

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА)

ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

**Методические указания
к выполнению раздела в дипломных проектах
для студентов специальностей ТМ, МС, ИП
всех форм обучения**

Утверждено
на заседании
методического совета
Протокол № 5 от 23.01.2014

Краматорск
ДГМА
2014

Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях : методические указания к выполнению раздела в дипломных проектах для студентов специальностей ТМ, МС, ИП всех форм обучения / сост.: С. А. Гончарова, Л. В. Дементий. – Краматорск : ДГМА, 2014. – 161 с.

Приведены основные требования к содержанию и оформлению раздела «Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях» дипломных проектов магистров и специалистов для студентов специальностей ТМ, МС, ИП, рекомендации по выбору конкретных заданий в зависимости от темы дипломной работы. Содержат большое количество справочных материалов, которые необходимы студентам при выполнении данного раздела проекта. Для основных средств защиты человека от производственных факторов при холодной обработке металлов приведены методики расчетов и примеры конкретных решений по охране труда.

Составители:

С. А. Гончарова, доц.,
Л. В. Дементий, доц.

Отв. за выпуск

А. П. Авдеенко, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Общие требования к оформлению раздела "Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях"	5
2 Анализ производственных факторов в механических и сборочных цехах	8
3 Разработка мероприятий по производственной санитарии.....	19
4 Разработка мероприятий по технической безопасности	32
5 Методики расчетов основных средств защиты	43
5.1 Вентиляция производственных помещений	43
5.2 Отопление цехов	61
5.3 Охрана окружающей среды	66
5.4 Защита от шума.....	70
5.5 Защита от вибрации.....	76
5.6 Производственное освещение	87
5.7 Безопасность производственного оборудования.....	94
5.8 Безопасность производственных процессов	105
5.9 Защитное заземление.....	107
5.10 Определение категории помещения из взрывопожарной и пожарной опасности.....	110
6 Безопасность при чрезвычайных ситуациях.....	113
Литература	121
Приложение А. Рекомендации по использованию нормативно-технической документации.....	123
Приложение Б. Требования к воздуху рабочей зоны.....	128
Приложение В. Требования к производственному шуму и вибрации	131
Приложение Г. Требования к производственному освещению.....	133
Приложение Д. Требования к производственному оборудованию	144
Приложение Е. Требования к организации рабочих мест.....	147
Приложение Ж. Требования к электробезопасности	149
Приложение К. Требования к пожарной безопасности	154
Приложение Л. Безопасность при чрезвычайных ситуациях.....	157

ВВЕДЕНИЕ

Дипломное проектирование специалистов и магистров способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, полученных студентами по изученным дисциплинам, и применению этих знаний для комплексного решения конкретной инженерной задачи.

Студенты высших учебных заведений изучают следующие нормативные дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», «Основы охраны труда», «Охрана труда в отрасли» и «Гражданская защита». Цель их изучения – формирования у будущих специалистов знаний о состоянии и проблемах безопасности в отрасли, составляющих и функционирования системы управления охраной труда, методов и средств обеспечения условий производственной среды и безопасности труда в отрасли, обеспечение безопасности в условиях чрезвычайных ситуаций в соответствии с действующими законодательными и другими нормативно-правовыми актами.

Цель этих курсов – получение студентами как теоретических, так и практических знаний, необходимых для творческого решения вопросов, связанных с разработкой и выбором технологии и оборудование, которые исключают или доводят до минимума производственный травматизм и профессиональные заболевания, а также обеспечивают охрану окружающей среды. Изучение дисциплин предусматривает изучение средств защиты работающих от воздействия наиболее широко распространенных на производстве вредностей и опасностей, требований к промышленной санитарии и техники безопасности, к оборудованию и технологических процессов, общие требования к устройству предприятий и цехов. Кроме того, студенты должны изучить источники загрязнения окружающей среды в условиях конкретных производств и основные направления и методы защиты окружающей среды. Кроме того, студенты должны уметь оценить обстановку при возникшей чрезвычайной ситуации и обосновано выбрать мероприятия по снижению негативных последствий.

При работе над проектом студент должен научиться пользоваться справочной литературой, типовыми проектами, нормативно-правовыми актами и другой технической документацией.

Выполнение раздела «Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях» является завершающим этапом изучения данных нормативных дисциплины. В дипломном проекте (работе) он расположен после специальной и организационно-экономической частей. Все вопросы разрабатываются в виде конкретных решений, по которым можно судить о наличии у молодого специалиста инженерной квалификации безопасности жизнедеятельности. Это является завершающим этапом формирования компетенций студентов в области охраны труда и безопасности жизнедеятельности.

1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАЗДЕЛА «ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ»

Раздел "Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях" выполняется после прохождения преддипломной практики и согласования темы по охране труда с консультантом по разделу.

Во время прохождения преддипломной практики студент обязан ознакомиться с решением вопросов охраны труда в соответствии с темой дипломного проекта, сделать анализ эффективности этих решений и предложений по повышению уровня безопасности. Все это должно быть основой при определении темы, которая подлежит детальному рассмотрению в разделе "Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях" дипломной работы.

Содержание задания по охране труда должно отвечать основной теме дипломного проекта и быть его составляющей органической частью.

В ходе выполнения задания студент должен периодически посещать консультации для согласования выбранного решения, для уточнения объема разработок, количества расчетов и так далее, а черновик выполненного задания по разделу "Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях" представить консультанту для проверки и утверждения не позже, чем за месяц до защиты.

Сброшюрованная записка объяснения дипломного проекта должна быть представлена на подпись консультанту по разделу "Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях" не позже, чем за 10 дней до защиты. О выполнении задания по охране труда свидетельствуют подпись консультанта-преподавателя на титульном листе записки объяснения.

При выполнении раздела "Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях" дипломного проекта необходимо выполнять следующие требования [16; 23]:

- строго придерживаться требований НПАОП, ГОСТ, норм, правил, инструкций и других нормативных документов по вопросам охраны труда при принятии и обосновании соответствующих решений;
- выбор мероприятий по охране труда проводить на основе анализа опасных и вредных производственных факторов с целью возведения к минимуму влияния их на работающего человека;
- выбор мероприятий по созданию здоровых и безопасных условий труда сопровождать ссылками на нормативные документы, а в необходимых случаях – инженерными расчетами, научно-исследовательскими и конструкторско-исследовательскими данными. Шифр и название нормативных документов приводить непосредственно в тексте объяснительной записки дипломного проекта(работы) на языке оригинала (приложение А). При использовании численных значений величин и результатов работ других авторов необходимо привести ссылку на источник информации;

– проектировать прогрессивную, с высокой степенью автоматизации технику, при эксплуатации которой исключается потенциальная опасность аварий, взрывов, пожаров, несчастных случаев, профессиональных заболеваний независимо от квалификации и психофизиологического состояния обслуживающего персонала;

– разрабатывать мероприятия по профилактике травматизма, профессиональных заболеваний, аварий, пожаров, а также по повышению культуры производства, технической эстетики, научной организации труда, эргономики.

Раздел "Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях" в общем случае состоит из таких подразделов:

- анализ опасных и вредных производственных факторов;
- мероприятия по производственной санитарии;
- мероприятия по технической безопасности;
- безопасность при чрезвычайных ситуациях.

Анализ опасных и вредных производственных факторов (ОиВПФ) осуществляется для базового варианта на основе результатов работы существующих производств. Цель данного подраздела – обоснование необходимости осуществления и выбора мероприятий по обеспечению безопасных условий труда. Материал для выполнения этого подраздела приведен в разделе 2 пособия.

Разработка мероприятий по производственной санитарии осуществляется в такой последовательности:

- обеспечение качества воздуха рабочей зоны;
- организация освещения помещений;
- защита от шума, вибрации и излучения.

Материал для выполнения этого подраздела обстоятельно приведен в разделе 3 пособия.

Разработка мероприятий по технической безопасности осуществляется по такой схеме:

- мероприятия по обеспечению безопасности оборудования;
- мероприятия по обеспечению безопасности технологических процессов, в том числе охрана окружающей среды;
- электробезопасность;
- пожарная и взрывная безопасность.

Материал для выполнения этого подраздела приведен в разделе 4 пособия.

Расчеты защитных устройств, наиболее важных для обеспечения безопасных условий труда, осуществляется согласно соответствующих методик (раздел 5) непосредственно в подразделе 2 или 3, где рассматриваются эти вопросы (тип расчетов согласуется с консультантом). Расчет устройства проводится по схеме:

- обоснование необходимости использования данного устройства (средства) защиты;
- описание защитного устройства (при необходимости – рисунок), основные его характеристики;

- обоснование выбора методики расчета;
- расчет основных элементов устройства;
- проверка соответствия устройства и его частей нормативным требованиям.

Вопросы **безопасности при чрезвычайных ситуациях** привязывается непосредственно к конкретной теме дипломного проекта с учетом особенностей специальности и оборудования. В ходе выполнения расчетов, оформления результатов необходимо, пользуясь справочными материалами, указывать конкретное оборудование, здания, сооружения, коммунально-энергетические сети и другие элементы объекта исходя из основной темы дипломного проекта.

Материал для выполнения этого подраздела приведен в разделе 6 пособия.

Для студентов специальности **МС** мероприятия по производственной санитарии рассматриваются кратко. Основное внимание необходимо уделить технической безопасности, выполнив соответствующие расчеты.

Недопустимо заполнять раздел "Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях" общими рассуждениями и переписыванием нормативных положений, правил, инструкций и учебников. Необходимо конкретно разработать и указать мероприятия, которые относятся непосредственно к производству только проектируемых видов работ или что требует проектной разработки.

Раздел в целом выполняется с учетом темы дипломного проектирования и специальной части проекта. Кроме того, и в других разделах пояснительной записки необходимо излагать вопрос охраны труда по решаемому технологическому заданию.

Использованная литература приводится в общем списке в зависимости от построения записки в целом. Нормативные документы (ГОСТ, НПАОП, ДСанПиН и другие) при этом должны быть приведены непосредственно в тексте записки и в перечень литературы не входят. Название документов приводится на языке оригинала.

Объем раздела "Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях" не должен превышать 10–15 страниц. При составлении тезисов выступления при защите дипломной работы студент должен предусмотреть время для короткого освещения раздела "Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях" и связи его с основной темой дипломного проекта.

2 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

Механические и сборочные цеха отличаются большим количеством опасных и вредных производственных факторов (ОиВПФ), которые в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические [2; 7; 13; 17; 22; 26; 29].

При холодной обработке металлов к опасным физическим факторам относят:

- подвижные части станков, изделия и заготовки;
- стружка и осколки инструментов;
- нагретые поверхности оборудования, инструмента, заготовок;
- высокое напряжение в силовой электрической сети и статическое электричество;
- подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы;
- возможность возникновения пожаров.

Вредными физическими факторами являются:

- высокие влажность и скорость движения воздуха рабочей зоны, повышенная или пониженная температура;
- повышенные уровни излучений, шума и вибрации;
- повышенное содержание пыли в воздухе рабочей зоны;
- недостаточная освещенность, повышенная яркость света и пульсация светового потока.

К химическим ОиВПФ в воздухе рабочей зоны относятся токсичная пыль, вредные пары и газы, аэрозоли, агрессивные жидкости (кислоты, щелочи).

К биологическим ОиВПФ относятся микроорганизмы, которые находятся в отработанной смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

К психофизиологическим ОиВПФ процессов обработки материалов резанием относятся:

- физические перегрузки при установке, закреплении и снятии крупногабаритных изделий;
- перенапряжение зрения;
- монотонность труда.

К важнейшим факторам можно отнести: режущие инструменты (фрезы, дисковые пилы, абразивные круги), приводные и передаточные механизмы, сливную (ленточную) стружку, отлетающую стружку, пыль.

Наличие опасных и вредных производственных факторов при сборке определяется видом соединений и используемого оборудования, номенклатурой изделий и сборочных единиц, их размерами и массой, серийностью производства, организационной формой сборки (стационарная, поточная), степенью механизации процесса и т. д.

В табл. 2.1 приведен перечень ОиВПФ, характерных для процесса сборки. Анализ таблицы показывает, что из физических факторов наибольшее значение имеют локальная вибрация и шум, который создается ручным механизированным инструментом, машинами для клепки, испытательными стендами, пневматическими устройствами, вибробункерами сборочных машин и так далее

Вредные и опасные производственные факторы, характерные для процесса окрашивания изделий, обусловлены применением токсичных лакокрасочных материалов, образованием в воздухе рабочей зоны лакокрасочных аэрозолей (пыли и тумана) и выделения паров растворителей при подготовке красок, нанесении и сушке покрытий. Примерный перечень ОиВПФ приведен в табл. 2.2. В помещениях и на производственных площадках вне помещений возникает ряд вредных и опасных производственных факторов, обусловленных эксплуатацией оборудования для окрашивания. К ним относятся:

- подвижные машины и механизмы;
- перемещение окрашенных изделий;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная температура лакокрасочных материалов, моющих и обезжиривающих жидкостей, паров и газов, поверхности оборудования и изделий;
- повышенная или пониженная температура воздуха на участках окраски, в помещениях и камерах;
- повышенный уровень шума, вибрации и ультразвука при подготовке поверхности изделий к окрашиванию и при работе вентиляторов установок окрашиваний;
- повышенные уровни ультрафиолетового, инфракрасного, альфа-, бета -, гамма- и рентгеновского излучения, которые возникают при работе сушильного оборудования;
- незащищенные токопроводные части установок подготовки поверхности, электроосаждения, окрашивания в электростатическом поле и сушильных установок;
- повышенная ионизация воздуха на участках окрашивания в электростатическом поле;
- повышенная напряженность электрического поля и повышенный уровень статического электричества, возникающий при окрашивании изделий в электростатическом поле, а также при перемещении по трубопроводам, перемешиванию, переливанию (пересыпании) и распиловке жидких и сыпучих материалов;
- струи лакокрасочных материалов, которые возникают при нарушении герметичности аппаратуры окрашивания, которое работает под давлением;
- вредные вещества в лакокрасочных материалах влияют на работающих через дыхательные пути, пищеварительную систему, кожный покров и слизистые оболочки органов зрения и обоняния.

Таблица 2.1 – Характеристика производственных факторов при сборочных работах

Операции	Опасные и вредные факторы									
	Повышенный уровень шума и вибрации	Опасный уровень напряжения	Несоответствующие температуры поверхностей	Повышенный уровень ультразвука	Излучения	Подвижные части	Острые кромки, неровные поверхности	Прочие факторы	Взрывоопасность	Пожароопасность
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пригоночные работы при сборке:										
сверление, зенкерование, развертывание	+	+	+	-	-	+	+	Запыленность, физические перегрузки	-	-
шлифование и полирование круглыми абразивными лентами	+	+	+	-	-	+	+	Запыленность. Пары и пыли окиси хрома. Пары скипидара	-	+
шабрение	+	+	+	-	-	+	+	Запыленность. Пары керосина.	-	+
обрубка	+	-	-	-	-	+	+	Запыленность.	-	-
опиливание и зачистка	+	-	-	-	-	-	+	Запыленность.	-	-
гибка	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
правка листовых и маложестких деталей	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-
притирка	-	-	+	-	-	+	+	Загазованность растворителями, скипидаром, кислотами. Пары и пыли, содержащие соединения хрома, железа. Монотонность труда.	+	+
Очистка и промывка деталей:										
гидропескоструйная обработка	+	+	+	-	-	+	+	Растворы гидрата натрия и окиси хрома	-	-
Обезжиривание:										
Органическими растворителями	-	-	+	-	-	-	+	Повышенная загазованность парами растворителей	+	+
Электрохимическое	-	+	+	-	-	-	+	Загазованность парами щелочей, брызги щелочей	+	+
Щелочными растворителями	-	-	+	-	-	-	+	Загазованность парами каустической соды	-	-
Удаление загрязнений с помощью ультразвука	-	+	-	+	+	-	+	Брызги щелочных растворов	-	-

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Химическое травление	-	-	+	+	-	-	+	Загазованность окислами азота, парами кислот	-	-
Обдувка струей сжатого воздуха	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
Сборка подвижных и неподвижных разъемных соединений										
Сборка резьбовых соединений	+	+	-	-	-	+	+	Физическая нагрузка. Монотонность труда	-	-
Сборка цилиндрических и конических соединений	+	-	+	-	-	+	+	Загазованность растворителями. Пары и пыли окислов хрома, карбида кремния	+	+
Сборка шпоночных соединений	+	-	-	-	-	+	+	Физическая нагрузка	-	-
Сборка шлицевых соединений	+	-	+	-	-	-	+	Пары смазки. Физическая нагрузка	-	+
Сборка соединений с упругими деталями	+	-	-	-	-	+	+	-	-	
Сборка на гидропрессах	+	+	-	-	-	+	+	Пары и брызги минеральных масел	-	+
Сборка клеезаклёпочных соединений	+	+	+	-	-	+	+	Загазованность парами растворителей	+	+
С термовоздействием: - сборка с нагревом	+	+	+	-	+	+	+	Пары масла	-	+

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
- сборка с охлаждением	+	+	+	-	-	+	+	Жидкий азот, твёрдая углекислота. Загазованность	+	+
Сборка заклёпочных соединений: - холодная клёпка	+	+	-	-	-	+	+	Физическая нагрузка Монотонность труда	-	-
- горячая клёпка	+	+	+	-	-	+	+	Монотонность труда	-	-
Сборка соединений, получаемых методом вальцевания и гибки	+	-	+	-	-	+	+	Физическая нагрузка	-	-
Клеймение и маркировка сборочных единиц:										
механическое	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
химическое	-	-	-	-	-	-	+	Пары кислот, ацетона, солей висмута, никеля и серебра	+	+
электрическое	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
Заправка сборочных единиц смазочными материалами	-	-	+	-	-	-	+	Пары и капли масла, смазочных материалов	+	+

Условные обозначения: + фактор существует, - фактор отсутствует.

Таблица 2.2 – Примерный перечень опасных и вредных производственных факторов при окраске изделий

ОиВПФ	Технологический процесс				
	Подготовка лакокрасочных составов	Подготовка поверхности к окрашиванию	Нанесение покрытия	Сушка покрытия	Шлифование и полирование покрытия
Повышенная загазованность воздушной среды	+	+	+	+	-
Повышенная запыленность	-	+	-	-	+
Повышенная температура воздуха и поверхностей	-	+	-	+	-
Повышенный уровень шума и вибрации	-	+	-	-	+
Повышенная ионизация воздуха	-	-	+	+	-
Повышенная напряженность электрического поля, заряды статического электричества	+	-	+	-	+
Повышенные уровни излучений	-	-	+	+	-
Струя лакокрасочного материала под давлением	-	-	+	-	-
Незащищенные токопроводящие части оборудования	-	+	+	+	-

Краткая характеристика ОиВПФ

При обработке хрупких материалов (чугуна, латуни, бронзы, графита, карболита, текстолита и др.) на высоких скоростях резания стружка от станка разлетается на значительное расстояние (3–5 м). Металлическая стружка, особенно при точении вязких металлов (сталей), которая имеет высокую температуру (400–600°С) и большую кинетическую энергию, представляет серьезную опасность не только для работающего на станке, но и для лиц, которые находятся вблизи станка. Самыми распространенными у станочников являются травмы глаз.

Так, при токарной обработке от общего числа производственных травм повреждения глаз превысило 50%, при фрезеровании – 10% и около 8% при затачивании инструмента и шлифовании. Глаза повреждались отлетающей стружкой, пылевыми частицами обрабатываемого материала, осколками режущего инструмента.

Одним из вредных производственных факторов является пыль. Основным источником образования пыли в механических цехах служат шлифовально-заточные операции. В процессе шлифования в воздух выделяется высокодисперсная пыль (0,5–3 мкм), в состав которой, кроме частиц металла, входят частицы абразивного (электрокорунд и карбид кремния) и связывающего материала (керамическая, силикатная, магнезиевая и др.).

Концентрация пыли достигает наибольшей величины при внутреннем шлифовании без вентиляции (28–153 мг/м³), при сухом шлифовании с отсасыванием – запыленность составляет 20 мг/м³ и более. Влажное шлифование без вентиляции также не обеспечивает полного обеспыливания (средняя концентрация пыли – 6–7 мг/м³). Кроме того, образуется масляная аэрозоль с концентрацией 15–20 мг/м³.

При точении латуни и бронзы количество пыли в воздухе производственного помещения относительно небольшая (14,5–20 мг/м³). Однако, пыль, которая образуется при точении этих сплавов, токсична (содержит примеси свинца).

При обработке резанием полимерных материалов происходят механические и физико-химические изменения их структуры и в воздух рабочей зоны поступает сложная смесь паров, газов и аэрозолей. Летучие продукты, которые образуются при тепловом разложении ряда пластмасс, могут вызывать изменения центральной нервной и сосудистой систем, кроветворных и внутренних органов, а также кожно-трофические нарушения.

Аэрозоли нефтяных масел, которые входят в состав СОЖ, могут вызывать раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, способствовать снижению иммунобиологической реактивности. Количество паров воды, аэрозоля масла и эмульсола, которые выделяются при работе станков, приведено в табл. 2.3. Величины отнесены к 1 кВт мощности установленных электродвигателей.

Таблица 2.3 – Количество паров воды, аэрозоля масла и эмульсола, выделяющихся при работе станков, г/ч·кВт

Оборудование	Аэрозоль масла	Аэрозоль эмульсола	Пары воды
Металлорежущие станки при масляном охлаждении	0,2	-	-
Металлорежущие станки при эмульсионном охлаждении	-	0,0063	150
Шлифовальные станки при охлаждении эмульсией	-	0,165	150
Шлифовальные станки при охлаждении кругов маслом	30	-	-

Длительное вдыхание пыли в производственных условиях может привести к развитию пылевых заболеваний бронхолегочного аппарата – пневмокониоза и хронического пылевого бронхита. Чрезвычайно опасно вдыхание пыли, газов, тумана бериллия и его соединений, что приводит к заболеванию – бериллиоз.

У рабочих-станочников может возникать ряд заболеваний кожи от действия смазочных и охлаждающих масел и эмульсий, соединений хрома, никеля, кобальта, пластичных масс, стекловолоконных пластиков и др. Наиболее распространены аллергические дерматиты и экзема. СОЖ могут вредить организму при частом попадании масла на открытые участки кожи, при длительной работе в одежде, пропитанной маслом, при вдыхании масляного тумана.

Систематический контакт с маслом может вызывать острые и хронические заболевания кожи, в частности заболевание известно под названием масляных угрей (фолликулитов).

У рабочих-станочников в результате длительного стояния развивается выраженное расширение вен на ногах, которое усложнено воспалительными или трофическими нарушениями. Рабочие на конвейере, шлифовщики склонны к заболеваниям периферических нервов и мышц. К возникновению этих заболеваний приводят систематические длительные статические напряжения мышц, однотипные движения, которые выполняются в быстром темпе, давление на нервные стволы и их микротравматизация.

В сборочном процессе при промывке и обезжиривании деталей, сварке и пайке используется низкочастотный ультразвук (16–44 кГц) высокой интенсивности (до 6–7 Вт/см²), а при контроле сборочных соединений – высокочастотный (больше 80 кГц). Наиболее опасен контактный ультразвук при передаче через жидкости или твердые материалы. Даже кратковременное и периодическое контактное действие ультразвука (например, при содержании в ультразвуковой ванне деталей) может приводить к нарушению подвижности пальцев, кистей.

Неправильное обращение с органическими растворителями (бензином, керосином), ароматическими углеводородами (бензолом, толуолом, ксилолом), синтетическими моющими средствами и поверхностно-активными веществами для очистки сборочных единиц, хромсодержащими притирочными и полировочными пастами, свинцовыми припоями, разными герметиками и клеями создает опасность отравлений.

Наличие металлической и абразивной пыли в воздухе рабочей зоны сборочного цеха может привести к заболеванию слесарей-сборщиков пневмокониозом, хроническим пылевым бронхитом, профессиональной бронхиальной астмой.

Использование при сборке одновременно легковоспламеняющихся и горючих веществ (смеси ацетона, спирта или бензина с сухим льдом, аэрозолей и пыли) и источников тока с возможностью искрения или короткого замыкания создает опасность возникновения пожаров и взрывов.

Возможными причинами пожаров и взрывов, кроме неисправности электросети, могут быть: на шлифовочно-полировочных участках наличие органической пыли и искрения шлифовочных кругов; на участках обезжиривания – ручная протирка изделий бензином, при этом зажигание может состояться в результате трения; на участках паяния и сварки – использование источников открытого огня; источники нагрева деталей при горячих посадках. Возможное самовоспламенение промасленных органических материалов, одежды. При размещении сосудов с газообразными или жидкими химическими веществами на прямом солнечном свете или около источников тепла может произойти пожар или взрыв.

В сборочных цехах существует опасность поражения электрическим током, поскольку здесь эксплуатируется оборудование, которое использует электрический ток высокой и промышленной частоты напряжением до 660 В (например, установки индукционного нагрева деталей, электродвигатели, рубильники, светильники, вентиляторы). Кроме этого, опасными факторами в сборочных цехах являются отлетающие частицы абразивов, металлические осколки и пыль, вращающиеся детали ручного механизированного инструмента, нагретые (от 60 до 400°С) или сильно охлажденные поверхности оборудования.

Применение поточно-конвейерных методов при сборке, чрезмерное дробление трудового процесса, увеличение однообразных движений у слесарей-сборщиков вызывает состояние монотонности, которое приводит к негативным физиологическим, психологическим и социальным последствиям. Среди них снижение функциональных возможностей организма, интереса к работе, сонливость.

Лакокрасочные материалы являются смесью пленкообразующих веществ, растворителей, пигментов и разных добавок (пластификаторов, отвердителей и др.). Широко используют лаки и эмали на конденсационных смолах, тертые краски, эфирцеллюлозные лаки и эмали, водоземulsionные краски, олифу, спиртовые лаки. В воздух рабочей зоны пленкообразующие вещества попадают в составе лакокрасочного аэрозоля. Их вредное действие обусловлено наличием в составе токсичных веществ (стирола, фенола, формальдегида и др.).

В качестве растворителей применяют ароматические (толуол, ксилол) и хлорсодержащие (хлорбензол, дихлорэтан) органические вещества в смеси со спиртами, ацетатами, уайт-спиритом. В качестве растворителей запрещается использовать бензол, пиробензол, метанол, хлорсодержащие углеводороды. Следует ограничивать применение толуола, ксилола, сольвента. Содержимое растворителей в смеси складывается 20–65%. Пары растворителей поступают в рабочую зону при нанесении покрытий и при их сушке.

Пигменты – сухие окрасочные вещества неорганического (титан, цинк, свинец, хром и др.) и органического происхождения. Самым вредным пигментом является свинец и его неорганические соединения, которые в смеси с хромовыми производными входят в состав всех цветных

пигментов. В воздух рабочей зоны свинец и его соединения при окрашивании поступают в виде аэрозоля. Свинец и его соединения чрезвычайно токсичны.

В последнее время находят применение покрытия из порошковых полимерных красок, которые относятся к пожаробезопасным и нетоксичным веществам, однако процесс нанесения порошковых полимерных красок связан с образованиями органической пыли, которая в определенных концентрациях взрывопожароопасна и вредна.

При подготовке поверхности к окрашиванию применяют механические или химические методы. Из механических методов основным является обработка механизированным инструментом, сухим абразивом и гидроабразивная очистка. Из химических методов основными являются обезжиривание в водных щелочных растворах или в органических растворителях, травление, одновременное обезжиривание и травление, одновременное обезжиривание и пассивация. Механическим и химическим методам также присущ ряд вредных и опасных производственных факторов.

Для нанесения лакокрасочных покрытий на изделия применяют различные способы :

- ручное окрашивание (кистями, валиками);
- ручное механизированное окрашивание распылением (пневматическим, безвоздушным, в электрическом поле высокого напряжения);
- автоматизированное окрашивание (погружением, электроосаждением и др.).

Самым простым способом нанесения покрытий является окрашивание кистями. При этом вредное действие на рабочих оказывают лакокрасочные материалы и пары растворителей, которые образуются при нанесении покрытия и высыхании окрашенного изделия. Если сушка проводится в специальной камере, которая оборудована вытяжной вентиляцией, то вредное влияние на рабочих ограничено. Аналогичное вредное действие на рабочих и при окрашивании валиками.

Наибольшее распространение в промышленности приобрело ручное механизированное окрашивание пневматическим распылением, при котором в воздух рабочей зоны поступают аэрозоль краски и пары растворителей. При окрашивании автоматическими краскораспылителями изделий I группы сложности около 25% лакокрасочного материала не оседает на поверхности, II группы сложности – до 35%, III группы сложности – до 55%.

Отклонение режимов работы краскораспылителей от оптимальных всегда приводит к росту потерь краски на туманообразование. Величина потерь краски при распылении зависит от свойств краски и режимов распыления: вязкости краски, формы факела распыления, давления воздуха, расстояния от краскораспылителя до поверхности, угла между осью факела и поверхностью и др.

Увеличение потерь краски на туманообразование происходит при снижении вязкости краски и уменьшении угла между осью факела и поверхностью (уменьшение угла с 90° до 45° увеличивает туманообразование в 1,5 раза).

При пневматической окраске в помещениях без организованного воздухообмена аэрозоль краски от мест окрашивания распространяется по помещению, оседая и рассеиваясь по мере удаления от мест окрашивания. По вертикали наивысшие концентрации вредных веществ найдены на высоте 0,5 м от пола, а самые незначительные – на высоте 5 м.

Концентрация свинца в воздухе рабочей зоны зависит от способа нанесения покрытий и вида изделий, которые красятся. Так, при окрашивании станков пневматическим распылением концентрация свинца достигает 0,45; при безвоздушном окрашивании вагонов – 0,09, а при электростатическом окрашивании приборов и автомобилей – 0,06 мг/м³.

Анализ опасных и вредных производственных факторов позволяет обосновать выбор мероприятий по обеспечению безопасных условий труда.

3 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ САНИТАРИИ

Мероприятия по производственной санитарии необходимо рассмотреть в следующей последовательности:

- обеспечение качества воздуха рабочей зоны;
- защита от шума, вибрации и излучения;
- организация освещения помещений.

Обеспечение качества воздуха рабочей зоны

Нормативные требования к качеству воздуха рабочей зоны приведены в таблицах Б.1, Б.2, Б.6 (ГОСТ 12.1.005-88, ДСН 3.3.6.042-99).

Для обеспечения нормативных требований используют следующие мероприятия [3–6; 10; 13; 23; 29]:

- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление процессами;
- усовершенствование оборудования и процессов;
- использование процессов и оборудования, которое исключает образование вредных веществ или их попадание в рабочую зону;
- защита от теплового излучения;
- организация вентиляции и отопление;
- использование средств индивидуальной защиты.

При рассмотрении данного вопроса необходимо определить возможные источники выделения пыли, газов и пару, их интенсивность, а также наметить конкретные меры по предупреждению загрязнения воздушной среды.

Наибольшее внимание необходимо уделить вопросам **организации общеобменной вентиляции помещений и организации местной вентиляции** в местах выделения пыли, мелкой стружки, вредных газов и паров.

Удаления воздуха осуществляют из верхней зоны вентиляторами на крыше в одноэтажных зданиях и центробежными вентиляторами через сеть воздуховодов, проложенных под потолком, в многоэтажных зданиях.

В цехах сравнительно небольшой высоты (до 6 м) целесообразно устраивать рассредоточенную подачу воздуха в верхнюю зону воздуховодами равномерной подачи, плафонами, перфорированными воздуховодами. В цехах большой высоты и с широкими пролетами рекомендуется данные устройства устанавливать на высоте до 4 м от пола и подавать воздух горизонтальными струями, например, через воздухораспределители.

Применение в теплый период года адиабатического охлаждения приточного воздуха в 2–3 раза увеличивает рабочую разницу температур и соответственно уменьшает необходимый воздухообмен. Целесообразность такого решения необходимо экономически обосновывать для реальных условий.

При создании надежных и эффективных систем вытяжной вентиляции металлорежущих станков необходимо учитывать особенности технологического процесса, влияние движущегося инструмента, обрабатываемой заготовки и узлов станка на характер всасывания местного отсоса, физические свойства образуемых вредных выделений, простоту и удобство обслуживания вентиляционной системы.

Количество пыли, которое выделяется при шлифовании, зависит в основном от размеров и твердости обрабатываемого изделия, диаметра и окружной скорости круга, а также от ширины шлифования и режимов резания. Затачивание и тонкое шлифование изделия сопровождаются выделением 25–50 г/ч пыли, при грубом шлифовании количество пыли колеблется в интервале 100–300 г/ч машинного времени [8].

Количество пыли, которая выделяется при обработке хрупких материалов, зависит от свойств обрабатываемого материала, режимов резания, количества и размеров режущих кромок инструмента.

Пылестружкоприемники, применяемые в системах местной вытяжной вентиляции станков, отличаются большим разнообразием конструкции. К «пылящему» оборудованию в механических цехах относят заточные, шлифовальные, обдирочные станки, работающие без применения СОЖ. Для перечисленных станков пылестружкоприемники изготовляют в виде всасывающих воронок или кожухов. Воронки ставят в тех случаях, когда станок нельзя оборудовать кожухом. Входное сечение **всасывающих воронок** делается круглым, квадратным или прямоугольным с отношением сторон не более 2:1. Рекомендуются следующие сечения входных отверстий воронок: для заточного станка 70х90 мм, для универсально-заточного 90х120 мм.

Кожухи, применяемые для процессов обработки абразивным, эльборовым или алмазными кругами, выполняют, как правило, не только функции защиты при разрушении круга, но являются составной частью вентиляционной системы. Они должны обеспечивать такое формирование воздушных потоков в зоне резания и вокруг вращающегося круга, чтобы обеспечить эффективное улавливание образующихся вредностей.

На токарных и фрезерных станках часто применяют откидные экраны для ограждения зоны резания от разлетающейся стружки. Целесообразно для операций связанных с выделением пыли (обработка чугуна и других хрупких материалов), укрытия оборудовать вытяжной вентиляцией. В данном случае вентиляцией удаляется только пыль. Образующуюся стружку рабочий периодически через специальное отверстие направляет в сборник.

Скорость воздушного потока, необходимая для транспортирования пыли и стружки, обуславливается скоростью их витания и зависит от формы, размеров и массы частиц. При точении хрупких материалов на станках среднего размера скорость витания чугунной стружки составляет 6–10 м/с, при обработке графита, текстолита, древесного пластика 5,0–7,5 м/с. Для транспортировки отходов скорость воздушного потока должна в 2–3 раза превышать скорость витания стружки и приниматься по данным табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Скорость транспортирования материалов

Материал и его характеристика	Скорость на участках, м/с	
	вертикальных	горизонтальных
Смешанная абразивная и металлическая пыль	15	19
Смешанная стружка и пыль хрупких пластических материалов	18	22
Стружка мелкая алюминиевая, чугунная, хрупких бронз и латуни (масса элемента стружки до 200 мг)	22	26
То же (масса элемента стружки от 200 до 800 мг)	26	32

При механической обработке хрупких материалов для удаления стружки и пыли наиболее рациональным является устройство пневмотранспорта.

Пневматическая система непрерывного удаления пыли и стружки от режущих инструментов состоит из следующих основных элементов: специальных пылестружкоприемников, транспортной сети, стружкоотделителя, пылеотделителя и побудителя тяги воздуха.

Рекомендуются следующие типы **вентиляторов**: при общей потере давления в вентиляционной системе до 11760 Па – вентиляторы высокого давления типа Ц8-18 и Ц8-11; при потере давления до 3920 Па – вентиляторы типа Ц7-40; до 2450 Па – различные типы центробежных вентиляторов общепромышленного назначения. Аэродинамические характеристики вентиляторов, наиболее часто применяемых для систем местной вытяжной вентиляции металлорежущих станков, приведены в [29].

Для очистки воздуха, удаляемого из зоны резания станков, от среднedisперсной (размер частиц до 10 мкм) и крупнодисперсной (размер частиц более 50 мкм) пыли, а также стружки широкое применение нашли **циклоны**. Отделение пыли в циклонах основано на принципе центробежной сепарации. Эффективность очистки воздуха составляет 90% и более при уменьшении диаметра циклона, поэтому часто вместо одного циклона большого диаметра ставят параллельно несколько циклонов меньшего диаметра.

При большой начальной запыленности воздуха для получения требуемой степени очистки применяют многоступенчатую систему улавливания. В этом случае циклон используют для первой ступени очистки (грубой и средней), а вторая ступень очистки (тонкая) предусматривается в основном для улавливания пыли с размерами частиц менее 10 мкм.

Тонкая очистка воздуха, удаляемого из зоны резания станков, осуществляется в результате пропускания его через рукавные **фильтры** индивидуальных отсасывающих агрегатов.

Для систем местной вытяжной вентиляции металлорежущего оборудования применяют **воздуховоды**, изготовленные из тонколистовой стали, имеющие размеры в соответствии с требованиями СНиП 11–33–75, резиноканевые рукава и шланги для промышленных пылесосов. Внутренние диаметры воздуховодов круглого сечения выбирают из следующего ряда: 100; 125; 140; 160; 180, 200; 225; 250; 280; 325; 355; 400 мм. В случае применения в вентиляционной системе резиноканевых рукавов их крепление к элементам оборудования осуществляется обычно с помощью хомутов, длина рукавов, как правило, не превышает 0,5–2,0 м.

В сборочных цехах необходимо предусмотреть местную вентиляцию при проведении окрасочных работ.

Общеобменная вентиляция производственных помещений (цехов) механосборочных цехов обстоятельно рассмотрена в литературе [5–8; 28; 29]. Методика расчета вентиляции цеха приведена в разделе 5.1 примеры 1, 2. Методика расчета местной вентиляции приведена в разделе 5.1 примеры 3–9.

Защита от шума, вибрации и излучения

Нормативные требования к уровням шума приведены в таблицах В.1, В.2 (ГОСТ 12.1.003-89, ДСН 3.3.6.037-99).

Для обеспечения нормативных требований используют следующие мероприятия [2; 6; 7; 19; 23; 27; 29]:

- строительно-акустические мероприятия;
- санитарно-гигиенические мероприятия;
- уменьшение шума в источнике за счет изменения конструкции оборудования или технологии;
- уменьшение шума по пути его распространения (звукопоглощение, изоляция источника шума или рабочего места, использование глушителей);
- использование средств индивидуальной защиты.

Основными источниками шума большинства металлорежущего оборудования являются приводы, электродвигатели, режущий инструмент, пневмо- и гидросистемы [19].

На уровень шума **механического** происхождения значительное влияние оказывает износ оборудования, а также, точность монтажа его отдельных узлов и деталей. Уменьшение шума зубчатых передач и подшипников может быть обеспечено своевременным и качественным ремонтом металлорежущего оборудования и строгим выполнением технических требований при его монтаже. Зубчатые колеса и подшипники целесообразно помещать в масляных ваннах.

Для уменьшения шума **электродвигателей** металлорежущих станков их помещают в звукоизолирующие кожухи. Необходимо предусмотреть также тщательную динамическую балансировку ротора, повышать жесткость корпуса двигателя, вала ротора, подшипников, постоянно следить за наличием смазки. Высокоскоростные двигатели, целесообразно помещать в звукоизолирующие кожухи.

Борьба с шумом, возникающим при взаимодействии **режущего инструмента** с обрабатываемой заготовкой, представляет значительную трудность, поскольку уменьшение интенсивности режимов резания снижает производительность оборудования.

При обработке заготовок на крупных станках с применением смазочно-охлаждающей жидкости ее можно использовать для создания вокруг зоны резания звукоизолирующей завесы. Неразрывный слой жидкости толщиной 5–6 мм снижает шум на средних и высоких частотах на 12–17 дБ.

Основной причиной шума, сопровождающего работу токарных **прутковых автоматов**, являются удары обрабатываемого прутка о стенки направляющих труб. Шум при их работе примерно на 10 дБА превышает допустимую величину. Снизить уровень шума токарных прутковых автоматов позволяют малозумные направляющие труб с цанговой подачей. Это металлическая труба с пружиной переменного диаметра. Пружина вставляется в трубу с натягом по наружному диаметру, что обеспечивает демпфирующие свойства такой направляющей. Снижение уровня звука составляет 26 дБА для всех частот и 17–43 дБ для высоких частот. Для обработки на станках-автоматах многогранных прутков целесообразно применять малозумные направляющие трубы с ребристыми полиэтиленовыми втулками переменного диаметра, отличающихся высокой прочностью, износо- и маслоустойчивостью. Могут применяться также малозумные

направляющие трубы, представляющие собой две соосно расположенные трубы. Отрезки внутренней трубы опираются на шайбы, изготовленные из мягкой резины. За счет предварительного натяга шайбы плотно прилегают к внутренней поверхности внешней трубы. Конец внутренней трубы, ближайший к шпинделю станка, является глушителем. Внутренняя труба перфорирована прямоугольными отверстиями. Полость между перфорированным участком и внешней трубой заполнена звукопоглощающим материалом. Конструкция обеспечивает снижение шума на 17 дБА для всех и на 36 дБ для высоких частот.

Распространенным источником шума при обработке металлов резанием являются **выхлопы сжатого воздуха** из различных пневматических зажимных приспособлений. Для снижения этого шума применяют глушители различных конструкций. При выборе типа глушителя необходимо учитывать его влияние на эксплуатационные показатели оборудования. В первую очередь это относится к автоматическим и полуавтоматическим линиям, где одновременно могут работать несколько пневмоцилиндров. Применение в этом случае глушителей, создающих повышенное сопротивление, может привести к нарушению предусмотренного цикла и синхронности работы оборудования. Конструкция глушителя, который может быть изготовлен в любом механическом цехе следующая. Поры глушителя для пропуска сжатого воздуха образованы многослойной латунной сеткой с ячейками размером 0,4–0,5 мм. Сетка устанавливается в стальной корпус с прорезями шириной 2 и глубиной 10 мм. С одной стороны корпуса сделана резьба для подсоединения к пневмосистеме, а с другой – выточка для крышки, которая фиксируется двумя шпильками. Другим примером является глушитель шума с корпусом из пористого полиэтилена. Для изготовления корпуса используется полиэтилен высокой плотности. Пористость такого материала составляет порядка 70 %, а размеры пор 1–100 мкм. При длительной эксплуатации в случае плохой очистки возможно засорение пор в полиэтилене, поэтому корпус глушителя необходимо, периодически промывать или заменять новым.

Известно, что звуковая мощность тазовой струи пропорциональна скорости, ее истечения в шестой-восьмой степени. Поэтому даже незначительное снижение скорости истечения струи, вследствие **увеличения времени выхлопа** сжатого воздуха из пневмоприспособлений, обеспечивает существенное снижение уровня шума, сопровождающего работу пневмосистемы. Такой способ снижения шума применяют, если увеличение времени выхлопа сжатого воздуха не может существенно повлиять на увеличение времени рабочего цикла оборудования, а также, если оборудование работает в автоматическом режиме и параллельно с выпуском воздуха из пневмосистемы протекают другие более длительные элементы рабочего цикла. В этом случае увеличение до определенного предела времени выхлопа сжатого воздуха не влияет на производительность оборудования.

Интенсивность шума в производственном помещении зависит не только от прямого, но и от отраженного звука. Поэтому если в цехе невоз-

можно снизить энергию прямого звука, то необходимо уменьшить энергию звуковых волн, которые отражаются от внутренних поверхностей помещения. Для этой цели внутренние поверхности помещения **облицовывают звукопоглощающими материалами**. При падении звуковых волн на такие материалы поглощается значительная часть звуковой энергии. Процесс поглощения звука происходит в результате перехода энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту вследствие потерь на трение в порах звукопоглощающего материала. Поэтому для эффективного звукопоглощения материал должен обладать пористой структурой, поры должны быть открытыми со стороны падения звука и соединяться между собой.

В качестве звукопоглощающих **материалов** применяют пористые жесткие плиты на цементном связующем; стекловолокну; капроновое и базальтовое волокна; древесноволокнистые и минераловатные плиты на различных связках. Коэффициент звукопоглощения этих материалов на средних частотах больше 0,2. Звукопоглощающие свойства пористого материала зависят от толщины слоя, частоты звука, наличия воздушного промежутка между слоем и отражающей стенкой, на которой он закреплен. Выбор конструкции и типа звукопоглощающей облицовки должен быть сделан на основе анализа спектра шума в помещении цеха или участка и звукопоглощающих свойств облицовки. Необходимо добиваться, чтобы максимум коэффициента звукопоглощения облицовки соответствовал частотам, где имеет место максимальное превышение предельного спектра шума.

Звукопоглощающие облицовки эффективны для производственных помещений высотой примерно до 4–6 м, так как в помещениях меньшей высоты основными отражающими поверхностями являются пол и потолок большой площади. В таких помещениях облицовывают потолок, так как пол покрывать звукопоглощающим материалом не представляется возможным.

В высоких и вытянутых помещениях, где высота больше ширины, облицовка стен дает большой эффект. В помещениях кубической формы облицовывают стены и потолок. Практика показывает, что установка звукопоглощающих облицовок снижает шум на 6–8 дБ в зоне отраженного звука вдали от источника и на 2–3 дБ вблизи источника шума.

Для локализации мощных и малогабаритных источников шума применяют **звукоизолирующие кожухи**. При разработке конструкций кожухов для различных агрегатов необходимо предусмотреть выполнение следующих мероприятий, влияющих на эффективность снижения шума:

- внутреннюю поверхность кожуха следует облицевать звукопоглощающим материалом;
- предусмотреть виброизоляцию как агрегата, так и кожуха, чтобы исключить передачу вибраций на стенки кожуха;
- места ввода в кожух и вывода из него трубопроводов, электрических кабелей обязательно следует уплотнить, чтобы снизить проникновение высокочастотного шума в рабочее помещение через щели;
- для охлаждения оборудования, размещенного внутри кожуха, устанавливают вентиляцию с глушителями шума.

Более обстоятельно расчеты средств защиты от шума приведены в литературе [19]. Методика расчета разных средств защиты приведена в разделе 5.4.

Нормативные требования к уровням вибрации приведены в таблице В.5 (ГОСТ 12.1.012-90, ДСН 3.3.6.039-99).

Для обеспечения нормативных требований используют следующие мероприятия [6; 23; 27]:

- дистанционное управление процессами;
- уменьшение вибрации в источнике за счет изменения конструкции оборудования или технологии;
- уменьшение вибрации по пути её распространения;
- санитарно-гигиенические мероприятия;
- использование средств индивидуальной защиты;
- рациональный режим труда и отдыха;
- контроль вибрации и сигнализация.

Обязательным условием получения необходимой шероховатости обработанной поверхности является устойчивость движения при резании. Система должна быть виброустойчива, поскольку колебания, ухудшают качество обработки, могут резко снизить и стойкость инструмента. Колебания в станках связаны с различными их **источниками**. Периодические возмущения имеют место при проявлении неуравновешенности и периодических погрешностях элементов привода, станка, неравномерности пуска заготовки на обработку и по другим причинам. Импульсные возмущения действуют на станок при его разгоне, торможении и реверсировании и при процессах, связанных с врезанием и выходом инструмента. Внешние возмущения передаются системе через фундамент или опоры. Самовозбуждающиеся колебания связаны с природой резания и трения. Все эти явления приводят к взаимному перемещению инструмента и заготовки в направлениях, не предусмотренных данным технологическим методом обработки, к отклонениям геометрии инструмента и элементов режима резания от заданных.

Борьба с **вынужденными колебаниями** заключается в устранении причин колебаний, применении автобалансирующих устройств, введении демпфирующих устройств, систем автоматической компенсации колебаний и др. К основным причинам **автоколебаний** относятся изменение сил трения между инструментом, заготовкой и стружкой, образование и разрушение нароста, отставание по фазе силы резания от движения вибрации и ряд других. Борьба с автоколебаниями осуществляется изменением условий резания: геометрии инструмента, скорости резания, подачи, вылет резца (инструмента), подачи СОЖ.

Уменьшение вибрации в источнике, возникновения является наиболее рациональным методом снижения вибрации оборудования. **На стадии проектирования** следует учитывать следующие рекомендации:

- предъявлять требования к точности балансировки шпинделей, валов, муфт;

- прямозубые шестерни заменять косозубыми, шевронными, применять червячное зацепление;
- повышать класс точности обработки шестерен, чистоту обработки зубьев;

- использовать в шпиндельных узлах станков подшипники скольжения вместо подшипников качения;

- применять подшипники качения более высоких классов точности, выбирать требуемые для снижения вибрации посадки в узлах подшипников.

Для снижения вибрации на действующем металлорежущем оборудовании необходимо выполнять следующие **требования**:

- проводить планово предупредительные ремонты оборудования;
- применять рекомендованные для конкретного металла и режимов резания смазочно-охлаждающие жидкости, способы крепления инструмента, заготовок, приспособлений, которые повышают жесткость системы;

- обеспечить качественную смазку узлов подшипников, редукторов, кулачковых механизмов, направляющих и других подвижных элементов оборудования;

- своевременно перетачивать режущий инструмент в процессе его эксплуатации.

Чтобы уменьшить передачу вибраций металлорежущего оборудования на защищаемые объекты – пол, перекрытия в производственном помещении, человека, широко используют **виброизоляторы** различных конструкций. Наибольшее распространение для металлорежущих станков получили резинометаллические виброизолирующие опоры. Упругий элемент опоры изготавливается из различных по твердости марок резины. Частота собственных колебаний оборудования на таких виброизоляторах составляет порядка 10–33 Гц, поэтому положительный эффект они начинают обеспечивать только с частот вынужденных колебаний около 14–46 Гц и более.

Для снижения высокочастотной вибрации оборудования с небольшим весом применяют **резиновые коврики**.

Для уменьшения вибрации тонкостенных металлических конструкций оборудования (ограждений, кожухов, воздухопроводов) на их поверхность целесообразно наносить **вибродемпфирующие покрытия**. При этом энергия механических колебаний переходит в тепловую, что обусловлено значительным внутренним трением в вязких вибродемпфирующих покрытиях.

Вибродемпфирующие покрытия подразделяют на жесткие и мягкие. Динамический модуль упругости **жестких** покрытий составляет 10^8 – 10^9 Н/м². Они рекомендуются для гашения вибраций на низких и средних частотах. К таким покрытиям относятся различные жесткие пластмассы, а также мастики на основе эпоксидных смол. Динамический модуль упругости **мягких** покрытий составляет 10^7 Н/м². Их целесообразно применять для гашения вибраций на частотах выше 1000 Гц. К таким покрытиям относятся мягкие пластмассы, резина. Для эффективного вибродемпфирования толщина покрытия должна быть не менее 2–3 толщин покрываемого металла.

Вибродемпфирующие покрытия снижают также шум, излучаемый вибрирующей поверхностью. Уровень снижения звукового давления составляет 6–8 дБ. Вибродемпфирующие покрытия выпускают в виде листов и мастик. Листовые покрытия соединяются с вибрирующей поверхностью с помощью клея. Эффективность вибродемпфирующего покрытия зависит от произведения его модуля упругости и коэффициента потерь.

Для виброгашения металлорежущее оборудование устанавливают на специальные **фундаменты**. Особенности устройства и расчет фундаментов подробно приведены в СНиП 2.02.05-87.

Для тяжелого и прецизионного металлорежущего оборудования, к которому предъявляются повышенные требования по уменьшению вибрации, метод виброгашения может применяться в сочетании с методом виброизоляции. Например, для тяжелого круглошлифовального станка снижение вибрации достигается в результате применения амортизаторов, винтовых пружин, на которые устанавливается фундаментная бетонная плита с жестко соединенной станиной станка.

Методика расчета разных средств защиты от вибрации приведена в литературе [23; 27] и разделе 5.5.

Организация освещения помещений

Нормативные требования к освещению производственных помещений приведены в таблице Г.1 (ДБН В.2.5-28-2006). Рекомендации к освещению механических и сборочных цехов приведены в таблице Г.13.

Выбор системы естественного освещения определяется, в основном, назначением и принятым объемно-планировочным решением здания, характеристиками технологического процесса и выполняемой в помещении зрительной работы, а также географическим расположением здания и особенностями климата. Верхнее и комбинированное освещение целесообразно применять в одно- и двухэтажных (для верхнего этажа) промышленных предприятиях. Боковое естественное освещение, применяется в многоэтажных зданиях, а также в одноэтажных, в которых отношение глубины помещения к высоте окон над условной рабочей поверхностью не превышает 8. Значения коэффициентов естественного освещения приведены в таблице Г.1.

При обустройстве бокового освещения в крайних пролетах промышленных зданий, как правило, ширина окон не должна превышать 4,8 м, высота подоконников должна быть не менее 1,4 м. В помещениях, которые имеют значительную глубину (больше 18 м) площадь окон необходимо выбирать, исходя из минимального КЕО при комбинированном освещении, а окна во внешних стенах следует располагать в два яруса, причем нижний ярус окон проектируется из условий обеспечения зрительной связи с окружающим пространством, а верхний ярус освещения удаленных от окон зон помещения.

Механические и инструментальные цеха располагаются в основном в помещениях высотой от 3,2 до 18 м с шириной пролетов от 9 до 30 м. Металлообрабатывающие станки могут располагаться рядами либо

вдоль пролетов, либо под небольшими углами к продольной оси цеха. Число рядов оборудования может колебаться от одного до четырех. Основной проход между рядами станков располагается, как правило, в центре пролетов и имеет ширину 2–4 м. Слесарные станки размещаются поодиночке или рядами на специально выделенных участках. Искусственное освещение этих цехов выполняют в соответствии с нормами ДБН В.2.5-28-2006.

Работы на металлообрабатывающих и слесарных станках связаны с контролем правильности установки и обработки детали, настройкой станка, контролем качества обработки детали и относятся к работам очень высокой точности, что требует устройства комбинированного освещения с преимущественным использованием для общего освещения **люминесцентных ламп** типа ЛБ. Использование **ламп ДРЛ** в этих целях возможно лишь в высоких цехах (6 м и выше), когда применение люминесцентных ламп приводит к резкому и неприемлемому увеличению количества осветительных приборов. Лампы накаливания используются в основном для местного освещения металлообрабатывающих и слесарных станков.

Значения освещенности рабочих мест в механических и инструментальных цехах при использовании газоразрядных ламп для общего освещения приведены в таблице Г.13. Показатель ослепленности должен быть не менее 20, коэффициент пульсации от общего освещения – не более 20%, от местного освещения – не более 10%.

В цехах с **автоматизированными станочными линиями** выполняются эпизодические, но точные и ответственные зрительные работы. В них устраивают, как правило, одно общее освещение с уровнем освещенности по цеху 300 лк для механического производства и 500 лк для инструментального. Местное освещение предусматривают лишь на рабочих местах контроля готовой продукции. Кроме того, должна быть обеспечена возможность пользования переносными осветительными приборами.

Характер зрительных работ и условия среды в механических и инструментальных цехах допускают использование открытых как диффузных, так и зеркальных осветительных приборов со степенью защиты IP20. Выбор типа осветительного прибора общего освещения зависит от уровня освещенности и высоты его установки. Для освещения невысоких помещений (до 6 м) рационально использовать диффузные приборы типов ЛД, ЛСП02 с люминесцентными лампами. Помещения высотой 7 м и более целесообразно освещать приборами глубокого светораспределения (например, типа ЛСП13). Для освещения высоких помещений могут быть использованы лампы ДРЛ и МГЛ.

Для повышения равномерности освещения и уменьшения затенения рабочей поверхности корпусом работающего, конструктивными частями оборудования и т.д. (особенно в цехах небольшой высоты) люминесцентные лампы целесообразно размещать во всех цехах в виде **непрерывных линий** или с небольшим разрывом. Рекомендуются линии ламп размещать не над суппортами станков, а сдвигать их в сторону механизмов управления на 0,5–1 м, что наиболее важно при небольшой высоте.

Все рабочие места в механических и инструментальных цехах должны иметь **местное освещение**. По способу освещения рабочих зон станки можно подразделить на три группы. К первой относятся токарные (универсальные, винторезные, револьверные), поперечно-строгальные, сверлильные и зубофрезерные станки. Минимальная высота установки осветительных приборов на станках этой группы (за исключением зубофрезерных) составляет 0,3–0,4 м. Конструкция зубофрезерных станков позволяет установить приборы местного освещения на высоте не менее 0,5–0,7 м. Ко второй группе относятся шлифовальные и полировальные станки, для которых применяют приборы с малой яркостью светящей поверхности. Минимально допустимая высота установки прибора местного освещения составляет 0,1–0,2 м. В третью группу входят крупногабаритные станки (карусельные, горизонтально-расточные, продольно-фрезерные в т. п.), на которых необходимо освещать две рабочие зоны: обработки и управления. Для каждого вида станка типоразмер осветительного прибора и мощность источника света определяются минимальной высотой над рабочей зоной, на которой могут быть установлены приборы.

При проектировании общего освещения механических и инструментальных цехов требуется вводить **коэффициент запаса**, равный 1,6. Сроки чисток осветительных приборов должны составлять для механических цехов 4 раза в год, инструментальных – 2 раза в год.

Сборочные цеха по строительным параметрам их помещений чрезвычайно разнообразны. С точки зрения организации технологического процесса цеха можно подразделить на две группы: цеха сборки крупных изделий (машин, станков, механизмов) и цеха сборки мелких изделий (инструмента, приборов). Общей сборке изделий первой группы предшествует их узловая комплектация и сборка. Они проводятся на вынесенных отдельно участках или рабочих местах. При выполнении узловой сборки работающий должен следить за правильностью подбора и установки отдельных деталей узла, производить такие операции, как подгонка, шабровка, электромонтаж и т. п., а также контролировать свою работу визуально и по приборам. Объекты различения могут находиться в любой плоскости, как снаружи, так и внутри изделий. Сборку узлов всегда следует проводить при комбинированном освещении. При технической невозможности оборудования местного освещения в виде исключения может быть использована система общего локализованного освещения.

Общая **сборка крупных изделий**, как правило, происходит на специальных площадках или поточных линиях, расположенных на уровне пола, либо на больших, иногда подвесных, конвейерах. Эти работы связаны с необходимостью точной подгонки отдельных узлов при их установке на станину, раму или корпус и последующей регулировки их взаимного расположения. Оборудование может быть освещено с помощью системы общего освещения. Иногда требуется сочетание общего равномерного и локализованного освещения.

Сборка мелких изделий осуществляется обычно на конвейерах различной конфигурации либо на верстаках. Эта сборка складывается из трех основных циклов: узловой сборки отдельных частей, последующей чистовой сборки и контроля готовых изделий. На узловой и общей сборке мелких изделий должна быть использована система комбинированного освещения.

Размеры объектов различения в сборочных цехах могут быть различны. При сборочных операциях встречаются зрительные работы как очень высокой, так и средней точности. Характерные примеры нормативных требований к **освещению** различных сборочных работ приведены в таблицах Г.1, Г.13.

При выполнении сборочных операций имеют место зрительные работы I–IV разрядов, для освещения которых должны применяться только **газоразрядные лампы**. Целесообразный тип лампы выбирается в процессе расчета.

Условия среды в сборочных цехах нормальные, что позволяет использовать для их освещения открытые осветительные приборы со степенью защиты IP20. Выбор конкретного типа прибора проводится с учетом строительных параметров помещения и специфики зрительной работы.

Для многих сборочных цехов, где рекомендуется система комбинированного освещения, необходимы приборы местного освещения. **Местное освещение** в зависимости от технологии производства и характера организации рабочих мест может создаваться двумя различными способами. При первом каждое рабочее место комплектуется индивидуальным прибором местного освещения. Второй способ пригоден для освещения группы компактно расположенных в пространстве рабочих мест, таких, например, как конвейеры, поточные линии и т. п. Более эффективно освещение группы рабочих мест, выполняемое с помощью линии приборов местного освещения.

Специфика окрасочных работ обуславливает целесообразность преимущественного использования источников света, обеспечивающих различение цветов и оттенков. Наиболее эффективны для этой цели люминесцентные лампы типов ЛБ, ЛХБ, ЛД и ЛДЦ. Когда применение люминесцентных ламп нецелесообразно могут быть применены лампы ДРЛ. В соответствии с характером производства и возможностью образования взрывоопасных смесей в окрасочных помещениях необходимо устройство рабочего и эвакуационного освещения. Как правило, в окрасочных цехах применяют общее локализованное освещение с размещением осветительных приборов в проходах, между камерами для общего наблюдения за ходом производственного процесса, на участках бескамерной окраски и контроля качества окрашенных изделий. Для освещения взрывоопасных зон в окрасочном производстве осветительные приборы выбирают в соответствии с установленными ПУЭ минимальными уровнями и видами взрывозащиты и степенью защиты оболочек от воздействия среды.

Методики расчета естественного освещения и расчета общего освещения методом использования светового потока приведены в литературе [3; 6; 23; 24] и разделе 5.6.

При расчетах высоты подвеса h необходимо учитывать технологическую необходимость подвеса, то есть передвижение крана, перенос деталей и оборудования. С точки зрения удобства обслуживания и безопасности, высоту подвеса принимают не больше 5 м [25].

Выбор типа расчетов защитных устройств, наиболее важных для обеспечения нормативных условий относительно производственной санитарии, согласуется с консультантом по охране труда. Расчет устройства приводится по схеме, которая приведена в разделе 1. Каждый студент должен выполнить не менее одного расчета защитного устройства.

4 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Мероприятия по технической безопасности включают следующие вопросы:

- мероприятия по обеспечению безопасности оборудования, в том числе средства защиты, цвета и знаки безопасности;
- мероприятия по обеспечению безопасности технологических процессов, в том числе охрана окружающей среды;
- электробезопасность;
- пожарная и взрывная безопасность.

Мероприятия по обеспечению безопасности оборудования

Нормативные требования к безопасности оборудования приведены в ГОСТ 12.2.003–91 и литературе [13; 17; 22; 23; 27]. Особенности обеспечения безопасности оборудования при холодной обработке металлов приведены в ГОСТ 12.2.009-80, ГОСТ 12.2.061-81, ГОСТ 12.2.049-80, НПА ОП 0.00-1.30-01, (названия см. приложение А) и литературе [2; 5–8; 10; 13; 18; 19; 27; 29].

Общие требования безопасности установлены ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ [27]. В соответствии с ним безопасность производственного оборудования должна обеспечиваться за счет выполнения следующих мероприятий:

- выбора принципа действия, схемы, элементов и соответствующих материалов;
- применения в конструкции оборудования средств защиты;
- применения в конструкции средств механизации, автоматизации и дистанционного управления;
- выполнения эргономичных требований;
- включения требований безопасности в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортировке и хранению.

Применение в конструкции машин средств защиты – одно из основных в данное время направлений по обеспечению безопасности.

Классификация средств защиты: ограждающие, предохранительные, средства автоматического контроля и сигнализации, средства дистанционного управления, специальные средства.

Ограждающие средства защиты являются одними из основных при работе металлорежущих станков. Выбор вида ограждения зависит от условий его применения. Стационарные ограждения лишь периодически демонтируют для выполнения вспомогательных операций (замена рабочего инструмента, смазывание, проведения контрольных измерений деталей). Их выполняют так, чтобы они пропускали обрабатываемую деталь, но препятствовали бы прохождению рук работающего в технологическую прорезь. Такое ограждение может быть полным, когда локализуется опасная зона вместе с самой машиной, или частичным, когда изолируется только опасная зона машины. Примерами полного ограждения являются ограждение распределительных устройств электрооборудования, корпуса электродвигателей, частичного – ограждение фрез или рабочей зоны станка.

Возможно применение подвижного ограждения, представляющего собой устройство, которое заблокировано с рабочими органами механизма или машины, вследствие чего оно закрывает доступ в рабочую зону при наступлении опасного момента. В другое время доступ в отмеченную зону открыт.

Переносные ограждения являются временными. Их используют при ремонтных и наладочных работах для защиты от случайных прикосновений к токопроводным частям, а также от механических травм и ожогов. Выполняются они чаще всего в виде щитов высотой 1,7 м.

Конструкция и материал ограждающих устройств, определяются особенностями оборудования и технологического процесса в целом. Ограждения выполняют в виде сварных и литых кожухов, решеток, сеток на твердом каркасе, а также в виде твердых сплошных щитов (щитков, экранов). Размеры ячеек в сетчатом и решетчатом ограждении определяются в соответствии с ГОСТ 12.2.062-81. Величины безопасного расстояния от деталей, которые двигаются, к поверхности ограждения приведены в таблице Д.1.

Зоны безопасности для работающих с учетом использования ограждения должны отвечать зонам досягаемости моторного поля или по ГОСТ 12.2.032-78 и ГОСТ 12.2.033-78. Минимальную высоту ограждений типа барьеров, которые препятствуют попаданию работающих в опасную зону, выбирают в зависимости от высоты расположения опасного элемента и расстояния между ограждением и опасным элементом. При использовании ограждения заданной высоты по табл. Д.2 находят необходимое расстояние от него до опасного элемента.

В качестве материала для ограждений используют металлы, пластмассы, дерево. При необходимости наблюдения за рабочей зоной, кроме сеток и решеток, применяют сплошные ограждающие устройства из прозрачных материалов (оргстекла, триплекса и др.).

В соответствии с ГОСТ 12.2.009-80 должна ограждаться зона обработки универсальных станков при обработке заготовок диаметром до 630 мм включительно; универсальных фрезерных станков с крестовым столом, зубообрабатывающих, шлифовальных станков, круглопильных и ленточных отрезных станков (нерабочая зона резательного инструмента).

Защитные экраны металлорежущих станков должны защищать работающего от отлетающей стружки и СОЖ; иметь массу не более 6 кг и крепление, которое не требует применения ключей и отверток (защитные устройства открывающего типа должны при устоявшемся движении перемещаться с усилием не более 40 Н); быть твердым, для чего выполняться из листовой стали толщиной не менее 0,8 мм, листового алюминия толщиной не менее 2 мм или крепкой пластмассы толщиной не менее 4 мм

Обзорные окна в защитных экранах на станках, которые работают лезвийным инструментом, необходимо изготавливать из безосколочного трехслойного полируемого или плоского закаленного полируемого стекла толщиной не менее 4 мм. Возможное использование другого прозрачного материала, который не уступает по эксплуатационным свойствам.

Защитные экраны не должны ограничивать технологические возможности станка и вызывать неудобства при работе, сборке, наладке, а также приводить при открывании к загрязнению пола СОЖ. При необходимости защитные экраны необходимо оборудовать рукоятками, скобами для удобства открывания и закрывания, снятия, перемещения и установки. Крепление защитных устройств должно быть надежным и исключать случаи самопроизвольного открывания.

Толщины защитных ограждений из разных материалов и их схемы для разных типоразмеров шлифовочных кругов заточных станков определены ГОСТ 12.3.028-82 в зависимости от рабочей окружной скорости.

Кроме устройств, общих для всех металлорежущих станков (ограждение приводных и передаточных механизмов, средств электробезопасности, местного освещения и так далее), станки шлифовальной группы должны обеспечиваться специальными устройствами для обеспечения безопасности труда. К этим устройствам относятся:

- ограждение шлифовального круга;
- ограждение стола станка, особенно при использовании электромагнитного способа закрепления обрабатываемой детали;
- подручник для опоры обрабатываемой детали (заточки) на заточных станках;
- прозрачный экран для защиты глаз рабочего от ранений отлетающими частицами при работе на обдирочных и заточных станках с ручной подачей детали на инструмент;
- устройства, отсасывающие абразивную и металлическую пыль при работе без СОЖ.

В дипломном проекте необходимо определить наиболее травмоопасные зоны оборудования, которые требуют установки защитных ограждений (материалы, передвигающиеся заготовки, изделия и части оборудования; токопроводящие неизолированные части; отлетающие частицы материала при обработке; химические вещества, растворы смазочно-охлаждающих жидкостей и тому подобное); обосновать выбор вида защитного ограждения и его конструктивное исполнение; аргументировать целесообразность установления защитных ограждений с автоматической блокировкой; учесть прочность защитного ограждения с учетом усилий, которые возникают при возможном действии на него работника.

Предохранительные средства защиты предназначены для автоматического отключения агрегатов и машин при отклонении какого-либо параметра, который характеризует режим работы оборудования, за пределы допустимых значений. В соответствии с ГОСТ 12.4.125-83 предохранительные устройства по характеру действия подразделяют на блокировочные и ограничительные.

Блокировочные устройства препятствуют проникновению человека в опасную зону или на время пребывания его в этой зоне устраняют опасный фактор. Используют следующие блокировки:

- механические (связь защитного ограждения с тормозами, которые останавливают машину при снятии ограждения);
- электрические (в ограждение электроустановки установлен конечный выключатель, который отключает электроустановку при открытии ограждения);
- пневматические.

Ограничительные устройства по конструктивному исполнению подразделяют на муфты, штифты, клапаны, шпонки, мембраны, пружины, сильфоны и шайбы. Назначение – отключение оборудования при перегрузках. Срабатывание слабого звена приводит к остановке машины на аварийных режимах, что позволяет исключить поломки, разрушения и, следовательно, травматизм. Например, приспособление для автоматического отвода резца; срезные штифты, шпонки; фрикционные муфты; ограничители в планшайбах, не допускающие возможности вылета зажимных устройств; устройства автоматического подъема головки резца перед холостым ходом стола и ползуна в строгальных и долбежных станках.

В дипломном проекте необходимо обосновать выбор соответствующих предохранительных и блокировочных приспособлений, предназначенных для предупреждения поломок отдельных частей оборудования и аварийных ситуаций.

Средства автоматического контроля и сигнализации, в том числе цвета и знаки безопасности – одно из условий безопасной и надежной работы оборудования. Устройства автоматического контроля и сигнализации подразделяют по:

- назначению: информативные, предупреждающие, аварийные и ответные;

- характеру сигнала: звуковые, световые, цветовые, знаковые и комбинированные;

- характеру подачи сигнала: постоянные и пульсирующие.

Эффективность использования средств автоматического контроля повышается при объединении их с системами сигнализации. Звуковая сигнализация служит для информации персонала о появлении производственной опасности, В качестве звуковой сигнализации используют сирену, гудок, звонок. Сигнал должен хорошо различаться в условиях производственного шума; рекомендуется звуковой сигнал с частотой до 2000 Гц.

ГОСТ 12.4.026-76 предусматривает применение четырех сигнальных цветов: красного, желтого, зеленого и синего.

Установлены четыре группы знаков безопасности: запрещающие, предписывающие, предупреждающие и указательные.

При выборе предупреждающих или аварийных сигналов преимущество отдается звуковым. Когда шум в цехе от работающего оборудования может помешать восприятию звукового сигнала, целесообразно использовать для сигнализации яркий мигающий свет.

В дипломном проекте необходимо охарактеризовать выбор средств сигнализации (звуковые, световые) для извещения обслуживающего персонала о подаче напряжения на оборудование, его пуске, неисправности ответственных узлов и механизмов, нарушении режимов работы или технологического процесса, возникновении аварийных ситуаций и тому подобное; обосновать необходимость применения средств индикации (показателей давления, напряжения, температуры, уровня масла); определить места установления средств сигнализации и индикации.

Средства дистанционного управления оборудованием позволяют осуществлять контроль и регулирование его работы из участков, достаточно удаленных от опасной зоны, и тем же решать проблему безопасности труда.

К специальным средствам можно отнести тормозные и упругоограничительные устройства продольно-строгальных станков, которые служат для предотвращения опасных последствий в случае выброса стола в результате выхода его из зацепления с приводным элементом.

Методики расчетов средств защиты, предусмотренных в конструкции оборудование приведены в подразделе 5.7.

Мероприятия по обеспечению безопасности технологических процессов

Нормативные требования к безопасности производственных процессов приведены в ГОСТ 12.3.002-75 и литературе [13; 14; 26]. Мероприятия для обеспечения безопасности :

- выбор технологического процесса и режима работы;

- выбор производственного помещения или промышленной площадки;

- выбор производственного оборудования, его размещение и организация рабочих мест;
- рациональное распределение функций между человеком и оборудованием;
- выбор способов хранения и транспортировки исходных материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовой продукции и отходов производства;
- профессиональный отбор и обучение работников;
- включение требований безопасности в нормативно-технические документы.

Особенное внимание необходимо уделять безопасности при **подъемно-транспортных работах**. Подъемно-транспортное оборудование необходимо обеспечить следующими средствами безопасности :

- ограничителями подъема и передвижения крана ;
- ограждениями рабочих площадок,двигающихся и вращающихся частей крана, токопроводных деталей;
- блокировкой открывания двери;
- блокировкой выходных люков на мост крана;
- звуковым сигналом.

От правильной эксплуатации кранов в большой степени зависит безопасность работающих в механических и сборочных цехах.

Нормативные **требования к устройству зданий и помещений** приведены в НПАОП 45.2-4.01-98, СНиП 2.09.02-85 (названия см. приложение А).

Требования к организации автоматических линий, конвейеров и применению робототехнических комплексов приведены в ГОСТ 12.2.072-82, ГОСТ 12.2.119-88 (названия см. приложение А).

При **организации рабочих мест** руководствуются положениями, которые изложены в ГОСТ 12.2.061-81: конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение его элементов (органов управления, средств отображения информации, кресел, вспомогательного оборудования и т. п.) должны отвечать:

- антропометрическим, физиологическим и психофизиологическим особенностям человека;
- характеру работы.

Конструкция рабочего места должна обеспечивать:

- удобную рабочую позу человека, которая достигается регулированием положения кресла, высоты и угла наклона подставки для ног при ее приложении или высоты и размеров рабочей поверхности;
- выполнение трудовых операций в зонах моторного поля (оптимальной, легкой досягаемости, досягаемости) или в зависимости от необходимой точности и частоты действий. Определение зоны моторного поля производится в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.032-78 и ГОСТ 12.2.033-78;

- стойкое положение и свободу движений работающего, безопасность выполнения трудовых функций; исключать или допускать в редких случаях кратковременную работу, которая вызывает повышенную утомляемость;

- рациональное размещение технологической и организационной оснастки на рабочем месте;

- необходимый обзор: средства отображения информации должны быть размещены в зонах информационного поля рабочего или места с учетом частоты и значимости информации, которая поступает.

Для правильной организации рабочего места необходимо решить следующие основные задачи:

- выбрать целесообразное рабочее положение (сидя, стоя);
- рационально разместить индикаторы и органы управления в соответствии с их важностью и частотой использования в пределах поля зрения и зон досягаемости;

- обеспечить оптимальный обзор элементов рабочего места;
- обеспечить соответствие конструкции рабочего места антропометрическим, физиологическим и психологическим характеристикам человека;

- обеспечить условия для кратковременного отдыха оператора в процессе работы [9; 13; 32; 33].

Мероприятия по охране окружающей среды

В механических и сборочных цехах применяют разнообразные технологические процессы, которые связаны с выбросами вредных загрязняющих веществ в воздух и водный бассейн. Учитывая это, нужно определить основные источники этих загрязнений, их параметры для того, чтобы принять обоснованные решения по обезвреживанию или снижению их вредного влияния на окружающую среду [1; 2; 13; 21; 28].

Основными источниками загрязнения окружающей среды при холодной обработке металлов являются:

- металлические отходы;
- отработанная СОЖ;
- вентиляционный воздух с высоким содержанием пыли и мелкой стружки.

Стружку (отходы производства) от металлорежущих станков и рабочих мест необходимо удалять механизированными способами с помощью разных транспортеров (табл. 4.1). Потом ее сортируют, измельчают и брикетируют.

Отработанную СОЖ необходимо собирать в специальные емкости. Водную и масляную фазы можно использовать в качестве компонентов для приготовления эмульсий. Масляная фаза эмульсий может поступать на регенерацию или сжигаться. Водную фазу СОЖ очищают до ПДК или разбавляют до допустимого содержания нефтепродуктов и сливают в канализацию.

Таблица 4.1 – Способы удаления стружки

Вид стружки	Средства для удаления
Без применения СОЖ	
Мелкая дробленая	Одно шнековые транспортеры
Стальной вьюн	Двух шнековые транспортеры
Сыпучая	Вибрационные транспортеры
Элементная	Пневматический транспортер
Стружка любого вида	Пластинчатый транспортер
С применением СОЖ	
Элементная чугунная	Скребокковые транспортеры
Элементная стальная	Скребокковые транспортеры
Элементная и вьюн цветных металлов	Пластинчатые транспортеры, гидротранспортеры
Стальной вьюн	Двух шнековые и пластинчатые транспортеры

Вентиляционный воздух перед выбросом в атмосферу очищают от стружки (в циклонах или пылесадительных камерах) и от пыли (на рукавных или масляных фильтрах). Концентрация пыли не должна превышать ПДК.

Основные вредные примеси (аэрозоль краски и пары растворителей) от окрасочных цехов поступают в окружающую среду с вентиляционным воздухом. Концентрации паров толуола и ксилола в выбросах значительно превышает ПДК для атмосферного воздуха населенных мест.

Основными направлениями по защите окружающей среды являются:

- совершенствование технологического процесса нанесения покрытий с целью уменьшения потерь на туманообразование; полная или частичная замена высоко токсичных растворителей менее вредными веществами или водой; применение сухих порошковых красок или высоковязких составов с малым содержанием токсичных растворителей;

- очистка вентиляционного воздуха в гидрофильтрах и установках дожигания;

- проведение архитектурно-планировочных мероприятий с целью рационального размещения окрасочных отделений (цехов), исходя из условия наилучшего естественного проветривания;

- применение систем рассеяния вредных примесей в атмосфере.

Для снижения концентрации красочного аэрозоля в вентиляционных выбросах применяют отстойные ванны, заполненные водой, гидрофильтры. Отстойные ванны располагают под напольными решетками. Очистка воздуха от красочного аэрозоля в гидрофильтрах происходит за счет его контакта с водой. Эффективность очистки от красочного аэрозоля достигает 0,99, а от паров растворителя – 0,3.

Для очистки вентиляционных выбросов сушильных камер от паров растворителей с повышенной концентрацией вредных веществ (толуол,

фенол, формальдегид) применяют каталитическое дожигание. Эффективность очистки достигает 0,98–1,0; производительность по вентиляционным выбросам составляет 12500 м³/ч при расходе природного газа 65 м³/ч.

При невозможности применения описанных выше методов допускается уменьшать концентрации вредных веществ в воздухе населенных пунктов путем рационального рассеивания вредных выбросов в атмосфере, что достигается увеличением высоты выхлопных шахт (без колпаков) или повышением скорости выброса (факельный выброс). При этом необходимо проводить контроль выбросов окрасочных цехов. Концентрации вредных веществ в воздухе населенных пунктов не должны превышать ПДК.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности

Нормативные требования для обеспечения электробезопасности приведены в ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.009-76, ГОСТ 12.1.031-87, ГОСТ 12.1.038-81, НПАОП 40.1-1.07-01, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП 40.1-1.21-98 (названия см. приложение А) и литературе [11; 20, 30; 31].

Для обеспечения электробезопасности в соответствии с нормативными документами необходимо предусмотреть следующие средства защиты :

- применение малых напряжений и защитное разделение сетей;
- применение усиленной (двойной) изоляции;
- защитное заземление и зануление корпусов электрооборудования и других конструктивных элементов электроустановок, которые могут оказаться под напряжением; металлических конструкций, на которых устанавливается электрооборудование; приводов электрических аппаратов; корпусов электрических машин; трансформаторов; оборудования, размещенного на подвижных частях станков, машин и механизмов;
- автоматическое защитное отключение частей электрооборудования и поврежденных участков сети, которые случайно оказались под напряжением;
- все неизолированные токопроводные части электрооборудования, которое установлено вне электрических помещений, должны иметь сплошные ограждения, снятие или открытие которых возможно при помощи, специальных, ключей или инструментов;
- средства индивидуальной защиты;
- организационные мероприятия.

В дипломном проекте необходимо определить категорию помещения по опасности поражения людей электрическим током и характеристики среды в помещении (согласно ПУЭ); обосновать проектируемые мероприятия и средства электробезопасности; предусмотреть мероприятия (при необходимости) по предотвращению появления и накопления статических электрических зарядов. Учитывая класс взрыво- и пожароопасности помещения (в соответствии с ПУЭ), в котором будет установлено оборудование, необходимо выбрать соответствующее исполнение электродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры, тип электропроводки, а также обосновать необходимость применения

защитных ограждений, блокировок, предохранительных устройств, заземления, зануления, отключения и тому подобное.

Методика расчета защитного заземления приведена в подразделе 5.9.

Мероприятия по обеспечению пожарной и взрывной безопасности

Нормативные требования по обеспечению пожарной и взрывной безопасности приведены в ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.033-81, ГОСТ 12.1.044-89, ГОСТ 12.1.010-76, НАПБ Б.03.002-2007 (названия см. приложение А) и литературе [2; 3; 17; 22; 26].

Мероприятия пожарной профилактики включают:

- систему предупреждения пожаров;
- систему противопожарной защиты;
- систему организационно-технических мероприятий.

В дипломном проекте необходимо определить, к какой категории по взрыво- и пожароопасности принадлежит производственное здание и отдельные помещения; провести классификацию помещений (зон) по взрывной и пожарной опасности; выбрать степени огнестойкости здания, а также необходимые пределы огнестойкости строительных конструкций; обосновать необходимость установки противопожарного перекрытия и преград, а также применение автоматических установок пожаротушения; проанализировать причины воспламенений и пожаров, которые могут случиться во время эксплуатации проектированного оборудования, и предусмотреть средства по их недопущению; определить, какие первичные средства пожаротушения можно использовать при возникновении воспламенения во время эксплуатации оборудования.

Организация пожарной безопасности на участке предусматривает противопожарное водоснабжение, которое обеспечивает подачу воды, необходимую для тушения пожара как внутри, так и снаружи здания. Внутренний противопожарный водопровод предназначен для тушения местных очагов возгорания до прибытия пожарных подразделений. Пожарные краны, рукава и стволы помещают в специальных шкафчиках на расстояниях 1,5 м от пола.

Также на участке предусматриваются первичные средства пожаротушения: огнетушители, ящики с песком. Существуют следующие виды огнетушителей: жидкостные, углекислотные(ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8, ОУ-25, ОУ-80, ОУ-400), химпенные, воздушно-пенные(ОВП-5, ОВП-10), хладоновые(ОАХ-0,5, ОХ-3, ОХ-7), порошковые и комбинированные(ОК-10). На участке обязательно проводится противопожарный инструктаж с работающими всех профессий.

Распространению пожара в цехах механической обработки металлов способствуют горючие конструкции зданий, технологические коммуникации, воздуховоды систем вентиляции, разлившиеся горючие жидкости и др.

Основные противопожарные мероприятия:

- правильный выбор электрооборудования, постоянный контроль за эксплуатацией электрооборудования;
- своевременная смазка трущихся поверхностей;

- создание определенных условий, изолирование нагретых деталей от изолированных проводов;
- герметизация трубопровода с огнеопасными продуктами;
- запрещение хранения на рабочих местах огнеопасной жидкости в открытых емкостях;
- своевременное удаление промышленных тряпок и отходов в специально отведенные места.

Для безопасности эвакуации людей необходимы более двух выходов наружу. Двери, предназначенные для эвакуации, должны легко открываться в стороны выхода из здания.

Повышать пожарную опасность процессов механической обработки магния, титана, циркония и их сплавов будет способность их образовывать взрывоопасные смеси пыли с воздухом, склонность этих пылей к электризации и самовозгоранию в контакте с водой и маслами.

Специфические требования пожарной безопасности при проведении процессов механической обработки металлов регламентируют:

- не допускается нарушать режим обработки, использования в работе неисправного и неправильно заточенного инструмента, а также станков, не приспособленных для обработки данного материала;
- металлическую стружку, промасленные обтирочные материалы необходимо по мере накопления убирать в металлические ящики с плотно закрывающимися крышками и по окончании смены удалять из производственных помещений в специально отведенные места;
- необходимо контролировать исправность и эффективность работы систем охлаждения и смазки станков.

Методика определения категории помещения по взрыво-пожарной и пожарной безопасности и определение необходимого количества огнетушителей приведена в примерах 44, 45 подраздела 5.10 [23].

5 МЕТОДИКИ РАСЧЕТОВ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ

5.1 Вентиляция производственных помещений

Основным мероприятием по оздоровлению воздуха рабочей зоны является вентиляция. Расчет механической вентиляции производственного помещения осуществляют по разным принципам [3; 6; 23; 24; 27]. Наиболее распространенными в машиностроении являются расчеты по выделению теплоизбытков (пример 1) и по количеству рабочих в помещении (пример 2). Расчет местной вытяжной вентиляции обстоятельно приведен в литературе [5; 8; 21; 22; 23; 26; 27] и в примерах 3–9. Кондиционирование воздуха рассмотрено в литературе [23].

Пример 1. Рассчитать необходимый воздухообмен механического цеха. В цехе установлено оборудование, общая мощность которого составляет 170 кВт, средняя мощность одного электродвигателя не превышает 10 кВт. Коэффициент загрузки электродвигателей составляет не менее 0,8. В цехе работают 60 человек, категория работ по тяжести Пб (вес детали не превышает 10 кг). Помещение освещается 20 лампами мощностью 700 Вт, высота помещения составляет 7 м. Расчет произвести для периода года со средней температурой -10°C .

Решение. Расчет вентиляции механического цеха необходимо производить по выделению тепловых избытков, так как в местах выделения вредных веществ должна быть организована система местной вентиляции. Количество воздуха, которое необходимо подавать вентиляцией, $\text{м}^3/\text{с}$, определяют по следующей формуле:

$$L = \frac{Q}{C\rho(t_{yx} - t_{np})}, \quad (5.1)$$

где Q – количество тепла, выделяемого всеми источниками, кВт;

C – теплоемкость воздуха, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$;

ρ – плотность воздуха при температуре t_{np} , $\text{кг}/\text{м}^3$;

t_{yx} , t_{np} – температура уходящего и приточного воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Свойства воздуха в зависимости от его температуры t_{np} определяют по данным табл. 5.1. За температуру приточного воздуха принимают среднее значение температур воздуха для рассматриваемого периода года.

Температуру уходящего воздуха определяют исходя из требуемого значения температуры рабочей зоны:

$$t_{yx} = t_{p.z} + \Delta t(H - 2), \quad (5.2)$$

где $t_{p.z}$ – температура воздуха рабочей зоны (выбирают в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-88 в зависимости от категории работ по тяжести и периода года по табл. Б.1), $^{\circ}\text{C}$;

H – высота помещения, м;
 Δt – градиент увеличения температуры по высоте (принимает значение в интервале 0,5–1,5), °С/м.

Таблица 5.1 – Физические свойства воздуха

Температура, °С	Теплоемкость, кДж/(кг·К)	Плотность, кг/м ³
-20	1,009	1,395
-10	1,009	1,342
0	1,005	1,293
10	1,005	1,247
20	1,005	1,205
30	1,005	1,165
40	1,005	1,128

Если категория работ по тяжести неизвестна, ее определение выполняют с помощью табл. Б.3.

Температура воздуха рабочей зоны, в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-88 для категории работ по тяжести Пб для холодного периода года (средняя температура составляет -10°С) составляет 18°С. Тогда температура уходящего воздуха составляет:

$$t_{yx} = 18 + 1,0 \cdot (7 - 2) = 23^\circ \text{C}.$$

Свойства приточного воздуха при температуре -10°С определяем по данным табл. 5.1:

$$\rho = 1,342 \text{ кг/м}^3, \quad C = 1,009 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

Основными источниками выделения тепла в механических цехах являются [5]:

- тепловыделения станков;
- тепловыделения от ламп искусственного освещения;
- тепловыделения от работающих людей;
- тепловыделения от солнечной радиации.

Тепловыделения от станков, кВт, зависят от мощности установленных электродвигателей, степени ее использования, условий работы станков и определяются по формуле:

$$Q = N k_{\text{заг}} k_{\text{од}} \eta_1^{-1}, \quad (5.3)$$

где N – номинальная мощность электродвигателей станков, кВт;

$k_{\text{заг}}$ – коэффициент загрузки электродвигателей (0,5–0,8);

$k_{\text{од}}$ – коэффициент одновременной работы (0,5–1,0);

η_1 – коэффициент полезного действия при данной нагрузке.

Коэффициент полезного действия при данной загрузке определяется по формуле:

$$\eta_1 = \eta k_n, \quad (5.4)$$

где K_n – поправочный коэффициент, учитывающий полноту загрузки (при коэффициенте загрузки, большем или равном 0,8, поправочный коэффициент равен 1, при меньших значениях определяется по каталогам);

η – коэффициент полезного действия электродвигателя при полной нагрузке, определяется по каталогам или по данным табл. 5.2.

Таблица 5.2 – Зависимость коэффициента полезного действия электродвигателя от его номинальной мощности, кВт

N	Менее 0,5	0,5–5	5–10	10–28	28–50	Более 50
η	0,75	0,84	0,85	0,88	0,9	0,92

Количество тепла, выделяемого станками, определяем по формулам (5.3), (5.4) и данным табл. 5.2:

$$Q = 170 \cdot 0,8 \cdot 0,7 / 0,85 = 112 \text{ кВт.}$$

Количество тепла, выделяемого работающими людьми, Вт, определяют по формуле:

$$Q = n q, \quad (5.5)$$

где q – тепловыделения одного человека, Вт/чел.;

n – количество работающих людей, чел.

Тепловыделения одного человека принимаем равным 80 Вт. Тогда количество тепла, выделяемого работающими людьми, составляет:

$$Q = 60 \cdot 80 = 4800 \text{ Вт.}$$

Количество тепла, выделяемого источниками искусственного освещения, Вт, определяют по формуле:

$$Q = P E, \quad (5.6)$$

где P – мощность ламп с учетом их количества, Вт;

E – коэффициент, учитывающий потери тепла (0,55).

Количество тепла, выделяемого источниками искусственного освещения, соответственно равно:

$$Q = 700 \cdot 20 \cdot 0,55 = 7700 \text{ Вт} = 7,7 \text{ кВт.}$$

Тепловыделения от солнечной радиации, Вт, определяют по формуле

$$Q = m S k Q_c, \quad (5.7)$$

где m – количество окон;

S – площадь одного окна, м^2 ;

k – коэффициент, учитывающий остекление оконных проемов (для двойного остекления равен 0,6);

Q_c – тепло, поступающее от одного окна, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

В данном случае выделениями тепла от солнечной радиации (холодный период года) мы можем пренебречь.

Количество воздуха, которое необходимо подавать вентиляцией, определяем по формуле (5.1)

$$L = \frac{112 + 4,8 + 7,7}{1,009 \cdot 1,342 (23 - (-10))} = 2,8 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Рассчитанная система вентиляции обеспечит выполнение нормативных требований по качеству воздуха рабочей зоны.

Пример 2. На пульте управления (помещение, где отсутствуют источники выделения вредностей) работают одновременно 4 оператора. Работа связана с использованием ПЭВМ. Размеры помещения: $A = 6 \text{ м}$, $B = 3 \text{ м}$, $H = 3,2 \text{ м}$, оборудование занимает 15 % объема. Определить наименьшее необходимое количество воздуха для вентиляции.

Решение. Для помещений, в которых отсутствуют выделения вредностей, расчет вентиляции осуществляется в зависимости от количества работающих. Необходимое количество воздуха ($\text{м}^3/\text{час}$), которое обеспечивает соответствие параметров воздуха рабочей зоны нормируемым значениям, определяется по следующей формуле:

$$L = L' \cdot N \quad (5.8)$$

где L' – нормативное количество воздуха на одного работающего, которое зависит от удельного объема помещения, $\text{м}^3 / (\text{час} \cdot \text{чел.})$;

N – количество работающих.

Удельный объем помещения $V_n, (\text{м}^3/\text{чел.})$ определяется по формуле:

$$V_n = V / N \quad (5.9)$$

где V – объем помещения, м^3 .

Величина нормативного количества воздуха на одного работающего L' определяется по таблице Б.5.

Определяем свободный объем помещения:

$$V = A \cdot B \cdot H \cdot 0,85 = 6 \cdot 3 \cdot 3,2 \cdot 0,85 = 49 \text{ м}^3.$$

Удельный свободный объем составляет:

$$V' = V / N = 49 / 4 = 12,2 \text{ м}^3 / \text{чел.} < 20 \text{ м}^3 / \text{чел.}$$

Нормируемое количество воздуха на одного человека по табл. Б.5 при $V' < 20 \text{ м}^3 / \text{чел.}$ составляет $30 \text{ м}^3 / (\text{час} \cdot \text{чел.})$.

Наименьшее необходимое количество воздуха для вентиляции:

$$L = L' \cdot N = 30 \cdot 4 = 120 \text{ м}^3 / \text{час.}$$

Рассчитанная система вентиляции обеспечит выполнение нормативных требований по качеству воздуха рабочей зоны.

Пример 3. Рабочее место электросварщика необходимо оборудовать вытяжным зонтом прямоугольной формы, открытым с трех сторон. Длина зоны вредных выделений 0,44 м, высота расположения зонта над сварными деталями 0,7 м. Определить размеры зонта и количество воздуха, который будет им удаляться.

Решение. Габариты зонта принимают, учитывая литературные данные [24]. Высота подвеса зонта от уровня пола принимается 1,6–1,8 м. Для надежной работы зонта вертикальное расстояние между кромкой зонта и поверхностью источника вредностей h должна быть минимальной. Размеры прямоугольного зонта в плане определяются за выражениями:

$$A = a + 0,8 h; \quad B = b + 0,8 h,$$

где A, B – длина и ширина зонта, м;

a и b – длина и ширина источника поступлений вредностей.

При этом должно выполняться условие – $B \geq 0,5A$.

Находим размеры большей и меньшей стороны зонта:

$$A = 0,44 + 0,8 \cdot 0,7 = 1,0 \text{ м}; \quad B = 0,5 \cdot 1,0 = 0,5 \text{ м.}$$

Угол раскрытия зонта следует принимать не больше 60° (в таком случае осевая скорость в нижнем сечении зонта близка к средней скорости по всему сечению). Принимаем: высота подвеса зонта 1,7 м, угол раскрытия зонта 60° , диаметр вытяжной трубы 0,3 м, высота борта 0,1 м.

Полную высоту зонта, м, определяют по формуле:

$$H = \frac{A - D}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right)} + h_B,$$

где D – диаметр вытяжной трубы, м;

h_B – высота борта (принимается 0,1–0,3 м), м;

φ – угол раскрытия зонта.

Находим полную высоту зонта:

$$H = \frac{1.0 - 0.3}{2 \operatorname{tg} 30^{\circ}} + 0.1 = 0.7 \text{ м.}$$

Количество воздуха ($\text{м}^3/\text{час}$), который удаляется отсасывающим устройством, может быть рассчитано по формуле:

$$L = 3600 S v_0, \quad (5.10)$$

где S – площадь расчетного сечения, м^2 ;

v_0 – средняя скорость воздуха в расчетном сечении, м/с .

При использовании вытяжного зонта за площадь расчетного сечения принимают произведение периметра зонта $2(A + B)$ на его расстояние от источника выделения вредности h . Значение средней скорости воздуха в расчетном сечении зонта принимают [6]:

– для токсичных выделений: 1,25–1,05 м/с для зонта открытого из четырех сторон; 1,05–0,9 м/с для зонта открытого из трех сторон; 0,9–0,75 м/с для зонта открытого из двух сторон; 0,7–0,5 м/с для зонта открытого с одной стороны;

– для нетоксичных выделений: 0,15–0,25 м/с .

Определяем площадь расчетного сечения:

$$S = 2(1,0 + 0,5) 0,7 = 2,1 \text{ м}^2.$$

Принимаем среднюю скорость воздуха в расчетном сечении зонта 1,0 м/с – токсичные выделения и зонт, открытый из трех сторон.

Определяем количество воздуха, который будет удаляться вытяжным зонтом, по формуле (5.10):

$$L = 3600 \cdot 2,1 \cdot 1,0 = 7560 \text{ м}^3/\text{час}$$

Использование рассчитанного вытяжного зонта прямоугольной формы, открытого с трех сторон, обеспечит выполнение нормативных требований.

Пример 4. Определить количество воздуха, которое будет удаляться вытяжным зонтом прямоугольной формы, открытым с одной стороны. Размеры зонта: длина 1,5 м, ширина 0,8 м. При работе выделяются вредные газы и пары.

Решение. Принимаем среднюю скорость воздуха в расчетном сечении зонта согласно рекомендаций [6]. Для зонта открытого с одной стороны при выделении токсичных выделений равной 0,6 м/с .

Определяем количество воздуха, который будет удаляться вытяжным зонтом, по формуле (5.10):

$$L = 3600 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,6 = 2592 \text{ м}^3/\text{час}$$

Рассчитанное количество воздуха обеспечит выполнение нормативных требований к воздуху рабочей зоны.

Пример 5. Определить объем воздуха, который удаляется от кожуха универсального заточного станка. Диаметр круга 140 мм, площадь поперечного сечения $0,0095 \text{ м}^2$, окружная скорость обращения 30 м/с. Направление пылевого факела непосредственно в отверстие кожуха.

Решение. Фасонные местные отсосы (кожухи), устанавливаются на устройствах, работа, которых сопровождается выделением пыли, мелкой стружки и т.п. [23; 24]. Количество воздуха L_1 , в $\text{м}^3/\text{час}$, которое удаляется от шлифовальных, заточных и полировальных станков, определяется по формуле (5.10) с учетом площади поперечного сечения отверстия кожуха и скорости у воздухоприемном отверстии.

Скорость в воздухоприемнике принимается:

– при направлении пылевого факела непосредственно в отверстие кожуха $v_0 = 0,25 v_K$;

– при направлении пылевого факела вдоль отверстия $v_0 = (0,3 - 0,4) v_K$.

Кроме того, количество воздуха, которое удаляется от шлифовальных и заточных станков определяется по формуле в соответствии с табл. 5.3.

Таблица 5.3 – Формулы для расчета количества воздуха, которое удаляется от кожухов станков ($\text{м}^3/\text{час}$)

Условия использования	Формула для расчета
$d_K < 250 \text{ мм}$	$L_2 = 2 d_K$;
$d_K = 250 - 600 \text{ мм}$	$L_2 = 1,8 d_K$;
$d_K > 600 \text{ мм}$	$L_2 = 1,6 d_K$.

Примечание: d_K – диаметр рабочего круга, мм

За необходимое количество воздуха принимается большая из величин L_1 или L_2 .

В нашем случае при направлении пылевого факела непосредственно в отверстие кожуха скорость у воздухоприемнике составляет:

$$v_0 = 0,25 v_K = 0,25 \cdot 30 = 7,5 \text{ м / с}.$$

Количество воздуха, которое удаляется от кожуха заточного станка по формуле (5.10) составляет:

$$L_1 = 3600 \cdot 0,0095 \cdot 7,5 = 257 \text{ м}^3 / \text{час}$$

По формуле согласно табл. 5.3 при диаметре рабочего круга 140 мм определяем объем воздуха для заточного станка с абразивным кругом:

$$L_2 = 2 d_K = 2 \cdot 140 = 280 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Следовательно, принимаем для заточного станка с абразивным кругом количество воздуха 280 м³/час (большее значение).

Скорость движения воздуха в воздуховоде (круглого сечения) определяют по формуле:

$$v_0 = \frac{L}{3600 S} = \frac{4L}{3600 \pi d^2} = \frac{L}{900 \pi d^2}. \quad (5.11)$$

$$v_0 = \frac{280}{900 \cdot 3.14 \cdot 0.11^2} = 8 \text{ м} / \text{с}$$

В воздуховоде с диаметром 110 мм скорость движения воздуха составляет 8 м/с.

Пример 6. Рассчитать систему пневматического удаления пыли и стружки от 10 шлифовальных станков (диаметр круга – 150 мм, окружная скорость – 25 м/с), на которых осуществляется тонкое шлифование изделий из стали. Пылевой факел непосредственно направлен в отверстие кожуха (диаметр отверстия 50 мм). Предусмотреть очистку вентиляционного воздуха на циклонах и фильтрах из лавсана.

Решение. Скорость воздуха во всасывающем отверстии кожуха при направлении пылевого факела непосредственно в отверстие равняется:

$$v_0 = 0,25 v_K = 0,25 \cdot 25 = 6,25 \text{ м} / \text{с}.$$

Площадь сечения отверстия воздуховода равняется:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 0,00196 \text{ м}^2.$$

Количество воздуха, которое необходимо для удаления пыли и стружки, рассчитывается по формуле (5.10):

$$L_1 = 3600 \cdot 0,00196 \cdot 6,25 = 44,1 \text{ м}^3 / \text{час}.$$

Количество воздуха, которое необходимо для удаления пыли и стружки, находим по формуле согласно табл. 5.3 при диаметре рабочего круга 150 мм:

$$L_2 = 2 d_K = 2 \cdot 150 = 300 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Принимаем большую величину – 300 м³/час.

Тонкое шлифование сопровождаются выделением 25–50 г/час пыли [13], принимаем для расчета 50 г/час.

Суммарное количество стружки и пыли, которая образуется при обработке материалов одновременно на нескольких станках определяют по формуле:

$$G_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n G_i,$$

где G_i – количество стружки и пыли, которая образуется при работе одного станка, г/час;

n – количество станков;

ϕ – коэффициент, который учитывает одновременную работу станков (0,5–0,7, с увеличением количества станков он уменьшается) [13].

Суммарное количество стружки и пыли, которая образуется при обработке материала составляет:

$$G_{\text{сум}} = 0,6 \cdot 50 \cdot 10 = 300 \text{ г/час} = 0,3 \text{ кг/час}$$

Количество пыли, которая приходит после циклона, (кг/час) определяют по формуле:

$$G_{\phi} = G_{\text{сум}}(1 - \eta_{\text{ц}}),$$

где $G_{\text{сум}}$ – суммарная масса пыли и стружки, которая образуется, кг/час;

$\eta_{\text{ц}}$ – коэффициент эффективности работы циклона (принимают 0,8–0,95) [13].

Количество пыли, которая поступает после циклона на фильтр, составляет:

$$G_{\phi} = 0,3(1 - 0,8) = 0,06 \text{ кг/час}$$

Количество пыли, которое поступает в воздух после фильтра, определяют по формуле:

$$G_{\text{пр}} = G_{\phi}(1 - \eta_{\phi}),$$

где η_{ϕ} – коэффициент эффективности работы фильтра (принимают 0,9 – 0,995) [13].

Количество пыли, которое поступает после фильтра, составляет:

$$G_{\text{пр}} = 0,06(1 - 0,9) = 0,006 \text{ кг/час}$$

Для проверки эффективности удаления пыли и стружки нужно рассчитать концентрацию пыли в воздухе после очистки и сравнить ее с предельно допустимой концентрацией (табл. Б.2). Условие эффективной очистки воздуха $C_{np} \leq ПДК$.

Концентрацию пыли в воздухе после очистки на фильтре, мг/м³, рассчитывают по формуле:

$$C_{np} = \frac{G_{np} \cdot 10^6}{L}, \quad (5.12)$$

где G_{np} – количество пыли, которое поступает в воздух после очистки на фильтре, кг/час;

L – расход воздуха, м³/час.

Концентрация пыли в воздухе после очистки составляет:

$$C_{np} = \frac{0,006 \cdot 10^6}{300} = 20 \text{ мг} / \text{м}^3.$$

Концентрация пыли превышает предельно допустимую концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны (по таблице Б.2 ПДК = 6 мг/м³), потому возникает необходимость в установке второй степени очистки воздуха на фильтре. Количество пыли, которое поступает после 2-й степени очистки, определяем с учетом того, что коэффициент эффективности работы фильтра на 2-й степени всегда больше (например 0,95):

$$G_{np} = 0,006 (1 - 0,95) = 0,0003 \text{ кг} / \text{час}$$

Концентрация пыли в воздухе после 2-й степени очистки составляет:

$$C_{np} = \frac{0,0003 \cdot 10^6}{300} = 1 \text{ мг} / \text{м}^3$$

Концентрация пыли в воздухе после 2-й степени очистки не превышает ПДК пыли в воздухе рабочей зоны, то есть условие безопасности выполняется.

Рекомендации по проверке условий нормальной работы фильтра приведены в [13]. Условие нормальной работы фильтра на первой стадии выполняется, на второй – нет. Для выполнения условий очистку второго фильтра можно проводить реже. Рассчитанная система удаления стружки и пыли обеспечивает выполнение нормативных требований.

Пример 7. Определить объем воздуха, который удаляется из камеры с боковым отсасыванием воздуха, в которой осуществляется ручное окрашивание деталей. Площадь прорезей камеры 1,4 м². Для окрашивания используют пневматическое ручное распыление с использованием растворителей 2 класса опасности.

Решение. Специальные кабины и камеры применяют при окрашивании деталей машин. Кратность обмена воздуха в них должна быть 30–100 час⁻¹ в зависимости от вида растворителей красок.

Воздухообмен при ручном окрашивании в камерах с боковым отсасыванием воздуха рассчитывают по формуле (5.10). При этом за площадь расчетного сечения принимаем суммарную площадь прорезей камеры, а скорость всасывания воздуха в рабочей прорези камеры выбираем по данным табл. 5.4 в зависимости от метода нанесения краски и класса опасности растворителей красок.

В нашем случае скорость принимаем 1 м/с, тогда воздухообмен составляет:

$$L = 3600 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 5040 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Иные случаи проведения работ по окрашиванию деталей обстоятельно рассмотрены в [13].

Пример 8. Определить объем воздуха, который удаляется из рабочей зоны при проведении паяльных работ. Длина выступающей части стержня паяльника составляет 15 см.

Решение. При паяльных работах применяют встроенные приемники. Встроенные в инструмент (паяльники) приемники могут быть кольцевыми или верхними. Верхний приемник представляет собой металлическую трубку, приемное отверстие которой расположено над концом паяльного стержня. Количество воздуха, который удаляется от паяльника при диаметре стержня до 6 мм, составляет 3 м³/час. Присоединение отсасывающего устройства к инструменту обеспечивает максимально возможное приближение всасывающего отверстия к зоне вредных выделений. Это дает возможность уменьшить расходы на вентиляцию в 9 раз.

Таблица 5.4 – Скорости всасывания воздуха в прорезях покрасочных камер [13]

Метод нанесения	Классы опасности	Расчетная скорость, м/с
Кистью	2 и 3	1
	4	0,5
Пневматическое ручное распыление	1	1,3
	2 и 3	1
	4	0,7
Пневматическое автоматическое распыление	1–4	0,4
Безвоздушное распыление	1–3	0,7
	4	0,6
Ручное электрораспыление	1–4	0,4–0,5

Для кольцевого отсоса паяльника необходимое количество воздуха, м³/час, определяют по формуле:

$$L = 3600 \cdot 4 \pi \ell^2 v,$$

где ℓ – длина части стержня паяльника, который выступает за кольцевое отверстие, м;

v – скорость воздушного потока около конца стержня (принимают не менее 0,3), м/с.

Необходимое количество воздуха составляет:

$$L = 3600 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot (15 \cdot 10^{-2})^2 0,3 = 3052 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Рассчитанная система удаления вредных выделений обеспечивает выполнение нормативных требований.

Пример 9. Рассчитать вентиляционную систему местной вентиляции для участка механического цеха, на котором расположено два шлифовальных и один фрезерный станок. Количество воздуха, которое нужно удалять от каждого шлифовального станка составляет 2000 м³/час, от фрезерного станка – 1000 м³/час. Удаляемый воздух очищается в пылеулавливающем устройстве – циклоне ЦН-15 (сухая очистка).

Решение. Расчет местной вытяжной вентиляции осуществляют по следующей методике [5; 6; 27].

1. Определение конструкции местной вентиляции, исходя из специфики технологического процесса и производственного оборудования. Основные принципы выбора конструкции отсасывающих устройств: максимальное покрытие источников вредности; использование естественного движения вредностей; линия движения загрязненного воздуха не должна проходить через зону дыхания рабочего. Для выбора конструкции можно использовать данные, которые приведены в табл. 5.5.

2. Определение количества воздуха, которые нужно удалять от каждого местного пылеотсасывающего устройства. Эти величины может быть взяты из справочных данных или определении расчетами (примеры 3–8).

3. Определение структуры и пространственного расположения вентиляционной сети с распределением ее на отдельные участки. Составление схемы вентиляционной сети с указанием элементов, которые входят в состав вентиляционной сети, номеров участков сети и их длины.

4. Назначение скорости движения воздуха в воздуховодах на всех участках вентиляционной сети. При перемещении воздуха, который не содержит твердых частей (пыли), его скорость в воздуховоде может быть определена в пределах 6–12 м/с. Скорость движения воздуха в трубопроводах пылеотсасывающих установок должна находиться в пределах 15–20 м/с. На конечных участках трубопроводов значения скорости принимают близкими к минимальному со следующим увеличением на 0,5–1,5 м/с [5; 27].

Таблица 5.5 – Область использования отсасывающих устройств

Устройство	Область использования (примеры расчетов)
Отсосы открытого типа	
Вытяжные зонты	Для улавливания потоков вредных веществ, которые направлены вверх: источник образования пыли, паров и газов перемещается по площади рабочего места, как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях
Всасывающие панели	Для локализации вредных выделений, которые захватываются конвективными потоками, когда более полное покрытие источника выделений невозможно согласно условиям технологического процесса. Панели располагают сбоку от источника вредных выделений вертикально или покато
Бортовые отсосы	Применяются для исключения вредных выделений с поверхности растворов, когда при условиях прохождения технологического процесса невозможно установление полного накрытия. Особенно широкое применение получили для оборудования ванн (гальванических, травильных) и других емкостей с токсичными жидкостями. Бортовые отсосы есть разных конструкций: одно- и двухобортовые, бортовые с передувом и перевернутые
Отверстия	Местные отсосы в виде прямоугольных или круглых отверстий обычно устанавливают при паянии, сварке и т.п.. Различают отсосы с приемными отверстиями в вертикальной панели, в плоскости стола и над столом
Отсосы закрытого типа	
Вытяжные шкафы	Представляют собой укрытие с рабочим отверстием. Вытяжные шкафы бывают разной конструкции: с верхним, нижним и комбинированным удалением воздуха
Кожух	Кожухи устанавливают на заточных и шлифовальных станках с абразивными кругами, на фрезерных и токарных станках при обработке хрупких материалов
Камеры или кабины	Отгороженные части помещения с усиленной вентиляцией, в которых проводятся операции, при которых интенсивно выделяются вредные вещества (окрашивание деталей)
Встроенные отсосы	Встроенные приемники применяют при паяльных сварочных и других работах. Встроенные в инструмент приемники могут быть кольцевыми или верхними

5. Определение диаметров воздуховодов, м, на всех участках по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4 L}{\pi v_0 3600}} = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{L}{\pi v_0}}, \quad (5.13)$$

где L – расход воздуха на соответствующем участке, м³/час;

v_0 – скорость движения воздуха, м/с.

Для дальнейших расчетов принимается ближайший диаметр из имеющихся стандартных: 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 335, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1500 мм (стандартные диаметры приведены на рис. 5.1).

6. Перерасчет скорости движения воздуха на участках вентиляционной сети с учетом результатов подбора диаметров воздуховодов по формуле (5.11).

7. Определение потери давления в вентиляционной сети. Суммарные потери давления $\sum P$, Па, на участке воздуховода определяют по формуле:

$$\sum P = P_{TP} + P_M, \quad (5.14)$$

где P_{TP} – потери давления на трение, Па;

P_M – потери давления на местные сопротивления, Па.

Величина потери давления на трение, Па, может быть найдена по формуле:

$$P_{TP} = R \ell, \quad (5.15)$$

где R – потери давления на трение на один погонный метр воздуховода (определяют по номограмме – рис. 5.1), Па/м;

ℓ – длина участка воздуховода, м.

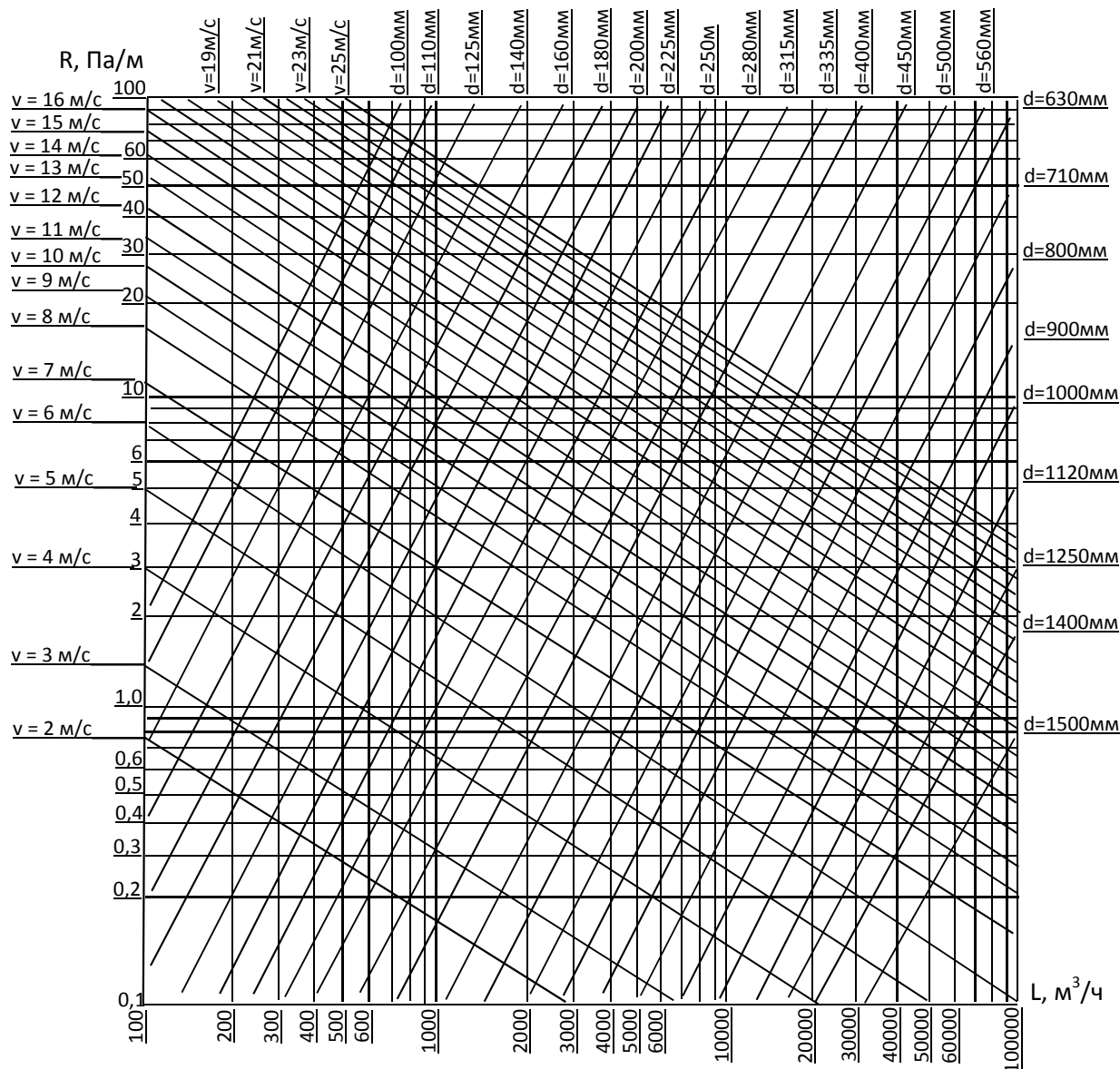
Величина потери давления на местные сопротивления, Па, может быть определена с учетом всех возможных сопротивлений по формуле:

$$P_M = \sum \zeta_M \rho \frac{v_\phi^2}{2},$$

где ζ_M – коэффициент местного сопротивления определяется по справочным данным (значения некоторых местных сопротивлений приведены в табл. 5.6);

v_ϕ – скорость движения воздуха, м/с;

ρ – плотность воздуха (для расчетов принимается 1,2 кг/м³).



R – потери давления в воздуховодах вентиляционной сети, Па/м;
 L – объем воздуха, который удаляется, за единицу времени, м³/час
 v – скорость движения воздуха, м/с;
 d – диаметр воздуховодов вентиляционной сети, мм

Рисунок 5.1 – Номограмма для определения параметров воздуховодов

8. Пересчет производительности вентилятора с учетом потерь или подсоса воздуха в воздуховодах:

$$\sum L_B = k \sum L, \quad (5.16)$$

где k – коэффициент, который учитывает потери или подсос воздуха (для стальных, асбоцементных и пластиковых воздуховодов длиной до 50 м принимают 1,1, а в иных случаях – 1,15);

$\sum L$ – расчетное общее количество воздуха для вентиляции, м³/час.

Таблица 5.6 – Коэффициенты местного сопротивления для некоторых конструкций местных вытяжных отсосов

Конструкция вытяжного отсоса	ξ
Вытяжной зонт (обычный)	0,4–0,6
Защитный кожух станка	1,2–1,5
Боковая панель	0,5–0,8
Кольцевой отсос	1,4
Бортовой отсос	0,8–1,2
Вход в трубу $d = 100$ мм	0,3–0,5
Вход в циклон	0,2
Циклон	4–6
Дуга 90° пятисегментная	0,2
Диффузор (переход к большему диаметру)	0,44

9 Зная общий расход воздуха вентиляционной сети $\sum L_B$, м³/час и потери давления в сети $\sum P$, Па, по графическим характеристикам (номограммами которые приведены на страницах 69–74 [23]) выбирают вентилятор и рассчитывают мощность электродвигателя вентилятора N , кВт, по формуле:

$$N = \frac{\sum L_B \sum P \cdot 10^{-3}}{3600 \eta_B}, \quad (5.17)$$

где $\sum L_B$ – общий расход воздуха вентиляционной сети, м³/час;
 $\sum P$ – суммарные потери давления в вентиляционной сети, Па;
 η_B – КПД вентилятора, выбирается по графическим характеристикам – номограммам [23].

Выбор типа электродвигателя для выбранного вентилятора осуществляют с помощью таблиц, приведенных на страницах 75–78 [23].

Выполним расчет вентиляционной системы для участка механического цеха.

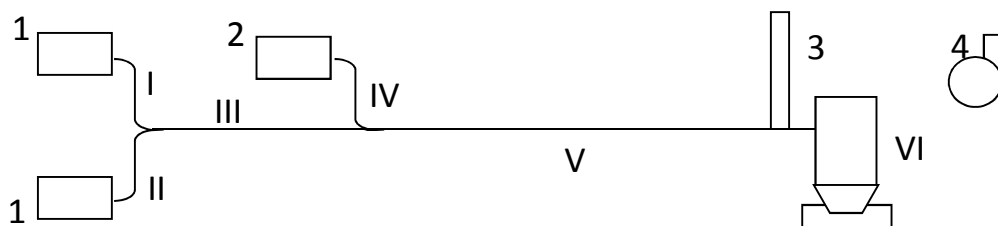
Выбираем конструкцию местного отсасывающего устройства для источников выделения пыли (табл. 5.5): для шлифовальных станков – кожухи, для фрезерного станка – вытяжной зонт.

Количество воздуха, который удаляется от каждого местного отсоса, известно (условия примера).

Определяем структуру вентиляционной сети и количество воздуха, который проходит по каждому участку вентиляционной сети. Схема вентиляционной сети изображена на рис. 5.2.

Количество воздуха на участке, где происходит объединение вентиляционных потоков, определяется простым суммированием. Так через участки I и II проходит по 2000 м³/час, через участок III –

4000 м³/час, участок IV – 1000 м³/час, участки V и VI – 5000 м³/час. Количество воздуха по участкам сети, м³/час, и длина участков, м, приведены в табл. 5.7.



1 – кожух; 2 – вытяжной зонт; 3 – циклон ЦН-15;
4 – центробежный вентилятор;
I, II, III, IV, V, VI – участки вентиляционной сети
Рисунок 5.2 – Схема вентиляционной сети

Таблица 5.7 – Количество воздуха и длина участков

Номер участка	I	II	III	IV	V	VI
L, м ³ /час	2000	2000	4000	1000	5000	5000
ℓ, м	8	8	9	5	50	–

Назначаем скорость движения воздуха на всех участках вентиляционной сети. На параллельных участках I, II, IV принимаем скорость равной 13 м/с. На участке III принимаем скорость 13,5 м/с, на участках V и VI принимаем скорость 14 м/с.

Определяем диаметр воздуховодов, м, на всех участках вентиляционной сети по формуле (5.13):

$$d_I = d_{II} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2000}{3,14 \cdot 13 \cdot 3600}} = 0,23 \text{ м};$$

$$d_{III} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4000}{3,14 \cdot 13,5 \cdot 3600}} = 0,32 \text{ м};$$

$$d_{IV} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 13 \cdot 3600}} = 0,165 \text{ м};$$

$$d_V = d_{VI} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5000}{3,14 \cdot 14 \cdot 3600}} = 0,355 \text{ м}.$$

Принимаем стандартные диаметры воздуховодов, исходя из рекомендаций пункта 5 методики расчета или номограммы (рис. 5.1):

$$d_I = d_{II} = 225 \text{ мм}, d_{III} = 315 \text{ мм}, d_{IV} = 160 \text{ мм}, d_V = d_{VI} = 335 \text{ мм}$$

Определяем скорость движения воздуха, м/с, по участкам вентиляционной сети с учетом стандартизированных диаметров воздуховодов:

$$v_{\phi I} = v_{\phi II} = \frac{2000}{900 \cdot 0,225^2 \cdot 3,14} = 14,0 \text{ м/с};$$

$$v_{\phi III} = \frac{4000}{900 \cdot 0,315^2 \cdot 3,14} = 14,3 \text{ м/с};$$

$$v_{\phi IV} = \frac{1000}{900 \cdot 0,16^2 \cdot 3,14} = 13,8 \text{ м/с};$$

$$v_{\phi V} = v_{\phi VI} = \frac{5000}{900 \cdot 0,335^2 \cdot 3,14} = 15,8 \text{ м/с}.$$

Определяем потери давления в вентиляционной сети. Расчет осуществляем последовательно для всех участков вентиляционной сети, начиная с наиболее отдаленного.

Определяем удельные потери давления (Па) на трение на 1 линейный метр на участках по номограмме рис. 5.1:

$$R_I = R_{II} = 7,6 \text{ Па/м}; \quad R_{III} = 6,5 \text{ Па/м};$$

$$R_{IV} = 14,0 \text{ Па/м}; \quad R_V = R_{VI} = 5,5 \text{ Па/м}.$$

Определяем потери давления в сети за счет трения воздушного потока в воздуховодах по формуле (5.15):

$$P_{TP} = R_I \ell_I + R_{II} \ell_{II} + R_{III} \ell_{III} + R_{IV} \ell_{IV} + R_V \ell_V = 2 \cdot 7,6 \cdot 8 + 6,5 \cdot 9 + 14 \cdot 5 + 5,5 \cdot 5 = 525 \text{ Па}$$

Определяем коэффициенты местных сопротивлений (табл. 5.6):

– на участке I: кожух с $\xi = 1,5$; дуга 90° пятисегментная с $\xi = 0,2$; диффузор (переход к большему диаметру) с $\xi = 0,44$;

– на участке II: сопротивления аналогичны участку I;

– на участке II: диффузор (переход к большему диаметру) с $\xi = 0,44$;

– на участке IV: зонт с $\xi = 0,5$; дуга с $\xi = 0,2$; диффузор (переход к большему диаметру) с $\xi = 0,44$;

– на участке V: дуга 90° с $\xi = 0,2$; вход в циклон с $\xi = 0,2$;

– на участке VI: циклон с $\xi = 4,0$.

Суммарный коэффициент местных потерь на участках сети составляет:

$$\sum \zeta_I = \sum \zeta_{II} = 2,14; \quad \sum \zeta_{III} = 0,44; \quad \sum \zeta_{IV} = 1,1; \quad \sum \zeta_V = 0,4; \quad \sum \zeta_{VI} = 4,0.$$

Определяем потери давления на местное сопротивление:

$$P_M = 2 \cdot 2,14 \cdot 1,2 \frac{14^2}{2} + 0,44 \cdot 1,2 \frac{14,3^2}{2} + 1,1 \cdot 1,2 \frac{14,3^2}{2} + 0,4 \cdot 1,2 \frac{15,8^2}{2} + 4 \cdot 1,2 \frac{15,8^2}{2} = 1345 \text{ Па}.$$

Определяем потери давления в вентиляционной сети по формуле (5.14):

$$\sum P = 525 + 1345 = 1870 \text{ Па}.$$

Пересчитаем производительность вентилятора с учетом потерь или подсоса воздуха в воздухопроводах по формуле (5.16):

$$\sum L_B = 1,1 \cdot 5000 = 5500 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Необходимый расход воздуха составит 5500 м³/час, потери давления 1870 Па. Исходя из этих параметров вентиляционной сети, выбираем вентилятор типа Ц 4-70 № 6 [23]. Коэффициент полезного действия вентилятора принимаем $\eta_v = 0,7$. Определяем мощность электродвигателя по формуле (5.17):

$$N = \frac{5500 \cdot 1870 \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot 0,7} = 4,08 \text{ кВт}.$$

Для обеспечения необходимой производительности вентиляционной сети выбираем вентилятор Ц 4-70 № 6 с электродвигателем А 02-41-4 мощностью 4 кВт, количеством оборотов в минуту 1440 [23].

Рассчитанная вентиляционная система местной вытяжной вентиляции для участка механического цеха обеспечит выполнение нормативных требований к воздуху рабочей зоны.

5.2 Отопление цехов

Системы отопления должны компенсировать потери тепла через внешние ограждающие здания конструкции и подогревать холодный воздух, который приходит извне через окна, двери, ворота и др. (пример 10). На предприятиях используют центральную водяную систему отопления низкого давления (примеры 11–12) или систему воздушного отопления (пример 13).

Пример 10. Определить расходы тепла зданием. Площадь ограждающих стен из обычного кирпича толщиной 510 мм составляет 1000 м². Коэффициент теплопередачи через стену 1,13 Вт/(м²·К).

Температура воздуха внутри помещений 20°C. Наружная расчетная температура – 16°C.

Решение. Количество тепла, Вт, которое теряется строительной конструкцией, зависит от разницы температур, величины их значений, площади и вида материала и может быть рассчитана для плоских поверхностей по формуле:

$$Q = K_{\Pi} S (t_{BH} - t_{HAP}), \quad (5.18)$$

где K_{Π} – коэффициент теплопередачи через стенку, Вт/(м²·К);

S – площадь ограждающих стен, м²;

t_{BH} – температура воздуха в помещении, °C;

t_{HAP} – температура наружного воздуха (принимается по климатическим данным для данной местности).

Количество тепла, которое теряется строительной конструкцией, составляет:

$$Q = 1,13 \cdot 1000 (20 - (-16)) = 40614 \text{ Вт}.$$

Расчеты показали, что расходы тепла составляют 40,6 кВт.

Пример 11. Рассчитать количество нагревательных приборов двухтрубной системы отопления. Тепловые потери в помещении составляют 60 кВт, теплоноситель – вода с начальной температурой 100°C и конечной 60°C; температура в помещении 18°C; тепловыделения трубопроводами не учитывать.

Решение. При проектировании системы отопления определяют [23]:

- категорию пожарной опасности производства (табл. К.1);
- внутреннюю температуру воздуха в помещении, которая зависит от категории работы (табл. Б.1);
- расчетную наружную температуру воздуха для данного климатического района;
- ориентировочные потери тепла зданием по формуле (5.18);
- тепловыделения от людей, электродвигателей, нагретых поверхностей котлов, сушильных установок, светильников, расплавленного металла и др. (пример 1);
- необходимую систему отопления, вид теплоносителя, тип отопительных приборов;
- количество тепла на отопление помещений;
- поверхность нагревательных приборов;
- количество элементов секций в одном нагревательном приборе, общее количество секций;
- часовые расходы воды (воздуха) на отопление;
- необходимую поверхность нагрева, тип и коэффициент полезного действия котла.

Расчет количества элементов секций в одном нагревательном приборе и общего количества секций выполняют на эквивалентный квадратный метр (э.к.м.) эталонного прибора. Поверхность нагрева нагревательных приборов, которая отдает тепло, определяют в э.к.м., а затем пересчитывают на метраж принятых для установки типов приборов.

Относительный тепловой расход воды (ккал/час) определяется по формуле:

$$q = \frac{7,98(\Delta t - 10)}{\Delta T_{\text{ПРИЛ}} G_{\text{ЕТ}}},$$

где Δt – разница температур между средней температурой теплоносителя в нагревательном приборе и температурой в помещении, °С;

$\Delta T_{\text{ПРИЛ}}$ – перепад температур теплоносителя в нагревательном приборе, °С.

$G_{\text{ЕТ}}$ – относительное количество воды, которая подается сверху донизу, кг/(м²·час).

Определяем относительный тепловой расход воды на эквивалентный квадратный метр из эталонного прибора [23] с подачей воды сверху донизу в количестве 17,4 кг/(м²·час):

$$q = \frac{7,98 \left[\left(\frac{100 + 60}{2} - 18 \right) - 10 \right]}{(100 - 60) \cdot 17,4} = 0,596 \text{ ккал / час}$$

Значение эквивалентного квадратного метра в ккал/(час·э.к.м.) можно рассчитать по формуле:

$$q_{\text{э.к.м.}} = 7,98 \alpha (\Delta t - 10),$$

где α – поправочный коэффициент, который зависит от относительного расхода воды (табл. 5.8).

Таблица 5.8 – Значение поправочного коэффициента в зависимости от относительного теплового расхода воды (ккал/час)

q, ккал/час	0,3	0,5	0,7	0,9	1	5	7	>7
α	0,85	0,91	0,95	0,99	1	1,03	1,06	1,07

При относительном тепловом расходе воды 0,6 ккал/час поправочный коэффициент составляет 0,93. Значение эквивалентного квадратного метра составляет:

$$q_{\text{э.к.м.}} = 7,98 \cdot 0,93 \left[\left(\frac{100 + 60}{2} - 18 \right) - 10 \right] = 386 \text{ ккал / (час} \cdot \text{э.к.м)} = 0,45 \text{ кВт} / \text{э.к.м.}$$

Определяем необходимую поверхность, м^2 , приборов эквивалентного квадратного метра :

$$S_{\text{ПРИЛ}} = \frac{Q}{q_{\text{э.к.м.}}} = \frac{60}{0,45} = 133 \text{ м}^2.$$

Необходимое количество секций радиаторов М-140 (единичная площадь $0,31 \text{ м}^2$) равняется

$$n = \frac{S_{\text{ПРИЛ}}}{S_{\text{э.к.м.}}} = \frac{133}{0,31} = 429 \text{ шт.}$$

Более обстоятельно расчет отопления приведен в литературе [6; 23].

Пример 12. Рассчитать поверхность нагрева и количество нагревательных приборов марки Н-136 (поверхность нагрева одной секции $0,285 \text{ м}^2$) для обогрева одноэтажного здания. Тепловые потери в помещении составляют $2,1 \text{ кВт}$, теплоноситель – вода с начальной температурой 95°C и конечной 70°C ; температура в помещении 18°C .

Решение. Необходимую поверхность нагрева определяем исходя из формулы (5.18). При этом разницу температур в данном случае находим между средней температурой воды и температурой воздуха в помещении. Коэффициент теплопередачи [6] принимаем $7,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$:

$$S = \frac{Q}{K_{\Pi}(t_{\text{CP}} - t_{\text{ВН}})} = \frac{2,09 \cdot 10^3}{7,8 \left(\frac{95 + 70}{2} - 18 \right)} = 4,16 \text{ м}^2.$$

Нужное количество нагревательных элементов данной марки составляет:

$$n = \frac{4,16}{0,285} = 14,6.$$

Расчет показал, что для обогрева здания нужно 15 элементов нагревательного прибора марки Н-136.

Пример 13. Подобрать калориферную установку для подогрева приточного воздуха, которая состоит из калориферов типа КФБ. Количество подогреваемого воздуха 15640 кг/час . Начальная температура воздуха -14°C , конечная температура – 20°C . Теплоноситель – вода с начальной температурой 130°C , конечной температурой 60°C .

Решение. Расчет и подбор калориферов проводится в следующем порядке [23]. Определяем количество теплая (ккал/час), которое идет на подогрев воздуха по формуле:

$$Q = L C \rho (t_{\text{КОН}} - t_{\text{НАЧ}}) = G C (t_{\text{КОН}} - t_{\text{НАЧ}}),$$

где L – объем воздуха, который нагревается, $\text{м}^3/\text{час}$;
 G – количество воздуха, который нагревается, $\text{кг}/\text{час}$;
 ρ – плотность воздуха при комнатной температуре, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 C – теплоемкость воздуха, $\text{ккал}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;
 $t_{\text{кон}}$ – конечная температура нагретого воздуха, $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{\text{нач}}$ – начальная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Принимаем теплоемкость воздуха $0,24 \text{ ккал}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ [23]. Определяем расход тепла на нагрев воздуха :

$$Q = 15640 \cdot 0,24 (20 - (-14)) = 127623 \text{ ккал} / \text{час}.$$

Необходимое сечение в калорифере для прохода воздуха определяем по формуле:

$$S_{\text{пов}} = \frac{L \rho}{3600 v_{\gamma}} = \frac{G}{3600 v_{\gamma}},$$

где v_{γ} – весовая скорость воздуха (принимается в пределах 7–10, а для ребристых калориферов 3–5), $\text{кг}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$.

Принимаем, что весовая скорость воздуха для пластинчатых калориферов $8 \text{ кг}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$, определяем сечение калориферной установки по воздуху:

$$S_{\text{пов}} = \frac{G}{3600 v_{\gamma}} = \frac{15640}{3600 \cdot 8} = 0,55 \text{ м}^2.$$

Согласно данных справочника (табл. 2.10 [23]) выбираем калорифер КФБ-10 с сечением по воздуху $0,558 \text{ м}^2$. Параллельная установка по воздуху двух калориферов образует сечение $1,116 \text{ м}^2$.

По действительным сечениям калорифера конкретной модели уточняется весовая скорость воздуха в $\text{кг}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$:

$$v_{\gamma} = \frac{G}{3600 S_{\text{пов}}} = \frac{15640}{3600 \cdot 1,116} = 3,9 \text{ кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{с}).$$

Скорость воды в трубах калорифера в $\text{м}/\text{с}$ определяется по формуле:

$$v = \frac{Q}{3600 \cdot 1000 S_{\text{тр}} (t_{\text{Г}} - t_{\text{ОБР}})},$$

где $S_{\text{тр}}$ – сечение труб калорифера для воды, м^2 ;
 $t_{\text{Г}}$ – температура горячей воды, которая подается из магистрали, $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{\text{ОБР}}$ – температура обратной воды, $^{\circ}\text{C}$;
 1000 – теплоемкость воды, $\text{ккал}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;
 Q – расход тепла на подогрев воздуха, $\text{ккал}/\text{час}$.

Определяем сечение прохода воды для калорифера КФБ-10 – 0,0143 м² (табл. 2.10 [23]). Определяем скорость движения воды в трубах калориферов, пропуская воду последовательно через каждый из них:

$$v = \frac{127623}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,0143 (130 - 60)} = 0,035 \text{ м/с.}$$

Теплоотдачу калорифера проверяем по формуле:

$$Q_K = S_K K (t_{\text{НД}}^1 - t_{\text{НД}}^2), \quad (5.19)$$

где S_K – поверхность нагрева калорифера (принимается в зависимости от типа выбранного калорифера), м²;

K – коэффициент теплопередачи (табл. 2.14–2.17 [20]), ккал/(кг·К);

t_{CP}^1 – средняя температура теплоносителя, °С;

t_{CP}^2 – средняя температура воздуха, который проходит через калорифер, °С.

Определяем коэффициент теплопередачи калориферов интерполяцией значений $K = 14,7$ ккал/(кг·К). Исходя из формулы (5.19) определяем необходимую поверхность нагрева калориферов установки:

$$\begin{aligned} S_y &= \frac{Q}{K \left[\left(\frac{t_{\text{Г}} - t_{\text{ОБР}}}{2} \right) - \left(\frac{t_{\text{НАЧ}} - t_{\text{КОН}}}{2} \right) \right]} = \\ &= \frac{127623}{14,7 \left[\left(\frac{130 - 60}{2} \right) - \left(\frac{-14 - 20}{2} \right) \right]} = 167 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Площадь поверхности нагрева одного калорифера выбранной модели составляет 61,2 м² (табл. 2.10 [23]). Определяем общее количество калориферов КФБ-10, которые необходимо установить:

$$n = \frac{S_y}{S_K} = \frac{167}{61,2} = 2,7.$$

Необходимо установить три калорифера КФБ-10.

5.3 Охрана окружающей среды

Основным направлением охраны окружающей среды является очистка вентиляционного воздуха [21; 28]. Для очистки воздуха используют разные методы, сравнительная характеристика которых приведена в табл. 5.9.

Таблица 5.9 – Характеристика методов очистки воздуха

Метод очистки	Эффективность очистки	Примеры аппаратов
Сухая очистка	40–60	Циклоны, ячейки
Мокрая очистка	93–98	Насадочные, пенные аппараты
Фильтрация	90–99	Зернистые, масляные фильтры
Электрическая очистка	90–99,7	Электрофильтры
Химическая очистка	95–99	Адсорберы, абсорберы
Биологическая очистка	95–99	Биофильтры

Методика оценки эффективности работы аппаратов приведена в примере 14. Методика расчета циклона приведена в примере 15. Методика выбора и расчета фильтра приведена в примере 16.

Пример 14. В батарею циклонов подается на очистку 12000 м³/час воздуха, который содержит 3 кг производственной пыли. Концентрация пыли в воздухе после циклонов 50 мг/м³. Определить коэффициент полезного действия циклона и сделать вывод о целесообразности второй степени очистки воздуха.

Решение. Эффективность аппаратов для очистки определяют по формуле:

$$\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} 100 = \left[100 - \left(\frac{C_2}{C_1} \cdot 100 \right) \right], \quad (5.20)$$

где C_1 – концентрация пыли в воздухе, который подается в батарею циклонов, мг/м³;

C_2 – концентрация пыли в воздухе, который выходит из батареи циклонов, мг/м³.

Концентрацию пыли в воздухе, который подается в батарею циклонов, мг/м³, определяем по формуле (5.12):

$$C_{np} = \frac{G_{np} \cdot 10^6}{L} = \frac{3 \cdot 10^6}{L} = 250 \text{ мг} / \text{м}^3$$

Коэффициент полезного действия циклона по формуле (5.20) составляет 80 %, но концентрация пыли в воздухе, который выходит из батареи циклонов, значительно превышает ПДК = 6 мг/м³ (табл. Б.2). Поэтому есть необходимость в организации второй степени очистки. Рассчитаем концентрацию пыли в воздухе после второй степени очистки в циклонах исходя из формулы (5.20) :

$$C_3 = \frac{C_2 (100 - \eta)}{100} = \frac{250 \cdot (100 - 80)}{100} = 200 \text{ мг} / \text{м}^3.$$

Расчет показал, что использовать вторую ступень очистки в циклонах не эффективно, потому что концентрация пыли в воздухе, который выходит из циклонов, значительно превышает ПДК. На второй степени очистки более целесообразно использовать другие методы и аппараты (табл. 5.9), например, влажная очистка или очистка на фильтрах.

Пример 15. Определить характеристики циклона типа ЦН-15 для очистки 20000 м³/час газа, температура которого равняется 300°С, а плотность во влажном состоянии при нормальных условиях 1,25 кг/м³. Гидравлическое сопротивление циклона составляет 700 Н/м². Коэффициент гидравлического сопротивления циклона равняется 165.

Решение. Основной характеристикой циклона является его диаметр. Диаметр циклона рассчитывают по формуле:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{L}{0,785 \cdot 3600 v}},$$

где $D_{\text{ц}}$ – диаметр циклона, м;

v – скорость воздуха в данном циклоне, м/с.

где L – количество воздуха, которое подается на очистку, м³/час.

Скорость воздуха в циклоне находят исходя из формулы для расчета потерь давления при движении воздуха :

$$v = \sqrt{\frac{2 \Delta P_{\text{ц}}}{\zeta_{\text{ц}} \rho_t}},$$

где v – скорость газа во входном патрубке, м/с;

$\Delta P_{\text{ц}}$ – гидравлическое сопротивление прохождения газов, Н/м²;

$\zeta_{\text{ц}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления;

ρ_t – плотность газовой среды в рабочих условиях, кг/м³.

Для циклона ЦН-15 гидравлическое сопротивление составляет 700 Н/м²; коэффициент гидравлического сопротивления равняется 163 [32].

Плотность газа, который подлежит очистке при рабочих условиях, рассчитывают по формуле:

$$\rho_t = \frac{\rho_0}{1 + T/273},$$

где ρ_t – плотность газа при необходимой температуре, кг/м³;

ρ – плотность газовой среды при нормальных условиях, кг/м³;

T – рабочая температура, К.

Плотность газа, который подлежит очистке, при рабочих условиях составляет:

$$\rho_t = \frac{1,25}{1 + (300 + 273)/273} = 0,403 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Тогда скорость воздуха в циклоне составляет:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 700}{163 \cdot 0,403}} = 4,6 \text{ м/с.}$$

Определяем внутренний диаметр цилиндрической части для необходимой производительности циклона :

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{20000}{0,785 \cdot 3600 \cdot 4,6}} = 1,24 \text{ м.}$$

По величине внутреннего диаметра, можно определить его конструктивные параметры с помощью справочных таблиц [32].

Пример 16. Рассчитать фильтр для вентиляционной установки производительностью 8000 м³/час. Концентрация угольной пыли в воздухе 20 мг/м³.

Решение. Согласно санитарным нормам допустимая концентрация угольной пыли (пыль, которая не содержит свободного оксида кремния) составляет 10 мг/м³ (ГОСТ 12.1.005-88). Содержимое пыли в поступающем воздухе не должна превышать 0,3 ПДК, то есть 3 мг/м³. Тогда коэффициент полезного действия по формуле (5.20) составляет:

$$\eta = \frac{20 - 3}{20} 100 = 85\%.$$

По данным табл. 5.10 выбираем масляный фильтр с кольцевой загрузкой, коэффициент полезного действия которого составляет 95%.

Таблица 5.10 – Характеристики фильтров разных типов

Тип	Конструкция	η , %	Удельная загрузка, м ³ /час
Тканевый	Плоский из марли	50	500
	Из хлопка	60–80	150
Масляный	Из перфорированных коробок	90	6000
	С кольцевой загрузкой	90–95	4000–6000
Бумажный		90–95	4000–6000

Для очистки вентиляционного воздуха от угольной пыли нужен масляный фильтр с площадью 2 м².

5.4 Защита от шума

Пример 17. Уровень шума в производственном помещении, размеры которого длина 10 м, ширина 8 м, высота 5 м, составляет 90 дБА. Пол в помещении – бетонная плита, стены и потолок – обычная штукатурка. Определить снижение уровня шума после акустической обработки стен и потолка звукопоглощающим материалом (коэффициент поглощения 0,9).

Решение. Снижение уровня шума за счет акустической обработки помещения ΔL определяется по следующей формуле [19]

$$\Delta L = 10 \lg(A_2/A_1) \quad (5.21)$$

где A_1 , A_2 – звукопоглощение помещения до и после акустической обработки, единиц поглощения.

Звукопоглощение помещения определяется по формуле:

$$A = S \cdot \alpha, \quad (5.22)$$

где S – площадь поверхности, m^2 ;

α – коэффициент поглощения материала поверхности, единиц поглощения.

Коэффициенты поглощения материала стен, потолка и пола приведены в табл. В.3. Находим коэффициенты поглощения материала стен (0,03), потолка (0,03) и пола (0,02).

Определяем по формуле (5.22) звукопоглощение помещения до проведения обработки :

$$A_1 = 2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 0,03 + 2 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 0,03 + 10 \cdot 8 \cdot 0,02 = 9,4 \text{ единицы поглощения.}$$

Определяем по формуле (5.22) звукопоглощение помещения после акустической обработки (обработки стен и потолка) :

$$A_2 = 2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 0,9 + 2 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 0,9 + 10 \cdot 8 \cdot 0,06 = 236,4 \text{ единицы поглощения.}$$

Снижение уровня шума по формуле (5.21) составляет:

$$\Delta L = 10 \lg(236,4/9,4) = 14 \text{ дБ.}$$

Уровень шума после обработки помещения ($90 - 14 = 76$ дБ) соответствует нормативным требованиям к производственным помещениям (табл. В.1).

Пример 18. Определить оптимальную величину зазора между звукопоглощающими перфорированными панелями и стеной для обеспечения максимального звукопоглощения. Частота шума источника колебаний 600 Гц, уровень шума 87 дБА, скорость звука в воздухе 340 м/с, толщина звукопоглощающего слоя 6 см. Определить также эффективность звукоизоляции при массе единицы площади панели 10 кг/м², стены – 420 кг/м².

Решение. Оптимальную величину зазора между звукопоглощающими панелями и стеной определяем по формуле:

$$l = \frac{\lambda}{4} - \frac{b}{2} = \frac{c}{4f} - \frac{b}{2}, \quad (5.23)$$

где λ – длина волны, м;

c – скорость звука, м/с;

f – частота, Гц;

b – толщина панели (перегородки), м.

Оптимальная величина зазора составляет 0,11 м.

Воздушная прослойка между стеной и звукопоглощающими панелями позволяет усилить звукоизоляцию. Эффективность звукоизоляции определяем по формуле:

$$L = L_{\phi} - [26 \lg (Q_1 + Q_2) - 6], \quad (5.24)$$

где L_{ϕ} – уровень шума перед стеной, дБ;

Q_1 и Q_2 – соответственно масса первой и второй перегородки, кг/м².

Уровень шума за стеной (эффективность звукоизоляции) составляет:

$$L = 87 - [26 \lg (10 + 420) - 6] = 24,5 \text{ дБ А.}$$

Расчет подтвердил эффективность защиты от шума.

Пример 19. В механическом цехе находится несколько источников шума, характеристика которых приведена в табл. 5.11. Предложить мероприятия по защите работающих от производственного шума.

Решение. Суммарный уровень шума определяют по формуле:

$$\sum L = 10 \lg (10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n}), \quad (5.25)$$

где L_1, L_2, L_n – уровень шума каждого источника с учетом их расстояния к расчетной точке, дБА.

Таблица 5.11 – Характеристика источников шума

Источник шума	Уровень звуковой мощности, дБА	Расстояние до расчетной точки, м
1	119	6
2	112	8
3	122	12
4	115	6
5	114	4

Рассчитаем уровень шума в каждом источнике с учетом расстояния до расчетной точки по формуле:

$$L_r = L_i - 10 \lg 2\pi r^2, \quad (5.26)$$

где L_r – уровень шума в расчетной точке, дБА;

L_i – уровень шума в источнике, который находится на расстоянии r (м) от расчетной точки, дБА.

$$L_1 = 119 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 6^2 = 95,5 \text{ дБА};$$

$$L_2 = 112 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 86 \text{ дБА};$$

$$L_3 = 122 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 12^2 = 119 \text{ дБА};$$

$$L_4 = 115 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 6^2 = 91,5 \text{ дБА};$$

$$L_5 = 114 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 4^2 = 94 \text{ дБА}.$$

Суммарный уровень шума определяют по формуле 5.25:

$$\sum L = 10 \lg (10^{0,195,5} + 10^{0,186} + 10^{0,1119} + 10^{0,191,5} + 10^{0,194}) = 99,7 \text{ дБА}$$

В итоге получаем, что уровень шума в расчетной точке составляет 99,7 дБА, что значительно превышает допустимый (табл. В.1). Рассчитаем необходимое снижение уровня шума:

$$\Delta L = 99,7 - 80 = 19,7 \text{ дБА}.$$

Для достижения соответствия санитарно-гигиенических условий нормативным требованиям можно использовать звукоизолирующую перегородку [2; 23; 24]. Звукоизолирующую способность однородной перегородки, дБ, можно рассчитать по формуле [23]

$$R = 20 \lg(G f) - 60 \quad (5.27)$$

где G – масса 1 м² перегородки, кг;
 f – частота, Гц.

Для обеспечения необходимого обзора из пульта оператора выбираем перегородку из стекла толщиной 6 мм, масса 1 м² которой составляет 16 кг (табл. В.4).

Звукоизолирующая способность такой перегородки, рассчитанная по формуле (5.27), для частоты 1000 Гц составляет 24 дБА. Фактический уровень шума в этом случае составит 75,7 дБА, что отвечает нормативным требованиям.

Пример 20. Сравнить эффективность снижения шума на пути его распространения через разные материалы: бетон, железобетон, сталь, силикатное и органическое стекло.

Решение. Для точных расчетов звукоизоляции предлагают использовать графический метод [19]. Для ориентировочных расчетов звукоизоляции плоских ограждений из разных материалов предлагают использовать формулы, которые приведены в табл. 5.12 [24].

Таблица 5.12 – Формулы для расчета звукоизоляции плоских ограждений

Материал ограждения	Формула
Материал, масса (m) 1 м ² которого составляет 100 – 1000 кг/м ² (бетон, кирпич)	$R = 22 \lg m - 12$
Материал, масса (m) 1 м ² которого больше 1000 кг/м ²	$R = 23 \lg m - 5$
Сталь, толщиной h = 1 – 10 мм	$R = 22 + 9 \lg h$
Силикатное стекло толщиной h = 2 – 10 мм	$R = 18 + 8,5 \lg h$
Органическое стекло толщиной h = 5 – 20 мм	$R = 12 + 12 \lg h$

Для упрощения сравнения эффективности снижения шума расчеты можно осуществить для массы ограждения 10 кг и толщины стали и стекла 10 мм. Звукоизоляция плоских ограждений по формулам (табл. 5.12) составляет: для бетона – 10 дБ, для железобетона – 18 дБ, для стали – 31 дБ, для силикатного стекла – 26,5 дБ, для органического стекла – 24 дБ.

Сравнение звукоизолирующей способности материалов позволяет определить наиболее эффективную конструкцию пультов управления, экранов и ограждений.

Пример 21. Звукоизолирующий кожух установки с повышенным уровнем шума имеет эффективность 25 дБА. Определить необходимую толщину силикатного стекла для глухого окна в кожухе установки, которая бы обеспечила звукоизоляцию на необходимом уровне.

Решение. Толщину стекла можно определить из формулы (табл. 5.12, силикатное стекло), решая ее относительно толщины:

$$\lg h = \frac{R - 18}{8,5} = \frac{25 - 18}{8,5} = 0,82; \quad h = 6,7 \text{ мм.}$$

Принимаем толщину 7 мм

Стекло в кожухе установки толщиной 7 мм обеспечит выполнение нормативных условий к уровню шума.

Пример 22. Определить снижение уровня звукового давления установки при использовании звукоизолирующего кожуха толщиной 0,001 м с внутренней облицовкой из технического войлока толщиной 0,01 м. Коэффициент звукопоглощения войлока 0,4, металлического кожуха 0,01. Плотность стали принять равной 7900 кг/м³, технического войлока 330 кг/м³. Частота колебаний 500 Гц.

Решение. Звукоизоляцию ограждения однослойного или из нескольких, жестко связанных между собой прослоек, дБ, можно рассчитать по формуле (5.27), при этом массу 1 м² перегородки определяем исходя из плотности материала слоя и толщины.

$$R = 20 \lg [500(0,001 \cdot 7900 + 0,01 \cdot 330)] - 60 = 14,96 \text{ дБ}.$$

Эффективность кожуха, дБ, определяют по формуле:

$$\Delta L = R + 10 \lg \alpha ,$$

где R – звукоизоляция стенок кожуха, дБ;

α – коэффициент звукопоглощения материала кожуха, для двухслойного кожуха определяют суммированием коэффициентов звукопоглощения каждой прослойки.

Коэффициент звукопоглощения войлока 0,4, металлического кожуха 0,01, то есть суммарный коэффициент звукопоглощения материала кожуха составляет 0,41, эффективность кожуха – 11 дБ.

Пример 23. Определить звукоизолирующую способность кожуха для машины, которая создает уровень шума 90 дБ при частоте 1000 Гц. Площадь поверхности машины 8,2 м², поверхности кожуха 10 м². Звукоизоляция стенок кожуха 26 дБ.

Решение. Допустимый уровень звука для производственных помещений с постоянными рабочими местами составляет при частоте 1000 Гц 75 дБ (табл. В.3). Эффективность кожуха, дБ, определяют по формуле [19]:

$$\Delta L_k = R_k - 10 \lg \frac{S_k}{S_o} ,$$

где R_к – звукоизолирующая способность стенок кожуха, дБ;

S_к – площадь поверхности кожуха, м²;

S_о – площадь поверхности машины, м².

Эффективность кожуха составляет 25 дБ. Необходимую звукоизоляцию кожуха, дБ, определяют по формуле [19]:

$$\Delta L_{\text{необх}} = L - 10 \lg S_{o.} - L_{\text{доп}} + 5 ,$$

где L – октавный уровень звукового давления источника шума, дБ;

$L_{\text{доп}}$ – допустимый уровень звукового давления, дБ.

В данном случае необходимая звукоизоляция кожуха составляет 11 дБ, то есть акустическая эффективность кожуха достаточная.

Пример 24. Определить размеры глушителей разного типа, которые используют для уменьшения шума участка испытания двигателей внутреннего сгорания для частоты 200 Гц. Расстояние от источника 2 км.

Решение. Для уменьшения аэродинамических шумов наиболее эффективным является использование глушителей [3; 27]. Они разделяются на активные (поглощают звуковую энергию), реактивные (отражают энергию обратно к источнику) и комбинированные. По конструкции они разделяются на пластинчатые, сотовые, камерные и резонансные. Хорошей поглощающей способностью на всех частотах владеют те глушители, в которых большое отношение сечения канала к его площади. Этим требованиям отвечают пластинчатые и сотовые глушители [6]. Определим их размеры. На выхлопе используется материал с коэффициентом поглощения 0,35; на всасывании материал с коэффициентом поглощения 0,5. У пластинчатого глушителя расстояние между пластинами 0,35 м, глушитель из сотов размером 0,4 м на 0,42 м.

Уменьшения шума в канале, дБ/м, определяют по формуле:

$$\delta = 1,1 \frac{\varphi(\alpha) P \ell}{S} ,$$

где P – пересечение канала, м;

ℓ – длина канала, м;

$\varphi(\alpha)$ – эффективный коэффициент звукопоглощения канала (определяется по табл. 5.13);

α – коэффициент поглощения канала.

Для пластинчатого глушителя формула изменяет вид. Определим уменьшение шума на 1 м длины со стороны выхлопа:

$$\delta_1 = 2,2 \frac{\varphi(\alpha)}{a} = \frac{2,2 \cdot 0,42}{0,32} = 2,9 \text{ дБ / м.}$$

Со стороны всасывания, где значение эффективного коэффициента звукопоглощения при $\alpha = 0,5$ составляет $\varphi(\alpha) = 0,65$ (по табл. 5.13), то есть в 1,55 раза больше, чем со стороны выхлопа, уменьшения шума на 1 м длины со стороны всасывания будет $\delta_2 = 4,5$ дБ/м.

Таблица 5.13 – Эффективный коэффициент звукопоглощения

α	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\varphi(\alpha)$	0,1	0,2	0,35	0,5	0,65	0,9	1,2	1,6	2,0	4,0

Для сотового глушителя при тех же коэффициентах звукопоглощения уменьшение шума на 1 м длины со стороны выхлопа составляет:

$$\delta_1 = 1,1 \frac{0,42 \cdot 2(0,4 + 0,42)}{0,4 \cdot 0,42} = 4,5 \text{ дБ / м},$$

а со стороны всасывания будет $\delta_2 = 7$ дБ/м.

Для того, чтобы на расстоянии 2000 м шум не оказывал влияния на людей его уменьшение должно составлять 19 дБ (табл. 5.14).

Таблица 5.14 – Уменьшение шума для звука с частотой 200 Гц при свободном распространении звука

Расстояние, м	100	200	400	1000	2000	3000
Уменьшение шума, дБ	45	39	33	25	19	13

Общая длина пластинчатого глушителя со стороны выхлопа должна быть $19/2,9 = 6,7$ м, а со стороны всасывания 4,2 м. Для сотового глушителя – соответственно 4,2 и 2,7 м. Расчеты показали, что размеры сотового глушителя меньше.

5.5 Защита от вибрации

Мероприятия по уменьшению влияния вибрации на человека разделяются на коллективные и индивидуальные [3; 23; 27]. Коллективные мероприятия, в свою очередь, подразделяются на мероприятия по снижению вибрации в источнике возникновения (уменьшение параметров вибрации, настройка от резонансных режимов) и мероприятия по снижению вибрации по пути ее распространения. Снижение вибрации по пути ее распространения достигается за счет демпфирования, динамического гашения и виброизоляции. Методика расчета демпфирования приведена в [27]. Расчет пружинных и резиновых виброизоляторов приведен в примерах 25–26. Расчет динамического гашения фундаментом приведен в примере 27.

Пример 25. Рассчитать виброизолированную основу центробежного вентилятора с клинопасовой передачей от электродвигателя,

установленного на тяжелом железобетонном перекрытии. Скорость вращения вентилятора 420 мин^{-1} , электродвигателя – 975 мин^{-1} . Масса всей установки (вентилятора, электродвигателя, шкива) – 2055 кг. Эксцентриситет вращающихся деталей вентилятора составляет 0,2 мм. Вес вращающихся частей вентилятора составляет 5000 Н.

Решение. Поскольку скорость вращения вентилятора меньше скорость вращения электродвигателя, то за расчетную скорость принимаем скорость вращения вентилятора, то есть 420 мин^{-1} .

Для снижения вибраций, которые передаются на несущую конструкцию, применяются пружинные или резиновые виброизоляторы. Для агрегатов, которые имеют скорость вращения менее 1800 мин^{-1} , следует применять пружинные виброизоляторы; при скорости вращения свыше 1800 мин^{-1} допускается применение и резиновых виброизоляторов [23]. Выбираем пружинные виброизоляторы.

Необходимую эффективность виброизоляции находим по табл. 5.15 – для вентилятора со скоростью вращения 420 мин^{-1} она составляет 20 дБ.

Таблица 5.15 – Необходимая эффективность виброизоляции

Оборудование	Необходимая эффективность виброизоляции
Центробежные компрессоры	34
Поршневые компрессоры мощностью, кВт:	
до 10	17
от 10 до 50	20
от 50 до 100	26
Центробежные насосы	26
Вентиляторы с числом оборотов, мин^{-1} :	
больше 800	26
от 500 до 800	20–26
от 350 до 500	17–20
от 200 до 350	11–20

Необходимый вес виброизолированной установки, в Н, рассчитывается по формуле:

$$P_H \geq \frac{2.5 \varepsilon P_{\text{вр.д.}}}{A_{\text{доп}}},$$

где $P_{\text{вр.д}}$ – вес вращающихся деталей, Н;

ε – эксцентриситет вращающихся деталей, мм;

$A_{\text{доп}}$ – максимально допустимая амплитуда смещения центра тяжести установки (приблизленно берется по данным табл. 5.16 [23]), мм.

Таблица 5.16 – Допустимая амплитуда смещения центра тяжести установки

Скорость вращения, мин. ⁻¹	300	400	500	600	700	900	1200	1500	2000
Допустимая амплитуда смещения, мм	0,2	0,18	0,16	0,145	0,13	0,11	0,09	0,07	0,04

Максимально допустимая амплитуда смещения центра тяжести установки при скорости вращения 420 мин⁻¹ составляет 0,18 мм.

Определяем минимальный необходимый вес виброизолированной установки:

$$P_H \geq \frac{2,5 \cdot 0,2 \cdot 5000}{0,18} = 13900 \text{ Н.}$$

Поскольку масса агрегата (2055 кг) больше, чем необходимая масса установки (1390 кг), то в качестве агрегата может быть использована сварная рама. Ориентировочно массу рамы можно принимать равной до 0,4 от массы всей установки. Принимаем массу рамы 540 кг. Для данного случая общая масса будет составлять:

$$m = m_y + m_p = 2055 + 540 = 2595 \text{ кг.}$$

Определяем необходимую суммарную жесткость виброизоляторов в вертикальном направлении, Н/м, по формуле:

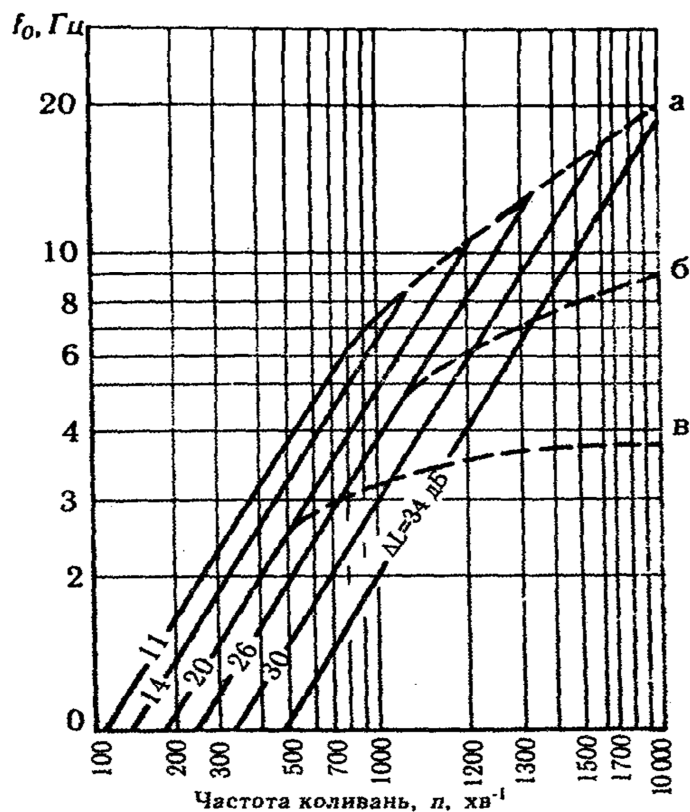
$$K_{zH} = \omega_0^2 m = 4 \pi^2 f_{0\text{доп}}^2 m, \quad (5.28)$$

где ω – допустимая окружная частота собственных колебаний, с⁻¹,
 $f_{0\text{доп}}$ – допустимая частота собственных колебаний (определяется по рис. 5.2), Гц.

По графику рис. 5.2 определяем допустимую частоту собственных вертикальных колебаний виброизолированной установки при необходимой эффективности виброизоляции 20 дБ и скорости обращения 420 мин⁻¹. Она составляет 2,2 Гц.

Необходимая суммарная жесткость виброизоляторов в вертикальном направлении по формуле (5.28) составляет:

$$K_{zH} = 4 \pi^2 \cdot 2,2^2 \cdot 2595 = 496000 \text{ Н / м.}$$



а – для подвальных этажей; б – для железобетонных межэтажных перекрытий; в – для легких бетонных перекрытий

Рисунок 5.2 – Определение допустимой частоты собственных вертикальных колебаний виброизолированной установки

Расчетная максимальная нагрузка на одну пружину, в Н, определяется по формуле:

$$P_{\text{max. расч}} = P_{\text{ст}} + 1,5 \cdot 10^{-3} \frac{4 \pi^2 f^2 A_{\text{доп}}}{g} P_{\text{ст}},$$

где $P_{\text{ст}}$ – статическая нагрузка на одну пружину, Н;

f – расчетная частота вынуждающей силы, Гц;

$A_{\text{доп}}$ – максимально допустимая амплитуда смещения (определяется по табл. 5.16), мм;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 , $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Определяем частоту вынуждающей силы по формуле:

$$f = \frac{n}{60} = \frac{420}{60} = 7 \text{ Гц}.$$

Статическая нагрузка на одну пружину, в Н, определяется по формуле:

$$P_{ст} = \frac{P}{n \cdot m},$$

где P – общий вес установки, Н;

n – число виброизоляторов;

m – число пружин в одном виброisolаторе.

Число пружин в каждом кустовом виброisolаторе принимаем равным двум ($m = 2$), минимальное число виброisolаторов равняется четыре ($n = 2$), определяем статическую и максимальную нагрузку на одну пружину:

$$P_{ст} = \frac{2595 \cdot 9,81}{2 \cdot 4} = 3182 \text{ Н},$$

$$P_{\max, \text{расч}} = 3182 + \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 7^2 \cdot 0,18}{9,81} 3182 = 3330 \text{ Н}.$$

Определим допустимую жесткость одной пружины, Н/м, по формуле:

$$K_H = \frac{K_{zH}}{n \cdot m} = \frac{496000}{2 \cdot 4} = 61500 \text{ Н / м}.$$

При такой нагрузке можно подобрать пружину (по табл. 5.5 [21]): это типовая пружина ДО-45, для которой:

$$P_{\max} = 3800 \text{ Н} > P_{\max, \text{расч.}} = 3330 \text{ Н};$$

$$K_z = 45000 \text{ Н / м} < K_H = 61500 \text{ Н / м}.$$

Параметры пружины ДО-45 (по табл. 5.5 [23]): диаметр провода 15 мм; диаметр пружины 120 мм; число рабочих витков 6,5; высота пружины в ненагруженном состоянии 245 мм; полная высота провода 3032 мм.

Определяем эффективность виброизоляции, дБ, по формуле:

$$\Delta L = 20 \lg \left(\frac{f^2}{f_0^2} - 1 \right), \quad (5.29)$$

где f – частота вынуждающей силы, Гц;

f_0 – частота собственных вертикальных колебаний установки, Гц.

Частоту собственных вертикальных колебаний установки, Гц, определяют по формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_z g}{P_{CT}}}, \quad (5.30)$$

где K_z – жесткость избранной пружины, Н/м.

Частота собственных вертикальных колебаний установки составляет:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_z g}{P_{CT}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{45000 \cdot 9,81}{3182}} = 1,9 \text{ Гц}.$$

Тогда эффективность виброизоляции составляет:

$$\Delta L = 20 \lg \left(\frac{7^2}{1,9^2} - 1 \right) = 22 \text{ дБ}.$$

Полученное значение ΔL должно быть не меньше, чем необходимое значение, которое приведено в табл. 5.15 (для данного вентилятора это 20 дБ). Условие выполняется – виброизолятор выбрали верно.

Пример 26. Рассчитать резиновые прокладки под вентилятор со скоростью вращения 3000 мин^{-1} (50 Гц), соединенный клиноременной передачей с электродвигателем со скоростью вращения 970 мин^{-1} . Вес всей установки 33300 Н. Вентилятор установлен на тяжелом железобетонном перекрытии.

Решение. Целью расчета является выбор марки резины и определение высоты виброизоляторов и их поперечных размеров (диаметра цилиндра или стороны квадрата) [23].

Площадь поперечного сечения всех виброизоляторов S , м^2 , и высота каждого виброизолятора H_p , м, определяется по формулам:

$$S = \frac{P}{\sigma}, \quad H_p = \frac{E_g S}{K_{zn}},$$

где P – общий вес виброизолированной установки, Н;

σ – расчетное статическое напряжение в резине, Н/м^2 ;

E_g – динамический модуль упругости резины из натурального каучука, Н/м^2 ;

K_{zn} – необходима суммарная жесткость виброизоляторов в вертикальном направлении, Н/м.

Характеристики резины для виброизоляторов приводятся у справочной литературе [23, 27]: расчетное статическое напряжение в резине $5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$; твердость резины $74 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, динамический модуль упругости $166 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.

Необходимую суммарную жесткость виброизоляторов в вертикальном направлении определяем по формуле (5.28), при этом допустимую частоту собственных колебаний выбираем в зависимости от величины $\Delta L = 26 \text{ дБ}$ (табл. 5.15) по рис. 5.2 – $f_{0 \text{ доп}} = 11 \text{ Гц}$:

$$K_{zn} = 4 \pi^2 f_{0 \text{ доп}}^2 m = 4 \pi^2 \cdot 11^2 \frac{33300}{9,8} = 162 \cdot 10^5 \text{ Н / м.}$$

Определяем площадь поперечного сечения и рабочую высоту:

$$S = \frac{33300}{5 \cdot 10^5} = 6,65 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2; \quad H_p = \frac{166 \cdot 10^5 \cdot 6,65 \cdot 10^{-2}}{162 \cdot 10^5} = 7 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Принимаем количество виброизоляторов $n = 6$.

Площадь каждого виброизолятора составляет:

$$S_i = \frac{6,65 \cdot 10^{-2}}{6} = 1,11 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Размер стороны квадрата (призматический столбик) составляет:

$$\delta = \sqrt{1,11 \cdot 10^{-2}} = 1,06 \cdot 10^{-1} \text{ м.}$$

Условие стойкости резинового виброизолятора:

$$1,5 H_p \leq \delta \leq 8 H_p.$$

Если это условие не выполняется, необходимо взять резину с другой жесткостью или отказаться от резиновых виброизоляторов и выбрать пружинные.

Проверяем выполнение условия стойкости виброизолятора :

$$1,5 H_p = 1,5 \cdot 7 \cdot 10^{-2} = 0,105 \leq \delta = 0,106 \leq 8 H_p = 8 \cdot 7 \cdot 10^{-2} = 0,56.$$

Условие стойкости выполняется.

Определяем полную высоту виброизолятора :

$$H = H_p + \frac{1}{8} \delta = 7 \cdot 10^{-2} + \frac{1,06 \cdot 10^{-1}}{8} = 0,84 \cdot 10^{-1} \text{ м.}$$

Проверяем эффективность виброизоляции по формуле (5.29). Частота вынуждающей силы составляет 50 Гц, а для определения частоты собственных вертикальных колебаний установки рассчитаем общую жесткость всех виброизоляторов, Н/м :

$$K_z = \frac{E_g S}{H_p} = \frac{166 \cdot 10^5 \cdot 6,65 \cdot 10^{-2}}{7 \cdot 10^{-2}} = 158 \cdot 10^5 \text{ Н / м.}$$

Частота собственных вертикальных колебаний установки по формуле (5.30) составляет:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_z g}{P_{CT}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{158 \cdot 10^5 \cdot 9,81}{33300}} = 11 \text{ Гц.}$$

Тогда эффективность виброизоляции по формуле (5.28) составляет:

$$\Delta L = 20 \lg \left(\frac{50^2}{11^2} - 1 \right) = 26 \text{ дБ.}$$

Полученное значение ΔL не меньше, чем выбранное ранее по табл. 5.15. Расчет закончен.

Пример 27. Рассчитать виброизоляцию виброплощадки и виброгасящий фундамент, обеспечив соблюдение допустимых параметров вибрации рабочих мест. Выполнить два варианта устройства виброизоляции – пружинные виброизоляторы и пневморезиновые амортизаторы. Определить эффективность рассчитанных виброизолирующих устройств. Виброплощадка с вертикально направленным направлением колебаний имеет грузоподъемность 10 т; общий вес 13860 Н, в том числе вес подвижных частей 11300 Н; частота колебаний 50 Гц; максимальный кинетический момент дебалансов 5200 Н·см, амплитуда колебаний виброплатформы 0,5 мм, размер виброплатформы 6 м на 2,2 м; почва – мелкий, мало влажный песок.

Решение. Рассчитаем виброизоляцию с применением пружинных виброизоляторов [16; 23]. Динамическую силу, создаваемую дебалансами вибраторов, в Н, можно определить по формуле:

$$F = \frac{M \omega^2}{g} = \frac{4 M \pi^2 f^2}{g},$$

где ω – круговая частота вибраторов, с^{-1} ;

M – максимальный кинетический момент дебалансов, Н·м;

f – частота колебаний, Гц.

Динамическая сила, создаваемая дебалансами вибраторов, составляет:

$$F = \frac{4 \cdot 520000 \cdot \pi^2 50^2}{9,81} = 522629 \text{ Н}.$$

Коэффициент передачи при гармонических колебаниях без учета затухания в виброизоляторах можно определить по формуле:

$$\mu = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1}, \quad (5.31)$$

где f_0 – собственная частота системы, Гц.

Собственная частота системы, Гц, определяется из отношения:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K g}{F}} = \frac{5}{\sqrt{\lambda_{cm}}},$$

где m – масса виброизолированного объекта, кг;

K – жесткость виброизоляторов, Н/м;

F – силовая нагрузка на виброизоляторы, Н;

$\lambda_{ст.}$ – статическая деформация виброизоляторов (принимают 0,3–0,5 см), см.

Принимаем статическую деформацию виброизоляторов равной 0,5 см, тогда собственная частота системы составляет:

$$f_0 = \frac{5}{\sqrt{\lambda_{cm}}} = \frac{5}{\sqrt{0,5}} = 7,05 \text{ Гц}.$$

Коэффициент передачи по формуле (5.31) составляет:

$$\mu = \frac{1}{\left(\frac{50}{7,05}\right)^2 - 1} = \frac{1}{49}.$$

Динамическая сила, которая передается на фундамент, составляет:

$$F_\phi = F \mu = \frac{522629}{49} = 10666 \text{ Н}.$$

Определяем массу основания (фундамента) :

$$m_{\phi} = \frac{P - P_{p.ч.}}{g} = \frac{13860 - 11300}{9,81} = 261 \text{ кг.}$$

Принимаем минимальные размеры основы виброплощадки 500 см на 200 см, то есть площадь составляет 100000 см^2 и рассчитываем коэффициент жесткости естественной основы за заданной почве. Свойства разных типов почв приведены в табл. 5.17 [16; 23].

Таблица 5.17 – Допустимое нормативное давление на почву

Тип почвы	Допустимое нормативное давление на почву $R \cdot 10^5$, Па
Пески крупные	3,5–4,5
Пески средней крупности	2,5–3,5
Пески мелкие мало влажные	2–3
Пески мелкие насыщенные водой	2,5–1,5
Пески пылевидные мало влажные	2,0–2,5
Пески пылевидные очень влажные	1,5–2,0
Пески пылевидные насыщенные водой	1,0–1,5
Супесчаный при коэффициенте пористости 0,5	3
Супесчаный при коэффициенте пористости 0,7	2
Суглинки при коэффициенте пористости 0,5	2,5–3,0
Суглинки при коэффициенте пористости 0,7	1,8–2,5
Суглинки при коэффициенте пористости 1,0	1–2

Примечание: допустимое нормативное давление на почву $R \cdot 10^5$, Па, отвечает следующим значением коэффициента упругого равномерного сжатия C_z , Н/см : при $R = 1$ $C_z = 20$, при $R = 2$ $C_z = 40$, при $R = 3$ $C_z = 50$, при $R = 4$ $C_z = 60$, при $R = 5$ $C_z = 70$.

Для песка мелкого мало влажного при допустимом нормативном давлении $2 \cdot 10^5$ Па коэффициент упругого равномерного сжатия составляет 40 Н/см^3 .

Коэффициент жесткости естественного основания (фундамента) составляет:

$$K_{\phi} = S_{\phi} C_z = 10^5 \cdot 40 = 4 \cdot 10^6 \text{ Н / см.}$$

Частота собственных вертикальных колебаний виброплощадки определяем по формуле (5.30):

$$f_{\phi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_{\phi} g}{P_{CT}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_{\phi}}{m_{\phi}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{4 \cdot 10^6}{261}} = 21,6 \text{ Гц}.$$

Амплитуда перемещения основы виброплощадки составляет:

$$A_{\phi} = \frac{F_{\phi}}{K_{\phi} \left(\frac{f^2}{f_{\phi}^2} - 1 \right)} = \frac{10666}{4 \cdot 10^6 \left(\frac{50^2}{21,6^2} - 1 \right)} = 0,00061 \text{ см} = 0,0061 \text{ мм}.$$

Таким образом, при применении пружинных виброизоляторов амплитуда перемещения основы виброплощадки не превышает допустимое значение – 0,0282 мм (табл. В.5).

Рассчитаем виброизоляцию с применением пневморезиновых амортизаторов. Собственную частоту колебаний виброплощадки, установленной на пневморезиновых амортизаторах определяют по формуле [21]:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_{\Pi} + C_E + C_{\Gamma}}{m_{п.ч}}} = \frac{S}{2\pi} \sqrt{\frac{1,41 P_0}{m_{п.ч} V}},$$

где C_{Π} – жесткость от изменения эффективной площади, Н/м;

C_E – жесткость упругого пневмoeлемента, Н/м;

C_{Γ} – жесткость резиновокордовой оболочки, Н/м;

$m_{п.ч}$ – масса подвижных частей, кг;

P_0 – рабочее давление в пневморезиновом амортизаторе (принимают в расчетах рабочее давление в камерах $6 \cdot 10^4$ Па), Па;

V – объем камеры пневморезинового амортизатора (принимают $0,4 \text{ м}^3$), м^3 ;

S – общая эффективная площадь установленных пневморезиновых амортизаторов (принимают $1,5 \text{ м}^2$), м^2 .

Собственная частота колебаний виброплощадки составляет:

$$f_0 = \frac{1,5}{2\pi} \sqrt{\frac{1,41 \cdot 6 \cdot 10^4 \cdot 9,81}{11300 \cdot 0,4}} = 3,3 \text{ Гц}.$$

Определяем коэффициент передачи пневморезиновых амортизаторов по формуле (5.31):

$$\mu = \frac{1}{\left(\frac{50}{3,3} \right)^2 - 1} = \frac{1}{229}.$$

Динамическая сила, которая передается на основание (фундамент), составляет:

$$F_{\phi} = F \mu = \frac{522629}{229} = 2282 \text{ Н.}$$

Амплитуда перемещения основания виброплощадки составляет:

$$A_{\phi} = \frac{F_{\phi}}{K_{\phi} \left(\frac{f^2}{f_{\phi}^2} - 1 \right)} = \frac{2282}{4 \cdot 10^6 \left(\frac{50^2}{21,6^2} - 1 \right)} = 0,00013 \text{ см} = 0,0013 \text{ мм.}$$

Таким образом, при использовании пневморезиновых амортизаторов амплитуда перемещения фундамента не превышает допустимую величину (табл. В.5).

Расчеты показали, что пневморезиновые амортизаторы более эффективны, поскольку коэффициент передачи пружинных амортизаторов 1/49, а пневморезиновых амортизаторов – 1/229. При использовании пневморезиновых амортизаторов нет необходимости в дорогих и сложных в изготовлении фундаментах.

5.6 Производственное освещение

Различают естественное и искусственное освещение помещений. Расчет естественного освещения приведен в примерах 29, 30 и литературе [3, 6, 23]. Для расчета искусственного освещения используют 2 метода: метод светового потока [23, 24] и точечный метод [6, 23]. Методом использования светового потока рассчитывают общее освещение помещения (пример 28).

Пример 28. Рассчитать освещение помещения механического цеха. Размеры помещения: длина $A = 120$ м, ширина $B = 80$ м, высота $H = 10,8$ м. Коэффициенты отражения потолка – 50%, стен – 30%. Для освещения использованы светильники с лампами типа ДРЛ.

Решение. Систему освещения рассчитываем методом использования светового потока.

По методу коэффициента использования светового потока определяют необходимый световой поток одной лампы по формуле:

$$F_{\text{л}} = \frac{100 E_{\text{н}} S K Z}{\eta n}, \quad (5.32)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормируемое значение освещенности горизонтальной рабочей поверхности, лк (определяется по табл. Г.1);

S – площадь помещения, м^2 ;
 K – коэффициент запаса (определяется по табл. Г.14);
 Z – коэффициент неравномерности освещения (при расположении светильников рядами принимают 1,1);

η – коэффициент использования светового потока;

n – количество светильников;

Нормируемая освещенность для механического цеха при использовании ламп ДРЛ (газоразрядные лампы) составляет 300 лк, коэффициент запаса – 1,3.

Коэффициент использования светового потока лампы зависит от типа светильника, коэффициентов отражения потолка $\rho_{\text{п}}$ и стен $\rho_{\text{с}}$, индекса помещения (определяется по табл. Г.15).

Индекс помещения находим по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}, \quad (5.33)$$

где A, B – длина и ширина помещения, м;

h – высота подвеса светильника от уровня рабочей поверхности, м.

Для расчета системы освещения необходимо выбрать схему расположения светильников и, исходя из схемы, определить их количество. Наиболее часто используется схемы квадратного или прямоугольного размещения светильников. Расстояние между светильниками L определяют по данным табл. 5.18, в которой приведены оптимальные отношения L к высоте подвеса светильника H_p над рабочей поверхностью. По величине L для данной схемы расположения светильников определяют количество светильников по длине и ширине помещения, а также их общее количество – n .

Таблица 5.18 – Оптимальные относительные расстояния между светильниками

Типичная кривая силы света светильника	Рекомендованное отношение L/H_p	Примеры использования
Концентрированная	0,4–0,7	Светильники с лампами ДРЛ, высокие помещения (12–18 м)
Глубокая	0,8–1,2	Светильники с лампами ДРЛ, высокие помещения (6–15 м)
Косинусная	1,2–1,6	Светильники с лампами ДРЛ, Глибокоизлучатель*, помещения (6–7 м)
Равномерная	1,8–2,6	Светильники Универсаль*, Люцета*, невысокие помещения (до 6 м)
Полуширокая	1,4–2,0	Светильники с люминесцентными лампами, невысокие помещения (до 6 м)

Примечание. * Светильники с лампами накаливания

Высота подвеса светильника в нашем случае составляет $H_p = 10$ м (высота рабочей поверхности принимается 0,8 м).

Для светильника с лампами ДРЛ и высоких помещений ($H = 10,8$ м) по табл. 5.18 принимаем оптимальное отношение расстояния между светильниками L к высоте подвеса светильника H_p над рабочей поверхностью равным 0,8 и находим L :

$$L = 0.8 \cdot H_p = 0.8 \cdot 10 = 8 \text{ м.}$$

Рассчитаем количество светильников для прямоугольного размещения их в помещении. Количество светильников по длине цеха:

$$n_A = A / L = 120 / 8 = 15 \text{ шт.}$$

Количество светильников по ширине цеха:

$$n_B = B / L = 80 / 8 = 10 \text{ шт.}$$

Общее количество светильников:

$$n = n_A \cdot n_B = 15 \cdot 10 = 150 \text{ шт.}$$

Рассчитаем по формуле (5.33) индекс помещения:

$$i = \frac{120 \cdot 80}{10(120 + 80)} = 4,8.$$

Находим коэффициент использования светового потока для светильников с лампами ДРЛ по табл. Г.15 (коэффициенты отражения потолка 50%. стен – 30%. Коэффициент использования составляет 70%.

Рассчитываем по формуле (5.32) световой поток для одной лампы:

$$F_{\lambda} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 120 \cdot 80 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{70 \cdot 150} = 39223 \text{ лм.}$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу (табл. Г.16), причем ее световой поток не должен отличаться от расчетного более чем на (-10) – (+20) %. При невозможности выбрать лампу с таким приближением корректируется количество ламп в светильнике n , или количество светильников.

В нашем случае необходимо взять 4 лампы: ДРЛ-250 ($F_{\lambda} = 10000$ лм, $W_{\lambda} = 250$ Вт).

Определяем фактическую освещенность:

$$E_{\text{факт.}} = \frac{F_{\text{факт.}} \cdot E_n}{F_{\lambda}} = \frac{4 \cdot 10000 \cdot 300}{39223} = 306 \text{ лк.}$$

Отклонение фактической освещенности от нормируемой составляет:

$$\Delta E = \left| \frac{E_{\phi} - E_n}{E_n} \right| 100 = \left| \frac{306 - 300}{300} \right| 100 = 2 \%,$$

что отвечает требованиям.

Определяем общую мощность осветительной установки:

$$W = 4 \cdot 250 \cdot 150 = 150 \text{ кВт.}$$

Рассчитанная система общего освещения обеспечивает выполнение нормативных требований.

Пример 29. Рассчитать боковое одностороннее естественное освещение для производственного участка с размерами $L = 120$ м $B = 30$ м и высотой $H = 5$ м. Высота рабочей поверхности $h_p = 0,9$ м. Здание находится в городе Донецке (IV световой пояс) и напротив окон участка, которые сориентированы на запад, нет затеняющих объектов. В производственной деятельности выполняются работы высокой точности (III разряд, подразряд б). Окна изготовлены из двойных деревянных рам, в которых вставлено оконное листовое стекло, светозащитные устройства отсутствуют. Размеры окон: $1,8 \times 2,4$ м. Окна расположены на высоте $1,5$ м от пола, расстояние от расчетной точки к стене составляет 15 м.

Решение. Расчет естественного освещения заключается в определении площади световых проемов по формулам:

– при одностороннем освещении помещения

$$100 \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_n K_z \eta_o K_{зд}}{\tau_o r_1}; \quad (5.34)$$

– при верхнем освещении помещения

$$100 \frac{S_{\phi}}{S_n} = \frac{e_n K_z \eta_{\phi}}{\tau_o r_2 K_{\phi}}; \quad (5.35)$$

где S_o — площадь окон;

S_n — площадь пола;

E_n — нормируемое значение КЕО (определяется по табл. Г.1);

K_z — коэффициент запаса (для производственных помещений $K_z = 1,3$ – $1,5$);

η_o — световая характеристика окон (определяется по табл. Г.2);

$K_{зд}$ — коэффициент, который учитывает затенение окон зданиями, которые расположены напротив (определяется по табл. Г.3);

τ_o — общий коэффициент светопропускания;

τ_1 – коэффициент, который учитывает повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, который отражается от поверхностей помещения (определяется по табл. Г.6);

S_{ϕ} – площадь фонарей;

η_{ϕ} – световая характеристика фонарей (определяется по табл. Г.7);

τ_2 – коэффициент, который учитывает повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, которое отражается от поверхностей помещения (определяется по табл. ДБН В.2.5-28-2006);

K_{ϕ} – коэффициент, который учитывает тип фонаря (определяется по табл. ДБН В.2.5-28-2006).

Общий коэффициент светопропускания определяется по формуле:

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (5.36)$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала (определяется по табл. Г.5);

τ_2 – коэффициент, который учитывает потери света в оконной раме (определяется по табл. Г.5);

τ_3 – коэффициент, который учитывает потери света в несущих конструкциях (при боковом освещении 1; при верхнем – определяется по табл. Г.5);

τ_4 – коэффициент, который учитывает потери света в солнцезащитных устройствах (определяется по табл. Г.5);

τ_5 – коэффициент, который учитывает потери света в защитной сетке, которая устанавливается под фонарями (принимается равным 0,9).

Значение коэффициента τ_1 определяется по табл. Г.6 в зависимости от параметров помещения и среднего коэффициента отражения ρ_{cp} потолка, стен, пола, который определяется по формуле:

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_{потолка} S_{потолка} + \rho_{стен} S_{стен} + \rho_{пола} S_{пола}}{S_{потолка} + S_{стен} + S_{пола}}, \quad (5.37)$$

где $\rho_{потолка}$, $\rho_{стен}$, $\rho_{пола}$ – соответствующие коэффициенты отражения;

$S_{потолка}$, $S_{стен}$, $S_{пола}$ – соответствующие площади поверхностей.

Определенные с помощью расчета размеры световых прорезей допускается изменять на (+5)% – (-10)%.

Нормируемые значения КЕО определяются в соответствии с ДБН В.2.5-28-2006. С целью учитывания особенностей светового климата в разных географических пунктах вся территория бывшего СССР разделена на 5 поясов светового климата (табл. Г.1).

Нормируемое значение КЕО (e_n) для зданий, размещенных в I, II, IV и V поясах светового климата, определяется по формуле:

$$e_n = e_n^{III} m C \quad (5.38)$$

где e_n^{III} – значение КЕО (определяется по табл. Г.1);

m – коэффициент светового климата;

C – коэффициент солнечности климата (определяется по табл. Г.4).

Территория Крымского полуострова принадлежит к V поясу светового климата, остальная территория Украины – к IV. Коэффициент для IV и V поясов светового климата представляет соответственно 0,9 и 0,8.

Исходя из формулы 5.34, необходимая площадь окон определяется по формуле:

$$S_o = \frac{e_n K_3 \eta_o S_n}{\tau_o r_1 100}$$

Определим сначала необходимые для расчета значения.

Нормируемое значение КЕО найдем, воспользовавшись табл. Г.1:

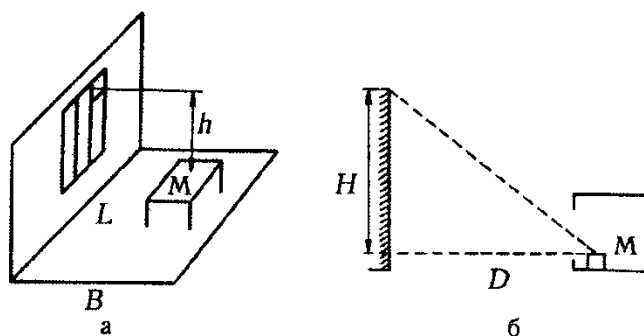
$$e_n = e_n^{III} m C = 2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,44$$

Принимаем коэффициент запаса $K_3 = 1,3$. Значение световой характеристики окон η_o определяется отношениями $L/B = 120/30 = 4$ и $B/h = 30/3 = 10$ (рис. 5.3, а). По табл. Г.2 находим $\eta_o = 12,5$. Площадь пола производственного участка составляет $S_n = 3600 \text{ м}^2$. Поскольку окна не имеют солнцезащитных устройств, выполненных из двойных деревянных рам, в которых вставлено оконное листовое стекло, то по найденным в табл. Г.5 значениями определяем общий коэффициент светопропускания окон:

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48.$$

Определяем средний коэффициент отражения помещения:

$$\rho_{cp} = \frac{0,7 \cdot 3600 + 0,5 \cdot 1500 + 0,1 \cdot 3600}{3600 + 1500 + 3600} = 0,42$$



а – световая характеристика окна; б – затенение окна зданием

Рисунок 5.3 – Естественное боковое освещение помещения

Для определения коэффициента γ_1 рассчитаем значение параметров, которые характеризуют помещение, :

$$B/h=30/3=10; \quad l/B=15/30 = 0,5; \quad L/B=120/30=4.$$

По табл. Г.6 определяем коэффициент $\gamma_1 = 1,5$.

Подставив предварительно найденные значения определяем необходимую площадь окон производственного участка:

$$S_o = \frac{1,44 \cdot 1,3 \cdot 12,5 \cdot 3600}{0,48 \cdot 1,5 \cdot 100} = 1170 \text{ м}^2$$

В помещении установлены окна с размером 1,8 x 2,4 м, тогда площадь одного окна будет представлять $S_o^1 = 4,32 \text{ м}^2$. Определим необходимое количество окон:

$$n = \frac{S_o}{S_o^1} = \frac{1170}{4,32} = 270,8$$

Принимаем 271 окно.

Пример 30. Рассчитать верхнее естественное освещение, которое осуществляется с помощью фонарей с вертикальным двусторонним остеклением, для производственного цеха длиной $L = 100$ м, шириной $B = 20$ м и высотой $H = 10,8$ м, который состоит из четырех пролетов шириной $l_1 = 25$ м; высота условной рабочей поверхности $h_p = 0,7$ м. Здание находится в городе Краматорске (IV световой пояс). В производственной деятельности выполняются зрительная работа грубая и требующая общего наблюдения за производственным процессом.

Решение. Необходимое соотношение площади фонарей к площади помещения определяется по формуле (5.35):

$$100 \frac{S_\phi}{S_n} = \frac{e_n K_z \eta_\phi}{\tau_o r_2 K_\phi},$$

Определим сначала необходимые для расчета значения.

Нормируемое значение КЕО находим по табл. Г.1 и по формуле 5.38 рассчитываем коэффициент естественной освещенности для IV светового климата

$$e_n^{I,II,IV,V} = e_n^{III} m c = 2 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 1,62.$$

Принимаем коэффициент запаса $K_z = 1,5$.

Значение световой характеристики фонарей η_ϕ определяется с помощью табл. Г.2 и требует предварительного определения отношения длины помещения к ширине пролета $L_n/l_1 = 100/25 = 4$ и отношение высоты

помещения к ширине пролета $H/l_1 = 10,8/25 = 0,43$. По табл. Г.2 находим $\eta_\phi = 4,5$.

Общий коэффициент светопропускания окон определяем по формуле 5.36 с предыдущим нахождением соответствующих коэффициентов (табл. Г.5), принимая во внимание, что в качестве светопропускающего материала используется оконное листовое одинарное стекло, пересечения фонарей деревянные, а несущие конструкции выполнены в виде стальных ферм:

$$\tau_o = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,55.$$

Средний коэффициент отражения помещения ρ_{cp} , определяется по формуле 5.37, значение коэффициентов отражения потолка, стен и пола приведено в табл. Г.10:

$$\rho_{cp} = \frac{0,25 \cdot 1000 + 0,1 \cdot 720 + 0,4 \cdot 1000}{1000 + 720 + 1000} = 0,26.$$

Определяем коэффициент r_2 по табл. Г.8, предварительно рассчитав отношение высоты помещения, которое принимается от условной рабочей поверхности к нижней грани застекления H_ϕ , к ширине пролета l_1 , $H_\phi/l_1 = 10,1/25 = 0,4$; $r_2 = 1,05$.

Коэффициент K_ϕ , который зависит от типа фонаря, определяем по табл. Г.9: $K_\phi = 1,2$.

Найдем необходимое соотношение площади фонарей к площади производственного помещения:

$$\frac{S_\phi}{S_n} = \frac{e_n K_z \eta_\phi}{\kappa r_2 K_\phi 100} = \frac{1,62 \cdot 1,5 \cdot 4,5}{0,55 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 100} = 0,157.$$

Полученное значение анализируем с помощью ДБН В.2.5-28-2006, в которых приведены минимальные значения отношения световых прорезей к площади пола помещения.

Расчетное отношение световых прорезей к площади пола помещения удовлетворяет нормативным требованиям для естественного верхнего освещения с учетом зрительной точности выполняемых работ.

5.7 Безопасность производственного оборудования

Методики расчетов ограждающих средств защиты, их прочности, толщины и конструкции приведены в примерах 31–36 [6; 16; 24]; расчет предохранительного клапана в примере 37 [6]. Количественные методы оценки безопасности производственного оборудования приведены в примерах 39, 40 [4, $1_i = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,55, 4$].

Пример 31. Определить необходимую минимальную высоту ограждений, если источник опасности находится на высоте 1,2 м. Расстояние между ограждением и опасным элементом составляет 50 см.

Решение. Минимальную высоту ограждений типа барьеров, которые препятствуют попаданию работающих в опасную зону, выбирают в зависимости от высоты расположения опасного элемента и расстояния между ограждением и опасным элементом по табл. Д.2.

В данном случае при высоте расположения опасного элемента 1200 мм и расстоянием между ограждением и опасным элементом 500 мм минимальная высота барьера составляет 1600 мм.

Пример 32. Предложить конструкцию сетчатого ограждения, если расстояние до опасного элемента составляет 20 см.

Решение. Сетчатые ограждения можно использовать только при отсутствии вероятности динамического влияния на защитный экран. Величины безопасного расстояния от опасного элемента до поверхности ограждения приведены в табл. Д.1.

В данном случае при расстоянии до опасного элемента составляет 20 см наибольший диаметр окружности, которая вписана в отверстие сетки составляет 40 мм

Пример 33. Вывести в общем виде формулу расчета прочности стеклянного щитка на металлорежущем станке для защиты от отлетающей стружки.

Решение. Выбор материала и толщины экрана (щитка) зависит от величины динамических нагрузок, которые действуют на щиток. На металлорежущих станках на защитный экран может ударно влиять элементная стружка, а также режущий инструмент при его вылете в результате плохого закрепления или разрушения. Определение толщины сплошного экрана при деформации проводится для наиболее опасного случая – удар в центр экрана. При этом прочность экрана должна отвечать условию [5; 26]:

$$[\sigma] > \sigma_{\text{экв}} , \quad (5.39)$$

где $[\sigma]$ – допустимое напряжение на изгиб материала экрана, Н/м²;

$[\sigma]_{\text{экв}}$ – действующее эквивалентное напряжение на изгиб материала экрана (определяется как разница между напряжением на изгиб в направлении высоты экрана и напряжением в направлении длины экрана), Н/м².

Напряжение на изгиб рассчитывается с учетом коэффициента Пуассона, динамического модуля упругости материала экрана и деформации по осями координат. Деформации по осями координат рассчитываются в зависимости от динамического влияния; максимальной массы элемента, вылет которого возможен; скорости элемента в момент удара, времени столкновения элемента с экраном; расстояния от элемента

до экрана в начальный момент; значение статичного влияния на экран; высоты и длины экрана.

Щиток для защиты от отлетающей стружки представляет собой пластинку прямоугольной формы длиной a , шириной b , толщиной δ . Пластика зажата по концам в древках так, что систему можно рассматривать как балку, которая лежит на двух опорах. Стружка имеет вес P , летит в направлении щитка со скоростью v и ударяет в щиток перпендикулярно в его середину. Расстояние от места отделения стружки до щитка равняется x . Тогда уравнение (5.39) можно представить в виде [5]:

$$\frac{P v^2}{2 g} = \frac{[\sigma]^2 a b \delta}{18 E},$$

где E – динамический модуль упругости материала экрана, Па;
 g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Величины динамического модуля упругости E и допустимого напряжения на изгиб материала экрана $[\sigma]$ некоторых материалов приведены в табл. Д.3.

Из уравнения получаем условие прочности защитного щитка:

$$P v^2 \leq \frac{[\sigma]^2 a b \delta g}{9 E}.$$

Выбирая соответствующие материал и размеры можно сделать щиток крепким для максимально возможного веса стружки и скорости ее отлетания.

Пример 34. Размеры шлифовального круга: диаметр 700 мм, высота 50 мм, диаметр отверстия 305 мм. Круг рассчитан на работу со скоростью 35 м/с. После модернизации на станке можно выполнять работу со скоростью резания до 50 м/с. Определить размеры нового кожуха из листовой стали.

Решение. Размеры отдельных элементов кожуха шлифовальных кругов рекомендуется определять, исходя из рекомендаций, приведенных в табл. Д.4.

По табл. Д.4 определяем, что для данного шлифовального круга при скорости резания до 50 м/с толщину листовой стали для цилиндрической части кожуха рекомендуется брать равной 13 мм. Ближайшая стандартная толщина листовой стали 15 мм, потому толщину цилиндрической части берем с некоторым запасом.

Толщина каждой из боковых стенок по той же таблице устанавливается 10 мм. Правая стенка усиливается угольниками, которые одновременно служат для крепления кожуха. Такое усиление стенки необходимо потому, что в случае удара осколками разорвавшегося круга, напряжение в правой стенке будет выше, чем в левой.

Пример 35. Определить толщину стенки ограждения круга заточного станка. Масса круга составляет 14 кг, окружная скорость вращения – 40 м/с.

Решение. Толщину стенки ограждения абразивного оборудования можно определить по табл. 5.19 [14].

Ударную нагрузку определяют по формуле:

$$F = m v^2 = 2 r_0,$$

где m – масса круга или детали, кг;

v – окружная скорость вращения, м/с;

r_0 – радиус центра тяжести половины абразивного круга или детали, м.

Таблица 5.19 – Толщина стенки ограждения абразивного оборудования

Вид материала	Толщина стенки ограждения абразивного оборудования, мм, при ударной нагрузке, Н					
	4000	8000	12000	16000	20000	24000
Сталь листовая	7	10	14	15	17	17,5
Сталь литая	13	18	22	25	27,5	29
Чугун	18	25	31	–	–	–

Радиус центра тяжести половины абразивного круга или детали определяют по формуле:

$$r_0 = 4R^3 - \frac{r^3}{3\pi R^2} - r^2,$$

где r – радиус центрального отверстия круга или детали, м;

R – радиус внешней окружности круга или детали, м/

В данном случае ударная нагрузка составляет 22400 Н, поэтому толщина стенки ограждения должна быть не менее 17,5 мм при использовании стали листовой и не менее 29 мм при использовании стали литой.

Пример 36. Предложить конструкцию ограждения частей оборудования, которые находятся под напряжением 6 кВт.

Решение. Устройства, которые находятся под напряжением до 1 кВт закрывают сплошными ограждениями, кожухами или крышками с замком. Открытые токопроводные части размещают на высоте более 2,5 м. Устройства напряжением свыше 1000 В, во избежание случайного прикосновения к открытым частям, ограждают. Используют сплошные или сетчатые ограждения. Высота ограждений не ниже 1,7 м. Размер ячеек сетки 20 на 20 мм. Металлические ограждения необходимо заземлять. Расстояние между ограждением и оборудованием зависит от напряжения – табл. 5.20. Двери в ограждении блокируются электрическим или электромеханическим средством [14].

Таблица 5.20 – Расстояние между ограждением и частями оборудования

Вид ограждения	Расстояние между ограждением и частями оборудования, мм, при напряжении, кВт					
	3	6	10	20	35	110
Сплошное	105	130	155	210	320	750
Сетчатое	175	200	225	280	390	820

При ограждении частей оборудования, которые находятся под напряжением 6 кВт, расстояние между ограждением и частями оборудования должно быть 130 мм при использовании сплошного ограждения и 200 мм при использовании сетчатого ограждения.

Пример 37. Рассчитать параметры предохранительного пружинного клапана с радиусом витков 30 мм Диаметр тарелки 60 мм, соотношение рычагов x_1 к x_2 составляет 100 мм к 50 мм Давление открытия клапана 8 атм. Ход клапана 10 мм Максимально допустимо сжатие пружины до 100 мм. Характеристики материала пружины: напряженность в пружине при полном открытии клапана 392 МПа, модуль упругости $78,4 \cdot 10^9$ Па.

Решение. К параметрам предохранительного пружинного клапана относятся диаметр проволоки пружины и количество витков пружины.

Диаметр проволоки пружины предохранительного пружинного клапана определяют по формуле [5]:

$$d = 3 \sqrt{\frac{16 P_{\max} R}{\pi \tau}},$$

где $P_{\max}$ – максимальное усилие при сжатии пружины, Н;

R – радиус витка пружины, м;

τ – напряженность в пружине при полном открытии клапана, Па.

Определяем максимальное усилие при сжатии пружины. Для этого рассчитаем усилие при открытии клапана:

$$P_1 = P \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{x_1}{x_2} = 8 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \cdot \frac{3,14 \cdot (60 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot \frac{100}{50} = 4430 \text{ Н}.$$

Начальное сжатие пружины составляет:

$$\lambda_1 = \lambda_2 - h \frac{x_2}{x_1} = 100 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3} \frac{50}{100} = 0,095 \text{ м}.$$

Максимальное усилие при сжатии пружины составляет:

$$P_{\max} = P_1 \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 4430 \frac{0,1}{0,095} = 4675 \text{ Н}.$$

Рассчитываем диаметр проволоки пружины клапана:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 4675 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 392 \cdot 10^6}} = 0,012 \text{ м.}$$

Рассчитает количество витков пружины :

$$n = \frac{\lambda_1 G d^4}{64 P_{\max} R^3} = \frac{0,095 \cdot 78,4 \cdot 10^9 0,012^4}{64 \cdot 4675 \cdot (30 \cdot 10^{-3})^3} = 20,8 \text{ витка.}$$

Таким образом, для данных условий работы для предохранительного клапана нужно 20,8 витка проволоки диаметром 1,2 см.

Пример 38. Предложить средства защиты для оборудования с передачей, которая выступает из корпуса. Время действия опасного фактора составляет 10 с, время задержки доступа в опасную зону – 5 с.

Решение. Для обеспечения безопасных условий труда при наличии подвижных частей оборудования наиболее целесообразно использовать одновременно ограждающие и предохранительные средства защиты, а именно блокировочные устройства.

Требования к ограждающим средствам защиты приведено в примере 31. Блокировочные средства выбирают в зависимости от критериев блокировки [14], которые приведены в табл. 5.21.

Таблица 5.21 – Критерии выбора блокировочных устройств

Время действия опасного фактора, с	Время задержки доступа в опасную зону, с			
	1–3	3–5	5–10	Свыше 10
1–3	А, Б, В	А, Б	А, Б	А, Б
3–5	В, Г	В, Г	А, Б	А, Б
5–10	А, Б, В, Д	В, Г	В	А, Б
10–25	А, Б, В, Д	А, Б, В, Д	А, Б, В, Д	В, Г
Свыше 25	А, Б, В, Д	А, Б, В, Д	А, Б, В, Д	А, Б, В, Д

Примечания. 1. В таблице приняты следующие обозначения: А – электрические; Б – фотоэлектронные; В – электромеханические; Г – механические; Д – емкостные. 2. При времени действия опасного фактора свыше 10 с рекомендуется применение совместного использования блокировочных устройств и тормозных средств.

При времени действия опасного фактора 10 с и времени задержки доступа в опасную зону 5 с наиболее целесообразно использовать механические и электромеханические блокировочные средства защиты.

Пример 39. Участок механического цеха состоит из 5 станков. Анализ нормативных требований к данному виду оборудования позволил выявить основные возможные нарушения требований безопасности. К ним

относятся: отсутствие защитного экрана зоны резания; отсутствие местного освещения; неудобное расположение органов управления; несоответствие формы и окраски органа аварийного отключения.

Анализ фактического состояния станков показал существующие нарушения требований безопасности: станок №1 – отсутствие защитного экрана зоны резания; станок № 2 – несоответствие формы и окраски органа аварийного отключения; станок № 3 – отсутствие местного освещения; станок № 4 – неудобное расположение органов управления и отсутствие защитного экрана зоны резания; станок № 5 – неудобное расположение органов управления.

Рассчитать коэффициент безопасности станков участка. Определить и обосновать последовательность модернизации участка.

Решение. Для оценки технического состояния оборудование использует коэффициент безопасности оборудования. Оценка безопасности существующего оборудования является важной составной частью аттестации рабочих мест. Она позволяет определить мероприятия по приведению оборудования в соответствие с требованиями стандартов безопасности.

Безопасность оборудования оценивается коэффициентом безопасности K_6 , который равен 100 если оборудование отвечает требованиям стандартов безопасности на данный вид оборудования.

Суть методики оценки безопасности производственного оборудования:

- составляется список всех возможных нарушений требований безопасности, предложенных для данного вида оборудования;
- путем экспертной оценки определяется важность каждого из нарушений (составляется ранжированная последовательность нарушений);
- каждому из нарушений присваивается коэффициент весомости в соответствии с ранжированной последовательностью, которая определяется с помощью нормированной функции, при этом сумма всех весомых коэффициентов равняется единице;
- оценивается наличие перечисленных нарушений для конкретного производственного оборудования; при этом стоит иметь в виду, что нарушением считается не только отсутствие какого-либо элемента, но и неправильное его выполнение;
- коэффициент безопасности конкретного оборудования K_6 определяется по формуле:

$$K_6 = 100 \left(1 - \sum_1^n g_i \right), \quad (5.40)$$

где $\sum_1^n g_i$ – сумма коэффициентов весомости выявленных нарушений требований безопасности для данного оборудования.

Оценка безопасности оборудования позволяет определить последовательность замены оборудования на новое, или последовательность его модернизации с целью приведения в соответствие с требованиями стандартов. Кроме того, количественная оценка уровня безопасности используемого оборудования позволяет наметить и обосновать мероприятия по повышению безопасности рабочих мест.

Список всех возможных нарушений требований безопасности, предлагаемых к данному виду оборудования приведен в условиях примера. Составляем ранжированную последовательность нарушений согласно нашей экспертной оценке и определяем коэффициент весомости каждого нарушения (табл. 5.22).

Таблица 5.22 – Ранжированная последовательность нарушений

Нарушение требований безопасности	Оценка, балл.	Коэффициент весомости
Отсутствие защитного экрана зоны резания	10	$10 / 30 = 0,333$
Отсутствие местного освещения	9	$9 / 30 = 0,30$
Неудобное расположение органов управления	4	$4 / 30 = 0,133$
Несоответствие формы и окраски органа аварийного отключения	7	$7 / 30 = 0,233$
Вместе	30	1

Определяем коэффициент безопасности для каждого станка по формуле 5.40:

$$\begin{aligned}
 \text{станок № 1} \quad K_6 &= 100(1 - 0,333) = 66,7; \\
 \text{станок № 2} \quad K_6 &= 100(1 - 0,233) = 76,7; \\
 \text{станок № 3} \quad K_6 &= 100(1 - 0,30) = 70,0; \\
 \text{станок № 4} \quad K_6 &= 100(1 - (0,333 + 0,133)) = 53,4; \\
 \text{станок № 5} \quad K_6 &= 100(1 - 0,133) = 86,7.
 \end{aligned}$$

В соответствии с полученными коэффициентами безопасности определяем последовательность модернизации участка цеха: станок №4, потом – 1, 3, 2 и 5.

Пример 40. По оценке специалистов травмирующими факторами станка являются: не огражденные трехкулачковый патрон, ходовой вал, ходовой винт; отсутствие защитного экрана от отлетающей стружки; деталь (заготовка); электрический ток (нет автоматического отключения). Наиболее вредными факторами при работе на станке определили уровень шума (95 дБА) и аэрозоли СОЖ (приводят к начальным признакам негативных реакций организма). Определить общий показатель безопасности данного станка.

Решение. В качестве основных критериев безопасности принимается:

- количество опасных (травмирующих) факторов машин;
- статистическая вероятность нанесения травмы каждым из них;

- среднестатистическая тяжесть возможной травмы по всем травмирующим факторам;
- количество вредных факторов, генерируемых данной машиной;
- параметры каждого из этих вредных факторов.

Рассмотренные критерии полностью характеризуют степень (уровень) безопасности конструкции. Они выражены в виде количественных коэффициентов в единой шкале измерения и обобщены в комплексный (общий) показатель безопасности H_6 , который имеет следующий вид:

$$H_6 = 1 - R_0$$

где 1 – уровень идеальной безопасности (100%);

R_0 – величина (уровень) опасностей всех вместе взятых и компенсированных в единый показатель травмирующих и вредных факторов оборудования.

$$R_0 = T_0 \Delta R_0 - T_0.$$

где T_0 – уровень опасности травмирующих факторов оборудования;

ΔR_0 – уровень опасности вредных факторов оборудования.

Если в конструкции оборудования травмирующих факторов несколько, то совокупная опасность определяется их суммой:

$$T_0 = T_1 + T_2 + \dots + T_n = \sum_{i=1}^n T_i.$$

Уровень опасности каждого i -го травмирующего фактора определяется по формуле:

$$T = K_R^{(i)} \cdot K_T^{(i)}$$

где $K_R^{(i)}$ – среднестатистический показатель вероятности травмирования, определенный на основе многолетних статистических данных;

$K_T^{(i)}$ – показатель среднестатистической тяжести травмы, вызванной данным травмирующим фактором.

Величины коэффициентов T приведены в таблице 5.23. Значения коэффициентов опасности вредных факторов, полученные на основе данных медицинских исследований, приведены в таблице 5.24.

Если машина является источником нескольких вредных факторов, то коэффициент их опасности определяется по формуле:

$$\Delta R_0 = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_m = \sum_{i=1}^m \lambda_i$$

Для определения значения коэффициента опасности вредных веществ необходимо рассчитать степень превышения ПДК, ПДУ или ПДД по формуле:

$$\alpha = \frac{Y_{\phi}}{Y_{н}},$$

где Y_{ϕ} и $Y_{н}$ – фактические и нормативные значения показателей элементов условий труда в существующих единицах измерения.

Таблица 5.23 – Значения коэффициентов вероятности и тяжести травм для травмоопасных элементов металлорежущих станков

Название травмоопасных элементов	Значение коэффициента травмоопасности, Т
1 Режущий инструмент (фрезы, сверла, абразивные круги, циркулярные пилы и др.)	0,065
2 Вращающиеся зажимные приспособления (патроны, планшеты, шпиндели, и др.)	0,041
3 Движущиеся части станков (столы, суппорты и др.)	0,006
4 Элементы передаточных механизмов (ходовые винты, валы, ремни и др. передачи)	0,050
5 Заготовки	0,050
6 Обрабатываемые детали	0,035
7 Стружка	0,028
8 Ручной инструмент, который используется при эксплуатации станков	0,010
9 Электрический ток	0,080

Y_{ϕ} определяются условиями труда на рабочем месте, $Y_{н}$ – по нормативным документам.

По табл. 5.23 определим значения коэффициента травмоопасности Т для каждого вида нарушений. Общий коэффициент опасности травмирующих факторов равен:

$$\begin{aligned} \text{Тобщ.} &= \text{Тпатр.} + \text{Тх.в} + \text{Тх.в} + \text{Тстр} + \text{Тдет.} + \text{Тэл.ток.} = \\ &= 0,040 + 0,050 + 0,050 + 0,028 + 0,035 + 0,080 = 0,283 \end{aligned}$$

Определим коэффициент опасности вредных факторов. Нормативное значение уровня шума в механических цехах составляет 85дБ. Определим степень превышения ПДУ:

$$\alpha_{\text{шума}} = 95:85 = 1,1.$$

По таблице 5.24 определим значение коэффициента опасности для шума $\lambda_{\text{шума}} = 0,1$ и СОЖ $\lambda_{\text{СОЖ}} = 0,1$.

$$\Delta R_o = \lambda_{\text{шума}} + \lambda_{\text{СОЖ}} = 0,1 + 0,1 = 0,2.$$

Таблица 5.24 – Значения коэффициентов опасности вредных веществ металлорежущих станков

Реакция организма человека	Превышение ПДК (ПДУ, ПДД) в рабочей зоне, α раз					Значение коэффициента опасности, λ
	Вредные вещества, СОЖ	Шум	Вибрация	Электромагнитные поля	Инфракрасное из- лучение	
I Зона безопасных концентраций, уровней, доз в пределах ПДК, ПДУ, ПДД						
1 Негативные реакции организма не проявляются						0,0
II Зона вероятных рабочих концентраций , уровней, доз						
2 Начальные признаки негативных реакций организма	2,0	1,1	1,7	3,0	1,5	0,1
3 Начало развития хронических заболеваний	3,5	1,2	2,2	3,7	1,8	0,2
4 Проявление хронических заболеваний	5,0	1,3	2,7	4,2	2,0	0,3
5 Острые реакции организма при кратковременном влиянии	6,0	1,4	3,7	7,5	2,3	0,4
III Зона экстремальных концентраций, уровней, доз						
6 Необратимые повреждения	80	1,5	11,0	20,0	2,8	0,8
7 Летальный исход	5000	1,8	17,5	25,0	3,5	1,0

Определим уровень опасности станка:

$$R_0 = T_{\text{общ.}} + \Delta R_0 \cdot T_{\text{общ.}} = 0,283 + 0,2 \cdot 0,283 = 0,339$$

Определим коэффициент безопасности станка :

$$H_6 = 1 - R_0 = 1 - 0,339 = 0,661$$

Как видно из расчета, коэффициент безопасности станка (или уровень безопасности станка) составляет $H_6 = 0,661$ или 66%. Есть технические возможности его повышения за счет установки технических средств защиты:

- установка ограждения патрона и его блокировки;
- установка защитного экрана;
- установки телескопических ограждений ходового винта и ходового вала;
- установка встроенного защитного отключения;
- установка системы вентиляции для удаления пыли и аэрозолей СОЖ.

Таким образом, травмирующими факторами станка остаются детали-заготовки, которые могут повлечь травмы при установке и снятии со станка, а вредными – повышенный уровень шума, который невозможно устранить.

В таком случае коэффициент безопасности станка будет равен:

$$\begin{aligned}T_{\text{дет}} &= 0,05; \\ \Delta R_{\text{шума}} &= 0,1; \\ \Delta R_0 &= 0,05 + 0,1 \cdot 0,05 = 0,055; \\ H_6 &= 1 - 0,055 = 0,945.\end{aligned}$$

Полученное значение коэффициента безопасности $H_6 = 0,945$, или 94,5% является достигнутым уровнем безопасности для данной конструкции.

Технически можно снизить уровень шума и автоматизировать процесс установки-снятия детали. Тогда уровень безопасности окажется равным $H_6 = 1$, или 100%. Однако, решение этих задач связано со значительным усложнением станка и большими затратами, что нецелесообразно. Таким образом, оптимальным показателем безопасности станка является величина достигнутого уровня 94,5%.

5.8 Безопасность производственных процессов

Пример 41. Определить величину опасной зоны, которая возникает во время работы башенного крана. Длина подкранового пути 5 м, ширина колеи 3 м, максимальный вылет крюка 4 м, высота падения груза 12 м, угловая скорость вращения стрелы $0,5 \text{ с}^{-1}$.

Решение. Величина опасной зоны при работе башенного крана, м, определяется следующим образом:

– по длине подкранового пути

$$X = a + 2(R + S);$$

– по ширине подкранового пути

$$X = b + 2(R + S),$$

где a – длина подкранового пути, м;

b – ширина колеи, м;

R – максимальный вылет крюка, м;

S – расстояние отлета груза при его падении из высоты, м.

Расстояние отлета груза при его падении из высоты определяют по формуле:

$$S = 0,32 \cdot \omega \cdot R \cdot \sqrt{h},$$

где ω – угловая скорость вращения стрелы, с^{-1} ;

h – высота падения груза, м.

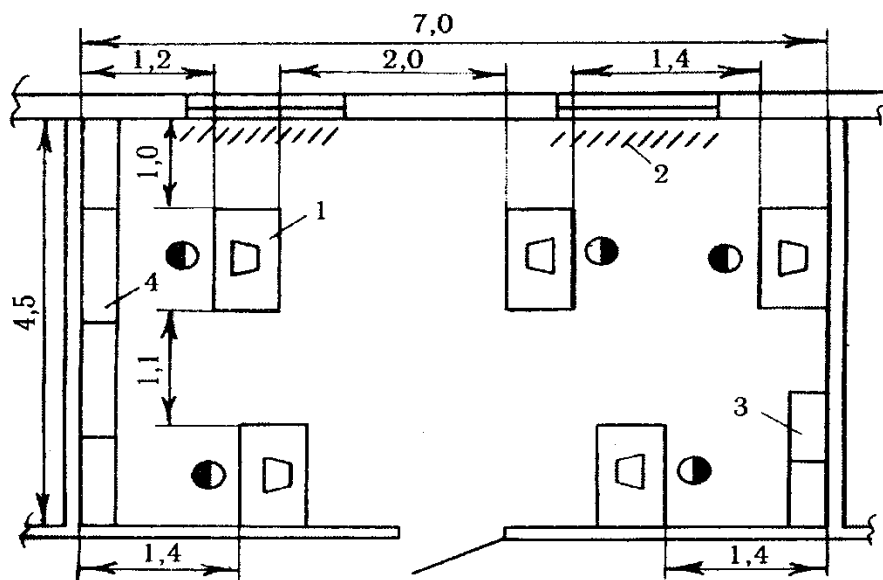
Расстояние отлета груза при его падении с высоты 12 м составляет 2,2 м. Величина опасной зоны при работе башенного крана по длине подкранового пути 17,4 м, по ширине подкранового пути 15,4 м.

Пример 42. В результате технической переоснастки в помещении на втором этаже производственного корпуса запланировано установить компьютеры. Определить сколько компьютеризированных рабочих мест можно установить в данном помещении и как их разместить в соответствии с установленными нормами. Размер помещения: длина 7 м, ширина 4,5 м, высота 3,5 м.

Решение. Выбранное помещение отвечает требованиям НПАОП 0.00-1.28-10 и ДСанПиН 3.3.2-007-98. Согласно требованиям площадь на одно рабочее место с ПЭВМ должна составлять не менее 6 м^2 , объем – не менее 20 м^3 (табл. Б.4). Площадь выбранного помещения составляет $31,5 \text{ м}^2$, потому возможно размещение 5 рабочих мест. Такое количество достаточно для переоснастки производства. Объем помещения составляет $110,25 \text{ м}^3$, то есть на одно рабочее место – $22,05 \text{ м}^3$, что соответствует нормативным требованиям.

Размещение рабочих мест в помещении проводится с учетом требований НПАОП 0.00-1.28-10 к расстоянию между рабочими местами и к рабочей мебели (табл. Е.1–Е.3). Оптимальное размещение мест рядами вдоль стены с окнами. Рабочие места относительно окон должны размещаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева. На рис. 5.4 приведен вариант размещения рабочих мест в помещении.

Требования к размещению оборудования на рабочем месте приведены в табл. Е.4.



- 1 – рабочие места с ПЭВМ; 2 – защитные жалюзи;
3 – шкафы для хранения программного обеспечения;
4 – шкафы для хранения документации и специальной литературы
- Рисунок 5.4 – План производственного помещения с ПЭВМ

5.9 Защитное заземление

Одним из более важных мероприятий по обеспечению электробезопасности является организация защитного заземления [11; 20; 23; 30]. Методика расчета защитного заземления приведена в примере 43. Для расчетов защитного заземления можно использовать характеристики устройства, которые приведены в таблице 5.25.

Таблица 5.25 – Характеристики устройства защитного заземления

Предпоследняя цифра	$d, \text{ м}$	$L, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	Последняя цифра	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	Тип почвы	Влажность почвы
0	0,05	2,3	0,8	0	4,5	0,06	Ж	В
1	0,05	2,4	0,8	1	2,0	0,04	А	В
2	0,05	2,5	1,0	2	3,0	0,04	Б	В
3	0,10	2,6	0,5	3	4,0	0,05	В	С
4	0,10	2,7	0,9	4	5,0	0,05	Г	С
5	0,05	2,8	0,6	5	6,0	0,06	Д	Н
6	0,05	2,9	0,4	6	7,0	0,06	Ж	Н
7	0,10	3,0	1,2	7	8,0	0,04	З	В
8	0,10	2,0	0,7	8	9,0	0,04	А	С
9	0,05	2,2	1,0	9	2,5	0,06	Г	Н

Примечания:

1 В нечетных вариантах заземлители расположены по контуру, в четных – в ряд.

2 Тип почвы: А – песок, Б – супесь, В – каменистая почва, Г – суглинок, Д – глина, Ж – чернозем, З – садовая земля.

3 Влажность почвы: В – большая, С – средняя, Н – низкая.

Пример 43. Рассчитать систему защитного заземления, которая выполнена из вертикальных труб, соединенных ленточной шиной и расположенных по контуру здания. Характеристики устройства: длина трубы 2,4 м; диаметр трубы 0,05 м; расстояние между трубами 2,4 м; углубление устройства 0,8 м; ширина полосы 0,8 м. Защитное заземление расположено в III климатической зоне, тип почвы – чернозем.

Решение. Расчет защитного заземления осуществляется в такой последовательности [14]:

- определяют расчетное удельное сопротивление почвы;
- рассчитывают сопротивление растеканию тока одного вертикального заземления;

– определяют необходимое количество заземлителей и ориентировочное их расположение по периметру помещения или в ряд с определением расстояния между ними (расстояние между заземлителями и расположение их в ряд или по контуру могут быть заданы – см. табл. 5.25);

– рассчитывают сопротивление растеканию соединительной шины;

– рассчитывают общее сопротивление заземляющего устройства с учетом соединительной шины.

Расчетное удельное сопротивление почвы (Ом·м) определяют по формуле:

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi, \quad (5.41)$$

где ρ – удельное сопротивление почвы по измерениям или ориентировочно по данным табл. Ж.1;

φ – коэффициент сезонности, который зависит от климатических зон и вида заземлителя (табл. Ж.2).

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi = 30 \cdot 1,5 = 45 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Сопротивление растеканию тока одного вертикального стержневого (трубчатого) заземлителя при углублении, Ом:

$$R_{\text{од}} = \frac{\rho_p}{2 \pi \ell} \left(\ln \frac{2 \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 t + \ell}{4 t - \ell} \right), \quad (5.42)$$

где ℓ – длина заземлителя, м;

d – диаметр заземлителя, м;

h – углубление заземлителя, м;

t – расстояние от поверхности земли к середине заземлителя, м.

$$t = h + \frac{\ell}{2} = 0,8 + \frac{2,4}{2} = 2 \text{ м}.$$

В нашем случае:

$$R_{\text{од}} = \frac{\rho_p}{2 \pi \ell} \left(\ln \frac{2 \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 t + \ell}{4 t - \ell} \right) = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,4} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,4}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2 + 2,4}{4 \cdot 2 - 2,4} \right) = 14,5 \text{ Ом}$$

Формулы для расчета сопротивления растеканию тока заземлителей других видов приведены в табл. Ж.3.

Ориентировочное количество вертикальных заземлителей, шт. :

$$n' = \frac{R_{\text{од}}}{R_n}, \quad (5.43)$$

где R_n – наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства (согласно ПУЭ $R_n = 4 \text{ Ом}$).

$$n' = \frac{R_{\text{од}}}{R_n} = \frac{14,5}{4} = 3,625 \approx 4 \text{ шт.}$$

Путем расположения полученного количества заземлителей на плане определяют ориентировочно расстояние между ними и коэффициент использования вертикальных заземлителей η_v (табл. Ж.4) в зависимости от количества стержней и отношения расстояния между ними к их длине.

Необходимое количество заземлителей с учетом коэффициента использования η_v :

$$n = \frac{R_{\text{од}}}{R_n \eta_v}. \quad (5.44)$$

Определяем коэффициент использования вертикальных заземлителей η_v (табл. Ж.4) в зависимости от количества стержней и отношения расстояния между ними к их длине:

$$\frac{a}{\ell_v} = \frac{2,4}{2,4} = 1, \quad \eta_v = 0,7.$$

Необходимое количество заземлителей с учетом коэффициента использования η_v :

$$n = \frac{R_{\text{од}}}{R_n \eta_v} = \frac{14,5}{4 \cdot 0,7} = 5,17 \approx 5.$$

Сопротивление растеканию соединительной шины при углублении с учетом коэффициента ее использования $\eta_{\text{ш}}$ (табл. Ж.5), Ом:

$$R_{\text{ш}} = \frac{\rho_p}{2 \pi L \eta_{\text{ш}}} \ln \frac{2 L^2}{b h}, \quad (5.45)$$

где L – длина шины, м;

b – ширина шины, м;

$\eta_{\text{ш}}$ – коэффициент использования шины, м.

Длина шины определяется по формуле:

$$L = 1,05 a n, \quad (5.46)$$

где a – расстояние между заземлениями, г.

Определяем коэффициент использования и длину шины:

$$\eta_{ш} = 0,74, \quad L = 1,05 \cdot 2,4 \cdot 5 = 12,6 \text{ м.}$$

Общее сопротивление сложного заземляющего устройства, Ом:

$$R = \frac{1}{\frac{\eta_{ш}}{R_{ш}} + \frac{n \eta_{\epsilon}}{R_{од}}} \leq R_n \quad (5.47)$$

Если общее сопротивление больше от нормативного, необходимо увеличить количество заземлителей или изменить их расположение.

$$R = \frac{1}{\frac{\eta_{ш}}{R_{ш}} + \frac{n \eta_{\epsilon}}{R_{од}}} = \frac{1}{\frac{0,74}{1,3} + \frac{5 \cdot 0,7}{14,5}} = 1,3 \text{ Ом.}$$

Рассчитанное значение сопротивления заземляющего устройства меньше нормативного ($1,3 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$), следовательно устройство спроектировано верно.

5.10 Определение категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности

Основным мероприятием по обеспечению пожарной безопасности являются определение категории производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, а также определение типа и необходимого количества первичных средств пожаротушения.

Пример 44. Определить тип и необходимое количество первичных средств пожаротушения. Вычислительный зал (площадь 1200 м^2) находится в административном корпусе предприятия.

Решение. Рассмотрим методику определения категории производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности [23].

Категория взрыво-пожарной и пожарной опасности определяется в соответствии с НАПБ Б.03.002-2007 (табл. К.1).

Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5 % площади всех помещений или 200 м^2 . Здание относится к категории Б, если одновременно выполняются два условия:

- здание не принадлежит к категории А;
- суммарная площадь помещений категории А и Б превышает 5 % площади всех помещений или 200 м^2 .

Здание относится к категории В, если одновременно выполняются два условия:

- здание не принадлежит к категориям А или Б;
- суммарная площадь помещений категорий А, Б и В превышает 5 % (10 %, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) площади всех помещений.

Здание относится к категории Г, если одновременно выполняются два условия:

- здание не принадлежит к категориям А, Б или В;
- суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г превышает 5 % площади всех помещений.

Если здание не принадлежит к категориям А, Б, В или Г, то, соответственно, категория здания может быть определена как Д.

Определение категории необходимо осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, начиная от наивысшей (категория А).

В данном примере в соответствии с табл. К.1 помещения и здание относятся к категории Д.

Необходимое количество огнетушителей и их тип определяются в зависимости от их огнетушительной возможности, предельной площади, которая защищается, категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, а также от класса пожара, типа горючих веществ и материалов (табл. К.1–К.4).

Категории пожаров в соответствии с международным стандартом (ISO №3941-77) приведены в таблице К.2. В нашем случае возможно загорание электрооборудования, то есть класс возможного пожара Е.

Выбор типа и количества огнетушителей для оснастки помещения производится на основе рекомендаций, представленных в таблицах К.3–К.4. Исходя из категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности (категория Д) и площади, которая защищается (1200 м²) в соответствии с рекомендациями определяем, что для защиты помещения вычислительного зала необходимы 2 порошковых огнетушителя емкостью 5 литров или 2 углекислотных огнетушителя емкостью 5 литров.

Пример 45. Определить категорию здания по взрывопожарной и пожарной опасности, а также тип и необходимое количество первичных средств пожаротушения. Характеристика производственного помещения приведена в таблице 5.26. Общая площадь 800 м².

Решение. Определяем категорию производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности по методике, которая приведена в примере 44 и данных табл. 5.26.

Здание не принадлежит к категории А, потому что в нем суммарная площадь помещений категории А не превышает 5 % площади всех помещений (сумма составляет только 2 %). Здание не принадлежит к категории Б, потому что в нем суммарная площадь помещений категории А и Б не превышает 5 % площади всех помещений (сумма составляет

только 4 %). Здание принадлежит к категории В, потому что в нем суммарная площадь помещений категории А, Б и В значительно превышает 5 % площади всех помещений (сумма составляет 74 %).

Таблица 5.26 – Характеристика производственных помещений

Характеристика помещения	Категория помещения	Часть площади помещения в общей площади, %
Плавильное отделение	В	20
Отделение обрубки изделий и их термической обработки	В	30
Отделение обработки магниевых изделий на металлорежущих станках	Б	2
Отделение нанесения покрытия на изделия	А	2
Отделение приготовления смесей	Д	16
Склад продукции	В	20
Санитарно-бытовые помещения	Д	10

Определяем категорию пожаров в соответствии с международным стандартом (ISO №3941–77). В нашем случае возможное загорание металлов и их сплавов, то есть класс возможного пожара D (согласно табл. К.2).

Выбор типа и количества огнетушителей для оснащения помещения проводится на основе рекомендаций, представленных в таблицах К.3–К.4. Исходя из категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности (категория В) и площади, которая защищается (800 м²) в соответствии с рекомендациями определяем, что для защиты помещения литейного производства необходимы 4 порошковых огнетушителя емкостью 5 литров или 2 емкостью 10 литров.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или территории, вызванное аварией, катастрофой, стихийным бедствием или другим опасным событием, которое привело (или может привести) к гибели людей и (или) значительным материальным потерям. По типу (происхождению) чрезвычайные ситуации классифицируются на технические, медико-биологические, природные, экологические, криминогенные и прочие.

Очагом поражения называется территория с расположенными на ней зданиями, сооружениями, инженерными сетями, коммуникациями, оборудованием, техникой и людьми, которая пострадала от разрушения или заражения в результате возникновения чрезвычайной ситуации. В зависимости от числа одновременно действующих поражающих факторов различают простые и комплексные (сложные) очаги поражения. Важнейшие поражающие факторы, которые возникают при техногенных чрезвычайных ситуациях: ударная волна при взрыве; пламя пожара и световое излучение; радиоактивное заражение местности; химическое заражение местности; затопление; эпидемии.

Наиболее часто происходят чрезвычайные ситуации, связанные с воздействием на людей ударной волны при взрыве. При написании данного подраздела необходимо оценить устойчивость промышленного объекта к воздействию воздушной ударной волны и разработать мероприятия для повышения устойчивости работы промышленного объекта на случай взрыва Q тонн сжиженного газа на расстоянии r метров [12, 15]. Структура объекта задается в соответствии с темой дипломного проекта и консультантом по таблице Л.1.

Для решения данной задачи необходимо знать наименование взорвавшегося вещества, его количество, расстояние от центра взрыва до объекта, характеристику объекта. В ходе решения необходимо последовательно дать ответы на следующие вопросы:

1. Вычислить величину избыточного давления ударной волны в месте расположения объекта.
2. Занести элементы объекта в сводную таблицу.
3. Для каждого элемента занести в сводную таблицу условными отметками степень разрушения при разных избыточных давлениях ударной волны.
4. Определить предел устойчивости каждого элемента как границу между слабыми и средними разрушениями, занести полученное число в предпоследний столбец сводной таблицы.
5. Определить предел устойчивости объекта в целом, по минимальному пределу устойчивости элементов, которые входят в состав объекта. Занести полученное число в последний столбец сводной таблицы.

6. Дать определение критерия устойчивости объекта к действию ударной волны.

7. Проанализировать результаты заполнения сводной таблицы, сделать выводы, а в случае, когда объект признан неустойчивым к ударной волне, внести предложения для увеличения устойчивости каждого неустойчивого элемента.

Для повышения устойчивости зданий и сооружений можно предложить:

- укрепление несущих конструкций зданий и сооружений установлением дополнительных колонн или ферм;
- укрепление цокольного этажа стойками и прогонами;
- установление новых перекрытий, подкосов, распорок;
- установление дополнительных связей между отдельными элементами сооружений;
- закрепление стяжками высоких сооружений (труб, вышек);
- уменьшение прогона несущих конструкций установлением контрфорсов.

Для повышения устойчивости технологического оборудования, коммунально-энергетических сетей (КЭС) и транспорта можно предложить:

- размещение тяжелого оборудования на первом этаже;
 - прочное крепление оборудования (станков) на фундаменте;
 - установку контрфорсов, которые повышают устойчивость станков к опрокидыванию;
 - размещение ценного и уникального оборудования в зданиях повышенной устойчивости или в легких каркасных зданиях;
 - установку над оборудованием защищающих специальных конструкций (навесов, кожухов, защитных козырьков и т.д.);
 - углубление КЭС в землю;
 - оснащение аварийных складов запасных частей и оборудования;
- установку дополнительных силовых элементов (для металлических конструкций).

Методика оценки устойчивости промышленного объекта к воздействию воздушной ударной волны приведена в примерах 46,47.

Пример 46. Механический цех расположен в промышленном здании с металлическим каркасом и бетонным заполнением стен, с поверхностью остекления около 30 %. В цехе расположено следующее оборудование: легкие станки, электродвигатели герметические мощностью до 2 кВт, подъемно-транспортное оборудование. Коммунально-энергетические сети и транспорт: кабельные наземные электролинии, трубопроводы, углубленные на 20 см, грузовые автомобили. Оценить устойчивость данного объекта на случай взрыва 138 т жидкого пропана на расстоянии 580 метров, при необходимости предложить меры для повышения устойчивости.

Решение. Вычислим величину избыточного давления ударной волны в месте расположения объекта. Определим радиус действия детонационной волны:

Определим радиус действия детонационной волны:

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{Q},$$

где r_1 – радиус действия детонационной волны, м;
 Q – количество взрывоопасного вещества, т.

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{138} = 90,4$$

Определим радиус действия продуктов взрыва:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1,$$

где r_2 – радиус действия продуктов взрыва, м;

$$r_2 = 1,7 \cdot 90,4 = 153,7 \text{ м.}$$

Сравнивая величины r_2 и r_1 с расстоянием от центра взрыва до объекта, можно сделать вывод, что объект находится в третьей зоне – зоне действия воздушной ударной волны.

Вычислим величину избыточного давления, для чего сначала рассчитаем относительную величину φ :

$$\varphi = 0,24 \frac{r_3}{r_1},$$

где r_3 – расстояние от объекта, который находится в третьей зоне, до центра взрыва.

$$\varphi = 0,24 \frac{580}{90,4} = 1,54.$$

Затем, чтобы вычислить избыточное давление ударной волны, воспользуемся одной из нижеприведенных формул, кПа:

$$\text{если } \varphi < 2 \text{ или } \varphi = 2, \text{ то } \Delta P_\varphi = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8\varphi^3} - 1)};$$

$$\text{если } \varphi > 2, \text{ то } \Delta P_{\varphi} = \frac{22}{\varphi \sqrt{0,158 + \lg \varphi}},$$

где ΔP_{φ} – избыточное давление ударной волны, кПа.
В нашем случае:

$$\varphi = 1,54 < 2,$$

Следовательно,

$$\Delta P_{\varphi} = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8\varphi^3} - 1)} = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8 \times 1,54^3} - 1)} = 24,6 \text{ кПа}$$

Составим сводную таблицу, внесем в нее характеристики элементов объекта (табл. 6.1).

Занесем в сводную таблицу условными обозначениями степени разрушения элементов объекта при разных избыточных давлениях ударной волны. Необходимые данные можно взять из табл. Л.2.

Определим предел устойчивости каждого элемента объекта как границу между слабыми и средними разрушениями, занесем полученные цифры в предпоследний столбец графы «Предел устойчивости элементов, кПа» (см. табл. 6.1)

Среди полученных цифр найдем наименьшую, она и будет пределом устойчивости объекта в целом. Занесем эту цифру в последний столбец графы «Предел устойчивости элементов, кПа». В данном примере:

$$\Delta P_{\varphi \text{ предельное}} = 12 \text{ кПа.}$$

Поскольку на объект ожидается максимальное избыточное давление 24,6 кПа, а предел устойчивости объекта равен 12 кПа, то объект является неустойчивым к действию ударной волны. Неустойчивыми элементами являются легкие станки, здание цеха. Следует повысить устойчивость объекта до 25 кПа.

Для повышения устойчивости объекта предлагаются следующие мероприятия:

– для повышения устойчивости легких станков: надежное крепление станков к фундаменту; устройство контрфорсов, которые повышают устойчивость станков к опрокидыванию;

– для здания: укрепление несущих элементов конструкции здания дополнительными колоннами и фермами; установка дополнительных перекрытий, подкосов и распорок.

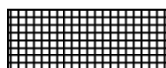
Таблица 6.1 – Сводная таблица результатов оценки устойчивости объекта к действию ударной волны

Характеристики элементов объекта	Степень разрушения при $\Delta P_{\text{ф}}$, кПа	Предел устойчивости, кПа	
	10 20 30 40 50 60 70 80 90	эл-та	объекта
<u>Здание:</u> Промышленное здание с металлическим каркасом и бетонным заполнением стен, с площадью остекления около 30%		20	12
<u>Оборудование:</u> легкие станки -----		12	
электродвигатели герметичные мощностью до 2кВт -----		50	
подъемно-транспортное оборудование -----		50	
<u>Коммунально-энергетические сети:</u> кабельные наземные электролинии -----		30	
трубопроводы, углубленные на 20 см ---	Выдерживают до 200 кПа	200	30
грузовые автомобили -		30	

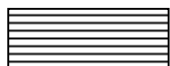
Примечание. Используются условные обозначения:



слабые разрушения;



сильные разрушения;



средние разрушения;



полные разрушения.

Пример 47. Рабочее место пользователя ПЭВМ расположено в административном многоэтажном здании с металлическим или железобетонным каркасом. В помещении расположены компьютеры и оргтехника.

Коммунально-энергетические сети представлены компьютерной сетью, воздушными линиями низкого напряжения и трубопроводами. Разработаем мероприятия, направленные на повышение устойчивости проектируемого объекта на случай взрыва 100 тонн жидкого пропана. Источник взрыва находится на расстоянии 560 метров от проектируемого объекта.

Необходимо рассчитать величину избыточного давления ударной волны в месте расположения объекта, для этого определим в какой зоне воздействия ударной волны находится наш объект.

Определим радиус действия детонационной волны:

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{Q},$$

где r_1 – радиус действия детонационной волны, м;

Q – количество взрывоопасного вещества, т.

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{100} = 81,5 \text{ м.}$$

Определим радиус действия продуктов взрыва:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1,$$

где r_2 – радиус действия продуктов взрыва, м;

$$r_2 = 1,7 \cdot 81,5 = 138 \text{ м.}$$

Сравнивая величины r_2 и r_1 с расстоянием от центра взрыва до объекта, можно сделать вывод, что объект находится в третьей зоне – зоне действия воздушной ударной волны.

Вычислим величину избыточного давления, для чего сначала рассчитаем относительную величину φ :

$$\varphi = 0,24 \cdot r_3 / r_1,$$

где r_3 – расстояние от объекта, который находится в третьей зоне, до центра взрыва.

$$\varphi = 0,24 \cdot 560 / 81,5 = 1,65.$$

Затем, чтобы вычислить избыточное давление ударной волны, воспользуемся одной из нижеприведенных формул, кПа:

$$\text{если } \varphi < 2 \text{ или } \varphi = 2, \text{ то } \Delta P_{\varphi} = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8\varphi^3} - 1)} ;$$

$$\text{если } \varphi > 2, \text{ то } \Delta P_{\varphi} = \frac{22}{\varphi \sqrt{0,158 + \lg \varphi}},$$

где ΔP_{φ} – избыточное давление ударной волны, кПа.

В нашем случае $\varphi = 1,65 < 2$, следовательно

$$\Delta P_{\varphi} = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8\varphi^3} - 1)} = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8 \cdot 1,65^3} - 1)} = 22,0 \text{ кПа},$$

Составим сводную таблицу 6.2, внесем в нее характеристики элементов объекта.

Таблица 6.2 – Сводная таблица результатов оценки устойчивости объекта к действию ударной волны

Характеристики элементов объекта	Степень разрушения при ΔP_{φ} , кПа										Предел устойчивости, кПа	
	10	20	30	40	50	60	70	80	90		эл-та	объекта
<u>Здание:</u> Административные многоэтажные здания с металлическим или железобетонным каркасом											30	10
<u>Оборудование:</u> компьютеры.....											10	
оргтехника.....											12	
<u>Коммунально-энергетические сети:</u> компьютерная сеть..											30	
воздушные линии низкого напряжения											60	50
трубопроводы											50	

Примечание. Используются условные обозначения:



слабое разрушение;



сильное разрушение;



среднее разрушение;



полное разрушение.

Занесем в сводную таблицу условными обозначениями степени разрушения элементов объекта при разных избыточных давлениях ударной волны.

Определим предел устойчивости каждого элемента объекта как границу между слабыми и средними разрушениями, занесем полученные цифры в предпоследний столбец графы «Предел устойчивости элементов, кПа».

Среди полученных цифр найдем наименьшую, она и будет пределом устойчивости объекта в целом. Занесем эту цифру в последний столбец графы «Предел устойчивости элементов, кПа». В нашем случае это 10 кПа.

Критерием (показателем) устойчивости объекта к действию ударной волны является значение избыточного давления, при котором здания, сооружения, оборудование объекта сохраняются или получают слабые разрушения. В нашем случае:

$$\Delta P_{\text{Ф предельное}} = 10 \text{ кПа.}$$

Таким образом, расчеты и анализ показали, что предел устойчивости объекта к действию ударной волны составляет 10 кПа.

Поскольку на объекте ожидается максимальное избыточное давление 22 кПа, а предел устойчивости объекта равен 10 кПа, то объект является неустойчивым к действию ударной волны. Неустойчивыми элементами являются компьютеры и оргтехника.

Необходимо повысить устойчивость объекта. Рекомендуем повысить устойчивость объекта до 23 кПа. Для повышения устойчивости объекта предлагаются следующие мероприятия: установка над компьютерами и оргтехникой защищающих конструкций и создание аварийного склада запасных частей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности в машиностроении / под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высш. шк., 2002. – 310 с.
2. Безопасность производственных процессов: справочник / под ред. С. В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
3. Безопасность труда в промышленности: справочник / сост. К. Н. Ткачук [и др.]. – К.: Техника, 1982. – 231 с.
4. Безпека виробничих процесів, надійність технологічних систем і прогресивні методи обробки заготовок у машинобудуванні : навч. посіб. / М.В. Захаров, Ю.В. Тимофєєв, В.Я. Стороженко [та ін.] ; за заг.ред. М.В. Захарова. – К. : ІЗМН, 1998. – 200 с.
5. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов / сост. М. И. Гримитлин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1978. – 272 с.
6. **Виноградов, Б. В.** Безопасность труда и производственная санитария в машиностроении : сборник расчетов / Б. В. Виноградов. – М.: Машиностроение, 1963. – 264 с.
7. **Власов, А. Ф.** Безопасность труда при обработке металлов резанием / А. Ф. Власов. – М. : Машиностроение, 1984. – 88 с.
8. **Власов, А. Ф.** Удаление пыли и стружки от режущих инструментов / А. Ф. Власов. – М. : Машиностроение, 1966. – 228 с.
9. **Войтенко, В. М.** Эргономические принципы конструирования / В. М. Войтенко, В. М. Мунипов. – К. : Техника, 1988. – 119 с.
10. **Волков, Ю. Н.** Безопасность производственных процессов в машиностроении / Ю. Н. Волков. – М. : Машиностроение, 1972. – 168 с.
11. **Гажаман, В. І.** Електробезпека на виробництві: навч. посіб. / В. І. Гажаман. – К. : Охорона праці, 2002. – 272 с.
12. Гражданская оборона / под ред. Е. П. Шубина. – М. : Просвещение, 1991. – 223 с.
13. **Дементій, Л. В.** Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л. В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 312 с. – ISBN 5-7763-1413-5.
14. **Дементий, Л. В.** Охрана труда в автоматизированном производстве. Обеспечение безопасности труда / Л. В. Дементий, А. Л. Юсина. – Краматорск : ДГМА, 2007. – 300 с. – ISBN 978-966-379-163-0.
15. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник / под ред. Г. П. Демиденко. – К. : Выща школа, 1987. – 256 с.
16. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проєктів інженерно-будівельних спеціальностей : навч. посіб. / за ред. В. В. Сафонова. – К. : Основа, 2000. – 336 с. – ISBN 966-7233-23-5.
17. **Козьяков, А. Ф.** Охрана труда в машиностроении / А. Ф. Козьяков, Л. Л. Морозова. – М. : Машиностроение, 1990. – 256 с.

18. **Лавров, Н. К.** Завивание и дробление стружки в процессе резания / Н. К. Лавров. – М. : Машиностроение, 1971. – 87 с.
19. **Лагунов, Л. В.** Борьба с шумом в машиностроении / Л. В. Лагунов, Г. Л. Осипов. – М. : Машиностроение, 1980. – 150 с.
20. **Маньков, В. Д.** Защитное заземление и зануление электроустановок: справочник / В. Д. Маньков, С. Ф. Заграничный. – СПб. : Политехника, 2005. – 400 с. – ISBN 5-7325-0791-4.
21. Охрана окружающей среды: учебник для техн. спец. вузов / под ред. С. В. Белова. – М. : Высш. шк., 1991. – 319 с.
22. Охрана труда в машиностроении: учебник для вузов / под ред. Е. Я. Юдина. – М. : Машиностроение, 1993. – 432 с.
23. Практикум із охорони праці : навч. посіб. / за ред. В. Ц. Жидецького. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с. – ISBN 966-7760-09-X.
24. **Сивко, В. Й.** Розрахунки з охорони праці / В. Й. Сивко. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 152 с. – ISBN 966-7570-90-8.
25. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.
26. Справочная книга по охране труда в машиностроении / под ред. О. Н. Русака. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 541 с. – ISBN 5-217-00415-0.
27. Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование : справочник / под ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1989. – 368 с. – ISBN 5-217-00407-X.
28. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов : справочник / Г. М. Алиев. – М. : Металлургия, 1986. – 544 с.
29. **Фоменко, И. А.** Охрана труда при обработке металлов резанием / И. А. Фоменко [и др.]. – К. : Техника, 1989. – 159 с.
30. Электробезопасность на промышленных предприятиях : справочник / Р. В. Сабарно [и др.]. – К. : Техника, 1985. – 288 с.
31. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. : Академия, 2003. – 240 с.
32. Эргономика: учеб. пособие для вузов / под ред. В. В. Адамчук. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 254 с. – ISBN 5-238-0086-3.
33. Эргономика и безопасность / Л. П. Боброва-Голикова, О. М. Мальцева, Н. А. Коханова, Н. Н. Сорокина. – М. : Машиностроение, 1985. – 112 с.

Приложение А

Рекомендации по использованию нормативно-технической документации

Таблица А.1 – Стандарты системы безопасности труда

Обозначение	Название
ССБТ. Подсистема 0	
ГОСТ 12.0.001-82	Основные положения
ГОСТ 12.0.002-80	Термины и определения
ГОСТ 12.0.003-74	Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
ССБТ. Подсистема 1	
ГОСТ 12.1.001-89	Ультразвук. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.002-84	Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах
ГОСТ 12.1.003-89	Шум. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.004-91	Пожарная безопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.005-88	Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.1.006-84	Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.1.007-76	Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.009-76	Электробезопасность. Термины и определения
ГОСТ 12.1.010-76	Взрывобезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.011-78	Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний
ГОСТ 12.1.012-90	Вибрационная безопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.018-79	Статическое электричество. Искробезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.019-79	Электробезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.029-80	Средства и методы защиты от шума
ГОСТ 12.1.030-87	Электробезопасность. Защитное заземление, зануление
ГОСТ 12.1.031-81	Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения
ГОСТ 12.1.033-81	Пожарная безопасность. Термины и определения
ГОСТ 12.1.034-81	Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях
ГОСТ 12.1.038-82	Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
ГОСТ 12.1.040-83	Лазерная безопасность. Общие положения

Продолжение таблицы А.1

Обозначение	Название
ГОСТ 12.1.044-89	Пожароопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
ГОСТ 12.1.045-84	Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ССБТ. Подсистема 2	
ГОСТ 12.2.003-91	Оборудование производственное. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.009-80	Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.017-76	Оборудование кузнечно-прессовое. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.020-76	Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка
ГОСТ 12.2.022-80	Конвейеры. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.032-78	Общие эргономические требования. Рабочее место при выполнении работ сидя
ГОСТ 12.2.033-78	Общие эргономические требования. Рабочее место при выполнении работ стоя
ГОСТ 12.2.040-79	Гидроприводы объемные и системы смазочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.049-80	Оборудование производственное. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.061-81	Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
ГОСТ 12.2.062-81	Оборудование производственное. Ограждения защитные
ГОСТ 12.2.064-81	Органы управления производственным оборудованием. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.065-81	Краны грузоподъемные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.072-82	Роботы промышленные, роботизированные технологические комплексы и участки. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.074-82	Лифты электрические. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.119-88	Линии автоматические роторные и роторно-конвейерные. Общие требования безопасности
ССБТ. Подсистема 3	
ГОСТ 12.3.001-73	Пневмоприводы. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.002-75	Процессы производственные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.004-75	Термическая обработка металла. Общие требования безопасности

Продолжение таблицы А.1

Обозначение	Название
ГОСТ 12.3.009-76	Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.020-80	Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.025-80	Обработка металлов резанием. Требования безопасности
ГОСТ 12.3.027-81	Работы литейные. Требования безопасности
ГОСТ 12.3.028-82	Процессы обработки абразивным и эльборовым инструментом
ССБТ. Подсистема 4	
ГОСТ 12.4.009-83	Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание
ГОСТ 12.4.011-89	Средства защиты работающих. Классификация
ГОСТ 12.4.021-75	Системы вентиляционные. Общие требования
ГОСТ 12.4.026-76	Цвета сигнальные и знаки безопасности
ГОСТ 12.4.040-78	Символы органов управления производственным оборудованием
ГОСТ 12.4.046-78	Методы и средства вибрационной защиты
ГОСТ 12.4.103-83	Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация
ГОСТ 12.4.125-83	Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация

Таблица А.2 – Стандарты системы «Человек – машина»

Обозначение	Название
ГОСТ 21033-75	Система «Человек – машина». Основные понятия. Термины и определения
ГОСТ 21034-75	Система «Человек – машина». Рабочее место человека-оператора. Термины и определения
ГОСТ 21889-76	Система «Человек – машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования
ГОСТ 21958-76	Система «Человек – машина». Зал и кабина оператора, взаимное расположение рабочих мест. Общие эргономические требования
ГОСТ 22269-76	Система «Человек – машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования
ГОСТ 22973-76	Система «Человек – машина». Общие эргономические требования. Классификация
ГОСТ 23000-76	Система «Человек – машина». Пульты управления. Общие эргономические требования

Таблиця А.3 – Нормативно-правові акти України

Обозначение	Название
НПАОП 0.00-1.03-02	Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів
НПАОП 0.00-1.07-94	Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском
НПАОП 0.00-1.11-98	Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пару і гарячої води
НПАОП 0.00-1.13-71	Правила будови і безпечної експлуатації стаціонарних компресорних установок, повітропроводів і газопроводів
НПАОП 0.00-1.15-07	Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті
НПАОП 0.00-1.17-92	Єдині правила безпеки при вибухових роботах
НПАОП 0.00-1.28-10	Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин
НПАОП 0.00-1.29-97	Правила захисту від статичної електрики
НПАОП 0.00-1.30-01	Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями
НПАОП 0.00-1.48-91	Правила охорони праці при холодній обробці металів
НПАОП 0.00-4.33-99	Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій
НПАОП 0.00-8.24-05	Перелік робіт з підвищеною небезпекою
НПАОП 27.4-7.15-86	ОСТ 48.264-86 Огородження рухомих частин устаткування. Загальні технічні вимоги
НПАОП 28.0-1.01-90	Галузеві правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів на металорізальних верстатах
НПАОП 28.0-1.03-08	Правила охорони праці у метизному виробництві
НПАОП 28.0-1.02-83	Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів
НПАОП 28.0-1.23-63	Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при обробці та застосуванні алюмінієво-магнієвих і титанових сплавів
НПАОП 28.4-1.13-74	Правила і норми техніки безпеки і виробничої санітарії для фарбувальних цехів
НПАОП 28.5-1.22-71	Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при клепально-складальних роботах
НПАОП 28.5-1.34-90	Правила безпеки при обробці металів різанням
НПАОП 28.5-7.09-83	Обробка магнієвих сплавів. Загальні вимоги безпеки
НПАОП 28.5-7.19-82	Обробка металів різанням. Загальні вимоги безпеки

Продолжение таблицы А.3

НПАОП 28.51-7.86-85	Роботи фарбувальні. Вимоги безпеки
НПАОП 29.2-1.01-58	Загальні правила техніки безпеки та виробничої санітарії для підприємств і організацій машинобудування
НПАОП 40.1-1.01-97	Правила безпечної експлуатації електроустановок
НПАОП 40.1-1.07-01	Правила експлуатації електрозахисних засобів
НПАОП 40.1-1.21-98	Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів
НПАОП 45.2-4.01-98	Положення про безпечну та надійну експлуатацію виробничих будівель і споруд

Таблица А.4 – Нормы и правила безопасности

Обозначение	Название
НАПБ Б.03.002-2007	Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
ДБН В.2.5-28-2006	Природне та штучне освітлення
ДБН В.1.1.7-2002	Пожежна безпека об'єктів будівництва
НАПБ А.01.001-2004	Правила пожежної безпеки України
ДСН 3.3.6.037-99	Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
ДСН 3.3.6.039-99	Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації
ДСН 3.3.6.042-99	Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
ДСН 3.3.6.096-2002	Державні санітарні норми і привила при роботі з джерелами електромагнітних полів
ОСПУ-2005	Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки
СНіП 2.09.09-85	Виробничі будівлі промислових підприємств. Норми проектування
СНиП 2.02.05-87	Фундаменты машин с динамическими нагрузками
ДСанПіН 3.3.2-007-98	Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

Приложение Б

Требования к воздуху рабочей зоны

Таблица Б.1 – Оптимальные нормы параметров микроклимата рабочей зоны производственных помещений (ДСН 3.3.6.042-99)

Период года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	Легкая – Ia	22...24	40...60	0,1
	Легкая – Ib	21...23		0,1
	Средней тяжести – IIa	18...20		0,2
	Средней тяжести – IIб	17...19		0,2
	Тяжелая – III	16...18		0,3
Теплый	Легкая – Ia	23...25		0,1
	Легкая – Ib	22...24		0,2
	Средней тяжести – Ia	21...23		0,3
	Средней тяжести – IIб	20...22		0,3
	Тяжелая – III	18...20		0,4

Таблица Б.2 – Предельно допустимые концентрации(ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88)

Название вещества	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Оксиды азота	5	2
Аммиак	20	4
Ацетон	200	4
Кислота серная	1	2
Едкие щелочи	0,5	2
Озон	0,1	1
Пыль	6	3
Оксид углерода (II)	20	4

*Таблица Б.3 – Категории работ по степени тяжести
(ДСН 3.3.6.042-99, ГОСТ 12.1.005-88)*

Категория работ	Затраты энергии		Характеристика работ
	Вт	ккал/ч	
Легкая Ia	До 139	До 120	Работы, выполняемые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением
Легкая Ib	140-174	121-150	Работы, выполняемые сидя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением
Средней тяжести IIa	175-232	151-200	Работы, связанные с ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения
Средней тяжести IIб	233-290	201-250	Работы, выполняемые стоя, связанные с ходьбой, перенесением небольших, до 10 кг, тяжестей и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением
Тяжелая III	Более 290	Более 250	Работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской тяжестей свыше 10 кг и требующие больших физических усилий

Таблица Б.4 – Нормы площади и объема для производственных помещений (НПАОП 0.00-1.28-10)

Тип производственного помещения	Минимальная площадь на одно рабочее место, м ²	Минимальный объем на одно рабочее место, м ³
Обычные работы	4,5	15
Работы из ПЭВМ	6	20

Таблица Б.5 – Вентиляция помещений для работы из ПЭВМ [9]

Объем помещения на одного рабочего, м ³ /чел.	Объем вентиляционного воздуха, м ³ /час
До 20	Не менее 30
20-40	Не менее 20
Больше 40 м ³ /чел. при наличии окон и отсутствии выделения вредных веществ	Допускается только естественная вентиляция

Таблица Б.6 – Допустимые значения температуры воздуха рабочей зоны (ДСН 3.3.6.042-99)

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	
		Постоянные рабочие места	Временные рабочие места
Холодный период	Ia	21–25	18–26
	Iб	20–24	17–25
	IIa	17–23	15–24
	IIб	15–21	13–23
	III	13–19	12–20
Теплый период	Ia	22–28	20–30
	Iб	21–28	19–30
	IIa	18–27	17–29
	IIб	15–27	15–29
	III	15–26	13–28

Примечание. Температуры внутренних поверхностей рабочей зоны (стены, пол, потолок), технологического оборудования, внешних поверхностей технологического оборудования, ограждающих конструкций не должны выходить больше чем на 2°С за пределы оптимальных величин температуры воздуха для данной категории работ (табл. Б.1) и не должны выходить за пределы допустимых величин температуру воздуха (табл. Б.6).

Приложение В

Требования к производственному шуму и вибрации

Таблица В.1 – Допустимые эквивалентные уровни звукового давления (ДСН 3.3.6.037-99, ГОСТ 12.1.003-89)

Рабочее место	Уровень шума, дБ·А
Помещения конструкторских бюро, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических и исследовательских работ	50
Помещения управления, рабочие комнаты	60
Постоянные рабочие места и рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятия	80
Кабины наблюдений и управления: – без речевой связи по телефону – с речевой связью по телефону	80 65

Таблица В.2 – Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах (ДСН 3.3.6.037-99, ГОСТ 12.1.003-89)

Уровень звукового давления, дБ А									Эквивалентный уровень звука, дБ А
Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Таблица В.3 – Коэффициенты звукопоглощения материалов [2, 19]

Материал	Коэффициент звукопоглощения α при частоте шума 1000 Гц
Бетонная плита	0,02
Обычная штукатурка	0,03
Штукатурка акустическая (10 мм)	0,11
Перфорированные панели	0,50
Линолеум (5 мм)	0,03
Паркет	0,06

Таблица В.4 – Звукоизоляция материалов [2, 19]

Материал	Масса 1 м ² , кг	Средняя звукоизоляция, дБ
Фанера 3,2 мм	2,2–2,5	17–19
Фанера 6,4 мм	4,5	21
Дерево 5 см	27,5	18,5
Сталь листовая 0,7 мм	5,6	25
Сталь листовая 2 мм	15,7	33
Дюралюминий 0,5 мм	1,8	15
Стекло 3–4 мм	8–10	28
Стекло 6 мм	16	31
Пластик из стекла 11,5 мм	–	23
Пластик из стекла 15 мм	–	26
Войлок 15 мм	2,8	6
Войлок 2 слоя	5,6	9
Войлок 4 слоя	11,3	17
Картон 5 мм	3	16
Картон 20 мм	12	20
Пробковая плита 50 мм	30	20
Линолеум 0,5 см	55	25–30
Брезент	3,4–6,8	4–8
Стены, перегородки двойные из фанеры 3 мм со шлаковатой (толщиной 25 мм)	8	26
То ж самое толщиной 50 мм	12	29
То ж самое толщиной 65 мм	14	34

Таблица В.5 – Допустимые величины параметров вибрации (ДСН 3.3.6.039-99, ГОСТ 12.1.012-90)

Локальная вибрация		Общая вибрация	
Средняя геометрическая частота, Гц	Уровень вибро- скорости, дБ	Средняя геометрическая частота, Гц	Уровень виброскорости, дБ
8	120	2	108
16	120	4	99
32	117	8	93
63	114	16	92
125	111	31,5	92
1000	102	63	92
2000	99		

Приложение Г

Требования к производственному освещению

Таблица Г.1 – Требования к искусственному освещению помещений промышленных предприятий (ДБН В.2.5-28-2006)

Характери- стика зрительной работы	Наименьший размер объекта, мм	Разряд зритель- тель- ных работ	Под- разряд зритель- тель- ных работ	Контраст объекта с фоном	Характери- стика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк			совокупность		КЕО, е _н , %			
						при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения	нормированных величин показателей ослепленности и коэффициентов пульсации	при верхнем или комби- рованном освещении	при боко- вом освеще- нии	при верхнем или комби- рованном освещении	при боко- вом освеще- нии	
						всего	в т. ч. от общего							Р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Найвысшая точность	Меньше 0,15	I	а	Низкий	Темный	5000 4500	500 500	—	20 10	10 10	—	—	6,0	2,0
			б	Низкий Средний	Средний Темный	4000 3500	400 400	1200 1000	20 10	10 10				
			в	Низкий Средний Высокий	Светлый Средний Темный	2500 2000	300 200	750 600	20 10	10 1				
			г	Средний Высокий Высокий	Светлый Светлый Средний	1500 1250	200 200	400 300	20 100	10 10				
Очень вы- сокая точность	0,15-0,3 (включит.)	II	а	Низкий	Темный	4000 3500	400 400	—	20 10	10 10	—	—	4,2	1,5
			б	Низкий Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10				
			в	Низкий Высокий	Светлый Темный	2000 1500	200 200	500 400	20 10	10 10				
			г	Средний Высокий	Светлый Средний	1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10				

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Высокая точность	0,3-0,5 (включит.)	III	а	Низкий	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	—	—	3,0	1,2
			б	Низкий Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	Низкий Средний Высокий	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	Средний Высокий Высокий	Светлый Светлый Средний	400	200	200	40	15				
Средняя точность	0,5-1,0 (включит.)	IV	а	Низкий	Темный	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4	0,9
			б	Низкий Средний	Средний Темный	500	200	200	40	20				
			в	Низкий Средний Высокий	Светлый Средний Темный	400	200	200	40	20				
			г	Средний Высокий Высокий	Светлый Светлый Средний	—	—	200	40	20				
Малая точность	1,0-5 (включит.)	V	а	Низкий	Темный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	Низкий Средний	Средний Темный	—	—	200	40	20				
			в	Низкий Средний Высокий	Светлый Средний Темный	—	—	200	40	20				
			г	Средний Высокий Высокий	Светлый Светлый Средний	—	—	200	40	20				
Грубая (очень малая точность)	Больше 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6

Таблица Г.2 – Значение световой характеристики окон (η_o) при боковом освещении (рис. 5.3 а)

Отношение длины помещения (L) к его глубине (B)	Отношение глубины помещения (B) к высоте от уровня рабочей поверхности до верхнего края окна (h)							
	1	1.5	2	3	4	5	7.5	10
4 и больше	6,5	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 Г.3 – Значение $K_{зд}$ в зависимости от отношения расстояния между противостоящими зданиями D к высоте карниза противостоящего здания над подоконником H (рис. 5.3. б)

D/H	0,5	1	1,5	2	3 и
$K_{зд}$	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0

Таблица Г.4 – Значения коэффициента солнечности климата для IV и V поясов светового климата

Пояс светового климата	Коэффициент солнечности климата, С							при зенит-ных фона-рях
	при световых отверстиях, которые сориентированы по сторонам света (азимут, град)							
	во внешних стенах зданий			в прямоугольных и трапециевидных фонарях			в фонарях типа «Швед»	
	136-225	226-315 46-135	316-45	69-113 249-293	24-68; 204-248; 114-158; 294-338	159-203 339-23	316-45	
IV Севернее 50°с. ш.	0,75	0,8	1,0	0,85	0,9	0,95	1,0	0,9
50°с. ш. и южнее	0,7	0,75	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,85
V севернее 40°с. ш.	0,65	0,7	0,9	0,75	0,8	0,85	0,9	0,75
40°с. ш. и южнее	0,6	0,65	0,0,85	0,7	0,75	0,8	0,85	0,65

Таблица Г.5 – Значение коэффициентов $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$

Вид светопропускающего материала	τ_1	Вид оконной рамы	τ_2	Солнцезащитные устройства	τ_4	Несущая конструкция покрытия	τ_3
Стекло оконное листовое:		Оконные рамы для промышленных зданий:		Регулируемые жалюзи и шторы (внутренние, внешние)	1	Стальные формы	0,90
одинарное	0,9						
двойное	0,8	а) деревянные:		Стационарные жалюзи и экраны с защитные углом не более 45°:			
тройное	0,75						
Стекло листовое:		одинарные	0,75	горизонтальные	0,65	Железобетонные и деревянные формы и арки	0,80
армированное	0,6	спаренные	0,7				
с узором	0,65	двойные отдельные	0,6				
солнцезащитное	0,65						
контрастное	0,75	б) металлические:		вертикальные	0,75		
Органическое стекло:							
прозрачное	0,9	Одинарные (открываются)	0,75	Горизонтальные козырьки:		Балки и рамы сплошные при высоте сечения: 50 см и более менее 50 см	0,80 0,90
молочное	0,6						
Пустотелые стеклянные блоки:		одинарные (глухие)	0,9	с защитным углом не более 30°	0,8		
светорассеивающие	0,5	двойные (открываются)	0,6				
прозрачные	0,55			с защитным углом от 15 до 45° (многоступенчатые)	0,6-0,9		
Стеклопакеты	0,8	двойные (глухие)	0,8				

Таблица Г.6 – Значение коэффициента r_1

В/н	ℓ/В	Значение r_1 при боковом освещении									Значение r_1 при боковом двухстороннем освещении								
		Средний коэффициент отражения ρ_{cp} потолка, стен, пола																	
		0,5			0,4			0,3			0,5			0,4			0,3		
		Отношение длины помещения L к его глубине B																	
		0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более
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	1,05	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
	1,0	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	1,15	1,25	1,15	1,1
Больше 1,5 до 2,5	0,1	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	1,25	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	1,45	1,2	1,3	1,25	1,2
	1,0	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
Больше 2,5 до 3,5	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
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1	1,5	1,4	1,25	1,3	1,2	1,15	1,2	1,1	1,1
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3	2,25	1,9	1,45	1,7	1,5	1,25	1,5	1,4	1,2
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5	3,65	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3
	1,0	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
Больше 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	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	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
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3	3,25	2,8	2,4	1,9	1,7	1,45	1,65	1,5	1,3
	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
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7	5,1	4	3,2	2,55	2,3	1,85	2,1	1,8	1,5
	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
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1	6,2	4,9	3,9	3,4	2,8	2,3	2,45	2,1	1,7
	1,0	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

Примечание: B — глубина помещения; h — высота от уровня условной рабочей поверхности к верхнему краю окна; ℓ — расстояние от расчетной точки до внешней стены

Таблица Г.7– Значение световой характеристики фонарей η_{ϕ}

Тип фонаря	Количество пролетов	Значение световой характеристики фонарей								
		отношение длины помещения $L_{\text{п}}$ к ширине пролета l_1								
		от 1 до 2			от 2 до 4			больше 4		
		отношение высоты помещения H к ширине пролета l_1								
		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 0,1
С вертикальным двухсторонним застеклением	Один	5,8	9,4	16	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
	Два	5,2	7,5	12,8	4,0	5,1	7,8	3,7	6,4	6,5
	Три и больше	4,8	6,7	11,4	3,8	4,5	6,9	3,4	4,0	5,6
С наклонным двухсторонним за-стеклением	Один	3,5	5,2	6,2	2,80	3,8	4,7	2,7	3,6	4,1
	Два	3,2	4,4	5,3	2,50	3,0	4,1	2,3	2,7	3,4
	Три и больше	3,0	4,0	4,7	2,35	2,7	3,7	2,1	2,4	3,0
С вертикальным односторонним застеклением	Один	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10,0	4,90	7,1	8,5
	Два	6,1	8,0	11,0	4,7	5,5	6,6	4,35	5,0	5,5
	Три и больше	5,0	9,5	8,2	4,0	4,3	5,0	3,60	3,8	4,1
С наклонным односторонним застеклением	Один	3,8	4,55	6,8	2,9	3,4	4,5	2,50	3,20	3,9
	Два	3,0	4,30	5,7	2,3	2,9	3,5	2,15	2,65	2,9
	Три и больше	2,7	3,70	5,1	2,2	2,5	3,1	2,00	2,25	2,5

Таблица Г.8. – Значение коэффициента r_2

Отношение высоты помещения от условной рабочей поверхности к нижней грани застекления $H_{\text{л}}$, и к ширине прогона ℓ_1	Значение коэффициента r_2								
	Средний коэффициент отражения потолка, стен и пола								
	$\rho_{\text{ср}} = 0,5$			$\rho_{\text{ср}} = 0.4$			$\rho_{\text{ср}} = 0,3$		
	Количество прогонов								
	1	2	3 и больше	1	2	3 и больше	1	2	3 и больше
2	1.7	1,5	1.15	1,6	1,4	1,1	1,4	1,1	1,05
1	1.5	1,4	1,15	1.4	1,3	1,1	1,3	1,1	1,05
0,75	1,45	1,35	1,15	1,35	1,25	1,1	1,25	1,1	1,05
0,5	1,4	1,3	1,15	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,05
0,25	1,35	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05

Таблица Г.9 – Значение коэффициента K_{ϕ}

Тип фонаря	Значение коэффициента K_{ϕ}
Световые прорезы в плоскости покрытия, ленточные	1
Световые прорезы в плоскости покрытия, искусственные	1,1
Фонари с наклонным двухсторонним застеклением (трапециевидные)	1,15
Фонари с вертикальным двухсторонним застеклением (прямоугольные)	1,2
Фонари с односторонним наклонным застеклением (шеды)	1,3
Фонари с односторонним вертикальным застеклением (шеды)	1,4

Таблица Г.10 – Примерные значения коэффициентов отражения ρ поверхностей интерьера помещений

Поверхности интерьера помещения	Коэффициент отражения ρ , %	Поверхности интерьера помещения	Коэффициент отражения ρ , %
Потолок	80-60	Нижняя часть стены (панель) и перегородки	60-40
Железобетонные фермы и балки перекрытия	70-45		
Металлоконструкции	55-40	Пол	40-10
Верхняя часть стены	70-50	Технологическое оборудование	55-25

Таблица Г.11 – Примерные значения коэффициентов отражения ρ потолка ($\rho_{\text{потолка}}$) и стен ($\rho_{\text{стен}}$)

Состояние потолка	$\rho_{\text{потолка}}$, %	Состояние стен	$\rho_{\text{стен}}$, %
Свежепобеленное	80-65	Свежепобеленные с окнами, закрытыми белыми шторами	75-65
Побеленный в серых помещениях	65-40		
Бетонный чистый	55-45	Свежепобеленные с окнами без штор	55-45
Бетонный грязный	35-25	Бетонные с окнами	35-25
Светлый деревянный (лакированный)	60-45	Обклеенные светлыми обоями	40-25
Темный деревянный (некрашеный)	30-25	Обклеенные темными обоями	15-5
Грязный (кузница, склады угля)	20-10	Цементные нештукатуренные	15-10

Таблица Г.12 – Коэффициенты отражения ρ поверхностей с разной цветовой окраской

Цвет окрашенной поверхности	ρ , %	Цвет окрашенной поверхности	ρ , %
Белая палитра	85	Светло-серая	53
Белая полуматовая	82	Серо-алюминиевая	42
Белая слоновой кости	79	Зеленая	41
Кремово-белая	72	Бежевая	38
Светло-розовая	69	Коричневая	23
Светло-желтая	60	Оливково-зеленая	20
Светло-красная	56	Темно-коричневая	15
Голубая	53	Темно-зеленая	10
		Темно-синяя	4

Таблица Г.13 – Рекомендации по общему освещению помещений

Наименование цеха, участка, производственной операции, оборудования	Разряд зритель-ной работы	Освещенность, лк, при системе	
		комбини-рованно-го осве-щения	обще-го осве-щения
Механические и инструментальные цеха			
Общий уровень освещенности	-	-	300
Металлорежущие станки:			
а) токарные, фрезерные, зубо- и резьбошлифовальные, заточные, прецизионные и тому подобное	IIв	2000	-
б) отрезные, долбежные, станки-автоматы, автоматические линии, станки с работами при постоянном пребывании людей	IIв	750	-
в) станки с работами при периодическом пребывании людей	IIв	500	-
Разметочные плиты, слесарные, лекальные и граверные работы, ОТК, измерительные лаборатории	IIв	2000	-
Сборочные цеха			
Очень точная сборка (монтаж микросхем, микроэлементов и тому подобное)	Iб	4000	-
Точная сборка (малых электрических машин и тому подобное)	IIб	3000	750
Сборка средней точности (станков, больших электродвигателей и тому подобное)	IIIб	1000	300
Сборка малой точности (крупных изделий из блоков, тележек вагонов и тому подобное)	IVб	500	200
Ремонтно-механічні цеха	-	-	400
Кузнечный участок (нагревательные печи горны, ковочные молоты, наковальни)	VII	-	200
Заготовительно-разрезной участок (гильотины, механические пилы)	Vб	-	200
Сборка оборудования	IIIб	-	300
Электроремонтные цеха			
Общий уровень освещенности по цеху	-		300
Разборка и сборка моторов, сборка щитов и панелей управления, монтажные верстаки	IIIб	1000	300
Операторы ЭВМ	III	—	300

Таблица Г.14 – Значение коэффициента запаса при искусственном освещении (ДБН В.2.5-28-2006)

Тип помещения	Значение коэффициента запаса	
	Лампы нака- ливания	Газоразрядные лампы
Помещения обычные (меньше 1 мг/м ³ пыли)	1,5	1,3
Помещения пыльные (1–5 мг/м ³ пыли)	1,8	1,5
Помещения пыльные (больше 5 мг/м ³ пыли)	2,0	1,7
Помещения с особо чистым режимом	1,4	1,2

Таблица Г.15 – Коэффициент использования светового потока

$\rho_{\text{пот}}$ %	$\rho_{\text{стен}}$ %	Коэффициент использования η ,% , при индексе помещения i											
		0,5	0,6	0,8	1	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
Светильник «Глубокоизлучатель»													
70	50	25	31	38	41	43	46	49	52	53	54	55	57
50	30	21	27	34	38	41	43	46	49	51	52	52	54
30	10	19	24	32	36	39	41	44	47	49	50	51	52
Светильник с лампами ДРЛ													
70	50	30	35	44	49	54	58	63	67	69	70	71	72
50	30	24	30	38	43	49	53	59	62	64	66	68	70
30	10	21	26	34	40	45	49	55	59	61	63	65	67
Светильник «Универсаль » без затенения													
70	50	28	34	39	45	48	51	55	59	60	61	62	63
50	30	24	30	35	43	45	48	52	55	57	58	59	60
39	10	21	27	32	41	44	46	50	54	55	56	57	58
Светильник «Люцетта»													
70	50	29	33	41	44	48	51	55	58	60	63	64	65
50	30	22	27	33	37	41	44	48	52	54	57	59	61
39	10	20	25	26	31	34	37	41	45	47	52	54	56

Таблица Г.16 – Светотехнические характеристики источников освещения

Источник освещения	Тип	Параметры	
		мощность, Вт	световой поток, лм
Лампы накаливания	НВ-100	100	1240
	НВ-150	150	1900
	НВ-200	200	2700
	НВ-300	300	4350
	НВ-500	500	8100
	НВ-750	750	13100
Ртутные лампы	ДРЛ-80	80	2000
	ДРЛ-125	125	4800
	ДРЛ-250	250	10000
	ДРЛ-400	400	18000
	ДРЛ-700	700	33000
	ДРЛ-1000	1000	50000
Люминесцентные лампы	ЛТБ-20	20	900
	ЛТБ-40	40	2200
	ЛТБ-80	80	3540
	ЛД-80	80	4070
	ЛБ-80	80	5220

Приложение Д

Требования к производственному оборудованию

Таблица Д.1 – Безопасное расстояние от движущихся деталей до поверхности отражения [25]

Наибольший диаметр окружности, вписанной в отверстие решетки (сетки), мм	Безопасное расстояние, мм
До 8	Не менее 15
8 – 10	15 – 35
10 – 25	35 – 120
25 – 40	120 - 200

Таблица Д.2 – Расстояние от опасного элемента до ограждения [25]

Высота расположения опасного элемента, мм	Высота защитного ограждения, мм							
	2400	2200	2000	1800	1600	1400	1200	1000 и менее
2600	100	100	100	100	100	100	100	100
2400		100	100	150	150	200	200	200
2200	-	250	350	400	500	500	600	600
2000	-	-	350	500	600	700	900	1100
1800	-	-	-	600	900	900	1000	1100
1600	-	-	-	500	900	900	1000	1300
1400	-	-	-	100	800	900	1000	1300
1200	-	-	-	-	500	900	1000	1400
1000	-	-	-	-	300	900	1000	1400
800	-	-	-	-	-	600	900	1300
600	-	-	-	-	-	-	500	1200
400	-	-	-	-	-	-	300	1200
200	-	-	-	-	-	-	200	1100

Таблица Д.3 – Характеристики материалов защитных экранов [25]

Материал	Динамический модуль упругости, МПа	Допустимое напряжение на изгиб, МПа
Оргстекло «СОЛ»	2700	120
Оргстекло «СТ-1»	2900	140
Оргстекло «2-55»	3500	140
Сталь	205000	140–230
Сплавы алюминия	71000	46–77

Таблица Д.4 – Наименьшая толщина стенок шлифовального круга [6]

Материалы, применяемые для защитных кожухов		Высота круга, мм	Диаметр шлифовальных кругов, мм													
			75–150		175–300		325–400		425–500		525–600		625–700		775–1250	
			А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В
Для работы кругами с окружной рабочей скоростью до 35 м/с	Ковкий чугун	50	6	6	9	8	13	9	16	13	19	16	22	19	25	22
		100	8	8	9	8	13	9	16	13	19	16	22	19	29	22
		150 и более	10	8	9	8	16	13	19	16	22	16	25	19	32	22
	Стальное литье	50	4	4	6	4	8	6	10	8	12	10	15	13	18	16
		100	6	6	8	6	10	8	12	10	14	12	17	15	20	19
		150 и более	6	6	10	8	12	10	14	12	16	14	19	17	23	21
	Листовая сталь, котельное железо	50	3	1,5	4	2	4	2	6	4	7	5	9	7	12	8
		100	3	1,5	5	3	5	3	7	5	8	6	10	8	14	10
		150 и более	4	1,5	6	3	6	3	8	6	9	7	11	8	16	12

Продолжение таблицы Д.4

Материалы, применяемые для защитных кожухов		Высота круга, мм	Диаметр шлифовальных кругов, мм													
			75–150		175–300		325–400		425–500		525–600		625–700		775–1250	
			А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В
146 Для работы кругами с окружной рабочей скоро- стью до 50 м/с	Стальное литье	50	6	6	8	6	11	8	14	11	17	14	21	18	26	23
		100	8	8	11	8	14	11	17	14	20	17	24	21	28	27
		150 и более	8	8	14	11	17	14	20	17	23	20	27	24	33	30
	Листовая сталь, ко- тельное железо	50	4	2	6	3	7	5	8	6	10	7	13	10	17	11
		100	4	2	7	4	7	5	10	7	11	8	14	10	20	14
		150 и более	6	3	8	4	9	6	11	8	13	10	16	12	22	16

Примечание: А – толщина цилиндрической части кожуха, мм; В – толщина боковых стенок кожуха, мм.

Приложение Е

Требования к организации рабочих мест

Таблица Е.1 – Основные требования к размещению рабочих мест, оснащенных ПЭВМ (НПАОП 0.00-1.28-10) [14]

Наименование параметра	Значение, м
Минимальная ширина проходов:	
– при однорядном расположении рабочих мест	1
– при двухрядном расположении рабочих мест	1,2
Расстояние от стен	$\geq 1,0$
Расстояние между рабочими местами	$\geq 1,5$
Расстояние между боковыми поверхностями монитора	$\geq 1,2$
Расстояние между тыльной поверхностью одного ПЭВМ и экраном другого	$\geq 2,5$
Площадь помещения на одного рабочего, м ²	6
Объем помещения на одного рабочего, м ³	20

Примечание. Площадь и объем помещения приведены с учетом максимального количества одновременно работающих людей за смену.

Таблица Е.2 – Высота стола для работы на ПЭВМ [14]

Рост человека, см	Высота над полом, мм	
	Поверхность стола	Пространство для ног, не меньше
131...145	580	520
146...160	640	580
161...175	700	640
Более 175	760	700

Примечания:

1 Оптимальный размер рабочей поверхности: длина – 1600 мм, ширина – 900 мм. На поверхности стола должна быть специальная подставка для документов, расстояние от которой до глаз должно равняться расстоянию от глаз до клавиатуры.

2 Ширина и глубина пространства для ног определяются конструкцией стола. Размеры пространства для ног по высоте не меньше 600 мм, по ширине – 500 мм, по глубине – 650 мм.

Таблица Е.3 – Основные размеры стула [14]

Параметры стула	Рост человека, см		
	146...160	161...175	Более 175
Высота сиденья, мм	380	420	460
Ширина сиденья, мм	320	340	360
Глубина сиденья, мм	360	380	400
Высота нижнего края спинки, мм	160	170	190
Высота верхнего края спинки, мм	330	360	400
Угол наклона сиденья, ... °	0...4		
Угол наклона спинки, ... °	95...108		

Таблица Е.4 – Требования к размещению оборудования [14]

Наименование параметра	Значение параметра
Расстояние от экрана до глаз работника при размере экрана по диагонали, мм 35/38 см (14''/15'')	600...700
43 см (17'')	700...800
48 см (19'')	800...900
53 см (21'')	900...1000
Угол наклона экрана от линии зрения работника	-30° ...+30°
Угол наклона клавиатуры	5...15°
Расстояние от края рабочей поверхности до клавиатуры	100...300 мм

Приложение Ж

Требования к электробезопасности

Таблица Ж.1 – Значения удельного сопротивления грунта и воды и климатического коэффициента

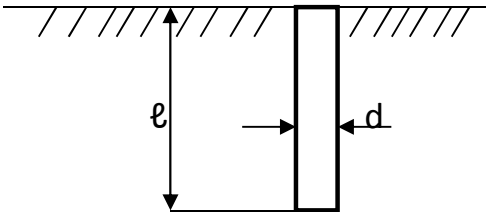
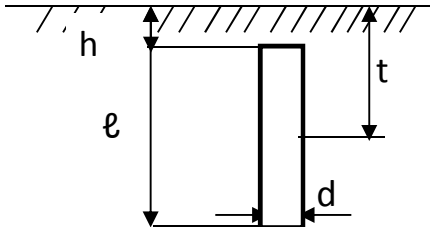
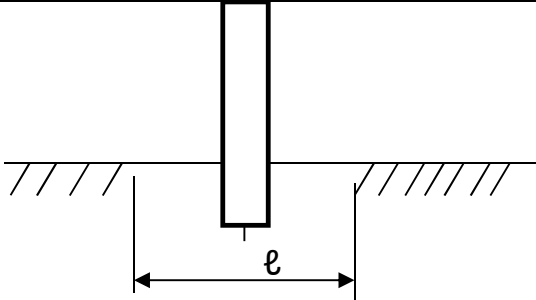
Грунт, вода	Удельное сопротивление, Ом·м			Климатический коэффициент		
	При влажности 10-12% к массе грунта	Пределы колебаний	Рекомендуемое для расчетов	φ_1	φ_2	φ_3
Глина	40	8–70	60	1,6	1,3	1,2
Гравий, щебень	—	—	2000	—	—	—
Каменный грунт	—	500–800	400	—	—	—
Песок	700	400–2500	500	2,4	1,56	1,2
Садовая земля	40	30–60	50	—	1,3	1,2
Суглинок	100	40–150	100	2	1,5	1,4
Супесок	300	150–400	300	2	1,5	1,4
Торф	20	10–30	20	1,4	1,1	1
Чернозем	200	9–53	30	—	1,32	1,2
Вода:	—	—	—	—	—	—
– в ручьях	—	10–60	—	—	—	—
– грунтовая	—	20–70	—	—	—	—
– морская	—	0,2–1	—	—	—	—
– прудовая	—	40–50	—	—	—	—
– речная	—	10–100	—	—	—	—

Примечание. φ_1 – при большой влажности грунта; φ_2 – при средней влажности грунта; φ_3 – при сухом грунте

Таблица Ж.2 – Коэффициенты сезонности

Характеристика климатических зон	Климатические зоны			
	I	II	III	IV
Средняя многолетняя низшая t° (январь)	От -20°C до -15°C	От -14°C до -10°C	От -10°C до -0°C	От 0°C до $+5^{\circ}\text{C}$
Средняя многолетняя высшая t° (июль)	От $+16^{\circ}\text{C}$ до $+18^{\circ}\text{C}$	От $+18^{\circ}\text{C}$ до $+22^{\circ}\text{C}$	От $+22^{\circ}\text{C}$ до $+24^{\circ}\text{C}$	От $+24^{\circ}\text{C}$ до $+26^{\circ}\text{C}$
Среднегодовой уровень осадков, мм	≈ 400	≈ 500	≈ 5000	$\approx 300-500$
Длительность замерзания вод (дней)	190–170	150	100	0
k_c стержневых заземлителей ($l=2-3$ м, глубина заземления 0,5–0,8 м)	1,8-2	1,5–1,8	1,4–1,6	1,2–1,4
k_c горизонтальных заземлителей ($l = 2-3$ м, глубина заземления 0,5–0,8 м)	4,5–5,0	3,5–4,5	2,0–2,5	1,5–2,0
k_c при длине стержней 5 м и глубине заземления 0,7–0,8 м	1,35	1,25	1,15	1,1

Таблица Ж.3 – Значения сопротивления растеканию естественных заземлителей

№	Тип заземлителя	Схема	Формула	Дополнительные указания
1	2	3	4	5
1	Трубчатый или стержневой у поверхности грунта		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{4\ell}{d}$	$\ell \gg d$
2	Трубчатый или стержневой в грунте		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \left(\ln \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + \ell}{5t - \ell} \right)$	$t > 5$
3	Горизонтальный круглого сечения (труба, кабель и т.д.) на поверхности грунта		$R_3 = \frac{\rho}{\pi\ell} \ln \frac{2\ell}{d}$	$\ell/H \geq 5$

Продолжение таблицы Ж.3

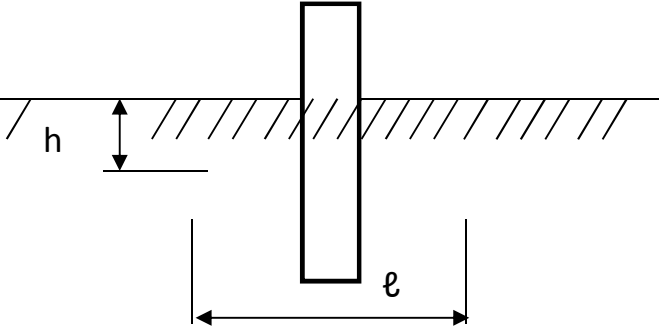
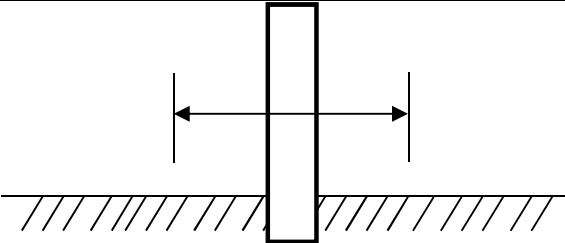
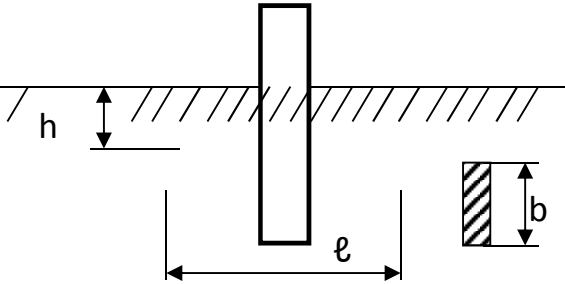
1	2	3	4	5
4	Горизонтальный круглого сечения в грунте		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{\ell^2}{d h}$	$\ell/H \geq 5$
5	Горизонтальный полосовой на поверхности грунта		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{4\ell}{b}$	$\ell \gg d$
6	Горизонтальный – полоса в грунте		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{2\ell^2}{d h}$	$\ell/h \geq 5$

Таблица Ж.4 – Коэффициенты использования заземлителей, η

Отношение расстояния между трубами к их длине	При размещении в ряд		При размещении по контуру	
	Количество заземлителей	η	Количество заземлителей	η
1	2	0,84–0,87	4	0,66–0,72
	3	0,76–0,80	6	0,58–0,65
	5	0,67–0,72	10	0,52–0,58
	10	0,56–0,62	20	0,44–0,50
	15	0,51–0,56	40	0,38–0,44
	20	0,47–0,50	60	0,36–0,42
2	2	0,90–0,92	4	0,76–0,80
	3	0,85–0,88	6	0,71–0,75
	5	0,79–0,83	10	0,66–0,71
	10	0,72–0,77	20	0,61–0,66
	15	0,66–0,73	40	0,55–0,61
	20	0,65–0,70	60	0,52–0,58
	-	-	100	0,49–0,55
3	2	0,93–0,95	4	0,84–0,86
	3	0,90–0,92	6	0,78–0,82
	5	0,85–0,88	10	0,74–0,78
	10	0,79–0,83	20	0,68–0,73
	15	0,76–0,80	40	0,64–0,69
	20	0,74–0,79	60	0,62–0,67
	-	-	100	0,59–0,65

Таблица Ж.5 – Коэффициенты использования шины, $\eta_{ш}$

Отношение расстояния меж- ду заземлителями к их длине	Количество заземлителей					
	4	8	10	20	30	50
При расположении шины в ряд						
1	0,77	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21
2	0,89	0,79	0,75	0,66	0,46	0,36
3	0,92	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49
При расположении по контуру						
1	0,45	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,43	0,40	0,32	0,30	0,23
3	0,70	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37

Приложение К

Требования к пожарной безопасности

Таблица К.1 – Характеристика категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещений	Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении
А Взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C в таком количестве, что могут образовываться взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б Взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В Пожароопасная	Легковоспламеняющиеся, горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они находятся или используются, не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, иск, пламени; горючие газы, жидкости, твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются как топливо
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Таблица К.2 – Классификация пожаров

Класс пожара	Характеристика веществ и материалов или горящего объекта
A	Твердые вещества, преимущественно органического происхождения, горение которых сопровождается тлением (дерево, текстиль, бумага)
B	Горючие жидкости или твердые вещества, которые расплавляются при нагревании (нефтепродукты, спирты, каучук, стеарин, некоторые синтетические материалы)
C	Горючие газы
D	Металлы и их сплавы (алюминий, магний, щелочные металлы)
E	Оборудование под напряжением

Таблица К.3 – Пенные, порошковые, хладоновые и углекислотные переносные огнетушители [16]

Категория помещения	Площадь, м ²	Класс пожара	Пенные емкостью 10 л	Порошковые емкостью 10 л	Хладоновые емкостью 2 л	Углекислотные емкостью 5 л
А, Б	200	A	2++	1++	–	–
		B	4+	1++	4+	–
		C	–	1++	4+	–
		D	–	1++	–	–
		E	–	1++	–	2++
В	400	A	2++	1+	–	2+
		D	–	1++	–	–
		E	–	1+	2+	2++
Г	800	B	2+	1+	–	–
		C	–	1+	–	–
Г, Д	1800	A	2++	1+	–	–
		D	–	1++	–	–
		E	–	1+	2+	2++

Таблица К.4 – Воздушно-пенные, комбинированные, порошковые и углекислотные переносные огнетушители [16]

Категория помещения	Площадь, м ²	Класс пожара	Воздушно-пенные емкостью 100 л	Комбинированные емкостью 100 л	Порошковые емкостью 100 л	Углекислотные емкостью 80 л
А, Б, В	500	А	1++	1++	1++	3+
		В	2+	1++	1++	3+
		С	–	1+	1++	3+
		Д	–	–	1++	–
		Е	–	–	1+	1++
В	800	А	1++	1++	1++	2+
		В	2+	1++	1++	3+
		С	–	1+	1++	3+
		Д	–	–	1++	–
		Е	–	–	1+	1+

Примечание. Знак «++» означает огнетушители, которые рекомендуются для оснащения объектов; знак «+» означает огнетушители, использование которых разрешается при отсутствии рекомендованных огнетушителей; знак «–» означает огнетушители, которые не допускаются для оснащения объектов.

Приложение Л

Безопасность при чрезвычайных ситуациях

Таблица Л.1 – Варианты заданий для расчета степени устойчивости объекта при взрыве газозоудушной смеси

Номер варианта	А, т	Б, м	Номер варианта	А, т	Б, м
1	132	450	36	120	480
2	132	515	37	120	585
3	132	690	38	104	475
4	100	405	39	104	580
5	100	545	40	112	425
6	100	780	41	112	515
7	124	510	42	112	615
8	124	580	43	138	480
9	116	470	44	138	545
10	116	575	45	138	720
11	100	455	46	115	435
12	100	560	47	115	575
13	100	790	48	106	485
14	108	405	49	106	590
15	108	495	50	114	435
16	108	595	51	114	525
17	134	525	52	114	625
18	105	415	53	135	485
19	105	555	54	135	550
20	126	520	55	135	725
21	126	590	56	105	445
22	118	475	57	105	585
23	118	580	58	120	550
24	102	465	59	120	68
25	102	570	60	115	495
26	110	415	61	115	730
27	110	505	62	108	495
28	110	605	63	108	600
29	136	535	64	116	455
30	136	710	65	116	535
31	110	425	66	116	635
32	110	565	67	137	495
33	110	800	68	137	560
34	128	530	69	116	505
35	128	600	70	116	610

Таблица Л.2 – Степени разрушения элементов объекта при различных избыточных давлениях фронта ударной волны, кПа

№ п/п	Элементы объекта	Разрушения			
		слабые	средние	сильные	полные
1	2	3	4	5	6
1 Производственные, административные и жилые здания					
1	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т	20...30	30...40	40...50	50...70
2	То же, с крановым оборудованием грузоподъемностью 60...100 т	20...40	40...50	50...60	60...80
3	Бетонные и железобетонные здания и здания антисейсмической конструкции	25...35	80...120	150...200	200
4	Здания с легким металлическим каркасом и бескаркасной конструкции	10...20	20...30	30...50	50...70
5	Промышленные здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением с площадью остекления около 30%	10...20	20...30	30...40	40...50
6	Многоэтажные железобетонные здания с большой площадью остекления	8...20	20...40	40...90	90...100
7	Промышленные здания с металлическим каркасом и сплошным хрупким заполнением стен и крыши	10...20	20...30	30...40	40...50
8	Здания из сборного железобетона	10...20	20...30	-	30...60
9	Кирпичные бескаркасные промышленно-вспомогательные здания с перекрытием из железобетонных сборных плит (1- и 2-этажные)	10...20	20...35	35...45	45...60

Продолжение таблицы Л.2

1	2	3	4	5	6
10	То же, с перекрытием из деревянных элементов	8...15	15...25	25...35	35
11	Складские каменные здания	10...20	20...30	30...40	40...50
12	Административные многоэтажные здания с металлическим или железобетонным каркасом	20...30	30...40	40...50	50...60
13	Каменные малоэтажные здания (1–2 этажа)	8...15	15...25	25...35	35...45
14	Каменные многоэтажные здания (3 этажа и больше)	8...12	12...20	20...30	30...40
15	Доменные печи	20	40	80	100
16	Остекление зданий из армированного стекла	1...1, 5	1,5 ...2	2...5	-
17	Остекление зданий обычное	0,5 ...1	1...1, 5	1,5 ...3	-
2 Некоторые виды оборудования					
1	Станки тяжелые	25...40	40...60	60...70	-
2	Станки средние	15...25	25...35	35...45	-
3	Станки легкие	6...12	12...50	15...25	-
4	Краны и крановое оборудование	20...30	30...50	50...70	70
5	Подъемно-транспортное оборудование	20...50	50...60	60...80	80
6	Кузнечно-прессовое оборудование	50...100	100...150	150...200	-
7	Гибкие шланги для транспортировки сыпучих материалов	7...15	15...25	25...35	35...45
8	Электродвигатели мощностью до 2 кВт открытые	20...40	40...50	-	50...80
9	То же герметичные	30...50	50...70	-	80...100
10	Электродвигатели мощностью от 2 до 10 кВт открытые	30...50	50...70	-	80...100

Продолжение таблицы Л.2

1	2	3	4	5	6
11	То же герметичные	40...60	60...75	-	75...110
12	Электродвигатели мощностью 10 кВт и больше открытые	50...60	60...80	-	80...120
13	Электродвигатели мощностью 10 кВт и больше герметичные	60...70	70...80	-	80...120
14	Трансформаторы от 100 до 1000 кВт	20...30	30...50	50...60	60
15	Генераторы на 100...300 кВт	10...25	25...35	35...50	50...70
16	Открытые распределительные устройства	15...25	25...35	-	-
17	Масляные выключатели	5...6	6...10	10...20	20...40
18	Контрольно-измерительная аппаратура	5...10	10...20	20...30	30
19	Магнитные пускатели	20...30	30...40	40...60	-
20	Гибкие шланги для сыпучих материалов	7...15	15...25	25...35	35...45
21	Ленточные конвейеры на железобетонных эстакадах	5...6	6...10	10...20	20...40
22	Стеллажи	10...25	25...35	35...50	50...70
3 Коммунально-энергетические сети					
1	Трансформаторные подстанции закрытого типа	30...40	40...60	60...70	70...80
2	Кабельные подземные линии	200...300	300...600	600...1000	1500
3	Кабельные наземные линии	10...30	30...50	50...60	60
4	Воздушные линии высокого напряжения	25...30	30...50	50...70	70
5	Воздушные линии низкого напряжения	20...60	60...100	100...160	160
6	Подземные чугунные и керамические трубопроводы	200...600	600...1000	1000...1200	1200

Продолжение таблицы Л.2

1	2	3	4	5	6
7	Трубопроводы, углубленные на 20 см	150...200	250...300	500	-
8	Трубопроводы наземные	20...50	50...130	130	-
9	Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	20...30	30..... 40	40...50	-
10	Котельная	7...13	13...25	25...35	35...45
11	Подземные стальные трубопроводы диаметром до 350 мм	600...1000	1000...1500	1500...2000	2000
12	То же самое, диаметром более 350 мм	200...350	350...600	600...1000	1000
13	Водопровод заглубленный	100...200	200...1000	1000...1500	1500
14	Подземные резервуары	20...50	50...100	100...200	200
15	Частично углубленные резервуары	40...50	50...80	80...100	100
16	Наземные резервуары	30...40	40...70	70...90	90
17	Металлические вышки	20...30	30...50	50...70	70
4 Транспорт					
1	Грузовые автомобили	20...30	30...50	55...65	65
2	Легковые автомобили	10...20	20...30	30...50	50
3	Гусеничная техника	30...40	40...80	80...100	100
4	Шоссейные дороги	120...300	300...1000	1000...2000	2000
5	Железнодорожные пути	100...150	150...200	200...300	300...500
6	Передвижной железнодорожный состав	30...40	40...80	80...100	100...200
7	Металлические мосты с прогоном 30..45 м	50...100	100...150	150...200	200
8	Металлические мосты с з прогоном 45...100 м	40...80	80...100	100...150	150...200

Навчальне видання

**ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА
ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Методичні вказівки

до виконання розділу в дипломних проектах

**для студентів спеціальностей ТМ, МВ, ІВ
всіх форм навчання**

(Російською мовою)

**Укладачі: ГОНЧАРОВА Світлана Анатоліївна,
ДЕМЕНТІЙ Лариса Володимирівна**

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання

О. М. Болкова

**37/2013. Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. 9,42.
Обл.-вид. арк. 7,24. Тираж 10 пр. Зам. № 11.**

Видавець і виготівник

**Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.**

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК №1633 від 24.12.2003