Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления при распространении звука в свободном пространстве.

3.2.3 Расчет требуемого снижения уровней звукового давления.

Уровни звукового давления в расчетных точках не должны превосходить уровней, допустимых по нормам во всех октавных полосах со средними геометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Требуемое снижение уровней звукового давления определяется по формуле:

$$\Delta L_{pi,\text{рт}} = L_{pi} - L_{\text{p}i,\text{доп}}\text{ , дБ,} \qquad (3.3)$$

где $L_{pi,\text{рт}}$ - уровень звукового давления в i-ой октавной полосе, определяемый в расчетных точках проектируемого предприятия;

$L_{pi,\text{доп}}$ – уровень звукового давления в той же полосе частот согласно допустимым нормам, определяемый в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014.

Значения допустимых уровней звукового давления в помещениях различного назначения приведены в таблицах (3.2) и (3.3).

Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 85 дБ должны быть обозначены знаками безопасность, и работающие в этих зонах должны применять СИЗ.

Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Контроль за уровнями шума на рабочих местах должен быть обеспечен не реже 1 раза в год.

Таблица 3.2 - Допустимые уровни звукового давления в помещениях различного назначения

Назначение помещений или территорий	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1 Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ	79	70	63	58	55	52	50	49
2 Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, участки точной сборки, телефонные и телеграфные станции	83	74	68	63	60	57	55	54
3 Помещения лабораторий для проведения	91	83	77	73	70	68	66	64

экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону								
4 Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами (за исключением работ, перечисленных в поз. 1-3)	95	87	82	78	75	73	71	69
5 Палаты больниц и санаториев	59	48	40	34	30	27	25	23
6 Операционные больниц, кабинеты врачей больниц, поликлиник, санаториев	59	48	40	34	30	27	25	23
7 Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории учебных заведений, конференц-залы, читальные залы библиотек, зрительные залы клубов и кинотеатров, залы судебных заседаний, культовые здания, зрительные залы клубов с обычным оборудованием	63	52	45	39	35	32	30	28
8 Кинотеатры с оборудованием «Долби»	72	55	44	35	29	25	22	20
9 Музыкальные классы	76	59	48	40	34	30	27	25
10 Жилые комнаты квартир	79 72	63 55	52 44	45 35	39 29	35 25	32 22	30 20
11 Жилые комнаты общежитий	83 76	67 59	57 48	49 40	44 34	40 30	37 27	35 25
12 Гостиницы	83	67	57	49	44	40	37	35
13Жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения детских дошкольных учреждений и	63 55	52 44	45 35	39 29	35 25	32 22	30 20	28 18

школ-интернатов								
14 Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций:	71	61	54	49	45	42	40	38
15 Залы кафе, ресторанов	75	66	59	54	50	47	45	43

Продолжение таблицы 3.2

16 Фойе театров и концертных залов	67	57	49	44	40	37	35	33
17 Зрительные залы театров и концертных залов	55	44	35	29	25	22	20	18
18 Многоцелевые залы	59	48	40	34	30	27	25	23
19 Спортивные залы	67	57	49	44	40	37	35	33
20 Торговые залы магазинов, пассажирские залы вокзалов и аэровокзалов, спортивные залы	79	70	63	58	55	52	50	49
21Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	71 63	61 52	54 45	49 39	45 35	42 32	40 30	38 28
22 Территории, непосредственно прилегающие к жилым зданиям, домам отдыха, домам-интернатам для престарелых и инвалидов	75 67	66 57	59 49	54 44	50 40	47 37	45 35	44 33
23 Территории, непосредственно прилегающие к зданиям поликлиник, школ и других учебных заведений, детских дошкольных учреждений, площадки отдыха микрорайонов и групп жилых домов	75	66	59	54	50	47	45	44

Примечания.

1 Допустимые уровни шума в помещениях, приведенные в поз. 1,5-13, относятся только к шуму, проникающему из других помещений и извне.

2 Допустимые уровни шума от внешних источников в помещениях, приведенные в поз. 5-12, установлены при условии обеспечения нормативного воздухообмена, т.е. при отсутствии принудительной системы вентиляции или кондиционирования воздуха - должны выполняться при условии открытых форточек или иных устройств, обеспечивающих приток воздуха. При наличии систем принудительной вентиляции или кондиционирования воздуха, обеспечивающих нормативный воздухообмен, допустимые уровни внешнего шума у зданий (15-17) могут быть увеличены из расчета обеспечения допустимых уровней в помещениях при закрытых окнах.

3 Допустимые уровни шума от оборудования систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления, а также от насосов систем отопления и водоснабжения и холодильных установок встроенных (пристроенных) предприятий торговли и общественного питания следует принимать на 5 дБ (дБА) ниже значений, указанных в таблице 1, за исключением поз. 10-13 (для ночного времени суток). При этом поправку на тональность шума не учитывают.

4 Максимальные уровни звука в данных помещениях не нормируются

Таблица 3.3 - Ориентировочные шумовые характеристики оборудования ТЭС для предварительных расчетов внутри помещений

Обозначение оборудования	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.Турбина:								
газовая	130	140	130	125	135	135	130	100
паровая	125	120	120	120	115	115	110	105
2.Редукционноохладительная установка	100	95	95	95	110	110	110	110
3.Углеразмольное оборудование	110	115	115	115	110	105	105	100
4.Котлы:								
паровые	115	115	115	115	110	105	105	95
котлы-утилизаторы	105	105	105	105	100	95	95	85
5.Компрессор	100	110	100	95	100	95	95	95
питатетельный	95	95	115	110	110	105	90	90
конденсатный	90	90	90	95	90	90	90	90
сетевой	100	100	100	100	105	100	95	90
багерный	100	100	95	90	100	95	80	80
6. Деаэрационная установка	80	85	90	95	100	105	100	95
7. Паропроводы	85	90	90	100	105	110	105	100
8. Синхронный компенсатор	100	105	90	85	85	85	80	80
9. Вентилятор приточно-вытяжной вентиляции	100	100	100	100	95	95	90	80
Литейное производство								
Электропечь	100	99	98	100	102	101	95	88
Бегуны смесительные (УЗТМ)	106	104	104	113	99	95	86	79
Ленточный транспортер	105	106	107	99	96	92	89	85
Фармовочные машины	110	109	103	110	111	105	104	102
Шаровая мельница	99	115	117	123	123	121	117	107

Обозначение оборудования	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Пескомет	104	110	113	105	100	96	94	91
Пневматическая выбивная решетка	108	115	115	113	112	113	106	96
Трамбовка ТР-1	88	91	93	96	90	93	86	77
Обдирочно-шлифовальный станок	105	99	101	100	105	105	97	84
Кузнечно-прессовое производство								
Горячештамповочный кривошипный пресс	115	120	119	118	118	117	113	106
Пресс при вырубке штампом	120	134	135	134	135	131	128	123
Холодоновысадочный автомат	105	109	110	111	109	107	103	95
Обрезной автомат	103	109	112	116	112	109	105	98
Прессы гидравлические	89	96	100	99	95	91	87	82
Металлообрабатывающее и сварочное оборудование								
Токарный станок	96	94	95	98	93	90	90	86
Горизонтально-фрезерный	81	84	92	93	92	91	77	75
Вертикально-фрезерный	85	86	92	97	94	83	92	96

Окончание таблицы 3.3

Обозначение оборудования	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продольно-фрезерный	98	98	95	99	96	94	86	84
Шлифовальный	88	91	94	98	99	97	91	86
Координатно-расточный	80	85	93	98	84	80	78	77
Радиально-сверлильный	90	97	95	90	85	88	82	87
Сварочный аппарат	95	97	97	100	105	101	109	110
Сварочная машина	94	94	94	97	90	91	91	90
Газовая сварка	94	95	97	92	96	87	102	103

3.2.4 Расчет уровней шума внутри помещений.

В помещениях энергетических объектов находится большое количество интенсивных источников шума. Для определения проникающего шума из помещений сначала необходимо рассчитать уровень шума внутри помещения.

Расчет уровней шума внутри помещений , дБ , проводится по формуле:

$$L_{\text{сум}} = 10lg\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{\Delta_i \cdot \chi_i \cdot \Phi}{S_i} + 4\frac{\psi}{\text{B}}\sum_{i=1}^{n}\Delta_i\right) \qquad (3.4)$$

где $\Lambda_i = 10^{0.1\,L_{pi}}$,

L_{pi} — октавный уровень звуковой мощности, дБ, создаваемый i-м источником шума;

χ — коэффициент , учитывающий характер звукового поля в зависимости от расположения расчетной точки и максимального габаритного размера источника (рисунок 4.3);

S — площадь, м^2, воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку ($S= 2\pi r^2$ — при расположении источника на поверхности);

B — постоянная помещения, м^2;

ψ — коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении (рисунок 4.4);

Ф — фактор направленности (Ф=1);

m — количество источников шума, ближайших к расчетной точки, т.е. для которых $r_i < 5r_{\text{мин}}$ ($r_{\text{мин}}$ — расстоянии от расчетной точки до акустического центра ближайшего к ней источника шума, м);

n — общее число источников шума в помещении.

Расчет следует начинать с ближайших интенсивных источников, вклад удаленных источников часто оказывается пренебрежимо малым.

Следует выбирать не менее двух расчетных точек, из них одна — на рабочем месте в зоне отраженного звука, другая — на рабочем месте в зоне прямого звука, создаваемого источниками шума.

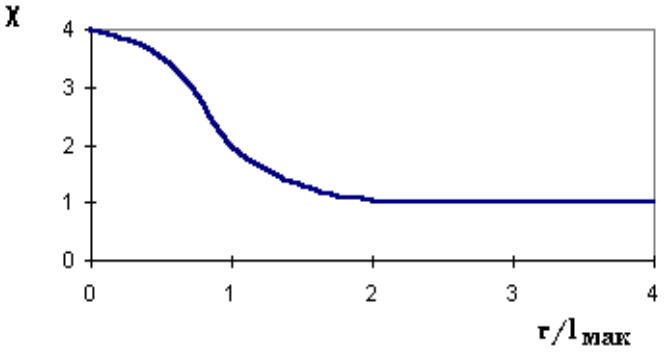


Рисунок 3.1 - График для определения коэффициента χ в зависимости от отношения r к максимальному линейному размеру источника шума $l_{\text{мак}}$

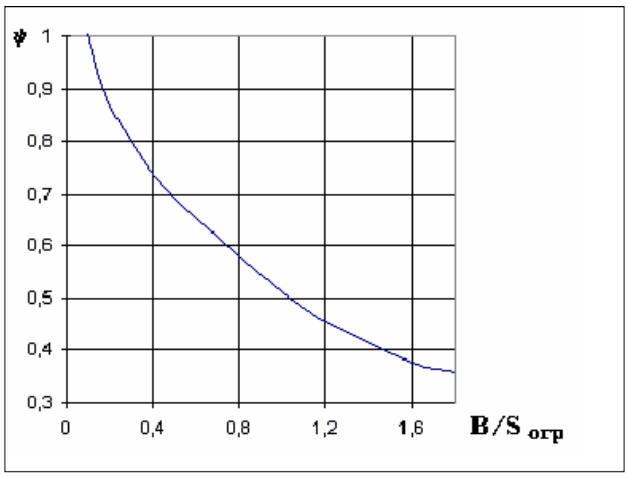


Рисунок 3.2 - График для определения коэффициента ψ в зависимости от отношения постоянной помещения B к площади ограждающих поверхностей $S_{огр}$

Общепринято рассчитывать постоянную помещения в зависимости от объема и типа помещения:

$$B = \mu_i B_{1000} \ , \qquad (3.5)$$

где $B_{1000} = V/k_1$ — постоянная помещения на частоте 1000 Гц;

V — объем помещения, м^3; k_1 — коэффициент , учитывающий тип помещения(таблица (3.4));

μ_i — частотный множитель (таблица (3.5)).

Таблица 3.4 - Значение коэффициента k_1

Характеристика помещения	k_1
С небольшим количеством людей(генераторные, машинные залы, цеха и др.)	20
С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории , кабинеты и др.)	10
С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управления, конструкторских бюро, жилые помещения и др.)	6

Таблица 3.5 - Частотный множитель μ

Объём помещения V, м^3	Среднегеометрическая частота, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Меньше 200	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
200-1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
Больше 1000	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3,0	6,0

При практических расчетах в зоне прямого звука:

$$\sum_{i=1}^{m} \frac{\Lambda_i \chi_i \Phi_i}{S_i} \gg \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^{n} \Lambda_i ,$$

поэтому второе слагаемое под логарифмом в формуле (3.4) не учитывают, а в зоне отраженного звука

$$\frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^{n} \Lambda_i \gg \sum_{i=1}^{m} \frac{\Lambda_i \chi_i \Phi_i}{S_i} ,$$

поэтому пренебрегают первым слагаемым.

Пример: Определить требуемое снижение шума, когда источники шума и расчетная точка расположены в одном закрытом помещении.

В производственном помещении объемом 10400 м^3 размещено равномерно 10 источников шума (станков) двух типов: пять источников одного типа, обозначенных ИШ1, и пять – другого, обозначенных ИШ2. Уровни звуковой мощности, излучаемые каждым источником, приведены в таблице (3.6).

Таблица 3.6 – Уровни звуковой мощности источников шума

Величина, дБ	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_{p1}	95	106	110	105	105	103	101	98
L_{p2}	94	96	98	100	103	101	97	87

Все источники работают одновременно. Источники установлены на полу, поэтому принимаем для них Φ_i=A=1. Расчетная точка находится в середине помещения между станками на высоте 1,5 м от пола. Расстояния от акустических центров до расчетной точки: $r_1=r_5$=17,35 м, $r_2=r_4$=6,7 м, r_3=2,9 м, $r_6=r_{10}$=16,5 м, $r_7=r_9$=6,9 м, r_8=3,4 м. Максимальный размер любого из рассматриваемых источников не превышает l_{max}=1,4 м.

Решение. Октавные уровни звукового давления в расчетной точке определяются по формуле (3.4).

Минимальное расстояние от расчетной точки до акустического центра и ближайшего к ней источника $r_{min}=r_3$=2,9 м, тогда $5r_{min}$=14,5 м. Общее

количество принимаемых в расчет источников шума, расположенных вблизи расчетной точки, для которых $r_i<5r_{min}=14,5$ м, будет равно m=6.

Учитываются источники, расположенные на расстояниях $r_2=r_4=6,7$м, $r_3=2,9$ м, $r_7=r_9=6,9$ м, $r_8=3,4$ м.

Наибольший габаритный размер рассматриваемых источников $l_{max}=1,4$м, следовательно для всех источников выполняется условие $2l_{max}<2,9$, поэтому можно принять $S_i=2\pi r^2$. Величины $r_i/ l_{max}\geq 2$, поэтому $\chi_i=1$ (рисунок 3.1). По формуле (3.4) определяем суммарные уровни звукового давления $L_{общ}$ в расчетной точке от всех источников шума. Величину В определяем по таблицам (3.4, 3.5). Затем определяем требуемый уровень снижения шума по формуле:

$$\Delta L_{тр\ общ}=L_{общ}-L_{доп}\ , \qquad (3.6)$$

где $L_{общ}$ – октавный уровень звукового давления в расчетной точке от всех источников шума, дБ.

Результаты расчета занесены в таблицу (3.7).

Таблица 3.7 - Результаты расчета

№	величина	Ед. изм.	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L_{p1}	дБ	95	106	110	105	105	103	101	98
2	L_{p2}	дБ	94	96	98	100	103	101	97	87
3	$\Delta_1=10^{0,1Lp1}$	-	$32*10^9$	$4*10^{10}$	$1*10^{11}$	$3,2*10^{10}$	$3,2*10^{10}$	$2*10^{10}$	$1,3*10^{10}$	$6,3*10^9$
4	$\Delta_2=10^{0,1Lp2}$	-	$25*10^9$	$4*10^9$	$6,3*10^9$	$1*10^{10}$	$2*10^{10}$	$4,3*10^{10}$	$5*10^9$	$5*10^9$
5	$S_2=S_4=2\pi r_2^2$	$м^2$	576	576	576	576	576	576	576	576
6	$S_7=S_9=2\pi r_7^2$	$м^2$	600	600	600	600	600	600	600	600
7	$S_3=2\pi r_3^2$	$м^2$	106	106	106	106	106	106	106	106
8	$S_8=2\pi r_8^2$	$м^2$	146	146	146	146	146	146	146	146
9	$10^{0,1\ Lp1}/\ S_2$	-	$41*10^7$	$1,4*10^8$	$3,5*10^8$	$1,1*10^8$	$1,1*10^8$	$6,9*10^7$	$4,5*10^7$	$2,2*10^7$
10	$10^{0,1\ Lp1}/\ S_3$	-	$6*10^7$	$7,6*10^8$	$1,9*10^9$	$6*10^8$	$6*10^8$	$3,8*10^8$	$2,5*10^8$	$1,2*10^8$
11	$10^{0,1\ Lp2}/\ S_7$	-	$8,4*10^6$	$1,3*10^7$	$2,1*10^7$	$3,3*10^7$	$6,7*10^7$	$4,4*10^7$	$1,7*10^7$	$1,7*10^6$
12	$10^{0,1\ Lp2}/\ S_8$	-	$3,4*10^7$	$5,5*10^7$	$1,4*10^8$	$2,7*10^8$	$1,8*10^8$	$1,8*10^8$	$6,9*10^7$	$6,9*10^6$
13	$10^{0,1\ Lp1}/\ S_4$	-	$1,1*10^7$	$1,4*10^8$	$3,5*10^8$	$1,1*10^8$	$1,1*10^8$	$6,9*10^7$	$4,5*10^7$	$2,2*10^7$
14	$10^{0,1\ Lp2}/\ S_9$	-	$8,4*10^6$	$1,3*10^7$	$2,3*10^7$	$3,3*10^7$	$6,7*10^7$	$4,4*10^7$	$1,6*10^7$	$6,9*10^6$
1	Σ9-14	-	$1,3*10^8$	$1,1*10^9$	$2,7*10^9$	$1*10^9$	$1,2*10^9$	$7,9*10^8$	$4,4*10^8$	$1,7*10^8$

5										
16	B_{1000}	$м^2$	520	520	520	520	520	520	520	520
17	μ		0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6
18	B	$м^2$	260	260	286	364	520	832	1560	3120
19	4ψ/B		$1,5*10^{-2}$	$1,5*10^{-2}$	$1,4*10^{-2}$	$1,1*10^{-2}$	$7,7*10^{-3}$	$14,8*10^{-3}$	$2,6*10^{-3}$	$1,3*10^{-3}$
20	$\sum_{1}^{5} 10^{0,1Lp1} = 5 \cdot 10^{0,1Lp1}$	-	$1,6*10^{10}$	$2*10^{11}$	$5*10^{11}$	$1,6*10^{11}$	$1,6*10^{11}$	$1,6*10^{10}$	$6,5*10^{10}$	$3,2*10^{10}$
21	$\sum_{1}^{5} 10^{0,1Lp2} = 5 \cdot 10^{0,1Lp2}$	-	$1,3*10^{10}$	$2*10^{10}$	$3,2*10^{10}$	$5*10^{10}$	$1*10^{11}$	$6,5*10^{10}$	$2,5*10^{10}$	$2,5*10^{10}$
22	строки 20+21	-	$2,9*10^{10}$	$2,2*10^{11}$	$5,3*10^{11}$	$2,1*10^{11}$	$2,6*10^{11}$	$1,6*10^{11}$	$9*10^{10}$	$3,5*10^{10}$
23	строки 19*22	-	$4,4*10^{8}$	$3,3*10^{8}$	$7,4*10^{10}$	$2,3*10^{9}$	$2*10^{9}$	$7,7*10^{8}$	$2,3*10^{8}$	$4,6*10^{8}$
24	строки 15+23	-	$5,7*10^{8}$	$4,4*10^{8}$	$1*10^{10}$	$3,3*10^{9}$	$3,2*10^{9}$	$1,6*10^{9}$	$6,7*10^{8}$	$2,2*10^{8}$
25	$L_{общ}$=10lg(стр.24)	дБ	87,7	96,4	100	95,2	95,1	92	88,3	88,3
26	$L_{доп}= L_{н}$	дБ	103	96	91	88	85	83	81	80
27	$\Delta L_{тр\ общ}$	дБ	-	-	9	7	10	9	7	3

3.3 Выбор мероприятий по снижению шума

Для снижения шума в источнике его образования необходимо при проектировании и конструировании оборудования и технологических процессов (где это возможно) заменять ударные взаимодействия деталей безударными, возвратно-поступательное движение – вращательным, подшипники качения – подшипниками скольжения, металлические детали – деталями из пластмасс или других материалов, шумные технологические процессы – бесшумными или малошумными. Путем обеспечения минимальных допусков (зазоров) в сочленениях деталей и использования качественной смазки также достигается снижение уровня шума.

Звукоизоляция – это специальные устройства-преграды (в виде стен, перегородок, кожухов, экранов и т.д.), препятствующие распространению шума из одного помещения в другое или в одном и том же помещении. Звукоизолирующие конструкции изготавливают из плотных твердых материалов, препятствующих распространению шума. Физическая сущность звукоизоляции состоит в том, что наибольшая часть звуковой энергии отражается от ограждающих конструкций. Звукоизолирующая способность преград возрастает с увеличением их массы и частоты звука. В ряде случаев многослойные конструкции, состоящие из разных материалов, обладают более высокой звукоизоляцией, чем однослойные конструкции такой же массы. Воздушная прослойка между слоями увеличивает звукоизолирующую способность преграды.

Для уменьшения шума, излучаемого промышленным оборудованием, предусматриваются следующие мероприятия:

- применение таких материалов и конструкций при проектировании кровли, стен, фонарей, окон, ворот, дверей, которые смогут обеспечивать требуемую звукоизоляцию;
- устройство специальных звукоизолированных боксов и звукоизолирующих кожухов при размещении шумящего оборудования;
- экранирование источников шума;
- применение глушителей для снижения аэродинамического шума.

Для оборудования ТЭС при проектировании предусматриваются следующие мероприятия по снижению шума и вибрации:

- укрепление на упругих прокладках с созданием ребер жесткости всех перекрытий, а каналов и дверей у фундаментов турбоагрегатов;
- виброизоляция конденсаторов турбин;
- скорости движения пара в трубопроводах высокого давления принимаются в пределах наименьших шумовых воздействий;
- арматура заключается в звукоизолирующие кожухи;
- заключение в звукопоглощающие кожухи монтажных колец генератора, без щеточных возбудителей;

- установка вентиляторов на виброизолирующие основания;

- установка вентиляционного оборудования в вентиляционных камерах;

- установка глушителей аэродинамического шума в воздуховодах всасывания и нагнетания системы кондиционирования;

- тепловая изоляция оборудования одновременно является звукопоглощающим покрытием.

Для уменьшения прохождения шума в изолируемое помещение предусматриваются следующие строительно - акустические мероприятия:

- применение необходимых материалов и конструкций при проектировании перекрытий стен, перегородок, дверей, окон, кабин наблюдений щитов управления и т.д.;

- применение звукоизолирующих и вибродемпфирующих покрытий на поверхности трубопроводов;

- использование глушителей шума в системах механической вентиляции и кондиционирования воздуха.

3.3.1 Расчет мероприятий для снижения шума.

Согласно СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» требуемую изоляцию воздушного шума в дБ ограждающей конструкцией следует определять:

- при проникновении шума из одного помещения в другое по формуле:

$$R_{mpi}=L_{ш}-10lgB+10lgS_i-L_{доп}+10lgn\ , \qquad (3.7)$$

где $L_ш$ – октавный уровень звукового давления в не защищаемом от шума помещении, дБ, определяемый по формулам (3.1-3.5);

B – постоянная защищаемого от шума помещения, $м^2$;

S_i – площадь рассматриваемой ограждающей конструкции, через которую проникает шум, $м^2$;

$L_{доп}$ – допустимый октавный уровень звукового давления;

n – общее количество ограждающих конструкций, через которые проникает шум;

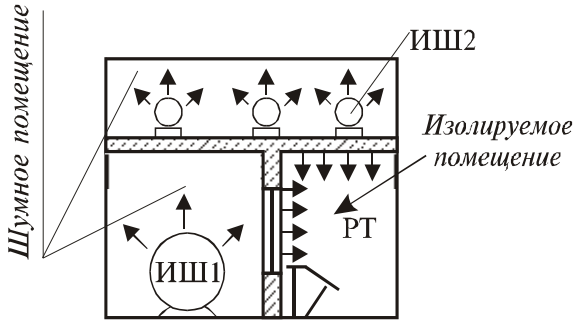


Рисунок 3.3 - Схема проникновения шума в расчетную точку РТ из смежных шумных помещений

- при проникновении шума из помещений на прилегающую территорию (в атмосферу) по формуле:

$$R_{mpi}=L_{ш}+10lgS_i-15lgr_i-L_{доп}+10lgn-11, \quad (3.8)$$

где r_i – расстояние от ограждающей конструкции или ее элемента до расчетной точки, м;

- при проникновении шума с прилегающей территории в помещение (смотри рисунок 3.4) по формуле

$$R_{mpi}=L_{нар}+10lgS_i-10lgB+6-L_{доп}+10lgn \quad (3.9)$$

где $L_{нар}$ – суммарный октавный уровень звукового давления в дБ от всех источников шума в 2 м от рассматриваемой ограждающей конструкции, определяемый по таблице (3.10).

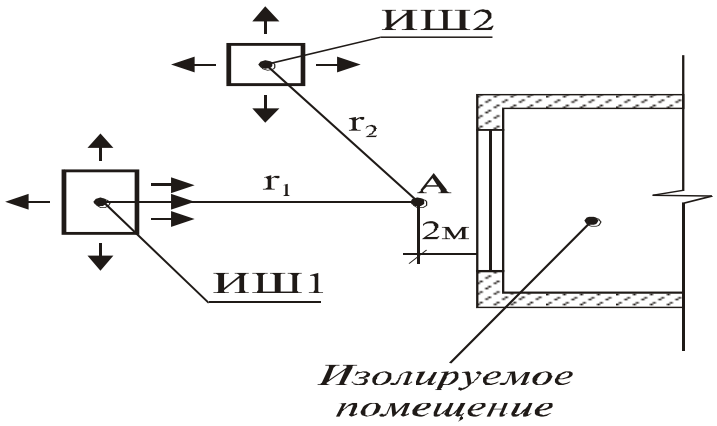


Рисунок 3.4 - Схема проникновения шума из окружающей атмосферы в изолируемое помещение

Пример. Запроектировать стену (с окном и дверью) и перекрытие кабины наблюдения зала вибростендов, имеющего размеры 12х6х4 м. Площадь глухой стены S_1 и перекрытия кабины наблюдения S_2, граничащих с залом вибростендов соответственно равны 48 и 72 м^2, площадь двери S_3=4 м^2, окна S_4=3 м^2. Суммарный уровень звуковой мощности $L_{рсум}$, излучаемый всеми вибростендами, приведен в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Результаты расчета

Величина	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{рсум, дБ}$	93	90	91	108	117	116	115	117

Решение. Требуемую звукоизолирующую способность каждого элемента ограждения определяем по формуле (3.9). Постоянная помещения В и B_{1000} определяем по таблице (3.4). Допустимый уровень звукового давления определяется по таблице (3.2).

Расчет сводим в таблицу (3.9). Величины звукоизолирующей способности конструкций приведены в таблицах (3.10, 3.11) звукоизолирующая способность конструкций для стены (с окном и дверью) и перекрытия кабины наблюдения представлена в таблице (3.12).

Таблица 3.9 – Результаты акустического расчета

Величина	Ед. изм.	Ссылка	Среднегеометрическая частота, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
B_{1000}	$м^2$	Табл.(3.8)	29	29	29	29	29	29	29	29
μ	-	Табл.(3.9)	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$B= B_{1000}$ μ	-	ф-а (3.4)	19	18	18	22	29	44	70	122
$L_{рсум, дБ}$	дБ	Табл.(3.14)	93	90	91	108	117	116	115	117
$L_{доп, дБ}$	дБ	Табл. (3.7)	94	87	82	78	75	73	71	70
10lgn (n=4)	-	-	6	6	6	6	6	6	6	6
10lgB	-	-	13	13	13	14	15	16	18	21
$10lgS_1(S_1=48м^2)$	-	-	17	17	17	17	17	17	17	17
$10lgS_2(S_2=72м^2)$	-	-	19	19	19	19	19	19	19	19
$10lgS_3(S_3=4м^2)$	-	-	6	6	6	6	6	6	6	6
$10lgS_4(S_4=3м^2)$	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5
$R_{тр1}$	дБ	ф-а (3.13)	9	13	19	39	50	50	49	49
$R_{тр2}$	дБ	ф-а (3.13)	11	15	21	41	52	52	51	51
$R_{тр3}$	дБ	ф-а (3.13)	-2	2	28	38	39	39	38	38
$R_{тр4}$	дБ	ф-а (3.13)	-3	1	7	27	38	38	37	37

Таблица 3.10 – Конструкции, обеспечивающие требуемую звукоизоляцию

Элемент конструкции	Условия прилегания по периметру	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

Окно с силикатным стеклом толщиной:	Без уплотняющих прокладок								
3 мм		(8)	12	16	18	20	22	20	-
6 мм		(12)	18	18	20	23	25	25	-

Продолжение таблицы 3.10

Оконный блок с двойным переплетом, толщиной стекла 3 мм	с уплотняющими прокладками из пористой резины	(22) (27)	27 33	26 33	28 36	30 38	28 38	27 38	- -
2-ое остекление со стеклами толщиной 4 и 7 мм и воздушным зазором: 200 мм 300 мм	С уплотняющими прокладками из пористой резины	- -	27 32	36 39	41 43	47 47	49 51	55 55	- -
Стеклоблоки типа БК-98 (толщина 98 мм)	-	-	37	40	42	45	48	50	-
Окно размером 1х1,2 м с органическим стеклом толщиной: 4 мм 10 мм 18 мм 36 мм	С герметизацией притворов	 (13) (18) (22) (30)	 17 23 30 35	 21 26 32 34	 25 31 35 35	 39 34 35 40	 33 34 33 40	 36 32 38 48	 30 40 (45) -
Стекло силикатное толщиной 4 мм	То же	-	19	24	28	30	33	31	-
То же, 7 мм	То же	-	22	28	29	34	28	39	-
Витраж стекло силикатное 7 мм	То же	-	22	27	29	31	25	36	-
Стеклопакеты из силикатного стекла 4 мм (2 ряда) при воздушном промежутке: 16 мм 30 мм 100 мм 200 мм 400 мм	То же	 - - - - -	 16 15 21 28 34	 26 26 33 36 40	 28 30 39 41 44	 37 36 47 48 50	 41 40 50 54 52	 41 40 51 56 54	 - - - - -

Стеклопакеты из силикатного стекла толщиной 4 и 7 мм при воздушном промежутке:	То же								
16 мм		-	18	29	32	42	40	47	-
100 мм		-	28	35	39	47	46	52	-
200 мм		-	30	37	43	48	49	58	-
300 мм		-	34	40	45	48	52	58	-
Обыкновенная филенчатая дверь	Без прокладок	7	12	14	16	22	20	20	-
	С прокладками из резины	12	18	19	23	30	33	32	-
Глухая щитовая дверь марки ДБ-8 толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм	Без уплотняющих прокладок	(17)	22	23	24	24	24	23	-
	С уплотняющими прокладками из резины	(22)	27	27	32	35	34	35	-

Окончание таблицы 3.10

Элемент конструкции	Условия прилегания по периметру	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Типовая дверь П-327	Без уплотняющих прокладок	-	(13)	23	31	33	34	36	44
	С уплотняющими прокладками из простой резины	-	(29)	30	33	35	39	41	42

Щитовая дверь из твердых древесноволокнистых плит толщиной 4-6 мм с воздушным зазором 50 мм, заполненным стекловатой	Без уплотняющих прокладок	(17)	25	26	30	31	28	29	-
	С уплотняющими прокладками из пористой резины	(23)	28	30	33	36	32	30	-
То же, с заполнением минеральным войлоком	Без уплотняющих прокладок	-	24	24	28	27	25	24	-
	С уплотняющими прокладками из пористой резины	-	28	28	32	34	32	32	-

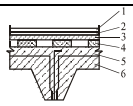
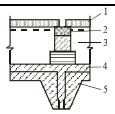
Таблица 3.11 - Звукоизолирующая способность перекрытий, дБ

Эскиз	Конструкция перекрытия	Толщина элемента, мм	Средняя поверхностная плотность, кг/м^2	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц					
				125	250	500	1000	2000	4000
	Железобетонная панель	120	300	42	45	51	58	58	-
	То же, с полами:								
	а) плитки ПХВ, древесно-стружечная плита, сплошная прокладка из мягких древесноволокнистых плит;	3 20 25	323	37	42	51	58	58	58

	б) плитки ПХВ, древесно-стружечная плита, ленточные прокладки из мягких древесноволокнистых плит	3 20 25	320	39	43	47	53	57	58
	Железобетонная панель	140	350	40	47	52	56	61	-

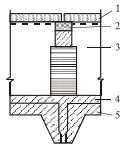
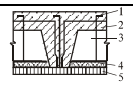
Продолжение таблицы 3.11

Эскиз	Конструкция перекрытия	Толщина элемента, мм	Средняя поверхностная плотность, кг/м^2	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц					
				125	250	500	1000	2000	4000
	То же с полами: а) линолеум на войлочной подоснове; б) линолеум на тканевой подоснове, твердая древесноволокнистая плита, полутвердая древесново-локнистая плита	5 2 4 8	354 358	35 37	38 42	47 50	55 57	65 62	62 60
	в) паркетная клепка, твердая древесноволокнистая плита, мягкая древесново-локнистая плита	14 4 12, 5	364	40	42	51	58	59	53

	г) плитка ПХВ, битумная мастика, полутвердая древесноволокнистая плита, битумная мастика	3 - 5 -	355	35	41	47	53	60	59
	д) паркетные доски, лаги 25х100 мм через 400 мм, ленточные прокладки из мягких древесно волокнистых плит	25 - 12, 5	368	37	43	52	62	67	63
	1-линолеум 2-гипсовая стяжка 3-шлакобетонная плита 4-упругие прокладки 5-бетонная стяжка 6-железобетонная плита типа ИИ-64 (вып.1, марки П-1-1)	4 5-7 45 20-25 50 60	380	46	47	55	63	65	70
	1-пол из деревянных щитов, подшитых сеткой с асбестом 2-упругая прокладка 3-воздушный зазор 4-бетонная стяжка 5-железобетонная плита типа ИИ-64 (вып.1, марки П-1-1)	60 - 400 50 60	360	34	43	54	57	67	73

Окончание таблицы 3.11

Эскиз	Конструкция перекрытия	Толщина элемента, мм	Средняя поверхностная плотность, кг/м^2	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц					
				125	250	500	1000	2000	4000

	1-пол из деревянных щитов, подшитых сеткой с асбестом 2-упругая прокладка 3-воздушный зазор 4-бетонная стяжка 5-железобетонная плита типа ИИ-64 (вып.1, марки П-1-1)	60 - 800 50 60	370	42	46	52	58	67	74
	1-бетонная стяжка 2-железобетонная плита типа ИИ-64 (вып.1, марки П-1-1) 3-воздушный зазор 4-минеральные плиты 5-штукатурка по сетке Рабитца	50 60 240 50 20	340	47	50	55	59	64	69

Т а б л и ц а 3.12 - Звукоизолирующая способность стен и перегородок акустически однослойной конструкции, дБ

Материал конструкции	Толщина	Средняя поверхностная плотность ограждения, кг/м^2	Среднегеометрическая частота октавной полосы, ГЦ							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кирпичная кладка (оштукатуренная с двух сторон)	$^1/_2$ 1 – 1 $^1/_2$ – 2 – 2 $^1/_2$ –	220 420 620 820 1000	32 36 41 45 45	39 41 44 45 47	40 44 48 52 55	42 51 55 59 60	48 58 61 65 67	54 64 65 70 70	60 65 65 70 70	60 65 65 70 70
Виброкирпичная панель 120 мм, оштукатуренная с двух сторон не цементным раствором толщиной 20 мм	160	250	-	34	40	42	48	53	53	-

Виброкирпичная панель неоштукатуренная	160 140	280 240	- -	34 33	41 40	45 43	50 49	54 54	55 56	- -

Окончание таблицы 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Железобетонная плита	40 50 100 160 200 300 400 800	100 125 250 400 500 750 1000 2000	- 28 34 - 40 44 45 47,5	32 34 40 43 42 44,5 47,5 55	36 35 40 47 44 50 55 61	35 35 44 51 51 58 61 67,5	38 41 50 60 59 65 67,5 70	47 48 55 63 65 69 70 70	53 55 60 - 65 69 70 70	- 55 60 - 65 69 70 70
Гипсобетонная (плита	80 95	115 135	- -	28 32	33 37	37 37	39 42	44 48	44 53	42 -
Керамзитобетонная плита	80 120	100 150	- -	33 33	34 37	39 39	47 47	52 54	54 -	- -
Газобетонная плита	240 мм	270	-	39	42	51	56	54	52	-
Пемзобетонная панель	130	255	-	37	34	46	50	60	65	-
Шлакобетонная панель	250 140	400 250	- -	30 -	45 41	52 45	59 49	64 51	64 51	- -
Шлакоблоки	220	360	-	42	42	48	54	60	63	-
Армированная силикатобетонная панель	140	300	-	34	41	48	55	59	59	-
Древесностружечная плита	20	12	-	23	26	26	26	26	26	23
Фанера	3 4 5 8 10	2,4 3,2 4 6,4 8	7 8 9 12 13	11 12 13 16 17	14 16 17 20 21	19 20 21 24 25	23 24 25 27 28	26 27 28 27 25	27 27 26 27 29	26 27 29 32 33

Стеклопластик	3	5,1	9	13	17	21	25	29	31	32
	5	8,5	12	16	20	24	28	31	31	34
	8	13,6	15	19	23	27	30	31	33	37
	10	17	17	21	25	28	31	31	34	38
Сталь (панели с ребрами жесткости, размер ячеек между ребрами не более 1х1 м)	0,7	-	8	15	19	23	26	30	34	37
	1	7,8	13	17	21	25	28	32	36	35
	2	15,6	16	20	24	28	32	36	35	33
	3	23,4	19	23	27	31	35	37	30	39
	4	31,2	21	25	29	33	36	34	34	41
	5	39	22	26	30	34	37	32	36	42
	6	46,8	23	27	31	35	37	30	39	43
	8	62,4	24	28	32	36	34	33	40	44
	10	78	26	30	34	36	32	36	42	46
Алюминиево-магниевые сплавы	1	2,8	6	10	12	18	22	25	29	28
	2	5,6	10	14	18	22	26	29	27	25
	3	8,4	12	16	20	24	28	31	22	30
	4	11,2	14	18	22	26	29	27	25	32

Пример 5. Рассчитать требуемую звукоизолирующую способность ограждающей конструкции при проникновении шума из металлообрабатывающего цеха, имеющего размеры 100х30х 6м с тремя источниками шума в помещение дистанционного управления с речевой связью по телефону (размеры: 30х5х6м). Помещения примыкают друг к другу стеной L=30 м. Уровни шума источников в каждой октавной полосе приведены в таблице (3.13).

Решение. Требуемую для каждой октавной полосы изолирующую способность смежной стены двух помещений можно определить по формуле (3.7).

Проведем расчет для октавной полосы 63 Гц:

1) Суммарный уровень звукового давления всех источников шума в помещении определяется по формуле (3.4).

2) Согласно таблице (3.4), постоянная помещения при частоте 1000 Гц для металлообрабатывающих цехов определяется по формуле:

$$B_{Ш_{1000}} = \frac{V}{20} = \frac{100 \cdot 30 \cdot 6}{20} = 900 \ м^2 .$$

Постоянная помещения при частоте 1000 Гц для помещений управления по формуле:

$$B_{И_{1000}} = \frac{V}{6} = \frac{30 \cdot 5 \cdot 6}{6} = 150 \ м^2 .$$

3) По таблице 3.5 частотный множитель (частота 63 Гц) для цеха объемом V=100·30·6=18000 м^3 при μ_{63}=0,5, а для помещения управления объемом V=30·5·6=900 м^3 при μ_{63}=0,65. Тогда постоянные этих помещений при частоте 63 Гц будут равны:

- для цеха: $B_{Ш63} = \mu_{63} \cdot B_{Ш1000} = 0{,}5 \cdot 900 = 450 м^2$;

- для помещения управления: $B_{И63} = \mu_{63} \cdot B_{И1000} = 0{,}65 \cdot 150 = 97{,}5 м^2$.

4) Площадь смежной стены, изолирующей помещение управления:

$$S = 30 \cdot 6 = 180 м^2.$$

5) Допустимый уровень шума в помещении дистанционного управления с речевой связью по таблице (3.2) $L_{доп.63}$=83 дБ.

6) В данном случае количество элементов ограждения n=1, так как изолирует помещения друг от друга одна стена площадью S=180 м^2.

7) Требуемая изолирующая способность стены для октавной полосы 63 Гц

$R_{тр63}$=95,15-10log 450 − 10 log 97,5 + 10 log 180 + 6 − 83 + 10 log 1=-5,65 дБ

Для остальных октавных полос расчет проводится аналогично и сводится в таблице (3.13).

По данным таблицы (3.12) подбираем материал, отвечающий требуемой звукоизолирующей способности. Исходя из результатов расчета таблицы (3.19) и экономических соображений, выбираем кирпичную кладку в 1/2 кирпича и заносим $R_{фактj}$ в таблицу (3.13).

Т а б л и ц а (3.13) - Последовательность вычисления и результаты расчета

№ п/п	Исходные и расчетные величины	Значения исходных и расчетных величин при среднегеометрической частоте октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L_{P1}	93	104	110	108	105	104	108	105
2	L_{P2}	75	110	100	92	107	84	105	95
3	L_{P3}	91	101	97	86	100	102	100	100
4	$10^{0,1L_{P1}}$	$2 \cdot 10^9$	$2{,}5 \cdot 10^{10}$	$1{,}0 \cdot 10^{10}$	$6{,}3 \cdot 10^{10}$	$3{,}16 \cdot 10^{10}$	$2{,}5 \cdot 10^{10}$	$6{,}3 \cdot 10^{10}$	$3{,}16 \cdot 10^{10}$
5	$10^{0,1L_{P2}}$	$3 \cdot 10^7$	$1{,}0 \cdot 10^{11}$	$1{,}0 \cdot 10^{10}$	$1{,}6 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^8$	$3{,}16 \cdot 10^{10}$	$3{,}2 \cdot 10^9$
6	$10^{0,1L_{P3}}$	$1{,}25 \cdot 10^9$	$1{,}26 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^8$	$1{,}0 \cdot 10^{10}$	$1{,}58 \cdot 10^{10}$	$1{,}0 \cdot 10^{10}$	$1{,}0 \cdot 10^{10}$
7	$\sum_{k=1}^{3} 10^{0,1L_{Pk}}$	$3{,}28 \cdot 10^9$	$1{,}37 \cdot 10^{11}$	$1{,}15 \cdot 10^1$	$6{,}5 \cdot 10^{10}$	$9{,}16 \cdot 10^{10}$	$4{,}1 \cdot 10^{10}$	$1{,}14 \cdot 10^{11}$	$4{,}5 \cdot 10^{10}$
8	$L_{\Sigma j} = 10 \lg \sum_{k=1}^{3} 10^{0,1L_{Pk}}$	95,15	110,13	110,6	108,12	109,61	106,13	110,6	106,5
9	$B_{Ш1000} = \frac{V}{20}$	-	-	-	-	900	-	-	-

10	μ_j	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3	6
11	$B_{Шj}$	450	450	495	630	900	1440	2700	5400
12	$10lgB_{Шj}$	26,5	26,5	26,9	28,0	29,5	31,6	34,3	37,3
13	$B_{И_{1000}} = \frac{V}{6}$	-	-	-	-	150	-	-	-
14	μ_j	0,65	0,62	0,64	0,75	1,0	1,5	2,4	4,2
15	$B_{Иj}$	97,5	93	96	112,5	150	225	360	630
16	$10lgB_{Иj}$	19,9	19,7	19,8	20,5	21,8	23,5	25,6	28
17	10lgS	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
18	$L_{доп}$	83	74	68	63	60	57	55	54
19	10lgn(n=1)	0	0	0	0	0	0	0	0
20	$R_{трj}$	-5,65	18,53	24,5	25,22	26,91	22,63	24,3	15,8
21	$R_{фактj}$ (стена в 1/2 кирпича)	32	39	40	42	48	54	60	60

Таким образом, стена 1/2 кирпича, оштукатуренная с двух сторон, обеспечивает требуемое снижение шума в помещении управления во всех октавных полосах.

Заключение

В даном учебном пособии приведены основные расчеты, необходимые для принятия будущими специалистами конструктивных и грамотых решений вопросов по тематикам: «Производственная вентиляция», «Производственное освещение» и «Производственный шум», нацеленных на улучшение состояния людей в производственной среде.

Соблюдение гигиенических требований и норм обеспечивает предупреждение профессиональных заболеваний, а значит, способствует сохранению здоровья рабочих. Рабочая деятельность людей проходит в разных условиях, и поэтому одной из основных характеристик рабочей среды выступают производственные факторы. Производственная санитария, освещение и шум представляют собой комплекс мер и требований. Их выполение необходимо для формирования здоровой рабочей обстановки.

Для выработки определенных норм, требований, рекомендаций необходимо изучать и анализировать рабочие условия, их влияние на состояние людей. В процессе разработки раздела БЖД студенты, как будущие

специалисты, учатся правильно применять полученные результаты как на производственой практике, так и в дальнейшем на рабочем месте. Расчеты и основные положения, приведенные в учебном пособии, позволяют закрепить у студентов знания, полученные при прослушивании курса «Охрана труда», и обучают навыкам их практического применения. В рамках данного направления устанавливаются требования к содержанию помещений, вентиляции, отоплению, освещению и шуму.

Список литературы

16 Хакимжанов Т.Е. Охрана труда: Учебное пособие, Алматы: Эверо, 2006. - 262 с.

17 Глебова, Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: учеб.пособие для вузов / Е.В. Глебова. – М.: Высшая школа, 2005. – 383 с.

18 СН РК 4.02-01-2011 отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха // комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами министерства национальной экономики республики казахстан. Астана, 2015. – 42 с.

19 Министерство здравоохранения Республики Казахстан от 14 июля 2005 года N 355 Санитарно - эпидемиологические правила и нормы «Санитарно - эпидемиологические требования к воздуху производственных помещений».

20 Нор Е.В. Расчёт воздухообмена [Текст] : методические указания к выполнению практической работы по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда» для студентов специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств» / Е.В. Нор, О.А. Колесник. – Ухта: УГТУ, 2009. – 39 с.

21 Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства Строительные нормы СН РК 2,04.-02.2011 «Естественное и искусственное освещение». – Астана, 2015. – 69 с.

22 Абдимуратов Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 20 с.

23 Справочная книга по светотехнике [Текст] : справочное издание / под ред. Ю. Б. Айзенберга. - 3-е изд., перераб. - М. : [Б. и.], 2008. - 952 с.

24 Феоктистова Т.Г. Безопасность жизнедеятельности «Производственная санитария и гигиена труда» расчет производственного освещения. – Москва: МГТУ ГА, 2013.- 52 с.

25 ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности, в котором определены основные характеристики производственных шумов и соответствующие им нормы шума на рабочих местах.

26 Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства Строительные нормы РК СН РК 2.04-02-2011 «Защита от шума». – Астана, 2015. – 42 с.

27 Тупов В.Б. Снижение шумового воздействия от оборудования в энергетике -М.; 2004 г.- 280 с.

28 Жандаулетова Ф.Р., Бегимбетова А.С. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Защита

от производственного шума» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 20 с. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 34 с.

29 Тусупбаева Г.А. Геополитические факторы обеспечения национальной безопасности – составные параметры государственной политики Республики Казахстан // Казахстан – спектр, 2005. №2. – С.51.

30 manager@energywind.ru Значения скорости и средней температуры наружного воздуха для некоторых городов Казахстана.