

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
ГОУВПО «Ивановский государственный химико-технологический
университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

***к выполнению раздела «БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА»
в дипломных проектах студентов механических специальностей***

**Составители: Л.В.Шведова
Т.А.Чеснокова
И.А.Кузьмина
А.П.Куприяновская
Н.В.Тукумова**

Под редакцией А.В.Невского

Иваново 2007

УДК 66.013.8(07)

Методические указания к выполнению раздела «Безопасность труда» в дипломных проектах студентов механических специальностей / Сост.: Л.В.Шведова, Т.А.Чеснокова, И.А.Кузьмина, А.П.Куприяновская, Н.В.Тукумова; под редакцией А.В.Невского; ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2007, 40 с.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями Государственных общеобразовательных стандартов Российской Федерации и предназначены в качестве пособия при дипломном проектировании химико-технологических производств студентами 4-го, 5-го и 6-го курсов по направлениям:

655400 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» для специальностей:

24.08.01 Машины и аппараты химических производств и

15.04.00 Технология машин и оборудования (бакалавры)

25.18.00 Основные процессы химических производств и химическая кибернетика

655800 «Пищевая инженерия» для специальностей:

26.06.01 Машины и аппараты пищевых производств и

15.04.00 Технология машин и оборудования (бакалавры)

657900 «Автоматизированные технологии и производства» для специальности:

21.02.00 Автоматизация технологических процессов и производств

Методические указания подготовлены в помощь студентам-дипломникам, разрабатывающим дипломные проекты по профилям механических специальностей ГОУВПО ИГХТУ.

Табл. 17. Библ. 19 наим.

Рецензенты:

кандидат химических наук Ватагин В.С. (Ивановский институт государственной пожарной службы МЧС России);

кандидат технических наук Миронов В.П. (ГОУВПО Ивановский государственный химико-технологический университет).

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА «БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА»

1. Оценка степени опасности при использовании токсичных и взрывопожароопасных веществ

Начальным этапом работы над разделом является детальный анализ предлагаемого в проекте технологического процесса, оборудования, операции и т.п. и выявление вредных и опасных производственных факторов, воздействию которых может подвергаться обслуживающий персонал. Основные неблагоприятные факторы производственной среды и трудового процесса приведены в прил.1.

При использовании в технологическом процессе токсичных и взрывопожароопасных веществ возникает угроза как отравления обслуживающего персонала (хронического или острого), так и возможность возникновения пожара или взрыва как при нормальном протекании технологического процесса, так, в большей степени, при аварии (разгерметизации аппарата, разливе жидкости и т.п.). Поэтому необходимо указать какие вещества используются в технологическом процессе (или в проектируемой части технологического процесса), дать их токсикологическую и взрывопожароопасную характеристику, указать количество используемых веществ, технологические параметры ведения процесса и т.п. Результаты можно представить в виде таблицы 1.1.

Таблица 1.1.

Показатели, характеризующие степень токсичности и взрывопожароопасности веществ

N	Название вещества, его формула или состав	Агрегатное состояние	Количество вещества, т/год, кг/сутки	Технологические параметры, t, P, τ -час/год, циклов/год	Токсикологические характеристики				Взрывопожароопасные характеристики					
					ПДК _{рз} мг/м ³	ЛК ₅₀ мг/м ³	класс опасности	характер воздействия	группа горючести	температура вспышки, °С	температура самовоспламенения, °С	концентрационные пределы воспламенения		категория и группа взрывоопасной смеси
												Φ _Н , об.%, г/м ³	Φ _В , об.%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Примечание к табл.1.1. Графы 1-5 – заполняются по технологическим данным; графы 6-8 – ПДК_{рз}, ЛК₅₀ и класс опасности токсичных веществ приведены в литературе /1-6/, при отсутствии значения ПДК_{рз} желательно привести величины ВДК_{рз} или ОБУВ; графа 9 – характер токсического воздействия вредных веществ приведен в литературе /2-5/; графа 10 - группа горючести используемых веществ приведена в литературе /7/ или ориентировочно группу горючести вещества, для которого имеется брутто формула, можно оценить по показателю (К), рассчитываемому по уравнению Элея:

$$K = 4n_C + n_H + n_N - 2n_O - 2n_{Cl} - 3n_F - 5n_{Br},$$

где n_{C, H, N, O, Cl, F, Br} – число соответствующих атомов в молекуле вещества.

При K ≤ 0 вещество относится к I группе (негорючие);

0 < K ≤ 2 – ко II группе (трудногорючие);

K > 2 – к III группе (горючие);

графы 11-15 заполняются только для горючих веществ: для легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) – жидкостей с t_{всп} ≤ 61°С заполняются графы 11-15; для горючих жидкостей (ГЖ)

– графы 11,12; для горючих газов – графы 12, 13, 14 и 15; для взрывоопасных аэрозолей ($\varphi_n \leq 65 \text{ г/м}^3$) – графы 12,13; для пожароопасных аэрозолей ($\varphi_n > 65 \text{ г/м}^3$) и твердых горючих веществ – графа 12,13.

На основе токсикологической характеристики веществ, необходимо оценить уровень загрязнения воздуха в рабочей зоне и состояние условий труда при нормальном протекании технологического процесса, а также степень опасности острых (летальных) отравлений людей при аварийной ситуации (разгерметизации аппарата, разливе жидкости и т.п.). Для этого нужно рассчитать концентрацию токсичного вещества ($C_{ТВ}$) при нормальном и аварийном режимах работы оборудования по формуле:

$$C_{ТВ} = G^{HP} (G^{AP}) / V_{CB} \cdot K_H, \quad (1.1)$$

где G^{HP}, G^{AP} – соответственно количество токсичного вещества, поступающее в воздух рабочей зоны при нормальном или аварийном режимах работы, мг/ч;
 V_{CB} – объем воздуха, в котором распределяются токсичные вещества, м^3 ;
 K_H – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения токсичного вещества в воздухе и негерметичность помещения (зоны). $K_H = 1,5 \div 3$.

Величины G^{HP} и G^{AP} можно рассчитать по формулам, приведенным в литературе /8/, а также найти из материального баланса. В прил. 2 приведены формулы расчета G^{HP} и G^{AP} для некоторых процессов и операций, а также способ определения V_{CB} .

Концентрацию $C_{ТВ}$, полученную при нормальном режиме работы технологического оборудования, нужно сравнить с величиной ПДК_{рз} и определить уровень загрязнения воздуха рабочей зоны и состояние условий труда (см. прил.2, табл.2.1).

Для оценки степени опасности отравления людей при аварии, полученную концентрацию сравнивают с концентрацией, вызывающей острые отравления (обычно она составляет более 20 ПДК_{рз}) и с ЛК₅₀.

Если в технологическом процессе используются горючие вещества, то проводят оценку степени их взрывопожароопасности. К взрывопожароопасным относятся все горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ), температура вспышки ($t_{всп}$) которых не превышает 61°C (в закрытом тигле) и аэрозоли с нижним пределом распространения пламени (φ_n) не более 65 г/м^3 .

К пожароопасным относятся горючие жидкости с $t_{всп} > 61^\circ\text{C}$, аэрозоли с $\varphi_n > 65 \text{ г/м}^3$ и твердые горючие вещества.

Для взрывопожароопасных веществ рассчитывают их концентрации в воздухе рабочей зоны на момент аварии по формулам:

для газов и паров ЛВЖ (%):

$$C_{ГГ, ЛВЖ} = V_{ГГ}(V_{ЛВЖ})100 / V_{CB} \cdot K_H, \quad (1.2)$$

где $V_{ГГ}, V_{ЛВЖ}$ – соответственно объемы горючего газа или паров ЛВЖ, образующиеся при аварийном поступлении их в воздух рабочей зоны, м^3 ;

для аэрозолей (г/м^3):

$$C_A = G_A / V_{CB} \cdot K_H, \quad (1.3)$$

где G_A – количество взрывопожароопасного аэрозоля, поступившего в воздух рабочей зоны при аварии, г/ч.

Полученные концентрации $C_{ГГ}$, $C_{ЛВЖ}$, C_A сравнивают с величиной нижнего предела (φ_n). При условии $C \geq \varphi_n$ вероятность взрыва велика.

По результатам расчета назначают степень взрывопожароопасности зон – пространство вокруг оборудования или рабочего места, где используются взрывопожароопасные вещества.

Для пожароопасных веществ назначают пожароопасную зону. Характеристики зон даны в прил.3.

При наличии нескольких токсичных и взрывопожароопасных веществ выше приведенные оценки могут быть проведены либо по всем веществам, либо по некоторым (по согласованию с консультантом).

2. Мероприятия по обеспечению безопасности при использовании токсичных и горючих веществ

В проекте должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие соблюдение санитарно-гигиенических и противопожарных требований при работе оборудования, как в нормальном режиме, так и аварийной ситуации. К мероприятиям первой группы можно отнести:

Герметизацию аппаратов, снабжение их контрольно-измерительными приборами (КИП) и регулирующими устройствами, позволяющими систематически следить за соблюдением технологических параметров и проводить регулирование процесса при его отклонении от предусмотренного режима.

Использование эффективной системы вентиляции (как правило, местной – наиболее гигиеничной и экономичной).

Уменьшение зеркала испарения технологических растворов.

Размещение потенциально опасного оборудования на открытых площадках или в отдельных помещениях с дистанционным управлением технологическим процессом из операторской.

Снабжение обслуживающего персонала соответствующей спецодеждой и средствами индивидуальной защиты (СИЗ).

Установка вблизи рабочего места фонтанчиков с проточной водой.

Обеспечение средствами пожаротушения и сигнализации на случай аварии.

На случай аварийной ситуации необходимо предусмотреть:

Средства, позволяющие быстро прекратить подачу токсичных и пожароопасных веществ в аппарат или помещение (отсекатели, задвижки, вентили).

Резервные емкости для слива основной массы веществ из аппарата и питающих трубопроводов.

Противовзрывные клапаны и разрывные мембраны на аппарате.

Средства подавление взрыва внутри оборудования.

Аварийную вентиляцию.

Эвакуационные проходы и выходы.

Более подробно о средствах защиты можно найти в литературе /9/. В прил.3 приведена методика расчета местной вытяжной вентиляции.

3. Освещенность рабочего места

В этом разделе необходимо дать следующую информацию:

Описать, какую зрительную работу выполняют операторы при обслуживании проектируемого оборудования (процесса), например: общее наблюдение за ходом технологического процесса; снятие показаний с КИП; работа на ЭВМ и т.п. Дать характеристику объекта наблюдения, например: тип и назначение КИП, их расположение в пространстве, периодичность снятия показаний и т.п.

На основе характеристики зрительной работы установить по СНиП 23-05-95 /10/ разряд зрительной работы, а также показатели, характеризующие качество освещения: допустимый уровень освещенности рабочего места, коэффициента пульсации светового потока и т.д.

Обосновать выбор системы освещения (комбинированное, общее) источники освещения (лампы накаливания, люминесцентные лампы, ДРЛ и т.п.).

Рассчитать достаточность выбранного источника света для местного освещения в системе комбинированного освещения санитарным требованиям. В прил.4 приведен пример расчета освещенности точечным методом. При проектировании всего рабочего помещения (цеха, участка и т.п.) рассчитывают количество светильников, которые обеспечат требуемый уровень освещения (в прил.4 приведен метод расчета по коэффициенту использования светового потока).

4. Производственный шум и вибрация

В этом разделе необходимо определить какое оборудование на проектируемом участке является источником шума и вибрации и дать характеристику этого оборудования (наименование, марку, назначение, количество однотипного оборудования и т.п.). Оценить какой шум и/или вибрация возникает при работе этого оборудования:

по природе (шум – механический, ударный, аэро- или гидродинамический, электромагнитный; вибрация – технологическая, транспортная, транспортно-технологическая);

по продолжительности действия в течение рабочей смены (постоянный(ая), периодический(ая) и т.п.);

по частотам (шум – низко-, средне- и высокочастотный; для вибрации расчет частоты колебания оборудования приведен в прил.5);

по распространению (шум – воздушный, структурный; вибрация – по трем осям ортогональной системы координат) и т.п.

по способу передачи вибрация подразделяется на общую (воздействует на все тело человека через основные опорные поверхности) и локальную (главным образом, через руки).

Указать уровни звуковой мощности (L_W , дБ или дБА) которые создают источники шума при нормальных режимах их эксплуатации. Эти значения приводятся в паспортах на оборудование или в справочной литературе /11/. В прил. 5 (табл. 5.1) приведены значения L_W для некоторых видов оборудования, создающих шум при его работе. Расчет виброскорости и виброускорения, а также их логарифмических уровней приведен в прил.5.

Дать характеристику (схему) расположения рабочего места относительно источников шума и вибрации, а также тяжесть и напряженность трудового процесса на рабочем месте.

При наличии нескольких источников шума и/или вибрации рассчитать их суммарный уровень на рабочем месте (см. прил.5).

На основании вышеизложенных характеристик шума и вибрации указать допустимые уровни звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос (уровни звука или эквивалентные уровни звука в дБА); для вибрации – виброскорость или уровень виброскорости в дБ на частоте вибрации для постоянных рабочих мест по литературе /12,13/ (см. прил.5, табл.5,2 и 5,3).

В случае необходимости предусмотреть мероприятия по снижению шума и/или вибрации до санитарно-гигиенических нормативов (см. прил.4).

5. Электробезопасность. Защита от разрядов статического электричества. Молниезащита зданий и сооружений

5.1. Обеспечение безопасности при эксплуатации электроустановок

Электрический ток является одним из наиболее распространённых факторов, приводящих к тяжёлым травмам со смертельным исходом. В то же время большое число лёгких, не требующих врачебной помощи, травм от действия электрического тока усыпляет бдительность и создаёт иллюзию его «безопасности».

Все случаи поражения человека током являются результатом замыкания электрической цепи через тело человека, или, иначе говоря, результатом прикосновения человека к двум точкам цепи, между которыми существует напряжение. Опасность такого прикосновения, оцениваемая значением тока, проходящего через тело человека, или же напряжением прикосновения, зависит от ряда факторов: схемы замыкания цепи тока через тело человека; напряжения сети; схемы сети; режима её нейтрали (т.е. заземлена или изолирована нейтраль); степени изоляции токоведущих частей от земли; рода и частоты тока; продолжительности воздействия; состояния окружающей воздушной среды и т.д.

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока.

В связи с этим в данном разделе необходимо привести следующие сведения:

1. Какое электрооборудование используется на проектируемом участке (например, электродвигатели, контрольно-измерительные приборы, электрические нагреватели, конденсаторы, электрические светильники, ЭВМ и т.п.). Указать их марку, количество, для каких целей они используются и т.п.

2. На основе анализа состояния окружающей воздушной среды (температуры и влажности воздуха, возможности загрязнения воздуха токопроводящей пылью или парами агрессивных веществ и т.д.) определить категорию помещения по степени опасности поражения человека электрическим током (см. прил.5, раздел 1). Привести безопасные значения напряжений прикосновения и токов в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 /14/ (см. прил.6, раздел 2).

3. По состоянию воздушной среды выбрать тип исполнения электрооборудования. Для электрооборудования во взрывозащищённом исполнении назначить маркировку (см. прил.6, раздел 3).

4. Выбрать тип электрической цепи для питания применяемого на участке электрооборудования (электрическая цепь с изолированной или заземлённой нейтралью, требуемое напряжение (линейное или фазное), природа тока (постоянный или переменный), частота тока и т.п. (см. прил.6, раздел 4)).

5. Предложить мероприятия по обеспечению электробезопасности от токоведущих частей электроустановок (изоляция, блокировка, ограждение и т.д.).

6. Выбрать систему обеспечения безопасности при работе электрооборудования в аварийном режиме: заземление, зануление, защитное отключение (см. прил.6, раздел 5).

7. По заданию преподавателя – консультанта провести расчёты и сделать заключение по следующим ситуациям:

7.1. Определить необходимое количество электродов-заземлителей для обеспечения надёжного заземления электроустановок с рабочим напряжением до 1000 В в сети с изолированной нейтралью (см. прил.6, раздел 6).

7.2. Оценить возможную степень поражения электрическим током работающего на открытой площадке, если в результате обрыва воздушной электрической сети он оказался в зоне растекания тока (см. прил.6, разделы 7 и 9). Предложить мероприятия по снижению напряжения шага до безопасной величины (контурное заземление, выравнивание потенциалов).

7.3. Оценить целесообразность использования защитного заземления корпуса электрооборудования для электрической сети переменного тока:

а) с глухозаземлённой нейтралью;

б) с изолированной нейтралью

с целью – снизить до безопасной величины силу тока, протекающего через человека, касающегося корпуса электрооборудования, одна из фаз которого пробита на корпус (см. прил.6, раздел 8).

Характер воздействия тока промышленной частоты 50 Гц на человека в зависимости от его силы приведён в прил.6, раздел 9.

5.2. Защита от атмосферного и статического электричества

Если при проектировании имеются установки (реакторы, конденсационные колонны и т.п.), расположенные на открытых площадках, и, кроме того, в них используются или получают горючие вещества, то необходимо предусмотреть защиту этих сооружений, а также трубопроводов с горючими и взрывоопасными веществами от прямого попадания молнии и накопления атмосферного электричества при грозовой деятельности. Для этого необходимо обосновать расположение молниеприёмников, их вид, допустимое сопротивление заземлителя, высоту молниеприёмника и необходимую степень надёжности защиты. Порядок такого обоснования дан в прил.6, раздел 10.

Если в разрабатываемом проектом решении производятся или перерабатываются материалы, обладающие диэлектрическими свойствами – вещества и материалы с удельным электрическим сопротивлением $\rho > 10^8$ Ом·м (в прил.6, раздел 11 приведены данные об удельном электрическом сопротивлении некоторых веществ), часто наблюдается явление статической электризации. Заряды статического электричества могут быть источником пожаров и взрывов, оказывать неблагоприятное биологическое воздействие на организм человека и ухудшать качество продукции. Поэтому необходимо указать меры защиты от статического электричества (см. прил.6, раздел 12).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

Неблагоприятные факторы производственной среды, трудового процесса и травмоопасность

1.1. Неблагоприятные факторы производственной среды:

1. Вредные вещества, в том числе 1 и 2-го класса опасности (КО), 3 и 4-го КО.
2. Запыленность воздуха.
3. Шум.
4. Вибрация, в том числе общая, локальная (местная).
5. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.

1.2. Неблагоприятные факторы трудового процесса

1. Физическая нагрузка (тяжесть труда).
2. Зрительное напряжение.

1.3. Травмоопасные факторы

1. Электрический ток, напряжение.
2. Движущиеся части оборудования.
4. Колющие и режущие предметы.
5. Повышенное (пониженное) давление в аппаратах.
6. Нагретые стенки технологического оборудования ($t > 45^{\circ}\text{C}$).
7. Открытое пламя.
8. Опасные зоны (рабочие площадки на высоте, приемки, бункеры и т.п.).
9. Открытые площадки.
- 3.10. Агрессивные вещества.
- 3.11. Взрывопожароопасные вещества.

Приложение 2

2.1. Расчет количества загрязняющих веществ, поступающих в воздух рабочей зоны от технологического оборудования при нормальных режимах работы

Токсичные и взрывопожароопасные вещества могут попадать в воздух помещения за счет диффузии через неплотности аппаратов, при испарении с открытых поверхностей, за счет “большого” дыхания аппарата при его заполнении, и в других процессах.

2.1.1. Количество вещества (G_i , кг/ч), которое поступает через неплотности оборудования, при проведении процесса при давлениях выше атмосферного, можно определить по формуле:

$$G_i = 3,57 \cdot 10^{-5} \cdot P_{\text{изб}} \cdot \eta \cdot m \cdot V_a \cdot \sqrt{M/T}, \quad (2.1)$$

где $P_{\text{изб}}$ – избыточное давление в аппарате, Па;

η - коэффициент запаса, $\eta = 2$;

m – коэффициент негерметичности, характеризующий падение давления в аппарате в течение часа.

Для вновь устанавливаемого оборудования $m = 0,001 \div 0,002$, для эксплуатируемого $m = 0,002 \div 0,004$.

V_a – объем газовой фазы в аппарате, m^3 ;

M – молекулярная масса вещества;

T – температура в аппарате, К.

2.1.2. Количество вещества, поступающего в воздух при испарении с поверхности жидкости (кг/ч) можно найти по формуле:

$$G_i = 7,5 \cdot 10^{-5} (5,38 + 4,1\omega) S \cdot P_i \sqrt{M} \cdot (k_2/k_1), \quad (2.2)$$

где ω – скорость движения воздуха над поверхностью жидкости ($\omega \approx 0,5 \div 2$ м/с);

S – площадь испарения жидкости, m^2 ;

P_i – парциальное давление паров жидкости над ее поверхностью, Па;

k_1 и k_2 – соответственно коэффициенты, учитывающие эффективную площадь испарения и понижение температуры над поверхностью жидкости за счет ее испарения. Для полностью открытых поверхностей и водных растворов $k_1 = 1$, $k_2 = 1$.

Для других условий эти показатели можно найти по литературе /8/.

Если испарение идет с поверхности однородной жидкости (например, ацетона) то P_i принимают равным парциальному давлению ее насыщенных паров - P_i^H . Это давление можно найти по формуле:

$$\lg P_i^H = A - B/(C+t), \quad (2.3)$$

где A, B и C – эмпирические коэффициенты, их значения приведены в литературе /8,15/;

t – температура воздуха над поверхностью жидкости, $^{\circ}C$.

Следует помнить, что P_i^H , найденное по уравнению (2.3), имеет размерность – мм Hg столба и, чтобы перевести эту величину в Па, необходимо полученное значение умножить на 133.

Если же испарение происходит с поверхности раствора, то давление паров каждого компонента над раствором рассчитывают по формуле:

$$P_i = n \cdot P_i^H, \quad (2.4)$$

где n – объемная доля компонента в растворе, из которого происходит испарение.

2.1.3. Для других случаев G_i можно найти по формулам приведенным в литературе /8/, либо из материального баланса.

2.2. Оценка уровня загрязнения воздуха рабочей зоны при нормальных режимах работы оборудования

Концентрацию вещества (C_i) в воздухе рабочей зоны находят по формуле 1.1, приведенной на стр.4.

Если в помещении установлено значительное количество источников загрязнения воздуха (аппаратов), то токсичные (взрывопожароопасные) вещества, как правило, распределяются по всему свободному объему помещения, равному 80% от геометрического объема.

Если в помещении установлен один источник, то большая часть загрязняющих веществ распределяется в пространстве вокруг аппарата радиусом 5 м (так называемой зоне). Объем зоны находят графическим путем. Для аппаратов, конструкция которых приближена к шарообразной V_3 можно найти по формуле:

$$V_3 = 4/3\pi (R_1^3 - R_2^3), \quad (2.5)$$

где R_1 и R_2 – соответственно радиусы внешней и внутренней шаровых поверхностей, $R_2 \approx R_{\text{оборуд.}}$

Таблица 2.1

Оценка уровня загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами

$K=C_{\text{ссм}}/ПДК_{\text{рз}}$	Уровень загрязнения воздуха	Класс вредности условий труда	Величина риска ухудшения состояния здоровья работающих
$K \leq 1$	Чистый	Допустимый-2	Неизмеримо мала
$1 < K \leq 3$	Умеренно загрязнен	Вредный -3.1.	Возможно возникновение хронических отравлений у наиболее чувствительных людей
$3 < K \leq 6$	Загрязнен	Вредный -3.2.	Возможность хронического отравления определяется временем работы, при увеличении K эта возможность увеличивается
$6 < K \leq 10$	Сильно загрязнен	Вредный -3.3.	
$10 < K \leq 20$	Очень сильно загрязнен	Вредный -3.4.	
$K > 20$	Чрезвычайно загрязнен	Опасный -4	Возможность острого отравления в течение смены

2.3. Расчет количества токсичного или взрывоопасного вещества при аварии

При разгерметизации аппарата, в котором приходил процесс под давлением с газообразными веществами, количество вещества G^{AP} (кг) можно рассчитать по формуле:

$$G^{AP} \cong V_a \cdot P_a \cdot M / 22,4 \quad (2.8)$$

где V_a и P_a соответственно объем аппарата (м^3) и давление в аппарате (атм.).

При разливе жидкости количество испарившихся паров $G_{\text{ж}}$ (кг) можно рассчитать по формуле:

$$G_{\text{ж}} = L_{\text{ж}} \cdot F \cdot \tau \quad (2.9)$$

где $L_{\text{ж}}$ – скорость испарения жидкости, $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;

F – площадь разлива, м^2 (1л жидкости при разливе занимает площадь $\sim 1 \text{ м}^2$);

τ - время испарения. Так как последствия аварии обычно ликвидируются в течение часа, то $\tau \approx 1 \text{ ч}$.

2.4. Расчет местной вентиляционной системы

При фиксированном расположении источников загрязнения воздуха в помещении более эффективной и экономичной является система местной вы-

тяжной вентиляции (зонты, бортовые отсосы, вытяжные шкафы и т.п.), позволяющая удалять 80-90% газов, паров и пыли от мест их выделения.

2.5.1. Нормативный объем воздуха, который должен быть удален местной вытяжной системой, ($L_{ум}$, м³/ч) можно найти по формуле:

$$L_{ум} = 3600 w_n S, \quad (2.10)$$

где w_n – нормативная скорость воздуха в плоскости местного отсоса, м/с. Она зависит от степени токсичности вещества, удаляемого с помощью данного отсоса, и принимается равной: 1,5 м/с для веществ 1-го класса опасности (КО), 1 - 2-го, 0,7- 3-го и 0,5 - 4-го КО. Для удаления тяжелых частиц (капель краски, песка, окалины и т. п.) эта скорость принимается от 2 до 5 м/с.

S - площадь сечения местного отсоса, через которую удаляется загрязненный воздух, м².

2.5.2. Ориентировочно нормативный объем воздуха ($L_{зу}$, м³/ч), который необходимо удалить от заточных, шлифовальных и обдирочных станков, рассчитывается в зависимости от диаметра круга (d_k , мм):

$$\text{при } d_k < 250 \text{ мм} - L_{зу} = 2d_k, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (2.11)$$

$$\text{при } d_k = 250-600 \text{ мм} - L_{зу} = 1,8d_k; \quad (2.12)$$

$$\text{при } d_k > 600 \text{ мм} - L_{зу} = 1,6d_k, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2.13)$$

2.5.3. При расчете местной вентиляции для удаления пыли определенного размера задаются площадью сечения приемника (зонта) с учетом дополнительных отверстий и длиной воздуховода, устанавливаются расположение и конструктивный состав вентиляционной установки, определяют плотность и динамическую вязкость удаляемого воздуха при температуре рабочей зоны. Вычисляют критерий Архимеда (Ar), характеризующий силу, необходимую для перевода частиц пыли во взвешенное состояние:

$$Ar = (d^3 \rho_p g) / \mu_c^2 \quad (2.14)$$

где d – диаметр частиц пыли, м; ρ - плотность частиц, кг/м³;

ρ_c – плотность воздуха, кг/м³; μ_c – динамическая вязкость воздуха, Па·с.

По найденному значению Ar определяют критерий Рейнольдса ($Re_{вит}$) и скорость, при которой частицы пыли переходят во взвешенное состояние ($W_{вит}$, м/с):

$$Re_{вит} = Ar / (18 + 0,61 Ar^{1/2}), \quad (2.15)$$

$$W_{вит} = (Re_{вит} \mu_c) / (d \rho_c). \quad (2.16)$$

Вычисляют объемный расход удаляемого запыленного воздуха (V , м³/с):

$$V = 1,2 W_{вит} (F_{раб} + F_{доп}) \alpha + V_t, \quad (2.17)$$

где $F_{раб}$, $F_{доп}$ – площадь сечения зонта и дополнительных отверстий соответственно, м²; α - коэффициент запаса ($\alpha \approx 1,1$); V_t – объемный расход выделяющейся пыли, м³/с.

Вычисляют диаметр воздуховода (d_b):

$$d_b = (V / 0,785 W_b)^{1/2}, \quad (2.18)$$

где W_b – скорость воздуха в воздуховоде принимается по данным, м/с.

Затем находят часовой расход воздуха:

$$L_m = 3600 \cdot V, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.19)$$

Определив необходимый к удалению объем воздуха (L_m) выбирают подходящий по производительности вентилятор, учитывая, что КПД $\approx 70-80\%$. Кроме производительности вентилятор должен обеспечивать надежность и безопасность работы, которые определяются типом исполнения вентилятора. Тип исполнения в свою очередь зависит от природы веществ, которые содержатся в удаляемом воздухе. Некоторые типы вентиляторов приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Типовые вентиляторы /11/

Вентилятор						Электродвигатель		
марка	номер	производительность, $10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$	габаритные размеры, мм			тип	мощность, кВт	частота вращения, об/мин
			длина	ширина	высота			
Обычного исполнения								
ВЦ14-46	2	0,61-0,79 0,79-1,1 1,1-1,44	392	577	437	АИР56В4 АИР63А4 АИР63В4	0,18 0,25 0,37	1500
ВЦ14-46	2,5	1,2-1,95 1,95-2,37 2,36-2,8	480	580	552	АИР71А4 АИР71В4 АИР90L2	0,55 0,75 3	1500
ВЦ14-46	3,15	2,8-3,36 2,22-3,85 3,85-5,2	602	657	660	АИР80А6 АИР80В4 АИР90L4	0,75 1,5 2,2	1500
ВЦ14-46	4	5,18-6,5 6,5-9 9-11,03	742	935	851	АИР100L4 АИР112М4 АИР132S4	4 5,5 7,5	1500
ВЦ14-46	5	11,5-14 14-17 17-19 19-21	915	1025	990	4А132М6 4А160М4 4А180S4 4А180М4	7,5 18,6 22 30	1500
Взрывозащищенного исполнения								
ВЦ14-46	2В	0,61-0,79 0,79-1,1 1,1-1,44	392	577	437	АИР56В4 АИР63А4 АИР63В4	0,18 0,25 0,37	1500
ВЦ14-46	2,5В	1,2-1,95 1,95-2,37 2,36-2,8	480	580	552	АИР71А4 АИР71В4 АИР90L2	0,55 0,75 3	1500
ВЦ14-46	3,15 В	2,8-3,36 2,22-3,85 3,85-5,2	602	657	660	АИР80А6 АИР80В4 АИР90L4	0,75 1,5 2,2	1500
ВЦ14-46	4В	5,18-6,5 6,5-9 9-11,03	742	935	851	АИР100L4 АИР112М4 АИР132S4	4 5,5 7,5	1500
ВЦ14-46	5В	11,5-14 14-17 17-19 19-21	915	1025	990	4А132М6 4А160М4 4А180S4 4А180М4	7,5 18,6 22 30	1500
Коррозионностойкие из нержавеющей стали								
ВЦ14-46	6,3К	0,2 – 14 14-17,5 17,5 – 21,3	1143	1250	1140	4А132М8 4А160S8 4А160М8	5,5 7,5 11	750
ВЦ14-46	5К	6,6 – 8,8 8,8 – 11,5 11,5 - 14	915	1025	990	4А112МВ6 4А132S6 4А132М6	4 5,5 7,5	1000

Установление классов взрыво- и пожароопасных зон

При проведении технологических процессов с взрывопожароопасными и пожароопасными веществами вокруг аппаратов или установок, где они используются, в радиусе 5 м возникают опасные зоны, в которых существует повышенная степень взрывопожароопасности. В соответствии с ПУЭ /16/ зоны делятся на взрывопожароопасные - «В» и пожароопасные - «П». В свою очередь и те и другие делятся на классы в зависимости от природы веществ, их агрегатного состояния и условий возникновения опасных смесей в этих зонах. Так взрывоопасные зоны делятся на следующие классы:

В-I – зоны производственных помещений, в которых выделяются горючие газы и пары ЛВЖ в таком количестве и обладают такими свойствами, что они могут образовывать с воздухом или другими окислителями взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах работы (например: при загрузке и разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых сосудах и т.п.).

В-Ia – зоны производственных помещений, в которых взрывоопасная концентрация газов и паров ЛВЖ возможна только в результате аварии или неисправностей оборудования.

В-Iб – те же зоны, что и к классу В-Ia, но имеющие одну из следующих особенностей:

- горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15% или более) и резким запахом при концентрациях на уровне ПДК_{рз};
- помещения производств, связанные с применением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения (зоны). Взрывоопасной считается зона только в верхней части помещения – от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола;
- зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ используются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого пламени, в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с горючими газами и ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

В-Iг – наружные установки, содержащие взрывоопасные газы, пары, жидкости, причем взрывоопасная концентрация может создаваться только в результате аварий или неисправностей.

В-II – зоны производственных помещений, в которых возможно образование взрывоопасных концентраций пылей или волокон с воздухом или другим окислителем при нормальных недлительных режимах работы.

В-Па – зоны производственных помещений, в которых взрывоопасные концентрации пылей или волокон с воздухом могут образовываться только при авариях или неисправностях.

Пожароопасные зоны:

П-I – зоны производственных помещений, в которых применяют или хранят горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C.

П-II – зоны производственных помещений, в которых выделяются горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ или взрывоопасные пыли, содержание которых в воздухе по условиям эксплуатации не достигает взрывоопасных концентраций.

П-IIa – зоны производственных и складских помещений, в которых содержатся или перерабатываются твердые или волокнистые горючие материалы, не образующие аэрозолей.

П-III – наружные установки, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки более 61°C, а также твердые горючие вещества.

В соответствии с ПУЭ /16/ во взрывоопасных зонах допускается использовать только взрывозащищенное электрооборудование или общего назначения, но с соответствующей степенью защиты оболочки (см.табл.3.1).

Взрывозащищенное электрооборудование подразделяют по уровням и видам взрывозащиты, а также категориям и температурным классам взрывоопасных смесей.

Установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования:

2- повышенной надежности против взрыва, взрывозащита обеспечивается только при нормальном режиме работы оборудования;

1- взрывобезопасное электрооборудование, взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы оборудования, так и при вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме средств взрывозащиты;

0- особо взрывобезопасное электрооборудование, в котором предусмотрены дополнительные виды взрывозащиты по сравнению с взрывозащищенным электрооборудованием.

Таблица 3.1

Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических машин и аппаратов в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень или степень взрывозащиты
В-I	Взрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не ниже IP44 (защита от проникновения пыли)
В-II	Взрывобезопасное
В-IIa	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не ниже IP54 (пыленепроницаемая)

Взрывозащищенное электрооборудование может иметь следующие виды взрывозащиты:

- d** – взрывонепроницаемая оболочка;
- p** – заполнение или продувка оболочки инертным газом;
- i** – искробезопасная электрическая цепь;
- q** – кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями;
- o** – масляное заполнение оболочки с токоведущими частями;
- e** – защита вида «е»;
- s** – специальный вид взрывозащиты.

Взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от области применения подразделяют на две группы, а электрооборудование группы II на три подгруппы, соответствующие категориям взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом (см. табл. 3.2). Электрооборудование группы II подразделяют на шесть температурных классов, соответствующих группам взрывоопасных смесей (см. табл. 3.3).

Таблица 3.2

Категории взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом.

Категория смеси	Наименование смеси	БЭМЗ, мм
I	Рудничный метан	более 1,0
II	Промышленные газы и пары:	-
IIA	Смеси повышенной опасности	более 0,9
IIB	Смеси постоянно опасные	более 0,5 до 0,9
IIC	Особо опасные смеси	до 0,5

Таблица 3.3

Группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом

Группа	Температура самовоспламенения, °С	Группа	Температура самовоспламенения, °С
T1	Выше 450	T4	Выше 135 до 200
T2	Выше 300 до 450	T5	Выше 100 до 135
T3	Выше 200 до 300	T6	Выше 80 до 100

В маркировку взрывозащищенное электрооборудования в указанной ниже последовательности входят:

- знак уровня взрывозащиты;
- знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;
- знак вида взрывозащиты;
- знак группы или подгруппы электрооборудования;
- знак температурного класса электрооборудования.

Например: 2ExedIIBT3.

Нормирование и проектирование искусственного освещения рабочих мест

В соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями все рабочие места с постоянным пребыванием людей должны иметь как естественное, так и искусственное освещение. Все многообразие зрительных работ разбито на восемь разрядов. К I разряду относятся самые напряженные зрительные работы, а к VIII – грубые, требующие лишь общей ориентации в производственном помещении. Назначение разряда зрительной работы зависит от зрительного напряжения, которое определяется наименьшим или эквивалентным размером объекта различения, расстоянием до глаз и другими показателями.

Искусственное освещение подразделяют на общее и местное. Нормирование искусственного освещения в производственных помещениях производится по абсолютной величине освещенности (E) с учетом вида освещения (общее и комбинированное). Зрительное напряжение при искусственном освещении определяется не только размерами различаемых объектов, но и окраской фона, контрастом между различаемым объектом и фоном, а также сочетанием нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации и показателем дискомфорта.

Для искусственного освещения производственных помещений и рабочих мест следует предусматривать общее освещение с уровнем освещенности (E , лк) не ниже значений, приведенных в СНиП 23-05-95 /10/. При выполнении работ, требующих высокого уровня зрительного напряжения (I-III зрительные разряды) следует предусматривать комбинированное освещение (общее и местное). Доля общего освещения в системе комбинированного должна составлять не менее 10 % от нормируемой величины освещенности для комбинированного освещения. Одно местное освещение на производстве проектировать не допускается.

Выбор типа источника освещения (лампы) зависит от особенностей зрительной работы (уровня зрительного напряжения, необходимости различать цветовые оттенки, необходимости слежения за движущимися объектами и т.п.). Так, например, для освещения рабочих мест с уровнем зрительного напряжения, соответствующем I-IV зрительному разряду, как правило, предусматривают систему комбинированного освещения люминесцентными лампами типа ЛД, ЛБ, ЛХБ, ЛТБ и др. Для освещения рабочих мест, где требуется различать цветовые оттенки (разбраковка изделий по цвету, художественное оформление изделий и т.п.), используются люминесцентные лампы типа ЛД и ЛДЦ.

Лампы накаливания или газоразрядные лампы высокого давления (типа ДРЛ) проектируют в неотапливаемых помещениях или наоборот в горячих цехах, а также для освещения помещений, где уровень зрительного напряжения невысок (VII-VIII разряды). Лампы накаливания можно использовать и для местной системы освещения.

Выбор типа светильника (источника света в сочетании с осветительной арматурой) определяется требованиями, предъявляемыми к распределению светового потока, равномерности освещения, зависит от условий воздушной среды и др. Например, для освещения высоких помещений ($H \geq 6$ м) без потолка (механические, сборочные цеха, цеха сушки и обжига для получения керамических изделий и т.п.) предусматривают светильники прямого света, для обеспечения равномерного освещения помещений с подвесными потолками – светильники рассеянного света. Для помещений с нормальными условиями воздушной среды – светильники открытого типа, а при возможности поступления в помещение загрязняющих (пыль, пары воды, химические вещества) или взрывопожароопасных веществ выбирают светильники закрытого типа (пылезащищенные, влагонепроницаемые, взрывопожаробезопасные и т.п.). Тип ламп и светильников приведен в /10,17/.

Существует несколько методов расчета искусственного освещения.

1. *Метод коэффициента использования светового потока*

Этот метод предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей в присутствии затемняющих предметов. При этом учитывается не только световой поток источников света, но и отраженный световой поток от стен, потолка, элементов оборудования и тип светильников.

Расчет количества светильников для системы общего освещения (N) проводят по формуле:

$$N = \frac{E \cdot S_{\text{п}} \cdot Z \cdot K_3}{F \cdot \eta \cdot n}, \quad (4.1)$$

где E – нормированное значение освещенности для систем общего освещения, лк. E выбирают по СНиП 23-05-95 в зависимости от разряда зрительной работы, фона, контраста объекта с фоном, а также в зависимости от вида производства.

$S_{\text{п}}$ – площадь пола, м^2 .

Z – коэффициент, учитывающий равномерность освещения, изменяется от 1,1 до 1,5.

K_3 – коэффициент запаса (для чистых помещений $K_3 = 1,2-1,5$; для загрязненных – 1,6-2,0).

F – световой поток источника света, лм. Он зависит от мощности лампы. В таблице 4.1 приведены значения светового потока для наиболее распространенных видов ламп. Для освещения помещений обычно используют наиболее экономичные газоразрядные лампы.)

n – количество ламп в светильнике, шт.

η – коэффициент использования светового потока, в долях единицы, зависит от типа светильника, индекса помещения – i , окраски потолка, стен и пола. Для наиболее распространенных типов светильников значения коэффициента η

приведены в таблице 4.2 в зависимости от средних условий отражения света от потолка ($\rho_{\text{п}}$) и стен ($\rho_{\text{ст}}$)

Индекс помещения i находят по формуле:

$$i = (L_{\text{п}} \times B) / [h_1 \cdot (L_{\text{п}} + B)], \quad (4.2)$$

где $L_{\text{п}}$ – длина помещения, м;

B – глубина (ширина) помещения, м;

h_1 – высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна: $h_1 \approx H - 1$, где H – высота помещения.

Пример: *Спроектировать систему общего искусственного освещения рабочего помещения размерами (25×12×4) м, исходя из зрительных норм и норм безопасности труда для гальванического отделения завода металлопокрытий.*

1. По СНиП 23-05-95 или отраслевым нормативам (по результатам преддипломной практики) определяется разряд и подразряд зрительных работ и характеристика помещения по условиям среды. Для гальванического участка ванн загрузки и выгрузки – разряд зрительных работ IIа, что соответствует нормативному значению освещенности 400 лк в системе общего освещения.

2. По формуле 4.2 рассчитываем индекс помещения:

$$i = 25 \times 12 / 4 \times (25 + 12) = 2$$

3. По табл.4.2, в соответствии с рассчитанным индексом помещения, выбираем коэффициент использования светового потока. Так как на данном производстве в воздух рабочей зоны может выделяться водород, выбираем люминесцентные лампы со светильниками взрывозащищенного исполнения (группа б по табл.4.2). В гальваническом цехе в воздух рабочей зоны выделяются пары кислот, щелочей, которые загрязняют поверхности рабочего помещения, поэтому коэффициенты отражения света от потолка и стен выбираем минимальные (см. табл.4.2), соответственно 30 и 10%. Коэффициент использования светового потока будет составлять 35% или 0,35 в долях от единицы.

4. Коэффициент запаса составляет 1,7.

5. Выбираем лампу. Так как при нанесении гальванического покрытия требуется различие цветов, выбираем люминесцентную лампу ЛБ (СНиП 23-05-95, приложение Е, табл.1) мощностью 80 Вт со световым потоком 5220 лм (см. табл. 4.1). В каждом светильнике 2 лампы.

6. Коэффициент, учитывающий равномерность освещения, зависит от конфигурации рабочего помещения и наличия затемняющих предметов. Для простой конфигурации помещения и отсутствия затемнения его можно принимать равным 1,1-1,2.

7. Рассчитываем количество светильников:

$$N = [400 \cdot (25 \times 12) \cdot 1,1 \cdot 1,6] / [5220 \cdot 0,35 \cdot 2] = 58 \text{ светильников}$$

Светильники размещаем в 5 рядов по 12 светильников в ряду.

2. Точечный метод

Точечным методом рассчитывают общее локализованное и общее равномерное освещение при значительных затемнениях, а также местное освещение. Основу точечного метода составляет уравнение (4.3).

$$E = I \cdot \cos^3 \alpha / K_3 \cdot h^2 \quad (4.3)$$

где I – сила света источника, кд;

α - угол между нормалью к поверхности и рассматриваемым направлением;

K_3 - коэффициент запаса принимается по СНиП 23-05-95 /10/;

h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

Значения силы света I определяются по характеристикам светораспределения светильников графически /17/.

Таблица 4.1

Световой поток для наиболее распространенных источников освещения (F , лм) в зависимости от мощности лампы (W , Вт)

Тип лампы $W, \text{Вт}$	Люминесцентные лампы					Лампы накаливания
	ЛБ	ЛТБ	ЛХБ	ЛД	ЛДЦ	
15	760	700	675	590	500	105
20	1180	975	935	920	820	-
25	-	-	-	-	-	210
30	2100	1720	1720	1640	1450	-
40	3000	2580	2600	2340	2100	380
60	-	-	-	-	-	650
65	4550	3980	3820	3570	3050	-
80	5220	4440	4440	4070	3560	-
100	-	-	-	-	-	1320
125	6000	-	-	-	-	-
150	-	-	8000	-	-	2000
200	-	-	10000	-	-	2920
300	-	-	-	-	-	4500
500	-	-	-	-	-	8200
750	-	-	-	-	-	13100
1000	-	-	-	-	-	18500
1500	-	-	-	-	-	28000

Пример: *Спроектировать местное освещение рабочего места оператора ПЭВМ.*

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ» освещенность поверхности стола в зоне размещения рабочего документа оператора ПЭВМ должна быть не менее 500 лк. В производственных и административных помещениях в случаях преимущественной работы с документами при эксплуатации ПЭВМ рекомендуется применять комбинированную систему искусственного освещения. Разряд зрительной работы оператора ПЭВМ – IVб (см. табл.4.2). Нормативная величина общего освещения в системе комбинированного для данного разряда зрительных работ – 200 лк (СНиП 23-05-95). По-

этому вклад местного освещения в общее освещение рабочей поверхности должен быть не менее $500 - 200 = 300$ лк.

1. Выбираем лампу. Для местного освещения можно использовать как люминесцентные лампы, так и лампы накаливания. Выбираем лампу накаливания мощностью 60 Вт со световым потоком 650 лм (см. табл.4.1).

2. Рассчитываем силу света выбранного источника - I:

$$I = F/2\pi = 650/2 \cdot 3,14 = 103,5 \text{ кд}$$

где F – световой поток одной лампы, лм.

3. Размещаем лампу непосредственно над рабочей поверхностью, т.е. угол между нормалью к поверхности и рассматриваемым направлением равен $\alpha = 0$, $\cos 0 = 1$.

4. Коэффициент запаса в соответствии со СНиП 23-05-95 составляет 1,5.

5. Рассчитываем высоту размещения источника света над рабочей поверхностью по формуле:

$$h = [I \cdot \cos^3 \alpha / E \cdot K_3]^{1/2} = [103,5 \cdot 1^3 / 300 \cdot 1,5]^{1/2} = 0,5 \text{ м}$$

Таблица 4.2

Коэффициент использования светового потока

Светильники	1 группа: «Астра», УПМ, УПС, «Универсаль»			2 группа: УПД, СПБ, РСП10			3 группа: НСП-07, Уз, У-15			4 группа: ВЗГ, ВЗТ, ППР, ППД, В4А			5 группа: ЛСП-01, ОД, ОДР, ЛД, ЛДР			6 группа: ЛПО, ЛСП- 04(09), ПВЛ, ВЛВ, ВЛН, УВЛ			
	Р _п ,%	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
Р _{ст} ,%	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	
1	Коэффициент использования, η в %																		
0,5	17	21	25	21	24	28	14	16	22	12	14	17	23	26	31	11	13	18	
0,6	23	27	31	25	28	34	19	21	27	16	18	21	30	33	37	14	17	23	
0,7	30	34	39	29	39	38	23	24	29	19	21	24	35	38	42	16	20	27	
0,8	34	38	44	33	36	42	25	26	33	21	24	26	39	41	45	19	23	29	
0,9	37	41	47	38	40	44	27	29	35	23	25	28	42	44	48	21	27	32	
1	39	43	49	40	42	47	29	31	37	25	27	29	44	46	49	23	28	34	
1,5	41	50	55	46	51	57	34	37	44	29	30	39	50	52	56	30	36	42	
2	51	55	60	54	58	62	38	41	48	32	33	35	55	57	60	35	40	46	
3	58	62	66	61	64	67	44	47	54	35	37	39	60	62	66	41	45	51	
4	62	66	73	66	69	72	48	52	61	38	40	42	64	66	70	48	51	57	
5	64	69	73	66	69	72	48	52	61	38	40	42	64	66	70	48	51	57	

Примечание к таблице 4.2. К 1 группе относятся светильники для ламп накаливания общего назначения, ко 2 группе – светильники для ламп накаливания пыле- влагонепроницаемые, к 3 группе – светильники для ламп накаливания взрывозащищенные, к 4 группе – светильники для ламп накаливания взрывобезопасного исполнения, к 5 группе – светильники для люминесцентных ламп общего назначения и к 6 группе – светильники для люминесцентных ламп взрывозащищенного и взрывобезопасного исполнения.

Приложение 5

5.1. Защита от шума

Согласно закону Вебера-Фехнера действие шума на слух человека пропорционально не абсолютным параметрам звуковых волн, а логарифмам отно-

шения этих величин к порогу слышимости, называемыми уровнями величин и измеряемыми в децибелах (дБ):

- уровень звукового давления $L_p = 20 \lg P / P_0;$ (5.1)

- уровень интенсивности звука $L_I = 10 \lg I / I_0;$ (5.2)

- уровень звуковой мощности $L_W = 10 \lg W / W_0;$ (5.3)

Суммарный уровень звука ($L_{\text{сум}}$), создаваемый несколькими источниками шума с одинаковым уровнем (L_i) рассчитывают по формуле:

$$L_{\text{сум}} = L_i + 10 \lg n, \quad (5.4)$$

где n - число источников шума с одинаковым уровнем звукового давления L_i .

Суммарный уровень звука нескольких различных источников шума определяется выражением:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_i} \right). \quad (5.5)$$

Для снижения шума в производственных помещениях применяют следующие меры защиты:

1. Уменьшение уровня шума в источнике его возникновения (создание малозумного оборудования).

2. Организационно технические мероприятия – уменьшение времени воздействия шума.

Уменьшение шума на пути его распространения:

3.1. Применение укрытий для шумящего оборудования;

3.2. Устройство преград на пути его распространения в виде кабин, экранов, зеленых насаждений;

3.3. Использование глушителей шума;

3.4. Объемно-планировочные решения (размещение шумящего оборудования в отдельном помещении, вдали от тихих участков);

3.5. Акустическая обработка помещений;

3.6. Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ) от шума.

Для реализации мероприятий по снижению шума используют материалы обладающие звукоотражающими, звукопоглощающими и звукоизолирующими свойствами.

Звукоотражение – способность материалов отражать падающую на них звуковую энергию. Этим свойством обладают гладкие массивные поверхности (мраморная стена называется акустическим зеркалом).

Звукопоглощение основано на снижении уровня отраженного от поверхностей помещения (стен, пола, потолка) прямого звука. Поглощение звука происходит путем перехода энергии звуковых колебаний главным образом в тепловую энергию за счет потерь на трение в пористом материале облицовки или поглотителя.

Звукоизоляция – это способность конструкции не пропускать звуковую энергию за ее пределы. Звукоизоляция может осуществляться за счет использования как звукоотражающих, так и звукопоглощающих материалов.

Таблица 5.1

Допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные уровни звука на рабочих местах по ГОСТ 12.1.003-83 (извлечение) /12/

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность; рабочие места в помещениях – дирекции, проектно-конструкторских бюро; расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях.	93	79	70	68	58	55	52	50	49	60
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа; рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах.	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами; рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин.	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в п.п.1-4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий.	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для звукоотражающих материалов (кожухи, экраны, кабины и т.п., выполняемые из бетона, кирпича, стали, сплавов, пластмасс и т.д.) звукоизолирующая способность ограждений оценивается по уровню ослабления звуковой энергии определяемой по уравнению:

$$\Delta L \text{ (дБ)} = A \lg(m_0 f) - C;$$

где m_0 - масса 1 м² перегородки, кг/м²,

f – частота звука, Гц; A и C – эмпирические коэффициенты, зависящие от вида материала.

Для наиболее часто используемых звукоизолирующих материалов (бетон, кирпич, керамические блоки и т.п.) рекомендуется пользоваться соотношением:

$$\Delta L \text{ (дБ)} = 20 \lg(m_0 f) - 47,5; \quad (5.6)$$

Для оценочных расчетов звукоизоляции конструкции можно пользоваться следующими соотношениями:

для ограждений из кирпича, бетона и т.п.

$$\Delta L \text{ (дБА)} = 22 \lg(m_0) - 12, \quad (5.7)$$

для ограждений из стали толщиной 1-10 мм:

$$\Delta L \text{ (дБА)} = 22 + 9 \lg h; \quad (5.8)$$

для ограждений из стекла толщиной 2-10 мм:

$$\Delta L \text{ (дБА)} = 22 + 9 \lg h; \quad (5.9)$$

для ограждений из пластика, органического стекла толщиной 5-30 мм:

$$\Delta L \text{ (дБА)} = 12 + 12 \lg h; \quad (5.10)$$

где h – толщина звукоизолирующего ограждения, мм.

Зная уровень звуковой мощности проектируемого оборудования (например, см. табл.5.2.), можно предложить звукоизолирующую конструкцию, которая снизит уровень шума на рабочем месте до нормативных величин (см. табл.5.1).

Таблица 5.2

Уровни звуковой мощности некоторых видов технологического оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Уровни звуковой мощности, дБА
1	2	3
1.	Вентилятор центробежный ВЦ-14-46-2, (M=22÷39 кг; n = 1350 об/мин, Q = 1300 м ³ /ч)	87
2.	Вентилятор центробежный ВЦ-14-46-2,5 (масса 36÷57 кг; n = 2880 об/мин, Q = 2500 м ³ /ч)	104
3.	Вентилятор центробежный ВЦ-14-46-6,3 (M=214÷57 кг; n = 975 об/мин, Q = 17500 м ³ /ч)	103
4.	Форсунки трубчатых печей	100
5.	Турбокомпрессоры	115-120
6.	Газовые, воздушные компрессоры средней мощности	90-95
7.	Центробежные и поршневые насосы средней мощности	90-95
8.	Дробилки, мельницы, грануляторы, вибросита	95-100
9.	Гвоздильный станок	95-97
10.	Штамповка на прессах	92-108
11.	Токарный станок	93-96
12.	Строгальный станок	97
13.	Сверлильный станок	90-114
14.	Оплеточный станок	106
15.	Котельная форсунка	100

Пример: Оценить эффективность звукоизоляции вентиляционной камеры, сложенной из силикатного кирпича в один слой, в которой размещены и в течение всего рабочего дня одновременно работают 2 вентилятора с уровнем звуковой мощности 88 и 102 дБА.

1. Рассчитываем суммарный уровень звуковой мощности двух вентиляторов по формуле 5.5:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_i} \right) = 10 \lg (10^{0,1 \cdot 88} + 10^{0,1 \cdot 102}) = 10 \cdot 10,22 = 102,2 \text{ дБА}$$

2. Рассчитаем массу 1 м² звукоизолирующей перегородки. Масса 1 силикатного кирпича около 1,5 кг, в 1 м² перегородки – 24 кирпича. Масса 1 м² будет составлять 1,5×24 = 36 кг/м².

3. Рассчитываем уровень снижения звука по формуле 5.7:

$$\Delta L \text{ (дБА)} = 22 \lg (m_o) - 12 = 22 \lg (36) - 12 = 22 \text{ дБА.}$$

4. Рассчитываем уровень звука на рабочих местах, расположенных в непосредственной близости от вентиляционной камеры:

$$102,2 - 22 \cong 80 \text{ дБА}$$

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 (табл.5.1) допустимым уровнем звука на постоянных рабочих местах является 80 дБА, поэтому можно сделать вывод об эффективности звукоизолирующей перегородки, которая снижает уровень шума на рабочих местах до нормативной величины.

5.2. Защита от вибрации

В случае гармонических колебаний уравнение движения точки соответствует синусоидальному закону:

$$x = x_o \cdot \text{Sin} (\omega t + \varphi), \quad (5.11)$$

где x_o - амплитуда колебаний или амплитуда вибросмещения, м;

ω - круговая частота; φ - начальная фаза; t – время вибрации.

Виброскорость и виброускорение являются соответственно первой и второй производной координаты по времени:

$$V = dx/dt = 2\pi f x_o, \quad (5.12)$$

$$a = d^2x/d^2t = (2\pi f)^2 x_o, \quad (5.13)$$

где V – виброскорость, м/с; a - виброускорение, м/с²; f – частота колебаний, Гц.

Для санитарного нормирования и контроля вибрационной нагрузки на человека-оператора используются как средние квадратичные значения виброскорости и виброускорения, так и их логарифмические уровни в дБ:

$$L_v = 20 \lg V/V_o, \quad (5.14)$$

$$L_a = 20 \lg a/a_o, \quad (5.15)$$

V_o - пороговое значение виброскорости - $5 \cdot 10^{-8}$ м/с; a_o - пороговое значение виброускорения - 10^{-6} м/с².

Допустимые уровни показателей, характеризующих вибрацию, приведены в ГОСТ 12.1.012.90 /13/. Установлены предельно допустимые величины амплитуды вибросмещения, виброскорости, виброускорения, а также уровни виб-

роскорости и виброускорения по среднегеометрическим и третьгеометрическим частотам октавных полос – 0,8; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц – общая и 8, 16, 31,5; 63, 125, 250, 500, 1000 Гц – локальная вибрации (табл. 4.4).

При суммировании колебаний от нескольких некогерентных источников результирующее действие виброскорости равно:

$$v_s = (\sum v_i^2)^{0,5}, \quad (5.16)$$

где v_i – среднеквадратическое значение виброскорости каждого источника.

Для защиты от вибрации применяют следующие методы:

1. Снижение виброактивности машин и оборудования.
2. Отстройка от резонансных частот.
3. Вибродемпфирование, виброизоляция, виброгашение.
4. Индивидуальные средства защиты.

Одним из наиболее распространенных методов защиты от вибрации является пассивная виброизоляция (без применения дополнительных источников энергии). Виброизоляция заключается в уменьшении передачи колебаний от источника к защищаемому объекту при помощи специальных устройств – виброизоляторов, помещаемых между ними. В качестве виброизоляторов используют упругие прокладки, пружины или их сочетания. Эффективность виброизоляторов оценивается коэффициентом передачи – КП, равным отношению амплитуды виброперемещения, виброскорости, виброускорения защищаемого объекта ($F_{\text{осн}}$) к соответствующему параметру источника вибрации ($F_{\text{ист}}$):

$$\text{КП} = F_{\text{осн}} / F_{\text{ист}}. \quad (5.17)$$

Для виброизолированных систем, в которых можно пренебречь трением:

$$\text{КП} = 1 / [(f/f_0)^2 - 1], \quad (5.18)$$

где f – частота вынужденных колебаний;

f_0 – собственная частота виброизолированной системы.

$$f = n \cdot m / 60, \quad (5.19)$$

где n – частота вращения вала двигателя, об/мин.

m – номера гармоник ($m = 1, 2, 3 \dots$). Для электродвигателей преобладающее влияние в частотном спектре имеют гармонические составляющие 1-го порядка, поэтому при расчете допускается принимать $m = 1$.

$$f_0 = (cg/M)^{0,5} / 2\pi, \quad (5.20)$$

где c – жесткость виброизоляторов (сила или нагрузка, требующаяся для их деформации на единицу длины), Н/см; для наиболее распространенных виброизоляторов эта величина приведена в табл. 5.3.

M – масса оборудования, покоящегося на виброизоляторах, Н ($1 \text{ кгс} \approx 9,8 \text{ Н}$),

g – ускорение свободного падения (980 см/с^2)

$\text{КП} < 1$ и чем меньше КП (чем ниже собственная частота по сравнению с частотой вынужденных колебаний), тем эффективнее виброизоляция, однако при слишком малых КП возникает неустойчивое состояние системы. Основные

требования к конструкции виброизолятора вытекают из условия $f/f_0 \geq 2^{1/2}$. На практике при использовании виброизоляции исходят из значения f/f_0 в пределах от 2,5 до 5. При равенстве частот резко возрастает амплитуда колебаний системы, вызывая явление резонанса, а при $f < f_0$ виброизоляция теряет свое значение. Эффект, достигаемый применением виброизоляторов, оценивается коэффициентом поглощения - μ , показывающим, какая часть динамических усилий поглощается виброизоляторами, и рассчитывается по формуле:

$$\mu = 100 (1 - КП). \quad (5.21)$$

При отношении $f/f_0 = 2,5 \div 5$ виброизоляторы поглощают от 80 до $\approx 90\%$ колебательной энергии.

В настоящее время выпускаются специальные конструкции резино-металлических опор марок ОВ-30, ОВ-31, ОВ-33 и др., а также резиновые виброизолирующие коврики марок КВ-1 и КВ-2 (см. табл.5.3), позволяющие осуществить виброизоляцию и установку большинства станков, машин и приборов. Кроме того, в промышленности находят применение пружинные виброизоляторы ДО38-ДО45 под центробежные вентиляторы, и амортизаторы АП, АЧ, АУ, АС, АО (в радиотехнической и авиационной промышленности). Большое количество виброизолирующих устройств для текстильных машин выпускается зарубежными фирмами: например упругие прокладки из поливинилхлоридных смол, усиленных стекловолокном («Vibra Flex», «Tiger Paw», «Vibra Mount» и др.).

Таблица 5.3

Динамические характеристики и габаритные размеры виброизоляторов

Марка	Собственная частота, Гц	Нагрузка на опору (min/max), Н ; для ковриков в Н/см ²	Габаритные размеры (диаметр/высота, мм)
ОВ-30-1-1	10-25	500/4000	105/43
ОВ-30-1-2	10-30	500/5000	105/43
ОВ-30-1-3	10-31,5	700/10000	105/43
ОВ-30-2-2	11-30	1500/13000	140/46
ОВ-30-2-3	11-30	2000/20000	140/46
ОВ-30-3-2	11-30	4000/30000	180/50
ОВ-30-3-3	11-30	5000/40000	180/50
ОВ-31	19-30	1500/3000	142/47
ОВ-33-20	21	1150/40000	120/37
ОВ-34-35	31,5	2000/40000	110/33
КВ-1-1	9-30	0,8/3	-
КВ-1-2	9-30	0,8/7	-
КВ-2-1	9-30	1/12	-
КВ-1-3	11-30	2/15	-
КВ-2-2	9-30	4/28	-
КВ-2-3	11-30	8/40	-

Примечание к таблице 5.3. Высота ковриков в ненагруженном состоянии КВ-1 и КВ-2-1 – 21 мм, а КВ-2-2 и КВ-2-3 – 26 мм, размеры 350×350 мм. Коврики можно разрезать до необходимых размеров.

Пример: *Спроектировать виброизоляцию (с резино-металлическими амортизаторами) мельницы массой 214 кг и числом оборотов вала двигателя*

960 об/мин, чтобы на рабочем месте оператора, обслуживающего мельницу, вибрация не превышала нормативной величины. Максимальная амплитуда вибро-смещения станины мельницы 0,3 мм.

1. Рассчитаем частоту вибрации мельницы (f) по ф-ле 5.19 и установим нормативный уровень виброскорости ($L_v^{норм}$) для найденной частоты по ГОСТ 12.1.012-90 (табл.5.4):

$$f = n \cdot t / 60 = 960 / 60 = 16 \text{ Гц}$$

В соответствии с ГОСТ 12.1.012-90 допустимый уровень виброскорости для технологической вибрации на частоте 16 Гц $L_v^{норм} = 92 \text{ дБ}$.

2. Определяем среднеквадратичное значение виброскорости по ф-ле 5.12:

$$V = 2\pi f x_o = 2 \cdot 3,14 \cdot 16 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} = 0,03 \text{ м/с}$$

3. Рассчитаем уровень виброскорости по ф-ле 5.14:

$$L_v = 20 \lg V/V_o = 20 \lg(0,03/5 \cdot 10^{-8}) = 116 \text{ дБ}$$

4. Рассчитаем коэффициент передачи (КП) по ф-ле 5.17:

$$КП = L_v^{норм} / L_v = 92 / 116 = 0,79$$

5. Определим собственную частоту виброизолированной системы (f_o) по ф-ле 5.18:

$$f_o = f / (1/КП + 1)^{0,5} = 16 / (1/0,79 + 1)^{0,5} = 10,6 \text{ Гц}$$

6. Определяем общую жесткость виброизоляторов ($C_{общ}$) по ф-ле 5.20:

$$C_{общ} = (2\pi f_o)^2 M/g = 4 \cdot 3,14^2 \cdot 10,6^2 \cdot 214 \cdot 9,8 / 980 = 9496 \text{ Н/см}$$

Принимаем количество виброизоляторов – четыре. Тогда жесткость одного виброизолятора (C) будет составлять:

$$C = 9496 / 4 = 2374 \text{ Н/см}$$

7. По табл.5.3 выбираем виброизолятор ОВ-30-2-3 высотой 4,3 см и определяем нагрузку на 1 виброизолятор (H):

$$H = 2374 \cdot 4,3 = 10920 \text{ Н}$$

Полученная величина входит в диапазон допустимых нагрузок на одну опору – от 2000 до 20000 Н (табл.5.3), поэтому выбранный виброизолятор можно использовать для защиты оператора обслуживающего мельницу.

Таблица 5.4

Гигиенические нормы вибрации по ГОСТ 12.1.012-90 (извлечение) /13/

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Общая транспортная: - вертикальная, - горизонтальная.	132 122	123 117	114 116	108 116	107 116	107 116	107 116	- -	- -	- -	- -
Общая транспортно-технологическая	-	117	108	102	101	101	101	-	-	-	-
Общая технологическая	-	108	99	93	92	92	92	-	-	-	-
В произв. помещениях, где нет машин, генерирующих вибрацию	-	100	91	85	84	84	84	-	-	-	-
В служебных помещениях, здравпунктах, конструкторских бюро, лабораториях	-	91	82	76	75	75	75	-	-	-	-
Локальная вибрация	-	-	-	115	109	109	109	109	109	109	109

Электробезопасность

Раздел 1. Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током /16/:

1. Помещения с повышенной опасностью характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- а) сырости (относительная влажность воздуха превышает 75%);
- б) высокой температуры воздуха (выше +35⁰С);
- в) токопроводящей пыли, токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные кирпичные и др.);
- г) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

2. Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- а) особой сырости (относительная влажность воздуха близка к 100 %: потолок, стены, пол и предметы в помещении покрыты влагой);
- б) химически активной или органической среды, разрушающей изоляцию или токоведущие части электрооборудования;
- в) одновременно двух или более условий, свойственных помещениям с повышенной опасностью.

3. Помещения без повышенной опасности, характеризующиеся отсутствием признаков повышенной и особой опасности.

Территории размещения наружных электроустановок по опасности поражения людей электрическим током приравняются к особо опасным помещениям.

Раздел 2

Таблица 6.1

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при нормальном (неаварийном) режиме установки /14/.

Ток	U, В	I, mA
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Переменный, 400 Гц	3	0,4
Постоянный	8	1,0

Таблица 6.2.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме электроустановки напряжением до 1000 В /14/.

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые уровни, не более, при продолжительности воздействия тока, t, с											
		0.01 ÷ 0,08	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	Св. 1.0
Переменный 50 Гц	U, В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	I, mA	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Переменный 400 Гц	U, В	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100	36
	I, mA												8
Постоянный	U, В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	I, mA												15
Выпрямленный двухполупериодичный	U _a , В	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	-
Выпрямленный однополупериодичный	U _a , В	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	-

Раздел 3. Электрооборудование следует выбирать с учётом состояния окружающей среды и класса помещения по опасности поражения током, чтобы обеспечить необходимую степень безопасности при его обслуживании.

В помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током, не имеющих пожаро- и взрывоопасных зон можно использовать электрооборудование открытого типа.

Электрическое оборудование, устанавливаемое в сырых, особо сырых и пыльных помещениях, а также в помещениях с химически активной средой, должно быть закрытого типа и иметь соответствующее исполнение: капле- или брызгозащищённое, пыленепроницаемое, химически стойкого исполнения.

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины, продуваемые чистым воздухом с вентиляцией по замкнутому или разомкнутому циклу. Воздух для вентиляции электрических машин не должен содержать паров и пыли горючих веществ.

Во взрывоопасных зонах внутри и вне помещения разрешается устанавливать только взрывозащищённое электрооборудование, маркировка которого назначается согласно /16/.

Во взрывоопасных зонах всех классов с химически активными средами должны применяться провода и кабели с поливинилхлоридной изоляцией, а также провода с резиновой изоляцией и кабели с резиновой и бумажной изоляцией в свинцовой или поливинилхлоридной оболочке. Применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией при любых оболочках и покровах запрещается.

Раздел 4. Выбор схемы сети, а также режима работы её нейтрали, производится по технологическим требованиям, а также по условиям безопасности. При напряжении до 1000 В широкое распространение получили две схемы трёхфазных сетей: трёхпроводная с изолированной нейтралью (не присоединённой к заземляющему устройству или присоединённая к нему через аппараты с большим сопротивлением) и четырёхпроводная с глухозаземлённой нейтралью (непосредственно присоединённая к заземляющему устройству).

По технологическим требованиям предпочтение отдаётся четырёхпроводной сети, поскольку она позволяет использовать два рабочих напряжения – линейное и фазное. Так, например, от четырёхпроводной сети 380/220 можно питать как силовую нагрузку – трёхфазную или однофазную, включая её между фазными проводами на линейное напряжение 380 В, так и осветительную, включая её между фазным и нулевым проводами, т.е. на фазное напряжение 220 В. При этом достигается удешевление электроустановки в целом за счёт применения меньшего числа трансформаторов, меньшего числа проводов и т.д.

По условиям безопасности выбор одной из двух схем производится с учётом следующих выводов: по условиям прикосновения к фазному проводу в период нормального режима работы сети более безопасной является, как правило, сеть с изолированной нейтралью, а в аварийный период, когда одна из фаз замкнута на землю – сеть с заземлённой нейтралью (сеть с изолированной нейтралью оказывается более опасной вследствие того, что в данном случае напряжение неповреждённой фазы относительно земли может возрасти с фазного до линейного, в то время как в сети с заземлённой нейтралью повышение напряжения может быть незначительным). Поэтому, сети с изолированной нейтралью целесообразно применять в тех случаях, когда имеется возможность поддерживать высокий уровень изоляции проводов и когда ёмкость сети относительно земли незначительна. Такими являются не протяжённые малоразветвлённые сети, не подверженные воздействию агрессивной среды и находящиеся под постоянным контролем квалифицированного персонала (при увеличении протяжённости сетей увеличивается паразитная ёмкость проводов относительно земли, что приводит к увеличению опасности поражения человека емкостной составляющей тока). Примером могут служить сети небольших предприятий, электротехнических лабораторий. Сети с заземлённой нейтралью следует применять там, где невозможно обеспечить хорошую изоляцию проводов (из-за высокой влажности и агрессивной среды), когда нельзя быстро отыскать или устранить повреждение изоляции, либо когда емкостные токи сети, вследствие её разветвлённости, достигают больших значений, опасных для человека. Примером таких сетей могут служить сети крупных промышленных предприятий.

Раздел 5. Защитное заземление применяют в трёхфазных сетях с изолированной нейтралью.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также наружных установках заземлению подлежит всё оборудование при напряжении питания свыше 42 В переменного и 110 В постоянного тока. В помещениях без

повышенной опасности – всё оборудование при напряжении 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока. Во взрывоопасных помещениях заземляется всё оборудование независимо от напряжения питания.

Защитное зануление применяется в трёхфазных четырёхпроводных сетях с заземлённой нейтралью при напряжении сети до 1000 В.

Защитное отключение применяется в установках с изолированной и заземлённой нейтралью. Оно может служить дополнением к системам заземления и зануления (когда быстрое действие обычной защиты оказывается недостаточным, например, во взрывоопасных помещениях), а также в качестве единственной и основной меры защиты. Оно применяется в тех случаях, когда устройство заземления или зануления представляет значительные трудности, а в ряде случаев практически невозможно (на передвижных установках).

Раздел 6. Для того, чтобы определить необходимое количество электродов-заземлителей для обеспечения надёжного заземления электроустановки с рабочим напряжением до 1000 В в сети с изолированной нейтралью необходимо:

1. Определить удельное электрическое сопротивление грунта (это сопротивление куба грунта с ребром 1 м), $\rho_{гр}$, Ом·м, (табл.6.3).

Таблица 6.3

Рекомендуемые для предварительных расчётов значения удельных сопротивлений грунтов при влажности 10 – 20 % к массе грунта /15/

Вид грунта	Песок	Супесок	Чернозём	Суглинок	Глина	Торф
$\rho_{гр}$, Ом·м	700	300	20	100	40	20

2. Рассчитать сопротивление растеканию тока одиночного вертикального (горизонтального) заземлителя (R_3) по формулам, приведённым в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Формулы для расчёта сопротивления некоторых одиночных заземлителей, Ом

Тип одиночного заземлителя	Расчётная формула
Трубчатый или стержневой у поверхности грунта	$R_3 = \rho_{гр} \ln(4l/d) / 2\pi l$
Трубчатый или стержневой в грунте	$R_3 = \rho_{гр} \{ \ln(2l/d) + 0,5 \ln[(4t+1)/(4t-1)] \} / 2\pi l$
Протяжённый в грунте	$R_3 = \rho_{гр} \cdot \ln(l^2/dt) / 2\pi l$ $\rho_{гр}$ - удельное сопротивление грунта, Ом·м (см. табл.6.1); l – длина заземлителя, м ($l \approx 2m$); d – диаметр заземлителя, м ($d = 0,03 \dots 0,05$ м). t – расстояние от центра заземлителя до поверхности грунта, м ($t \approx 1,8$ м).

3. Задаваясь количеством одиночных заземлителей (n), найти сопротивление соединительной полосы по формуле 6.1 и коэффициенты экранирования соединительной полосы и одиночных заземлителей по формулам 6.2 и 6.3.

$$R_{п} = (\rho_{гр} / 2\pi l_{пол}) \ln(2l_{пол}^2 / bh) \quad (6.1)$$

где $l_{\text{пол}}$ – длина полосы, соединяющей одиночные заземлители ($l_{\text{пол}} = 1,05 \cdot d \cdot (n-1)$);
 d – расстояние между одиночными заземлителями ($d = 1 \cong 2 \text{ м}$);
 b – ширина полосы ($b = 0,05 \text{ м}$);
 h – глубина залегания полосы ($h = 0,8 \text{ м}$);
 n – число одиночных заземлителей.

$$\eta_{\text{пол}} = 0,25 + 0,75 e^{-0,25 n} \quad (6.2);$$

$$\eta = 0,35 + 0,65 e^{-0,1 n} \quad (6.3).$$

4. Рассчитать сопротивление заземляющего устройства в целом:

$$r_3 = 1 / (\eta n / R_3 + \eta_{\text{пол}} / R_{\text{п}}) \quad (6.4).$$

5. Сравнить расчётное значение r_3 с нормативным значением. В соответствии с /18/ сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 2 – 4 Ом ($U_{\text{раб}} < 1000 \text{ В}$). Если расчётное значение r_3 превышает нормативное, то необходимо увеличить число одиночных заземлителей и расчёт повторить. Расчёт следует проводить до тех пор, пока расчётное значение r_3 не будет удовлетворять выше указанным требованиям. Использованная при расчёте конечная величина n и будет являться необходимым количеством одиночных заземлителей в общей системе заземления, которая обеспечит исправность системы, размещённой в соответствующий грунт.

Раздел 7. При растекании тока замыкания в земле на её поверхности появляется градиент потенциалов, величина которого зависит от тока замыкания, удельного сопротивления грунта и конструкции заземлителя.

Напряжение шага ($U_{\text{ш}}$) – это разность потенциалов между двумя точками на поверхности земли на расстоянии шага. Радиус зоны напряжения шага $\sim 20 \text{ м}$.

Ток, проходящий через тело человека, обусловленный напряжением шага, равен:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ш}} / (R_{\text{ч}} + R_{\text{об}}) \quad (6.5).$$

$$U_{\text{ш}} = I_3 \cdot \rho_{\text{гр}} \cdot a / [2 \cdot \pi \cdot x \cdot (x+a)] \quad (6.6),$$

где I_3 – ток замыкания в точке касания провода с землёй, А.

$$I_3 = U_{\text{ф}} / (r_{\text{зм}} + R_{\text{р.т.}}), \quad (6.7),$$

где $R_{\text{р.т.}}$ – сопротивление грунта растеканию тока, Ом (в расчётах принять 100 Ом);

$\rho_{\text{гр}}$ – удельное сопротивление грунта, Ом · м (см. табл.6.3). Вид грунта задаётся преподавателем-консультантом.

a – расстояние шага ($a = 0,8 \text{ м}$);

x – расстояние от точки замыкания до ноги человека, м (задаётся преподавателем-консультантом).

Раздел 8. Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землёй металлических нетоковедущих частей установок, которые могут оказаться под напряжением при нарушении нормальной работы электроустановки. Его назначение – превращение «замыкания на корпус» в «замыкание

на землю» с тем, чтобы уменьшить $U_{пр}$ и $U_{ш}$ до безопасных величин (выравнивание потенциала).

При использовании в электроустановках в качестве защитной меры защитного заземления, величина тока, протекающего через человека, в случае его касания корпуса электрооборудования, одна из фаз которого пробита на корпус, будет определяться выражением:

для сети с глухозаземлённой нейтралью:

$$I_{ч} = U_{пр} / \{ [(R_{ч} + R_{п} + R_{об}) / r_3] \cdot (R_0 + r_3) \} \quad (6.8),$$

где r_3 – сопротивление заземляющего устройства (в соответствии с /4/ r_3 не должно превышать 2-4 Ом при $U_{раб} < 1000$ В);

R_0 – сопротивление заземления нейтрали источника тока, Ом. Согласно /16/ $R_0 \leq 10$ Ом.

Для сети с изолированной нейтралью:

$$I_{ч} = U_{пр} / \{ [(R_{ч} + R_{п} + R_{об}) \cdot R_{из}] / r_3 \} \quad (6.9),$$

где $R_{из}$ – сопротивление изоляции фаз относительно земли, Ом. Согласно /16,19/ $R_{из} \geq 0,5$ МОм для $U_{раб} < 1000$ В или $R_{из} \geq 10$ МОм для $U_{раб} > 1000$ В.

Раздел 9

Таблица 6.5

Характер воздействия тока на человека

Ток, мА	Переменный ток, 50 Гц
0,6...1,5	Начало ощущения, лёгкое дрожание пальцев
2...2,5	Начало болевых ощущений
5...7	Начало судорог в руках
8...10	Судороги в руках, трудно, но можно оторваться от электродов
20...25	Сильные судороги и боли, неотпускающий ток, дыхание затруднено
50...80	Паралич дыхания
90...100	Фибрилляция сердца при действии тока в течение 2–3 с, паралич дыхания
300	То же, за меньшее время

Раздел 10. Для защиты зданий, сооружений и наружных установок от разрядов атмосферного электричества предусматривается их молниезащита (т.е. комплекс защитных мероприятий от воздействия молний, обеспечивающих безопасность людей, сохранность зданий и сооружений, оборудования и материалов от взрывов, загораний, разрушений). Требования к молниезащите предъявляются как в зависимости от взрывопожароопасности зон (согласно ПУЭ), расположенных в зданиях и сооружениях, так и от их местоположения на территории России.

Для наружных установок, относящихся (согласно ПУЭ) к зонам класса В-1г, молниезащита предусматривается на всей территории России. При этом, категория молниезащиты II, тип зоны защиты «Б».

Для II категории молниезащиты используются отдельно стоящие стержневые или тросовые молниеотводы, с сопротивлением заземляющего устройст-

ва не менее 10 Ом. При этом расстояние от молниеотвода до защищаемого объекта $L_M \geq 3$ м.

Каждый молниеотвод обладает определенной зоной защиты – это часть пространства, примыкающая к молниеотводу, внутри которого объект защищён от прямых ударов молнии с определенной степенью надежности (для зоны защиты типа «Б» - 95%) .

При определении высоты отдельно стоящего стержневого молниеотвода для защиты от прямого удара молнии с определенной надежностью наносят на лист бумаги, с учетом масштаба, план сооружения. Выбирают и наносят на схему точку установки одиночного молниеотвода. Расстояние между молниеотводом и защищаемым объектом $L_M \geq 3$ м. Считая эту точку центром, описывают окружность такого радиуса, чтобы защищаемый объект вписался в неё. Замеряют на плане радиус R_x .

Рассчитывают высоту молниеотвода (h) по формуле:

$$h = (R_x + 1,63h_x)/1,5 \quad (10.1).$$

Находят другие параметры молниезащиты:

для зоны защиты типа “Б”:

$$h_o = 0,92h; \quad R_o = 1,5h \quad (10.2).$$

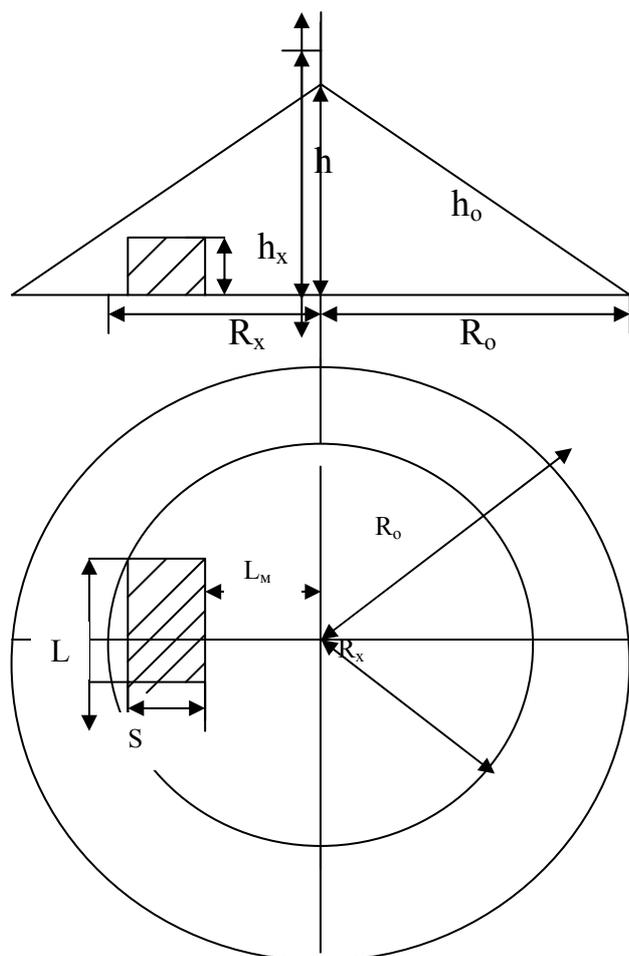


Рис. 5.1. Зона защиты одиночного молниеотвода:

a)

- L, S, h_x - длина, ширина и высота защищаемого здания;
- L_M – расстояние от молниеотвода до защищаемого здания;
- R_x – зона защиты на уровне высоты здания;
- h_o и R_o – высота и зона защиты молниеотвода;
- h – высота молниеотвода

Необходимо построить на схеме зону защиты (вид сбоку) с учетом найденных параметров и проверить вписываемость объекта в зону защиты по высоте. Если он входит в зону защиты, то выбранная высота молниеотвода считается нормальной. Если объект по высоте не вписывается в зону защиты, то увеличивают высоту молниеотвода на 2÷5 м и находят параметры зоны молниезащиты по приведенным выше формулам. При этом R_x можно найти по формуле:

для зоны защиты типа «Б»:

$$R_x = 1,5(h - h_x/0,92) \quad (5.12).$$

Это делают до тех пор, пока защищаемый объект не войдет в зону защиты молниеотвода на плане как по периметру основания, так и по высоте.

Раздел 11

Таблица 6.6

Удельные электрические сопротивления веществ, ρ , Ом·м.

Вещество	Удельное электрическое сопротивление вещества, Ом·м
Полистирол	10^{16}
Парафин	10^{16}
Стекло	$10^{11} - 10^{14}$
Жидкие углеводороды	$10^8 - 10^{16}$
Синтетические волокна	$10^{10} - 10^{14}$
Натуральный каучук	$10^{12} - 10^{13}$
Сухое дерево	$10^8 - 10^{14}$
Синтетические смолы	$10^7 - 10^{12}$

Раздел 12. Защита от статического электричества ведётся по двум направлениям: уменьшением интенсивности образования электрических зарядов и устранением уже образовавшихся зарядов.

Для уменьшения интенсивности образования зарядов ограничивают скорости обработки и транспортировки материалов; уменьшают силы трения и площади контакта; уменьшают электрическое сопротивление перерабатываемого материала, применяя следующие мероприятия: повышение относительной влажности воздуха (при относительной влажности воздуха более 85 % статические заряды не образуются), обработка поверхностей ПАВ, нанесение электропроводных плёнок с последующим заземлением оборудования.

Устранение зарядов статического электричества достигается нейтрализацией зарядов и заземлением электропроводных частей оборудования. Для устранения зарядов применяют нейтрализаторы статического электричества (коронного разряда, радиоизотопные, аэродинамические и комбинированные). Сопротивление заземляющих устройств, применяемых только для защиты от статического электричества, не должно превышать 100 Ом.

Для снижения опасности разрядов возможно увеличить объёмную проводимость диэлектрика, для чего в него вносят графит, ацетиленовую сажу, алюминиевую пудру. К средствам индивидуальной защиты от статического электричества относятся обувь с электропроводной подошвой, антистатические халаты, браслеты.

Список справочной литературы

1. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп: справ. изд./ А.Л. Бандман, Г.А. Гудзовский, Л.С. Дубейковская и др. ; под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1988. -512 с.
3. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V-VIII групп: справ. изд./ А.Л. Бандман, Н.В. Волкова, Т.Д. Грехова ; под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1989.-592 с.
4. Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов: справ. изд. / А.Л. Бандман, Г.А. Войтенко, Н.В. Волкова и др.; под ред. В.А. Филова и др.-Л: Химия, 1990. -732 с.
5. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей; под ред. Н.В. Лазарева Изд.-7-е изд; перераб. В 3 т.- Л.: Химия, 1977.
6. Беспаятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: справочник. – Л.: Химия,1985.
7. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. изд. В 2 кн. / А.Н.Баратов, А.Я.Корольченко, Г.Н.Кравчук и др.- М.: Химия, 1990.
8. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе: справ. изд. – М.:Химия,1991.-368с.
8. Правила пожарной безопасности в РФ (ППБ 01-03). М.:2003, 180с.
9. СН и П 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. Москва, 1995.
10. А.С.Тимонин. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. В 3т.- Калуга:Изд-во Бочкаревой. 2002, 968 с.
12. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ Шум. Общие требования безопасности.
13. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ Вибрационная безопасность. Общие требования.
14. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
15. Долин П.А. Справочник по технике безопасности.- М.:Энергоатомиздат, 1984.
16. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).- М.: Энергоатомиздат, 1999.
17. Справочная книга по светотехнике /под ред. Ю.Б.Айзенберга. – М.:Энергоатомиздат. 1983.- 476 с.
18. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
19. В.Е. Манойлов. Основы электробезопасности. М.: Энергоатомиздат, 1991.

Содержание

Содержание раздела «Безопасность труда»	3
1. Оценка степени опасности при использовании токсичных и взрывопожароопасных веществ	3
2. Мероприятия по обеспечению безопасности при использовании токсичных и горючих веществ	5
3. Освещенность рабочего места	6
4. Производственный шум и вибрация	6
5. Электробезопасность. Защита от разрядов статического электричества. Молниезащита зданий и сооружений	7
5.1. Обеспечение безопасности при эксплуатации электроустановок	7
5.2. Защита от атмосферного и статического электричества	9
ПРИЛОЖЕНИЕ. Приложение 1.	10
Неблагоприятные факторы производственной среды, трудового процесса и травмоопасность	10
Приложение 2. 2.1. Расчет количества загрязняющих веществ, поступающих в воздух рабочей зоны от технологического оборудования при нормальных режимах работы	10
2.2. Оценка уровня загрязнения воздуха рабочей зоны при нормальных режимах работы оборудования	11
2.3. Расчет количества токсичного или взрывоопасного вещества при аварии	12
2.4. Расчет местной вентиляционной системы	12
Приложение 3. Установление классов взрыво- и пожароопасных зон	15
Приложение 4. Нормирование и проектирование искусственного освещения рабочих мест	18
Приложение 5. 5.1. Защита от шума	22
5.2. Защита от вибрации	26
Приложение 6. Электробезопасность	30
Список справочной литературы	38
Содержание	39

Шведова Лариса Викторовна
Чеснокова Татьяна Анатольевна
Кузьмина Ирина Алексеевна
Куприяновская Анна Павловна
Тукумова Наталья Владимировна

Под редакцией А.В.Невского

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

***к выполнению раздела «БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА»
в дипломных проектах студентов механических специальностей***

Редактор В.Л.Родичева

Подписано в печать 9.03.2007. Формат 60×84 1/16. Бумага писчая. Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд.л. 2,58. Тираж 150 экз. Заказ

ГОУВПО «Ивановский государственный химико-технологический
университет»

Отпечатано на полиграфическом оборудовании кафедры экономики и финансов
ГОУВПО «ИГХТУ»
153000, г.Иваново, пр. Ф.Энгельса, 7