

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

ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

**Методические указания
к выполнению раздела в дипломном проекте
для студентов специальности МО
всех форм обучения**

Утверждено
на заседании
методического совета
Протокол № 6 от 28.04.2016

Краматорск
ДГМА
2016

УДК 658.382.3:621

ББК 65.9.248

Г 65

Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях : методические указания к выполнению раздела в дипломном проекте для студентов специальности МО всех форм обучения / сост. И. Л. Марченко. – Краматорск : ДГМА, 2016. – 127 с.

Приведены основные требования к содержанию и оформлению раздела «Охрана труда и безопасность при чрезвычайных ситуациях» дипломных проектов магистров и специалистов специальности МО. Даны рекомендации по выбору конкретных задач в зависимости от темы дипломного проекта; справочный материал, который нужен студентам при выполнении данного раздела; методики расчётов и примеры конкретных решений задач по охране труда (расчёт основных средств защиты человека от производственных факторов в металлургическом производстве).

Составитель

И. Л. Марченко, 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 опасных и вредных производственных факторов.....	8
3 Мероприятия по производственной санитарии.....	16
4 Разработка мероприятий по технической безопасности.....	26
5 Методики расчётов основных средств защиты.....	39
5.1 Вентиляция производственных помещений.....	39
5.2 Защитные экраны.....	49
5.3 Защита от шума.....	57
5.4 Защита от излучения.....	62
5.5 Производственное освещение.....	67
5.6 Защитное заземление.....	74
5.7 Определение категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности.....	77
6 Безопасность при чрезвычайных ситуациях.....	80
Литература.....	88
Приложение А. Рекомендации по использованию нормативно-технической документации.....	90
Приложение Б. Требования к воздуху рабочей зоны.....	96
Приложение В. Требования к производственному шуму и вибрации.....	101
Приложение Г. Требования к излучениям.....	103
Приложение Д. Требования к производственному освещению.....	104
Приложение Е. Требования к пульту управления.....	110
Приложение Ж. Требования к электробезопасности.....	114
Приложение К. Требования к пожарной безопасности.....	120
Приложение Л. Безопасность при чрезвычайных ситуациях.....	123

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 проблем 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 распространённых 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 объёма разработок, количества расчётов 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 [10; 15]:

- 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 расчётами, 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 приведён 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 приведён 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 приведён в разделе 4 пособия.

Расчёты 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 расчётов согласуется с консультантом). Расчёт устройства проводится по схеме:

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

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

Вопросы **безопасности при чрезвычайных ситуациях** привязывается непосредственно к конкретной теме дипломного проекта с учётом особенностей специальности и оборудования. В ходе выполнения расчётов, 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 приведён в разделе 6 пособия.

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 учётом 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

Металлургическое производство отличается большим количеством опасных и вредных производственных факторов, которые в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические [3, 6, 11, 16, 24].

К физическим опасным производственным факторам в прокатном производстве принадлежат:

- подвижные машины и механизмы; подвижные части оборудования; подвижные изделия, заготовки, материалы (валки, шпиндели, муфты состояний, выбросы петли прокатываемого материала, осколки прокатываемого металла, окалины и шлака, что отлетают);
- повышенная температура поверхностей;
- высокое напряжение в силовой электрической сети, замыкание которого может состояться через тело человека;
- острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;
- высокая вероятность возникновения вспышки.

К физическим вредным производственным факторам относят:

- повышенную запылённость воздуха;
- повышенную температуру воздуха рабочей зоны;
- повышенную влажность воздуха;
- сниженную подвижность воздуха;
- повышенный уровень инфракрасной радиации;
- повышенный уровень шума, инфразвуковых колебаний, ультразвука и вибрации;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенную напряжённость электрического и магнитного поля;
- недостаточную освещённость рабочей зоны;
- повышенную яркость света;
- сниженную контрастность.

Химические опасные и вредные производственные факторы подразделяются:

- по характеру действия на организм человека на: токсичные; раздражающие; сенсibiliзирующие; канцерогенные; мутагенные (влияют на репродуктивную функцию);
- по пути проникновения в организм человека через: органы дыхания; желудочно-кишечный тракт; кожный покров и слизистые оболочки.

Выделение вредных веществ в воздух (токсичной пыли, газов) происходит при проведении технологических процессов проката металла и проведении работ, связанных с применением химических веществ и материалов (масло, техническое масло и др.). В листопрокатных цехах перед

холодной прокаткой листов, перед нанесением защитных покрытий металл очищают от слоя окалины путём травления в ваннах разведённой серной, соляной или азотной кислотой.

При прокате металла наиболее вероятное проникновение в организм веществ в виде пара и пыли через органы дыхания (около 95 % всех отравлений).

Биологические опасные и вредные производственные факторы включают следующие биологические объекты: патогенные микроорганизмы, продукты их жизнедеятельности и макроорганизмы. При прокатке не является значительными.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия подразделяются на следующие:

- а) физические перегрузки (статичные и динамические);
- б) нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Наиболее характерными психофизиологическими факторами для прокатного производства является высокая скорость технологических процессов и интенсивность грузопотоков, которая обуславливает в свою очередь высокую интенсивность труда персонала. Это приводит к большой умственной усталости, которая связана с ошибками в управлении механизмами, и возникновению опасных ситуаций, то есть преобладают нервно-психические перегрузки.

В доменном производстве опасными и вредными производственными факторами являются: движущиеся и вращающиеся части машин и механизмов; незащищённые подвижные элементы оборудования; расплавленный, накалённый металл и шлак; повышенная температура поверхностей оборудования и материалов; высокая концентрация пыли и газов в воздухе рабочей зоны, вибрация.

Ремонт чугунных и шлаковых желобов сопровождается выделением токсичных газов. Концентрация SO_2 составляет в среднем 19 мг/м^3 , CO – до 40 мг/м^3 . В помещении разливных машин при заливке чугуна образуется в среднем 40 г пыли и 60 г оксида углерода на 1 т разлитого чугуна. Теплоизлучение при разливании достигает $3,5\text{--}7,0 \text{ кВт/м}^2$.

Радиоактивные изотопы (ионизирующие излучения) применяют в доменном производстве как индикаторы:

- для определения уровня материала в закрытых ёмкостях (шихта в бункерах, в шахте печи и т. д.)
- контроля качества металла, сварных швов, мест соединения;
- контроля за ходом технологического процесса: определение содержания фосфора, серы, кальция в металле и шлаке, износа огнеупорной футеровки, движению шихты и газов в доменных печах.

К опасным факторам при эксплуатации электросталеплавильных печей относятся: поражение электрическим током, выплески жидкого метал-

ла и шлака и др. Вредные производственные факторы: повышенный уровень запылённости, загазованности (до 120 мг/м^3 оксида углерода), повышенный уровень шума (до 120 дБ), повышенная температура воздуха (до 30°) в результате значительных тепловыделений (до $1000 \text{ кДж/м}^3\text{-ч}$), ультразвук (используют при обработке расплава стали, выплавленной в электропечи).

Краткая характеристика ОиВПФ

Микроклимат в прокатных цехах определяется наличием чрезмерного конвекционного и лучевого тепла, в связи с чем, они относятся к группе горячих цехов. Источниками тепла являются прокатываемый металл, нагретое оборудование, механизмы и коммуникации, открытые отверстия или крышки нагревательных устройств, горючие газы. Наибольшая интенсивность излучения наблюдается на рабочих местах около нагревательных печей, прокатных станов, на участках ножниц и пыль горячей розги, а также около штабелей горячего металла на складах готовой продукции. Уровни теплового облучения около рабочих мест приведены в табл. 2.1, 2.2 [17].

Нагретый прокатываемый металл является источником тепла, которое распространяется по цеху. Энергия излучения на расстоянии 1 м от проката составляет до 4–5 кал на 1см^2 в минуту. Двигаясь по цеху, прокат на своём пути нагревает все металлическое оборудование цеха, и нагретые предметы сами становятся источником тепла и быстро нагревают воздух.

На рабочих местах нагревательных металл температура воздуха в летний период достигает $40\text{--}45^\circ\text{C}$, на рабочих местах вальцовщиков литейных станов – $35\text{--}40^\circ\text{C}$. Высокая температура воздуха наблюдается также на постах управления операторов, в кабинах крановщиков, работающих в главном пролёте стана. Метеорологические условия в прокатных цехах характеризуются также наличием участков с высокой и низкой влажностью воздуха, что негативно влияет на самочувствие и здоровье человека.

Пыль является самым распространённым неблагоприятным фактором производственной среды. В металлургическом производстве преобладает пыль, которая содержит оксиды железа, кремния, марганца, фтористые соединения и др. Так пыль около машины огневого зачищения при зачистке сталей рядовых марок содержит 73,96 % Fe, 0,1 % C, 0,51 % Mn, 0,39 % S, 25,04 % O_2 . При работе станов в результате раздавливания поверхностного слоя окалины на металле образуется металлическая пыль. Наиболее интенсивное выделение пыли происходит на блюмингах и слябингах: до $515\text{--}4400 \text{ мг/м}^3$. В воздухе у станов горячей прокатки металла содержание пыли оксидов железа достигает $2400\text{--}4400 \text{ мг/м}^3$. При эксплуатации машины огневого зачищения поверхности металла общее количество пыли в продуктах сгорания достигает 12 г/м^3 . Содержание пыли в воздухе у клетей листовых станов составляет от 200 до 2400 мг/м^3 .

Таблица 2.1 – Тепловое облучение на рабочих местах у электроплавильных печей

Рабочая операция	Ёмкость печи, т	Облучённость, кВт/м ²
Осмотр дна и заправка печи перед загрузкой лома	< 10	1,05–11,2
	10–25	1,04–4,9
	40	2,1–7,0
	100 ¹	2,8–14
	100 ²	0,35–3,5
	200 ¹	1,05–7,0
	200 ²	0,35–3,5
Подсыпка порогов, загрузка добавок, наблюдение за плавкой после загрузки лома	< 10	0,7–4,2
	10–25	0,35–5,6
	40	1,4–9,8
	100 ¹	0,7–10,5
	100 ²	0,01–3,5
	200 ¹	0,35–5,6
	200 ²	0,01–1,05
Продувка кислородом, измерение температуры и взятие пробы	10–25 ³	1,4–7
	10–25 ⁴	6,3–9,1
	40 ³	1,4–7,0
	40 ⁴	7,0–10,5
	100 ³	0,35–7,0
	100 ⁴	6,3–12,6
	200 ³	0,18–5,6
	200 ⁴	6,3–12,6
Скачивание шлака	40 ⁵	2,1–7,0
	40 ⁶	7,7–12,6
	100 ⁵	0,7–7,7
	100 ⁶	3,5–14,0
	200 ⁵	2,1–7,0
	200 ⁶	3,5–14,0
Обработка и заложение стали выпускаемого отверстия	< 10	0,35–1,4
	10–25	0,35–3,5
	40	0,18–3,5
	100	0,35–7,0
	200	0,35–5,6
Наблюдение за выпуском стали	< 10	1,05–3,5
	10–25	1,05–4,9
	40	0,35–2,1
	100	0,35–6,3
	200	0,35–4,2
Измерение температуры стали в ковше	< 10	0,7–3,5
	10–25	0,7–7,0
	40	5,6–7,0
	100	4,2–7,0
	200	2,8–7,0

Примечание: ¹ – рабочая операция совершается без применения машины; ² – рабочая операция совершается с помощью машины; ³ – операции совершаются с применением теплозащитных средств; ⁴ – то же, без применения теплозащитных средств; ⁵ – электромагнитное перемещение работает; ⁶ – электромагнитное перемещение не работает.

Таблица 2.2 – Тепловое облучение на рабочих местах в прокатных цехах

Рабочее место	Тип стана	Облучённость кВт/м ²
Обжимные цеха		
Перед постом управления	780–800	0,18–14,0
	1100–1150	0,05–11,9
	1300	0,1–11,9
Рабочее место оператора	780–800	0,05–1,4
	1100–1150	0,05–0,7
	1300	0,05–2,8
Открытое рабочее место около технологического оборудования	780–800	0,35–15,4
	1100–1150	0,35–16,1
	1300	0,18–19,6
Листопрокатные цеха		
Перед постом управления	1450	0,35–7,0
	1700–2300	0,35–7,0
	2500	0,07–1,4
	3600	0,35–4,2
	4500	0,07–1,4
Рабочее место оператора	1450	0,35–2,1
	1700–2300	0,18–3,5
	2500	0,02–0,7
	3600	0,35–0,7
	4500	0,05–0,35
Открытое рабочее место около технологического оборудования	1450	0,35–14,0
	1700–2300	0,18–13,3
	2500	0,18–8,4
	3600	0,35–14,0
	4500	1,75–17,5
Сортопрокатные цеха		
Перед постом управления	500–650	0,28–5,6
	300	0,07–2,45
	250–300	0,35–9,1
Рабочее место оператора	500–650	0,01–0,8
	300	0,01–1,4
	250–300	0,01–2,1
Открытое рабочее место около технологического оборудования	500–650	0,17–14,0
	300	0,17–3,5
	250–300	0,17–3,5

В атмосферу около доменной печи выделяются газы (СО и СО₂) и пыль, содержащая оксиды железа. Запылённость составляет 300–4000 мг/м³. Содержание СО и СО₂ – до 600 мг/м³. Большое количество газов и пыли выделяется в процессе выплавки стали в электросталеплавильных печах. Значительное количество пыли, пара и газов от испарения эмульсии образуется при прокатке металла.

Выбросы пыли в доменном производстве с колошниковым газом составляют до 50–100 кг/т. Пыль содержит 60 % железа, 10 % оксида кальция. Загрязнение воздуха происходит и при грануляции шлака. Концентрация суспензии в сточных водах доменной печи составляет 0,5–2,0 г/л. Содержание суспензии в сточных водах подбункерных помещений колеблется от 2000 до 3500 мг/л.

Технологические процессы металлургического производства сопровождаются интенсивным излучением шума, который значительно превышает допустимый уровень. В производственных условиях источниками шума являются: механизмы оборудования, кранов, ручные механизированные инструменты, электрические машины, компрессоры, подъёмно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры).

К шумоопасному оборудованию относятся электросталеплавильные печи: фурмы, газовые горелки, приводы скопы доменной печи.

В прокатных цехах к шумоопасному оборудованию относятся рабочие клетки, машины огневой зачистки металла, ножницы для резания металла маятниковой дисковые пилки, правильные машины; моталки, клепперы, рольганги, листоукладчики, непрерывно-травильные агрегаты и др.

В прокатных цехах шумы характеризуются большим значением звукового давления, спектральной широкополосностью, постоянством во времени (в зависимости от изменений на производстве). Главным источником шума при прокате металла является прокатный стан, в котором находится огромное количество металлических механизмов. Основной шум прокатного цеха лежит в области частот до 1000 Гц и имеет значение звукового давления в пределах 75–95 дБ и может достигать 110 дБ. Уровни звуковой мощности оборудования приведены в табл. 2.3 [10].

В условиях прокатного производства наблюдается **местная** (локальная) и **общая вибрации**. Прокатные станы (система механизмов) при своей работе создают общую вибрацию, которая заключается в отклонении рабочих мест от положения равновесия на малую величину. При выполнении отдельных видов работ по обработке проката работники чувствуют локальную вибрацию, которая передаётся на руки работающего. В прокатном цехе вибрация неоднородная по спектру частот и непостоянная во времени. Локальная вибрация зависит от контакта оператора с телом, которое колеблется.

Таблица 2.3 – Уровни звуковой мощности оборудования

Наименование оборудования	Уровень звуковой мощности, дБА	Суммарная длительность влияния за смену, час
Электросталеплавильные цеха		
Печи ёмкостью 5–40 т:		
– период плавления	118–121	2,5
– окислительный период	114–118	2,0
– восстановительный период	107–110	1,0
Печи ёмкостью 100–200 т:		
– период плавления	123–126	2,5
– окислительный период	117–119	2,0
– восстановительный период	109–113	1,0
Доменное производство		
Фурма доменной печи	110	4
Газовый пальник нагревателя	115	4
Привод скопы	109	4
Прокатное производство		
Обжимные цеха:		
– блюминг 1300	99–123	4
– непрерывный заготовочный стан 730/500	96–120	4
Сортопрокатные цеха:		
– стан 500	102–123	4
– стан 800	105–114	4
Листопрокатные цеха холодной прокатки		
Стан:		
– 2500	115	4
– четырехвалочный	113	4
Агрегаты резки листа	111–121	4
Ножницы:		
- летучие	118	4
- дисковые	111	4
Разматыватель листа	122	
Листоправочная машина	114	4
Транспортировка листа по рольгангам	118	4
Листопрокатные цеха горячей прокатки		
Стан 2000	103–108	4
Стан 2500	102–119	4

Производственными источниками локальной вибрации являются ручные механизированные машины ударного, ударно–вращательного и вращательного действия по пневматическому или электрическому поводу. Инструменты ударного действия основанные на принципе вибрации. К ним относятся клепальные, рубильные, отбойные молотки, пневмотрамбовки. К ручным механизированным машинам вращательного действия относятся шлифовочные, сверлильные машины, пилы электромоторов.

В прокатном производстве применяется огромное количество разнообразного электрооборудования, которое опасно влияет на работающих (**электрические поля** промышленной частоты и **электромагнитные поля** высокой частоты).

Источником электрических полей промышленной частоты являются токоведущие части действующих электроустановок (линии электропередач, индукторы, конденсаторы термических установок, фидерные линии, генераторы, трансформаторы, электромагниты, соленоиды, импульсные установки, литые и металлокерамические магниты и др.).

Источником электромагнитных полей высоких частот являются неэкранизированные элементы оборудования для индукционной обработки металла (закалка, отжиг, плавка, паяние, сварка и так далее) и других материалов, а также оборудования и приборов, что употребляется для генерации токов высокой частоты.

В металлургии токи высокой частоты применяются при термообработке в прокатном производстве при перемешивании расплавленного чугуна по электромагнитному жёлобу в доменном производстве и в иных случаях

Доменные, электросталеплавильные и прокатные цеха являются большими потребителями электроэнергии и имеют развитое электрохозяйство и сложное электрооборудование.

Правильное освещение рабочих мест в прокатных цехах имеет большое значение для создания безопасных условий труда. Неудовлетворительное освещение может стать причиной травматизма, негативно влияет на зрение работников.

Равномерное распределение яркости в условиях прокатного производства не достигается. В результате образования огромного количества пыли в прокатном цехе наблюдается ухудшение видимости и уменьшается обзор. Чрезмерная ослепляющая яркость металлических деталей нарушает условия комфортного зрения, ухудшает контрастную чувствительность.

В доменном производстве взрывопожароопасными участками являются места, где в трубопроводах и оборудовании под давлением находятся горючие газы (доменный, генераторный и др.); газоочистное оборудование; установки для вдувания угольной пыли в доменные печи, а также распределительно-дозировочные отделения.

Пожарная опасность электросталеплавильного производства определяется наличием в агрегатах горючих газов, применением кислорода, наличием кабельного хозяйства, масляных трансформаторов, применением

горючих жидкостей. Большую пожарную опасность представляют экзотермические смеси, употребляемые при выплавке качественных сталей.

Пожарная и взрывная опасность прокатного производства определяется следующими факторами:

- наличием широко развитой сети кабельного хозяйства, большого количества масла в маслоэмульсионных подвалах, сети масляных гидроприводов;

- применением горючих (взрывоопасных) газов в нагревательных печах и колодцах, при резке металла, взрывоопасный водород образуется в травильных ваннах при обработке металла, взрывоопасного защитного газа при отжиге металл в бескислородной среде.

К **газоопасным** относятся работы, выполняемые в местах с загазованной атмосферой, и работы, при выполнении которых возможно выделение ядовитых или взрывоопасных газов, которые вызывают отравление или разрушительные взрывы, а также пожары.

Газоопасные работы в доменном производстве связаны с газоочистными сооружениями, с ремонтными работами на доменной печи, где находится в обращении доменный, генераторный, коксующийся, природный газ. В прокатных цехах опасность взрывов возникает при сушке нагревательных печей коксующимся или естественным газом, при пуске газа в нагревательные колодцы и печи. Это связано также с возможностью выхода газа в цех и отравлением людей оксидом углерода.

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 (цеха и пульта управления).

Обеспечение качества воздуха рабочей зоны

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

Для обеспечения нормативных требований проводят следующие мероприятия [2, 3, 11, 16, 18]:

- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление процессами;
- усовершенствование оборудования и процессов;

- использование процессов и оборудование, которое исключает образование вредных веществ или их попадания 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 пара, их интенсивность, а также наметить конкретные меры относительно предупреждения загрязнения воздушной среды.

Наибольшее внимание нужно уделить вопросам организации вентиляции и защите от теплового излучения.

К числу наиболее радикальных мероприятий по борьбе с пылью относится рационализация технологических процессов и усовершенствование оборудования; герметизация пылящих агрегатов, гидрообеспыливание, вентиляция в виде местных отсосов и др.

Для локализации вредных выделений над местами выделения шлака и чугуна в домнах необходимо устраивать зонты с отсасыванием 250–300 тыс. м³/час газовой смеси. Для укрытия главного желоба необходимо предусматривать кожух телескопической конструкции, который управляется дистанционно. Объем отсасываемого воздуха должен составлять 400000 м³/час при скорости отсасывания газов в торце кожуха 40–50 м/с.

Большое количество газов и пыли выделяется в процессе выплавки стали в электросталеплавильных печах. Для печей ёмкостью до 10 т газы удаляют через зонты, которые установлены над печью. Для печей ёмкостью более 10 т с поднимающими сводами используют способ отвода газов из свода через патрубок с разрывом. Подсос воздуха через щель между патрубками обеспечивает дожигание окиси углерода.

В табл. 3.1. приведённые помещения станов горячей и холодной прокатки с характеристиками систем вентиляции и других мероприятий относительно улучшения условий труда.

Для удаления металлической пыли необходимо предусмотреть гидросмыв. При холодной прокатке металла образуются пары эмульсии; особенно значительное испарение эмульсии происходит за третьей клетью и на моталке. Для защиты от паров эмульсии необходимо закрывать клетки сверху и по бокам. Кроме того, необходимо устанавливать вытяжной зонт за последней клетью, чтобы охватывалась и моталка.

Удаление воздуха из укрытия клетки должно осуществляться из верхней (70 %) и нижней зоны (30 %). Объем воздуха, который удаляется из каждого межклетьевого пространства, рекомендуется принимать 25 000–40 000 м³/час; большая величина относится к станам, которые работают со скоростью прокатки 20–25 м/с и больше.

Таблица 3.1 – Характеристики систем вентиляции

Помещения	Вентиляция и мероприятия по улучшению условий труда
Помещения сортировочных станков и склада готовой продукции (горячей прокатки)	Аэрация: прилив воздуха через аэрационные фанари. Душирование рабочих мест и открытых постов управления около методичных печей. Кондиционирования воздуха на постах управления станками. Гидрообеспыливание у клетей. Душирование с использованием охлаждённого воздуха и устройством кабин для отдыха с радиационным охлаждением клетей.
Помещение листовых станков горячей прокатки	Аэрация: гидрообеспыливание черновых и чистовых клетей. Душирование рабочих мест около методичных печей. Вентиляция (отсасывание пыли) агрегатов чистки и резания листа. Кондиционирование воздуха на постах управления технологическим процессом
Склад горячекатаных рунов на станах холодной прокатки листа	Теплоизоляция и кондиционирование воздуха кабины крана
Травильное отделение стана холодной прокатки листа	Отсасывания паров из-под укрытия ванн или бортовая вентиляция ванн. Приток воздуха с компенсацией до 70 % вытяжки, подача воздуха – в рабочую и верхнюю зону с дополнительным подогревом.
Становые пролёты холодной прокатки листа	Ограждения станков металлическими сплошными стенами. С противоположной стороны управления – клетями; со стороны управления – до уровня 2 м и отсасывание из межклетьевого пространства пара эмульсии. Вентиляция агрегата электролитического обезжиривания. Аэрация отделения отжига и вентиляция кабин кранов, обслуживающих печи отжига. Отсос пыли от дрессировочных станков. Местная вентиляция лудильных агрегатов.

При эксплуатации машины огневого зачищения поверхности металла общее количество пыли в продуктах сгорания достигает 12 г/м^3 . В пыли преобладает окислы железа, присутствуют окислы марганца, кремния и др. Над зоной, где происходит зачищение слябов, стоит устанавливать зонт. Торцевую стену со стороны входа сляба стоит закрывать листом, нижнюю

часть – завесой из цепей. Газоотводящие каналы устанавливаются ниже уровня рольганга.

Целесообразно проектировать установку с двумя вентиляторами. Система вентиляции должна обеспечивать отсасывание 150–200 тыс. м³/час продуктов сгорания, разведённых воздухом.

Вентиляция производственных помещений (цехов) металлургического производства обстоятельно рассмотрено в литературе [4, 8, 17, 25, 26]. Нормативные требования приведены в табл. Б.4–Б.5 приложения Б. Методика расчёта вентиляции цеха приведены в разделе 5.1 примеры 1 и 4. Методика расчёта вентиляции пульту управления приведена в разделе 5.1 пример 2.

Защита от шума, вибрации и излучения

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

Для обеспечения нормативных требований проводят следующие мероприятия [10, 14, 18, 23]:

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

Технологические процессы металлургического производства сопровождаются интенсивным излучением шума, который значительно превышает допустимый уровень. К шумоопасному оборудованию относятся электросталеплавильные печи: фурмы, газовые горелки, приводы скипов доменной печи.

В прокатных цехах к шумоопасному оборудованию относятся рабочие клетки, машины огневой зачистки металла, ножницы для резания металл маятника дисковой пилы, правильные машины; моталки, шлепперы, рольганги, листоукладчики, непрерывно–травильные агрегаты, дрессировочные станы.

Для защиты рабочих от шума в сталеплавильном производстве стоит устанавливать звукоизолированные пульты управления, так как иного оптимального решения по снижению шума в источнике пока не найдено.

Для снижения шума от приёмного кармана используют устройства для сохранения постоянной высоты падения проката.

Снижение вибраций и шума при работе листоукладчика осуществляется демпфированием вибраций и амортизацией ударов листа о щит.

Эффективное снижение уровня шума ножниц (на 15–20 дБ) достигается заключением их в звукоизолирующий кожух.

Для защиты рабочих от шума при огневом зачищении металла необходимы звукоизолирующие посты управления и звукоизоляция зоны зачищения.

Для защиты от шума операторов в прокатных цехах необходимо использовать звукоизолирующие кабины постов управления.

Методика расчёта разных средств защиты приведено в разделе 5.3: звукопоглощение шума (пример 16), изоляция источника шума или рабочего места (примеры 11–13, 15), акустическая обработка помещения (пример 14).

Нормативные требования к уровням вибрации приведены в таблице В.4 приложения В (ГОСТ 12.1.012–90, ДСН 3.3.6.039–99).

Для обеспечения нормативных требований проводят следующие мероприятия [10, 18, 23]:

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

Методика расчёта разных средств защиты от вибрации приведена в литературе [18, 23].

Нормативные требования к уровням электромагнитных излучений приведены в таблице Г.1 приложения Г (ГОСТ 12.1.002-84, ГОСТ 12.1.006-84, ДСН 3.3.6.096-2002).

Для обеспечения нормативных требований проводят следующие мероприятия [2, 18, 19, 23]:

- организационные мероприятия (оптимальное размещение, контроль интенсивности излучения, выполнение требований к персоналу);
- организационно-технические мероприятия (защита расстоянием, временем, экранирование, использование средств индивидуальной защиты);
- санитарно-гигиенические мероприятия.

Методика расчёта экранирования приведена в разделе 5.4 (примеры 16–19).

Ультразвук часто используют при обработке расплава стали, выплавленной в электропечи. Основные методы защиты от ультразвука:

- повышение рабочей частоты;
- использование звукоизолирующих кожухов или экранов;
- исключение контакта рук рабочих с ультразвуковым инструментом;
- установка технологических частей ультразвуковых установок в звукоизолирующих кабинах.

Ионизирующие излучения – радиоактивные изотопы применяют в доменном производстве как индикаторы:

- для определения уровня материала в закрытых ёмкостях (шихта в бункерах, в шахте печи и т. д.)
- контроля качества металла, сваренных швов, мест соединения;

– контроля за ходом технологического процесса: определение содержания фосфора, серы, кальция в металле и шлаках, изношенности огнеупорной футеровки, движению шихты и газов в доменных печах.

Для защиты от радиоактивных изотопов необходимо предусмотреть:

– индивидуальную радиационную защиту, ограничивающую контуры самого источника излучения – использования контейнеров для ослабления ионизирующих излучений и обеспечения радиационной безопасности окружающего рабочего пространства:

– предпринимать дополнительные меры защиты от воздействия высоких температур на ампулы с радиоактивным изотопом (применение водоохлаждаемых контейнеров);

– ввод ампул с радиоактивными препаратами в доменную печь и закладку источников в измерительные приборы необходимо производить быстро и приспособлениями с длинными ручками;

– устанавливать экраны для защиты от прямого или рассеянного излучения в виде контейнеров, щитов и т. д. Толщину экрана рассчитывать в зависимости от вида излучения;

– в местах установки приборов с радиоактивными изотопами вывешивать предупреждающие плакаты и знаки;

– доменный шлак, загрязнённый радиоактивными изотопами, следует выводить в отвал;

– удаление радиоактивной футеровки производить в специальные контейнеры с герметичными крышками. Концентрация радиоактивных веществ в футеровке должны быть проверена дозиметрами. При превышении предельно допустимых норм футеровку нужно захоронить в могильники как радиоактивные отходы.

В металлургии токи высокой частоты применяются при термообработке в прокатном производстве, при перемешивании расплавленного чугуна по электромагнитному жёлобу, в доменном производстве. Основными мероприятиями по защите от электромагнитных полей являются:

– экранирование установок высокой частоты экранами (металл толщиной не менее 0,5 мм) с высокой электропроводимостью; защитные экраны необходимо тщательным образом закрыть;

– ограничение времени пребывания работающих вблизи установок;

– размещение приборов управления на значительном расстоянии от установок;

– обеспечить оборудование высокочастотных установок световой сигнализацией, которая извещает о включении установки.

Для защиты от теплового излучения в металлургическом производстве проводят следующие мероприятия [8, 17, 23]:

– теплоизоляция агрегатов;

– защита расстоянием;

- экранирование рабочих мест или источников излучения;
- использование воздушного душирования;
- использование средств индивидуальной защиты;
- рациональный режим труда и отдыха.

Исходными данными для выбора и расчёта защиты от тепловых потоков на рабочих местах и оптимального расположении постов (пультов) управления являются значения максимальной интенсивности тепловых излучений (табл. 3.2) [23].

Пульты управления заслонками или машинами стоит располагать не ближе 5 м от источника теплового излучения. Стены печей рекомендуется экранировать алюминиевым листом толщиной 1,5–2,0 мм. Обзорная прорезь у пультов управления защищается стальной сеткой с ячейкой 2×2 мм, что снижает интенсивность облучения на 50 %, а два слоя – на 75 %. Обшивание поручней и площадок у пультов управления стальным или алюминиевым листом позволяет в 2 раза снизить интенсивность теплового облучения на рабочем месте; двойной алюминиевый лист с открытой воздушной прослойкой позволяет снизить интенсивность облучения в 5–6 раз.

При интенсивности облучения ограждения от 0,3 до $2,8 \text{ кВт/м}^2$, стены постов управления стоит защищать гофрированными алюминиевыми экранами. При интенсивности облучения ограждений больше $2,8 \text{ кВт/м}^2$ стоит использовать двойные алюминиевые экраны с расстоянием между ними 30–50 мм.

Обзорные прорези постов управления закрывают стеклом. Двойное закалённое стекло стоит применять в постах управления при интенсивности облучения до $0,7 \text{ кВт/м}^2$. Такие посты управления могут быть расположены около технологических линий любых прокатных цехов. При постоянной или периодической интенсивности облучения, которое достигает $10,5 \text{ кВт/м}^2$, и температуре источника 1200°C (например, посты управления около главной части технологических линий прокатных цехов и около печей) рекомендуется применять синее закалённое стекло, со светопропусканием 40–50 %.

При интенсивности облучения свыше $10,5 \text{ кВт/м}^2$ (посты управления в непосредственной близости около печей или расплавленного металла – кабины клещевых и пратцен-кранов) стоит применять двойное застекление из закалённого стекла и вентиляцией их со свободным выходом воздуха.

Органические стекла в обзорных прорезях постов управления могут использоваться при интенсивности теплового облучения не выше $3,5 \text{ кВт/м}^2$. Такие посты управления могут находиться в прокатных цехах вдоль технологической линии, на холодильниках в сортопрокатных цехах, в мартеновских и электросталеплавильных цехах.

Таблица 3.2 – Эффективность (Pe), условия и место установки теплозащитных экранов

Экраны	Конструктивные элементы	Pe , %	Условия применения		Место установки
			Интенсивность излучения, кВт/м ²	Температура, К	
Глухие непрозрачные теплоотражающие экраны	Экран-панель с альфолью на сетке, рамой, асбофанерой, шифером (2–4 слоя с воздушными прослойками 15 мм)	50	3,5–7	1120	Горячие стенки и открытые источники
	Экран из алюминиевых листов ординарных	85	0,7–3,7	1070	То же
	Экран из алюминиевых листов двойной с естественно вентилируемой воздушной прослойкой	90	2–5,6	1270	Стены кабин и постов управления
Глухие полупрозрачные теплопроводные	Экраны с металлической сетки, орошаются водой	75	0,7–5	1370	Прокатное поле, прорезы печей
	Завесы пеной, орошаемые водой	80	0,7–8,5	1470	То же
	Экраны из металлической сетки с ячейкой 3 × 3 мм	35	0,35	1070	Прокатное поле, прорезы печей
Глухие полупрозрачные теплопоглощающие	Завесы пенные	60	0,7–5	1270	То же
	Стекло, армированное металлической сеткой	70	0,7–5	1270	То же

Продолжение таблицы 3.2

Глухие прозрачные теплопроводные	Занавес плёночный водяной по стеклу	92	0,35–1,75	1170	Посты пультовщиков
	Занавес водяной без стекла сливной	90	0,35–3,5	1170	Прорези печей
	Экран аквариальный	93	0,7–2,0	1570	Прорези пультовщиков
Глухие прозрачные теплопоглощающие	Стекло закаленное одинарное	63	0,7–1,5	1270	Кабины постов управления
	Стекло закаленное двойное с воздушно-вентилируемой прослойкой размером 20–40 мм	79	1,5–2,0	1270	Кабина завалочной машины
	Стекло двойное с воздушной прослойкой	67	1,5–2,0	1070	Кабины, посты
	Оргстекло толщиной 6–8 мм	70	3,5–5	До 1370	Кабины, посты

В доменных цехах пост управления электропушкой и бурмашиной доменной печи должен находиться у стены литейного двора. Обзорные прорези защищают органическим стеклом $\delta = 19$ мм и сталочным передвижным экраном. Дублирующий пульт управления электропушкой и бурмашиной стоит располагать около доменной печи и ограждать кирпичной стенкой. Обзорную прорезь защищать двумя стальными сетками, которые перемещаются в пазах.

При обслуживании дуговых сталеплавильных печей необходимо при скачивании шлаков применять передвижные экраны; пульт управления машинами располагать на расстоянии не менее 5 м от печи и экранировать поручни площадок для наблюдения за технологическим процессом. Обзорные прорези завалочных машин защищать стальной сеткой и закаленным стеклом, кабины кранов – органическим стеклом.

Нормативные требования к уровням теплового излучения приведены в табл. Б.7 приложения Б. В табл. Б.8 приложения Б приведены рекомендации относительно выбора мероприятий защиты от теплового излучения.

Методика расчёта экранов разных типов приведена в разделе 5.2: металлические экраны (примеры 5–8), прозрачные экраны (пример 9), водяные экраны (пример 10).

Нормативные требования к душированию приведены в табл. Б.12 приложения Б. Методика расчёта душирования приведена в разделе 5.1 пример 3.

Нормативные требования к режиму труда и отдыха приведены в табл. Б.9 – Б.11 приложения Б.

Организация освещения помещений

Нормативные требования к освещению производственных помещений приведены в таблицах Д.1–Д.2 приложения Д (ДБН В.2.5–28-2006). Рекомендации к освещению помещений металлургических производств приведены в таблице Д.5 приложения Д. Освещённость пультов управления должна составлять по ГОСТ 12.2.072–82 не менее 400 лк.

Методика расчёта естественного освещения приведено в литературе [2, 5, 18].

Методика расчёта общего освещения методом использования светового потока приведено в разделе 5.5 [18, 19]: производственного помещения (цеха) в примере 20, пульта управления в примере 21. Методика расчёта местного освещения и освещения вертикальных и наклонённых поверхностей точечным методом [5, 19] приведено в примере 22. Методика расчёта комбинированного освещения приведена в литературе [19].

При расчётах высоты подвеса h необходимо учитывать технологическую необходимость подвеса, то есть передвижение крана, пронос деталей и оборудования. С точки зрения удобства обслуживания и безопасности, высоту подвеса принимают не больше 5 м [21].

Выбор типа расчётов защитных устройств, наиболее важных для обеспечения нормативных условий по производственной санитарии, согласуется с консультантом по охране труда. Расчёт устройства приводится по схеме, которая приведена в разделе.

4 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ 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;
- требования к пульту управления;
- электробезопасность;
- пожарная и взрывная безопасность.

Мероприятия по обеспечению безопасности оборудования

Нормативные требования к безопасности оборудования приведены в ГОСТ 12.2.003–91 и литературе [9, 22]. Особенности обеспечения безопасности оборудования в металлургическом производстве приведены в НПА-ОП 27.0–1.01–87, НПАОП 27.1–1.03–97, НПАОП 27.1–1.11–89, НПАОП 27.1–1.46–69, НПАОП 27.2–1.06–87, НПАОП 27.35–1.05–97, НПАОП 27.5–1.15–97, НПАОП 28.0–1.12–60 (названия см. приложение А) и литературе [3, 6, 11, 12, 16, 20, 24].

Общие требования безопасности установлены ГОСТом 12.2.003–91 ССБТ [24]. В соответствии с ГОСТ 12.2.003–91 безопасность производственного оборудования должна обеспечиваться за счёт выполнения следующих мероприятий:

- выбор принципа действия, схемы, элементов и соответствующих материалов;
- применение в конструкции оборудования средств защиты;
- применение в конструкции средств механизации, автоматизации и дистанционного управления;
- выполнение эргономичных требований;
- включение требований безопасности в техническую документацию из монтажа, эксплуатации, ремонта, транспортировки и сохранения.

Применение в конструкции машин средств защиты – одно из основных в данное время направлений из обеспечения безопасности. Классификация средств защиты:

- ограждающие средства;
- предохранительные средства;
- средства автоматического контроля и сигнализации, в том числе цвета и знаки безопасности;
- средства дистанционного управления;
- специальные средства.

Ограждающие устройства служат для предотвращения попадания человека в опасную зону. Они могут быть стационарными и переносными.

Стационарные **оградительные устройства** используют для ограждения площадок обслуживания технологических агрегатов, подвижных и вращающихся частей механического оборудования. Толщина ограждений из листовой стали принимается 0,8 мм из листового алюминия – не менее 2 мм. Около движущихся частей ограждение должно быть высотой не менее 1,7 м.

В доменном производстве необходимо предусматривать ограждение стальными листами рельсов и мостов скиповых подъёмников доменной печи; прочной решёткой следует ограждать места посадки скипа.

В прокатном производстве на станах необходимо ограждать следующее оборудование:

- соединительные шпиндели, муфты и коренные валы прокатных станов – щитами или кожухами;
- плети и калибры валков станов литейного типа;
- рольганги и плиты на сортовых станах – высокими бортами для защиты от ударов раскатом;
- валки на станине – сетчатыми щитами или густыми цепями для защиты от отстающих частиц окалины и осколков металла.

Для защиты операторов от отлетающей окалины необходимо предусмотреть остекление пультов управления из небьющегося стекла, армированного стекла или защиту стёкол густыми металлическими сетками.

Предохранительные защитные средства 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 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов» предохранительные устройства по характеру действия разделяют 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 блокирования:

- механические (связки защитного ограждения с тормозами, которые останавливают машину при снятии ограждения). Блокированием стоит оборудовать электропушку для забивания летки доменной печи, которая исключает травмы рук при забрасывании в загрузочное отверстие пушки ленточной массы. Для исключения возможности пуска стана при отсутствии ограждения муфт и шпинделей после ремонта, необходимо устраивать автоблокировку, которая автоматически отключает стан при отсутствии ограждения, установленного на определённом месте;
- электрические (в ограждении электроустановки установлен конечный выключатель, который отключает электроустановку при открытии ограждения);
- пневматические блокирования подачи газа в печь; они предназначены для отключения подачи газа, если уменьшилась или прекратилась подача воздуха. В итоге исключается образование взрывоопасной смеси.

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, разрушение и, следовательно, травматизм. Например, для исключения самовольного пуска механизмов после возобновления подачи тока применяют нулевую защиту.

Средства автоматического контроля и сигнализации. Наличие контрольно-измерительных приборов – одно из условий безопасной и надёжной работы оборудования. Устройства автоматического контроля и сигнализации подразделяют по:

- назначению – на информативные, предупреждающие, аварийные и соответствующие;
- характеру сигнала – на звуковые, световые, цветные, знаковые и комбинированные;
- характеру подачи сигнала – на 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 ССБТ «Цвета сигнальные и знаки безопасности» предусматривает применение четырёх сигнальных цветов: красного, жёлтого, зелёного и синего.

Установлены четыре группы знаков безопасности ГОСТ 12.4.026-76 ССБТ «Цвета сигнальные и знаки безопасности»: запрещающие, предписывающие, предупреждающие и указательные.

Средства дистанционного управления оборудованием позволяют осуществлять контроль и регулирование его работы из участков, достаточно удалённых от опасной зоны, и тем же решать проблему безопасности труда (управление электроприводами конвертера с центрального и вспомогательного постов управления, которые расположены вблизи конвертера; управление приводом клетки машины непрерывного литья заготовок проводится как с главного поста на разливочной площадке, так и с поста управления машины для резки слитка, в помещениях с источниками ионизирующих излучений, токсическими, легковоспламеняющимися и взрывоопасными веществами и т. п.)

Мероприятия по обеспечению безопасности технологических процессов

Нормативные требования к безопасности производственных процессов приведены в ГОСТ 12.3.002-75 и литературе [9, 22]. 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.

Для предупреждения травматизма при **ремонтах** металлургического оборудования необходимо всячески механизировать ремонтные работы.

Перед ремонтом агрегаты и оборудование должны быть надёжно отключены от электросетей. При этом необходимо полностью исключить возможность преждевременного включения в действие ремонтируемых агрегатов, оборудования и коммуникаций. Для этого нужно отключать устройства с соблюдением видимого разрыва или применять специальные блоки-замки.

При кратковременной остановке агрегатов и оборудования для их обзора и незначительного ремонта стоит запирать пусковые устройства на замок с передачей ключа лицу, которое отвечает за проведение ремонта, или применять жетонную систему.

При ремонте газовых устройств, связанных с опасностью отравления и взрывов, необходимо строго придерживаться требований, установленных правилами техники безопасности в газовом хозяйстве металлургических заводов.

Для защиты головы от повреждений необходимо использовать предохранительные каски [12, 16].

Особое внимание необходимо уделять безопасности при **подъёмно-транспортных** работах. Специальные металлургические краны (миксерные, магнитные и др.) необходимо обеспечить средствами безопасности:

- ограничителями подъёма 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 прокатных цехах. Пратцен-краны стоит оборудовать: специальными захватами для металла, которые исключают его падение при транспортировке; ограничителями высоты подъёма груза и пере-

движения крана и его грузовых тележек; конечными выключателями; ограждениями рабочих площадок; частей крана, которые двигаются и вращаются; блокированием открывания двери в кабину крана; звуковым сигналом.

Нормативные требования к устройству зданий и помещений приведены в НПАОП 45.2–4.01-98, СН 245-71, СН и П 2.09.02-85, НПАОП 27.0–1.01-87 (названия см. приложение А).

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

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

- антропометрическим, физиологичным и психофизиологическим данным 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, лёгкой 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 учётом частоты и значимости информации, которая поступает.

Общие эргономичные требования к пультам управления установлены ГОСТ 23000-78 (см. приложение Е). В состав пульта управления, как правило, входят: панель управления, кресло, органы управления (ОУ) и средства отражения информации (СОИ). Элементы пультов управления должны удовлетворять нормативным требованиям. При взаимном расположении элементов рабочего места оператора необходимо учитывать (ГОСТ 22269-76):

- рабочую позу человека-оператора;

- пространство для размещения человека-оператора;
- возможность обзора элементов рабочего места;
- возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования;
- возможность обеспечения оптимального режима труда и отдыха.

При расположении средств отражения информации и органов управления на панелях пульта следует учитывать следующие основные факторы:

- приоритет;
- группировка в логические блоки;
- взаимосвязь между органами управления и средствами отражения информации.

Средства отражения информации и органы управления на панелях пульта должны быть расположены таким образом:

- важны и чаще всего используемые СОИ и ОУ – в пределах оптимальной зоны;
- аварийные – в легкодоступных местах, но не в оптимальной зоне;
- второстепенные, периодически используемые – не в оптимальных зонах, при этом руководствуются в основном правилами группировки и взаимосвязи между ними.

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.

Эргономичная оценка пульта управления проводится по следующим этапам [14,15]:

1) общее описание, которое содержит короткую характеристику исследуемого объекта, назначение пульта, основные задачи оператора (по каким параметрам он следит, какие регулирует, по каким вопросам принимает решение, последовательность выполнения операций; ведущие каналы информации (зрительный, слуховой), проворные действия (ручное, нежное управление), возможные аварийные ситуации и отказы, ограничения в работе;

2) оценка условий труда на рабочем месте, которое даётся на основании сопоставления нормативных требований (СН–245-71) с фактическими характеристиками производственной среды. Оценивая условия труда необходимо указать, какие неблагоприятные факторы могут встретиться на

данном рабочем месте, и дать рекомендации из устранения вредного влияния среды на работу оператора (если оно есть);

3) антропометрическая оценка места, когда необходимо оценить фактическое рабочее место оператора и разработать его наиболее рациональную конструкцию. Необходимо указать ориентировочное планирование пульта управления, уточнить соответствие его размеров, объем помещения, высоту панели, зоны обзора эргономичным требованиям. Выбор позы и положения оператора зависит от размеров информационного поля и расстояния от приборов к глазам оператора.

При работе с удалением от панели на 25–35 см поза сидя предпочтительнее. При удалении на 35–60 см работа чаще выполняется в позе стоя, а свыше 50 см – работа выполняется только в позе стоя. В случае, если все индикаторы и органы управления могут быть размещены на фронтальной поверхности пульта его максимальные размеры, которые определены с учётом антропометрических характеристик человека, приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Размеры пультов управления фронтальной формы, мм

Параметры	При работе сидя	При работе стоя	При работе сидя и стоя
Общая высота пульта	700–1650	1100–1180	1100–1800
	700–1650	1100–1800	1100–1800
Максимальная ширина	1500	1500	1500
Высота установки СОИ	850–1650	1100–1800	1400–1700
Высота установки ОУ	600–1000	1000–1600	1000–1400
Высота стола	660–800	1000–1150	980–1050
Высота сидения	380–500	–	760–840
Глубина пульта	320–550	320–550	320–550

Оценка СОИ производится в следующем порядке:

1) описываются общий вид, размеры и расположения информационных панелей. На чертеже приводится ориентировочное планирование пульта. Уточняется соответствие размеров пульта, объёма помещения, высоты панели, зоны обзора эргономическим требованиям.

Расстояние между оператором и рассмотренной панелью определяется соотношением:

$$l = \frac{S}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \quad (4.1)$$

где l – расстояние от панели к оператору, м;

α – угол осмотра, град ($\alpha = 30\text{--}40^\circ$, допускается $50\text{--}60^\circ$);

S – ширина, экрана, м;

2) проводится оценка отдельных приборов: их назначение, характеристика (стрелочные, оконные, картинные);

3) анализируется схема расположения приборов. Наиболее важны из них в функциональном отношении, а также приборы, наиболее часто используемые должны находиться в центральном поле зрения.

При оценке органов управления необходимо показать их назначение, количество, соответствие размещения органов управления рабочим зонам, форму, цвет, частоту включения и так далее.

На схеме необходимо указать расположение наиболее важных органов управления. При этом учесть, что наиболее важные органы управления стоит располагать впереди и справа от оператора в зоне досягаемости правой руки (700×1100 мм). Глубина пульта не должна превышать 300 мм. Высота пульта должна быть в пределах $750\text{--}850$ мм, а угол наклона его панели к горизонтальной плоскости – в пределах $10\text{--}20^\circ$. Место на пульте для ведения записей размером $1000 \times 300 \times 400$ мм должно быть расположено непосредственно перед оператором.

Размеры букв, которые рекомендуются, в надписях на пульте приведены в табл. 4.2

Таблица 4.2 – Размеры букв, которые рекомендуются, на пульте

Расстояние до глаза, м	Размеры букв или цифр, мм	
	важные надписи	обычные надписи
0,7	2,5–5,0	1,2–4,0
1,0	3,3–6,6	1,5–4,0
2,0	6,6–12,0	3,3–10,0
6,0	22,0–43,0	11,6–33,0

При размещении постов управления в закрытых кабинах минимальные внутренние размеры кабины по ГОСТ 12.2.072-82 должны складываться: высота – 2100 мм, ширина – 1700 мм, длина – 2000 мм, ширина дверного отверстия – 600 мм. Температуру, относительную влажность, скорость движения воздуха и содержание вредных веществ в воздухе кабины или помещения, откуда ведётся управление комплексом, устанавливают по ГОСТ 12.1.005-88. В кабину должен подаваться воздух в количествах не менее $30 \text{ м}^3/\text{час}$ на человека (СН 245-71). Точное количество воздуха, который подаётся в кабину, определяют расчётом (пример 2 раздела 5.1). Интенсивность лучезарного потока, который поступает через обзорные окна кабины, не должна превышать $1200 \text{ кДж}/(\text{м}^2\text{-час})$ или $350 \text{ Вт}/\text{м}^2$, а уровень звука – 80 дБА.

Мероприятия по охране окружающей среды

В металлургическом производстве применяют разнообразные технологические процессы, которые связаны с выбросами вредных загрязняющих веществ в воздух и водный бассейн. Учитывая это, нужно определить основные источники этих загрязнений, параметры с тем, чтобы принять обоснованное решение по обезвреживанию или снижению их вредного влияния на окружающую среду [27, 25, 31].

Основными источниками загрязнения окружающей среды в металлургическом производстве являются:

- металлоотходы;
- пыль;
- сточные воды.

Металлоотходы лучше удалять механизированным путём. Потом их сортируют, измельчают и брикетируют.

Выбор методов и средств очистки выбросов вредных веществ осуществляется в зависимости от физико-химических характеристик веществ и специфических особенностей технологического процесса.

Выбросы пыли в доменном производстве с колошниковым газом составляют до 50–100 кг/т. Для очистки колошникового газа рекомендуется использовать три степени: сухую (циклоны), мокрую (орошаемые скрубберы или трубы Вентуры) и электрофильтры. Загрязнение воздуха происходит и при грануляции шлака. Для связывания сернистых выделений необходимо предусмотреть закрытые установки грануляции шлака.

Для электросталеплавильных печей, газы которых содержат мелкодисперсную пыль и могут взрываться, очистку совершают мокрым способом в быстрых пылеуловителях с высоконапорными трубами Вентуры и сухим способом в пластинчатых многопольных электрофильтрах или тканевых рукавных фильтрах.

В прокатном производстве борьбу с запылённостью осуществляют по большей части гидросмывом окалина непосредственно с поверхности прокатываемого металла, установлением зонтов или отсасывающих воздухопроводов около прокатных клетей в районе наибольшего выделения пыли. Покрытия прокатных клетей с отсасыванием воздуха и очисткой его в мокрых центробежных циклонах применяют на станах при прокатке металла из специальных сталей, когда недопустима подача воды на поверхность металла для борьбы с пылью. В прокатных цехах газоочистное оборудование необходимо устанавливать в системах вентиляции от межклетевых пространств и от моталки станов и холодной прокатки; машин огневой зачистки металла, непрерывных травильных агрегатов и др.

В прокатных цехах газоочистное оборудование необходимо устанавливать в системах вентиляции от межклетевых пространств и от моталки состояний и холодной прокатки; машин огневого зачищения металла, непрерывных травильных агрегатов и др.

Для очистки сточных вод крупных доменных печей применяют радиальные отстойники с двумя водосборными лотками. Для очистки сточных вод подбункерных помещений доменных печей используют горизонтальные отстойники, открытые гидроциклоны с предыдущим улавливанием крупных частиц суспензии в ловушках.

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 [3, 7, 15, 28, 29].

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; поводов электрических аппаратов; корпусов электрических машин; трансформаторов; оборудования, размещённого на подвижных частях станков, машин и механизмов;
- автоматическое защитное отключение частей электрооборудования и повреждённых участков сети, которые случайно оказались под напряжением;
- все неизолированные токоведущие части электрооборудования, которое установлено вне электрических помещений, должны иметь сплошные ограждения, снятие или открытие которых возможно при помощи специальных ключей или инструментов;
- кабельные тросы, проложенные внутри стен на рабочих площадках доменных и электросталеплавильных печей, необходимо защищать от прямого действия расплавленного металла и шлака.

Методика расчёта защитного заземления приведена в разделе 5.6.

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, ОНТП 24-86, СН и П 2.01.02-85 (названия см. приложение А) и литературе [12, 20].

Методика определения категории помещения из взрывопожарной и пожарной безопасности и определения необходимого количества огнетушителей приведена в примерах 24, 25 подраздела 5.7 [18].

Мероприятия пожарной профилактики включают:

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

В доменном производстве взрывопожароопасными участками являются места, где в трубопроводах и оборудовании находятся под давлением горючие газы (доменный, генераторный и др.); газоочистное оборудование; установки для вдувания угольной пыли в доменные печи, а также отделения распределительно-дозировочные отделения.

Пожарная опасность электросталеплавильного производства определяется наличием в агрегатах горючих газов, применением кислорода, наличием кабельного хозяйства, масляных трансформаторов, применением горючих жидкостей. Большую пожарную опасность представляют экзотермические смеси, употребляемые при выплавке качественных сталей.

Пожарная и взрывная опасность прокатного производства определяется следующими факторами:

- наличием широко развитой сети кабельного хозяйства, большого количества масла в маслоэмульсионных подвалах, сети масляных гидроприводов;

- применением горючих (взрывоопасных) газов в нагревательных печах и колодцах, при резании металла, взрывоопасный водород образуется в травильных ваннах при обработке металла.

При проектировании необходимо предусматривать следующие мероприятия для предупреждения пожаров:

- пульты управления разливных машин, кабины завалочных машин, и др., которые расположены в непосредственной близости от места выпуска расплавленного металла, и шлака, должны быть выполнены из негорючего материала, защищены металлической сеткой, застеклены теплопоглощающим стеклом и иметь не менее двух выходов;

- кабель электромеханизмов электрооборудования и устройства гидропривода у мест разлива металла, шлака и в других зонах повышенных температур должны быть защищены от механических повреждений, действия лучезарного тепла, а также от попадания на них брызг расплавленного металла и шлака;

– при дроблении ферросплавов (пыль которых во взвешенном состоянии есть взрыво- и пожароопасной) удалять пыль от дробильных агрегатов;

– маслоподвалы и кабельные тоннели в прокатном производстве должны быть закрыты для предотвращения попадания в них окалина, искры и других источников зажигания.

Межконусное пространство колошника, бункер для пылеугольного топлива, распределительная установка и пылепровода должны оборудоваться установками парового или газового гашения. Для получения огнетушительного эффекта в объёме защищаемого помещения надо создать концентрацию пара 35 % и более. Стационарной установкой пожаротушения оснащается и пылеуловитель системы газоочистки для разведения взрывоопасной среды и для устранения самовоспламенения пиррофорных отложений

Камеры печных трансформаторов должны оборудоваться стационарными установками гашения пожара и автоматической пожарной сигнализацией. Установка пожаротушения должна иметь ручной дистанционный пуск. Пожарная сигнализация выдаёт сигнал на пульт управления печью и в пожарное депо. Для тушения пожаров на трансформаторах в электростале-плавильных цехах применяют воздушно-механическую пену.

Для тушения пожаров в кабельных помещениях применяют водяные перфорированные сухотрубы и внутренние пожарные краны. В качестве передвижных средств тушения применяются углекислотные огнетушители ёмкостью не менее 40 л. Применяются также углекислотные прицепы (ОУ–400), на которых смонтированы 8 баллонов ёмкостью по 50 л (табл. 4.3).

Безопасность газоопасных работ

К газоопасным относятся работы, которые выполняются в местах с загазованной атмосферой и работы, при выполнении которых возможно выделение ядовитых или взрывоопасных газов, которые вызывают отравление рабочих или разрушительные взрывы, а также пожары.

Газоопасные работы в доменном производстве связаны с газоочистными сооружениями, с ремонтными работами на доменной печи, где есть в обращении доменный, генераторный, коксовый, природный газ. В прокатных цехах опасность взрывов возникает при сушении нагревательных печей коксовым или естественным газом, при пуске газа в нагревательные колодцы и печи.

Для предупреждения взрывов газа необходимо предусмотреть следующие мероприятия [3, 12]:

– устранение возможности смешивания горючего газа с воздухом во взрывоопасных пределах;

– удаление раскалённых предметов и источника огня и искр от газовых объектов, которые содержат взрывную смесь, а также предотвращение ее воспламенения;

– разведение взрывной газовой смеси паром или инертными газами.

Для тушения пожаров в маслоподвалах применяют пар и воздушно-механическую пену.

Таблица 4.3 – Нормы первичных средств пожаротушения

Наименование помещения	Величина измерения	Пенные огнетушители, шт.	Углекислотные		Ящики с песком $V = 0,5\text{м}^3$ и лопатой
			ОУ-5 ОУ-8	П-1М УП-2М	
Прокатные цеха, м^2	4000	4	2	–	4
Доменные цеха	На одну домну	1	6	–	4
Электросталеплавильные цеха, м^2	2000	2	2	1	2
Посты управления прокатных станов доменных печей и других металлоплавильных агрегатов	на одно помещение	–	5	–	1

5 МЕТОДИКИ РАСЧЕТОВ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ

5.1 Вентиляция производственных помещений

Основным мероприятием по оздоровлению воздуха рабочей зоны является вентиляция. Расчёт механической вентиляции производственного помещения осуществляют по разными принципами [2, 4, 18, 19, 23, 25, 26]. Наиболее распространёнными в машиностроении являются расчёты по выделению теплоизбытков (пример 1) и по количеству рабочих в помещении (пример 2). Расчёт местной вытяжной вентиляции обстоятельно приведён в литературе [4, 18, 19, 23]. Расчёт местной приточной вентиляции (воздушные души, воздушные и воздушно-тепловые завесы) приведён в литературе [18, 23]. Расчёт воздушного душирования приведён в примере 3. Расчёт естественной вентиляции приведён в литературе [5, 18] и в примере 4. Кондиционирование воздуха приведено в литературе [18].

Пример 1. Рассчитать необходимый воздухообмен прокатного цеха. В цехе установлено оборудование, общая мощность которого 170 кВт, средняя мощность одного электродвигателя не превышает 10 кВт. Коэффициент загрузки электродвигателей – 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 7 м. Расчёт сделать для периода года со средней температурой -10°C .

Решение. Расчёт вентиляции прокатного цеха необходимо произвести по выделению теплоизбытка, потому что в местах выделения вредных веществ должна быть организована система местной вентиляции. Количество воздуха, которое необходимо подавать вентиляцией, $\text{м}^3/\text{с}$, определяют по формуле:

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

где Q – количество теплоты, которая выделяется всеми источниками, кВт;

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

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

C – теплоёмкость воздуха при температуре t_{np} , $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$.

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

Таблица 5.1 – Физические свойства воздуха

Температура, °С	Теплоёмкость, 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

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, °С (выбирают соответственно к требованиям ДСН 3.3.6.042-99 и ГОСТ 12.1.005-88 в зависимости от категории работ по тяжести и периода года по табл. Б.1 приложения Б);

H – высота помещения, м;

Δt – градиент увеличение температуры по высоте (принимает значения в интервале 0,5 – 1,5), °С/м.

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

Температура воздуха рабочей зоны в соответствии с требованиями ДСН 3.3.6.042–99 и ГОСТ 12.1.005–88 для категории работ по тяжести Пб для холодного периода года (средняя температура воздуха – 10°С) 18°С. Тогда температура уходящего воздуха составляет:

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

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 прокатных цехах являются [16]:

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

Тепловыделения от оборудования, кВт, зависят от мощности установленных электродвигателей, степени его использования, условий работы и определяются по формуле

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

где N – номинальная мощность электродвигателей, кВт;

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

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

η_1 – коэффициент полезного действия при данной нагрузке.

Коэффициент полезного действия при данной нагрузке определяется по формуле:

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

K_n – поправочный коэффициент, учитывающий полноту загрузки (при коэффициенте загрузки, большей или равной 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	Меньше 0,5	0,5...5	5...10	10...28	28...50	Больше 50
η	0,75	0,84	0,85	0,88	0,9	0,92

Количество тепла, выделяемое от станков, 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:

$$Q = nq, \quad (5.5)$$

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 4,8 кВт.

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

$$Q = PE, \quad (5.6)$$

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

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

Количество тепла, выделяемого источниками искусственного освещения, соответственно равна:

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

Тепловыделение 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 проёмов (для двойного остекления составляет 0,6);

Q_c – тепло, которое выделяется 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, определяется 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: $A = 6$ м, $B = 3$ м, $H = 3,2$ м, оборудование занимает 15 % объёма. 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 объёма помещения, $\text{м}^3/(\text{час} \cdot \text{чел.})$;

N – количество работающих.

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

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

где V – объём 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. Разработать мероприятия по охране труда желобщиков доменной печи. Интенсивность излучения составляет 700 Вт/м^2 . Температура воздуха в рабочей зоне $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Категория работ IIa. Период года – холодный.

Решение. Интенсивность излучения на данном рабочем месте значительно превышает нормативное значение (табл. Б.7 приложения Б). Основными мероприятиями по охране труда в данном случае являются (табл. Б.8 приложения Б):

- рациональный режим труда (табл. Б.9–Б.11 приложения Б);
- использование СИЗ [3, 8, 12];
- применение душирования (табл. Б.12 приложения Б).

С учётом специфики металлургического производства целесообразнее использовать душирование с подачей охлаждённого воздуха или смеси воды и воздуха [8, 25].

Рассчитаем систему душирования [23]. Цель расчёта – определение необходимой скорости воздуха на выходе из патрубка и расхода воздуха исходя из условия обеспечения нормативных параметров микроклимата.

Сначала определяем отношение разниц температур:

$$P_T = \frac{t_{p.z} - t_{норм.}}{t_{p.z} - t_0}, \quad (5.10)$$

$t_{p.z}$ – температура воздуха в рабочей зоне;

$t_{норм.}$ – нормативное значение температуры на рабочем месте (табл. Б.1 приложения Б);

t_0 – температура воздуха на выходе из патрубка, что душа (табл. Б.12 приложения Б).

В зависимости от значения P_T выбираем формулы для расчёта площади душирующего патрубка F_0' и скорости воздуха на выходе из патрубка v_0 при помощи табл. 5.3.

Оптимальное нормативное значение температуры на рабочем месте для категории работ IIa и холодного периода года – 22°C (табл. Б.1 прило-

жения Б). Температура воздуха на выходе из душирующего патрубка, при скорости воздуха на выходе из патрубка 1 м/с, составляет 22°C (табл. Б.12 приложения Б). Находим отношение разниц температур по формуле (5.10), оно составляет

$$P_T = \frac{25-22}{25-22} = 1.$$

Таблица 5.3 – Расчётные формулы [23]

Значения P_T	Площадь душирующего патрубка	Скорость воздуха на выходе из патрубка
Меньше 0,6	$F'_0 = \left(\frac{P_T x}{0,6n} \right)^2$;	$v_0 = \frac{v_{норм} x}{x_H}$;
0,6–1,0	$F'_0 = \left(\frac{x + 5,3P_T - 3,2}{0,75n} \right)^2$;	$v_0 = \frac{v_{норм}}{0,7 + 0,1(0,8m\sqrt{F_0} - x)}$;
1,0 и больше	$F'_0 = \left(\frac{x}{0,8m} \right)^2$;	$v_0 = \frac{v_{норм}}{0,7}$.

Примечание. Обозначение в формулах: x – расстояние от патрубка к рабочему месту, м; x_H – длина начального участка струи по скорости движения, м; $v_{норм}$ – нормативная скорость воздуха на выходе из патрубка (табл. Б.12 приложения Б); m , n – коэффициенты, которые зависят от типа патрубка (табл. 5.4); F_0 – стандартной размер площади патрубка (табл. 5.4).

Для определения коэффициента m выбираем тип душирующего патрубка (табл. 5.4).

Для душирования площадки вокруг печи выбираем патрубок типа ПДв, который расположен на расстоянии 2 м от площадки.

Рассчитываем площадь душирующего патрубка по формуле из табл. 5.3 при $P_T = 1$:

$$F'_0 = \left(\frac{x}{0,8m} \right)^2 = \left(\frac{2}{0,8 \cdot 5,5} \right)^2 = 0,2 \text{ м}^2.$$

Принимаем к установке ближайший больший размер (табл. 5.4) – ПДн-4, $F_0 = 0,23 \text{ м}^2$.

Рассчитаем длину начального участка струи по скорости движения

$$x_H = 0,7m\sqrt{F_0} = 0,7 \cdot 5,5\sqrt{0,23} = 1,85 \text{ м}.$$

Скорость воздуха на выходе из патрубка принимают или определяют: при $x < x_H$ $v_0 = v_{норм}$, при $x > x_H$ v_0 определяют по формулам табл. 5.3.

Таблица 5.4 – Характеристики душирующих патрубков [23]

Тип патрубка	Область использования	n	m	Модель	Площадь сечения, м ²
ППД	Фиксированные рабочие места	4,5	6,3	ППД-5	0,20
				ППД-6	0,31
				ППД-8	0,50
				ППД-10	0,78
ПДВ	Площадки	4,0	5,5	ПДВ-3	0,14
				ПДВ-4	0,23
				ПДВ-5	0,36
ПДн	Площадки	2,8	4,0	ПДи-3	0,14
				ПДи-4	0,23
				ПДи-5	0,36
ВГК	Группа постоянных рабочих мест	6,2	5,1	ВГК-1	0,32
				ВГК-2	0,64
				ВГК-3	1,28
				ВГК-4	2,56

В нашем случае при $x = 2 > x_n = 1,85$ скорость воздуха на выходе из патрубка составляет (табл. 5.3):

$$v_0 = \frac{v_{норм}}{0,7} = \frac{1}{0,7} = 1,4 \text{ м/с.}$$

Определяем расчётное количество воздуха на один патрубок (м³/с) по формуле:

$$L_0 = F_0 v_0.$$

В нашем случае количество воздуха на один патрубок составляет 0,322 м³/с.

Проверяем длину начального участка струи по температуре:

$$x_t = 0,6n\sqrt{F_0} = 0,6 \cdot 4,0\sqrt{0,23} = 1,15 \text{ м.}$$

Температуру воздуха на выходе из патрубка принимают или определяют: при $x < x_t$ $t_{ox} = t_{норм}$, при $x > x_t$ t_{ox} определяют по формуле:

$$t_{ox} = t_{p.з} - \frac{x(t_{p.з} - t_{норм})}{x_t},$$

но не ниже t_0 . Если это условие не выполняется, то нужно изменить конструктивные характеристики, например, изменить расстояние от патрубка к рабочему месту.

В нашем случае (при $x = 2 > x_t = 1,15$) температуру воздуха определяем по формуле:

$$t_{ox} = 25 - \frac{2(25 - 22)}{1,15} = 20 < t_0.$$

Условие по температуре не выполняется, поэтому меняем расстояние от патрубка к рабочему месту от 2 до 1 м.

Рассчитываем площадь душирующего патрубка по формуле из табл. 5.3 при $P_T = 1$:

$$F'_0 = \left(\frac{x}{0,8m} \right)^2 = \left(\frac{1,0}{0,8 \cdot 5,5} \right)^2 = 0,05 \text{ м}^2.$$

Принимаем к установке ближайший больший размер (табл. 5.4) – ПДн-3, $F_0 = 0,14 \text{ м}^2$. Длина начального участка струи по скорости движения составляет 1,44 м, что больше расстояния от патрубка к рабочему месту (1 м), поэтому скорость воздуха на выходе из патрубка принимаем, равной нормативному значению (1 м/с). Количество воздуха на один патрубков соответственно составляет $0,14 \text{ м}^3/\text{с}$.

Проверяем длину начального участка струи по температуре и рассчитываем температуру воздуха на выходе из патрубка:

$$x_t = 0,6 \cdot 4,0 \sqrt{0,14} = 0,9 \text{ м}; \quad x = 1,0 > x_t = 0,9 : t_{ox} = 25 - \frac{1,0(25 - 22)}{0,9} = 22,$$

что соответствует условиям. – $t_{ox} \geq t_{норм}$ (табл. Б.12 приложения Б). Расчёт окончен.

Использование предлагаемой системы душирования обеспечивает выполнение нормативных требований к воздуху рабочей зоны.

Пример 4. Рассчитать аэрацию в однопролётном здания (цеха) в тёплый период года. Количество воздуха, которое должно поступать в помещение составляет 38 000 кг/ч., а удаляемого – 29 000 кг/ч. Расстояние между осями отверстий 10 м. Температура наружного воздуха 20°C , температура внутреннего воздуха 25°C . Излучающее оборудование занимает примерно 10% общей площади помещения.

Решение. Выбираем конструкцию отверстий для однопролётных здания [18]. Для приточного отверстия принимаем одинарную верхнеподвесную створку ($h/b = 1$) с углом открывания отверстия 45° (табл. 5.5). Фонарь П-видный с фрамугами на вертикальной оси с ветрозащитными панелями, которые находятся на относительном расстояния $\ell/h = 1,5$, угол открытия 90° (табл. 5.6).

Таблица 5.5 – Характеристика приточных отверстий

Створка	Коэффициент местного сопротивления					
	h/b	угол открывания отверстия, °				
		15	30	45	60	90
Одинарная верхнеподвесная	0	30,8	9,2	5,2	3,5	2,6
	0,5	20,6	6,9	4	3,2	2,6
	1	16	5,7	3,7	3,1	2,6
Одинарная среднеподвесная	0	59	13,6	6,6	3,2	2,7
	1	45,3	11,1	5,2	3,2	2,4
Двойная (обе створки верхнеподвесные)	0,5	30,8	9,8	5,2	3,5	2,4
	1	14,8	4,9	3,8	3	2,4
Аэрационные ворота	–	–	–	–	–	2,4

Таблица 5.6 – Характеристика аэрационных фонарей

Тип фонаря	A/h	ℓ/h	Угол открывания отверстия, °	Коэффициент местного сопротивления
Вытяжной П-видный без ветрозащитных панелей	3,3	–	35	8,9
			45	5,9
			55	3,8
Вытяжной П-видный с ветрозащитными панелями	3,3	1,5	35	11,5
			45	9,2
			55	7,1
			70	5,8
Вытяжной П-видный с ветрозащитными панелями	3,3	2	35	9,4
			45	6,2
			55	5,1
Вытяжной щелевой	–	–	45	4,3
			75	3,0
			90	2,8
Вытяжной П-видный с открывающимися створками на вертикальной оси и без ветрозащитных панелей	7,4	–	90	2,1
	3,6			1,8
	2,8			1,4
Вытяжной П-видный со створками на вертикальной оси и с ветрозащитными панелями	7,4	1,5	90	4,2
	3,6			4,1
	2,8			3,7

Рассчитаем температуру воздуха, удаляемого из верхней зоны помещения по формуле:

$$t_{y\partial} = t_{нар} + \frac{t_{вн} - t_{прз}}{m}, \quad (5.11)$$

где $t_{нар}$, $t_{вн}$ – температура наружного и внутреннего воздуха, °С;
 $t_{прз}$ – температура воздуха, поступившего в рабочую зону (в теплый период года $t_{нзп} = t_{нар}$), °С;
 m – Коэффициент, который зависит от типа производственного помещения.

Коэффициент m для металлургических предприятий составляет 0,3–0,85 и зависит от наличия теплоизлучений в помещении (табл. 5.7).

Таблица 5.7 – Коэффициент m для производственных помещений

f/F	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
m	0,33	0,41	0,53	0,63	0,69	0,75	0,8

Примечание. f – площадь, которую занимает теплоизлучающее оборудование, м²; F – общая площадь помещения, м².

Излучающее оборудование занимает примерно 10 % общей площади помещения, поэтому m составляет 0,41. Определяем температуру воздуха, удаляемого из верхней зоны помещения по формуле (5.11):

$$t_{уд} = 20 + \frac{25 - 20}{0,41} = 32,2^{\circ} C.$$

Плотность (удельный вес) воздуха в кг/м³ в зависимости от его температуры определяют по формуле:

$$\rho = \frac{353}{t + 273}. \quad (5.12)$$

Плотности наружного воздуха и воздуха, удаляемого из верхней зоны помещения, составляют:

$$\rho_{нар} = \frac{353}{20 + 273} = 1,205 \text{ кг/м}^3; \quad \rho_{уд} = \frac{353}{32,2 + 273} = 1,157 \text{ кг/м}^3.$$

Распределенное давление в Па определяем по формуле:

$$\Delta P_{12} = hg(\rho_{нар} - \rho_{вн}), \quad (5.13)$$

где h – расстояние между осями отверстий, м;
 g – ускорение свободного падения, м/с².

Распределённое давление по формуле (5.13) составляет:

$$\Delta P = 10 \cdot 9,8(1,205 - 1,157) = 4,7 \text{ Па}.$$

Определяем потери давления на проход через приточные отверстия

$$\Delta P_1 = \beta \Delta P = 0,2 \cdot 4,7 = 0,94 \text{ Па}.$$

Определяем потери давления на проход через фонарь

$$\Delta P_2 = \Delta P - \Delta P_1 = 4,7 - 0,94 = 3,76 \text{ Па}.$$

Находим в таблице. 5.5 и 5.6 коэффициенты местного сопротивления для данной конструкции отверстий: $\zeta_1 = 3,7; \zeta_2 = 4,1$.

Определяем площадь отверстий в стене $F_{прин}$ и площадь отверстий фонаря $F_{фон}$ по формулам:

$$F_{прин} = \frac{G_{прин}}{3600 \sqrt{\frac{2\rho\Delta P_1}{\zeta_1}}} = \frac{38000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,205 \cdot 0,94}{3,7}}} = 13,5 \text{ м}^2;$$

$$F_{фон} = \frac{G_{уд}}{3600 \sqrt{\frac{2\rho\Delta P_2}{\zeta_2}}} = \frac{29000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,157 \cdot 3,76}{4,1}}} = 5,5 \text{ м}^2.$$

Использование рассчитанной системы аэрации в однопролётном здании обеспечит выполнение нормативных требований к воздуху рабочей зоны.

5.2 Защитные экраны

Для защиты от теплового излучения в металлургическом производстве очень часто используют защитные экраны разных типов: металлические, прозрачные и водяные. Расчёты экранов приведены в примерах 5–14.

Пример 5. Пульт управления находится в цехе горячей прокатки. Расстояние от оператора (хлопчатобумажная спецодежда) к источнику тепловых излучений – 4 м. Температура внешней поверхности источника – 45 °С, материал поверхности – сталь, площадь поверхности – 120 м². Предложить меры по защите оператора от тепловых излучений.

Решение. Рассчитаем интенсивность тепловых излучений для рабочего места оператора. Формула для расчёта определяется соотношением между расстоянием от источника излучения r и площадью поверхности источника S . При $r \geq \sqrt{S}$ интенсивность тепловых излучений рассчитывают по формуле:

$$E = \frac{0,91S \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{r^2}. \quad (5.14)$$

При $r < \sqrt{S}$ интенсивность тепловых излучений рассчитывают по формуле:

$$E = \frac{0,91S \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{r} . \quad (5.15)$$

В формулах (5.14) и (5.15):

T – температура поверхности источника, К;

A – коэффициент, зависящий от вида спецодежды человека: для хлопчатобумажной ткани $A = 85$, для сукна $A = 110$.

Для данного рабочего места $r < \sqrt{S}$, поэтому расчёт делаем по формуле (5.15) и получаем интенсивность тепловых излучений

$$E = \frac{0,91 \cdot 120 \left[\left(\frac{45 + 273}{100} \right)^4 - 85 \right]}{4} = 471 \text{ Вт/м}^2,$$

что превышает допустимое значение, равное 140 Вт/м^2 (табл. Б.7 приложения Б).

Для защиты оператора от тепловых излучений рекомендуют использовать экраны [2, 23]. Необходимое количество экранов определяют из следующего уравнения:

$$m = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\varepsilon_{1,2}}{\varepsilon_{1,E}} (n + 1), \quad (5.16)$$

где m – кратность ослабления;

E_1 и E_2 – интенсивность тепловых излучений до и после установки экрана, Вт/м^2 ;

$\varepsilon_{1,2}, \varepsilon_{1,A}$ – приведённая степень черноты между источником излучения и рабочим местом и между источником излучения и экраном, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$;

n – количество экранов.

В нашем случае необходимая кратность ослабления составляет:

$$m = 471 / 140 = 3,36.$$

Для защиты оператора от тепловых излучений предлагаем покрытие стены пульта управления (кирпич огнеупорный) защитным экраном из белой жести.

Приведённую степень черноты между двумя параллельными телами рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}, \quad (5.17)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – степень черноты первого и второго тела, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$.

Степень черноты выбираем по данным табл. Б.13 приложения Б: для источника (сталь) – 0,56; для рабочего места оператора (кирпич огнеупорный) – 0,8; для материала экрана (жесть белая) – 0,28 Вт/(м²·К⁴).

Рассчитаем приведённую степень черноты между источником излучения и рабочим местом по формуле (5.17):

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{0,56} + \frac{1}{0,8} - 1} = 0,49 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{К}^4).$$

Рассчитаем приведённую степень черноты между источником излучения и экраном по формуле (5.17):

$$\varepsilon_{1,E} = \frac{1}{\frac{1}{0,56} + \frac{1}{0,28} - 1} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{К}^4).$$

Определяем необходимое количество экранов исходя из формулы (5.16):

$$n = \frac{\text{m}\varepsilon_{1,E}}{\varepsilon_{1,2}} - 1 = \frac{3,36 \cdot 0,23}{0,49} - 1 = 0,6.$$

Принимаем к установке 1 экран из белой жести.

Пример 6. Рассчитать теплоотражающий экран для нагревательной печи, температура внешней стенки которой – 127°С. Температура воздуха в цехе – 25 °С. Печь покрыта листами из стали (степень черноты принять 0,8). Температура внешней поверхности экрана должна быть не более 30 °С.

Решение. Рассчитаем абсолютные температуры внешней стенки печи, воздуха и экрана:

$$T_1 = 127 + 273 = 400 \text{ К}; T_2 = 25 + 273 = 298 \text{ К}; T_3 = 30 + 273 = 303 \text{ К}.$$

Определяем степень экранирования:

$$\mu = \frac{400}{303} = 1,32.$$

Для экрана выбираем алюминий, степень черноты которого составляет 0,05. Степень черноты для пространства вокруг печи принимаем 0,8.

По формуле (5.17) рассчитываем приведённую степень черноты между стеной печи и экраном:

$$\varepsilon_{1,E} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,05} - 1} = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{К}^4).$$

А также между стеной печи и окружающей средой:

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,8} - 1} = 0,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}^4).$$

Необходимую кратность снижения теплового потока определяется по формуле:

$$m = \frac{1 - \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4}{\frac{1}{\mu^4} - \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4}, \quad (5.18)$$

где μ – степень экранирования.

Требуемая кратность снижения теплового потока по формуле (5.18) при степени экранирование 1,32 составляет 34,5. Исходя из формулы (5.16) находим нужное количество экранов из алюминия:

$$n = 34,5 \frac{0,05}{0,67} - 1 = 1,57.$$

Расчёт показал, что для обеспечения температуры внешней поверхности экрана, которая должна быть по условиям задача не более 30°C , достаточно установить двухслойный экран из алюминия.

Пример 7. Температура внешней поверхности источника теплового излучения – 527°C . Температура стен цеха – 17°C . Использование экранов позволило снизить интенсивность тепловых излучений в 3 раза. Определить температуру наружной поверхности экрана.

Решение. Рассчитаем абсолютные температуры внешней стенки печи и воздуха: $T_1 = 527 + 273 = 800 \text{ К}$; $T_2 = 17 + 273 = 290 \text{ К}$.

Кратность снижения теплового потока (согласно условиям примера) составляет 3. Исходя из формулы (18) находим коэффициент снижения температуры внешней поверхности экрана (степень экранирования):

$$\mu = \sqrt[4]{\frac{m}{1 + (m-1)\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4}} = \sqrt[4]{\frac{3}{1 + (3-1)\left(\frac{290}{800}\right)^4}} = 1,3.$$

Определяем температуру наружной поверхности экрана:

$$T_3 = \frac{T_1}{\mu} = \frac{800}{1,3} = 615 \text{ К}; \quad t_3 = 615 - 273 = 342^\circ\text{C}.$$

Расчёт температуры внешней поверхности экрана показал необходимость защиты рабочих, так как температура поверхности, к которой может прикасаться человек, не должна превышать 50°C. В данном случае наиболее рационально использовать защиту расстоянием.

Пример 8. Определить температуру металлического экрана (алюминий полированный), который защищает оператора (хлопчатобумажная спецодежда) от источника тепловых излучений. Температура внешней поверхности источника – 130°C, материал поверхности – сталь, площадь поверхности – 90 м². Расстояние от оператора к источнику тепловых излучений – 5 м. Температура воздуха рабочей зоны 30°C.

Решение. Для данного рабочего места $r < \sqrt{S}$, поэтому расчёт делаем по формуле (5.15) и получаем интенсивность тепловых излучений:

$$E = \frac{0,91 \cdot 120 \left[\left(\frac{45 + 273}{100} \right)^4 - 85 \right]}{4} = 471 \text{ Вт} / \text{м}^2,$$

что превышает допустимое значение, равное 140 Вт / м² (табл. Б.7 приложения Б). В нашем случае необходимая кратность ослабления составляет:

$$m = 2928 / 140 = 21.$$

Степень черноты выбираем по данным табл. Б.13 приложения Б: для источника (сталь) – 0,56; для рабочего места оператора – 0,87; для материала экрана (алюминий полированный) – 0,06 Вт/(м²·К⁴).

Рассчитаем приведённую степень черноты между источником излучения и рабочим местом по формуле (5.17):

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{0,56} + \frac{1}{0,87} - 1} = 0,52 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{К}^4).$$

Рассчитаем приведённую степень черноты между источником излучения и экраном по формуле (5.17):

$$\varepsilon_{1,E} = \frac{1}{\frac{1}{0,56} + \frac{1}{0,06} - 1} = 0,057 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{К}^4).$$

Определяем необходимое количество экранов исходя из формулы (5.16):

$$n = \frac{21 \cdot 0,057}{0,52} - 1 = 1,3.$$

Принимаем к установке 1 экран из алюминия полированного. Температуру экрана рассчитывают по формуле:

$$T_E = 100 \sqrt[4]{\frac{\varepsilon_{1,E} \left(\frac{T_{н.п.}}{100} \right)^4 + \left(\frac{T_в}{100} \right)^4}{1 + \varepsilon_{1,E}}}, \quad (5.19)$$

где $T_{н.п.}$ – температура наружной поверхности источника излучения, К;
 $T_в$ – температура воздуха рабочей зоны, К.

Эта формула может быть использована только для металлических экранов без теплоизоляции.

В нашем случае температура экрана составляет

$$T_E = 100 \sqrt[4]{\frac{0,057 \left(\frac{403}{100} \right)^4 + \left(\frac{303}{100} \right)^4}{1 + 0,057}} = 312 \text{ К.}$$

Температура внешней поверхности экрана, в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.123–83, не должна превышать 45°C (318 К). Условие выполняется, то есть экран рассчитан верно. Расчёт показал, что для обеспечения нормативных требований действительно достаточно установить один экран с алюминия.

Если температура внешней поверхности экрана превышает нормативные требования, то надо повторить расчёт; при этом температуру наружной поверхности принимают равной температуре первого экрана.

При расчёте температуры экрана сама ошибка возможна при определении приведённой степени черноты.

Проверку выбора экрана возможно осуществить расчётно-графическим методом с помощью графика, приведённого на рис. 5.1 [17].

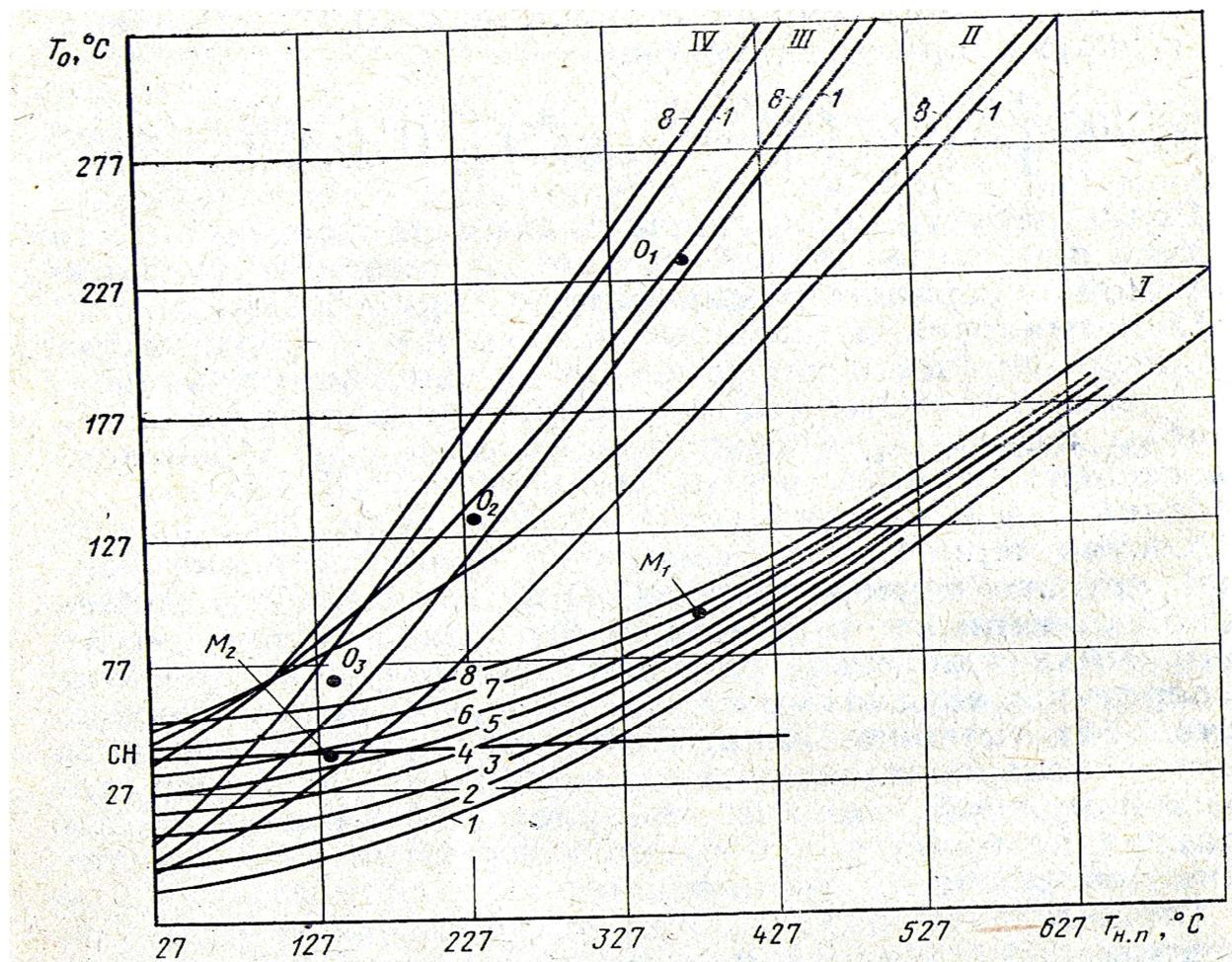
На рис. 5.1 приведены четыре группы кривых для различных значений приведённой степени черноты: 0,05; 0,25; 0,5; 1,0. Горизонтальная прямая ($T_0 = 45^\circ\text{C}$) разделяет график на две части: область, которая отвечает нормативным требованиям, находится ниже этой прямой.

В нашем примере: приведена степени черноты $\varepsilon_{1,E} = 0,057$, поэтому нас интересует группа I, температура воздуха рабочей зоны 30°C – график № 5. Рисунок 1 показывает, что в нашем случае при температуре внешней поверхности источника 130°C возможно использовать только экраны, которые принадлежат к первой группе кривых ($\varepsilon_{1,E} = 0,05$).

Расчётно-графический метод даёт хорошие результаты (скорость и достаточную точность расчётов) при последовательном расчёте группы экранов.

Пример 9. Передняя стена главного поста управления, где находится окно, имеет максимальную интенсивность излучения 2,45 кВт/м². В пролёте стана 300 в тёплый период года среднее значение температуры воздуха рабочей зоны не превышает нормативных значений. Температура источника теплового излучения 1000°C. Рассчитать прозрачный экран.

Решение. Расчёт прозрачного экрана осуществляют в следующей последовательности: сначала выбирают тип экрана, определяют его эффективность, затем проверяют фактическую интенсивность излучения на соответствие нормативным требованиям.



Температура воздуха рабочей зоны: 1 – 10 °С; 2 – 0 °С;
3 – 10 °С; 4 – 20 °С; 5 – 30 °С; 6 – 40 °С; 7 – 50 °С; 8 – 60 °С

Приведённая степень черноты: I – 0,05; II – 0,25; III – 0,5; IV – 1,0

Рисунок 5.1 – Номограмма определения температуры экрана T_E в зависимости от температуры поверхности источника излучения $T_{н.п.}$, приведённой степени черноты и температуры воздуха рабочей зоны

К прозрачным экранам относят: экраны из стекла, тонкие металлические плёнки на стекле и вода в слое или в дисперсном состоянии (водяные завесы). Наиболее распространёнными являются экраны из стекла. Эффективность теплозащиты различных видов стекла в зависимости от температуры источника излучения приведены в табл. 5.8.

Фактическую интенсивность излучения после установления прозрачного экрана определяют по формуле:

$$E_{\text{ЭК}} = E_0 \frac{(100 - K_{\text{ЭФ}})}{100}, \quad (5.20)$$

где $E_{\text{ЭК}}$ – интенсивность излучения после экранирования, Вт/м²;

E_0 – интенсивность излучения после экранирования Вт/м².

Определим эффективность теплозащиты различных видов стекла при температуре источника излучения 1000 °С, результаты расчётов приведены в табл. 5.9.

Расчёты показали, что наиболее эффективными являются следующие экраны: закалённое с покрытием плёнкой и со светопропусканием 80 % и закалённое окрашенное со светопропусканием 40 %. Но интенсивность излучения после экранирование превышает допустимое значение (140 Вт/м²), поэтому дополнительно нужно использовать другие средства защиты, например, водяной занавес или регламентированные перерывы в работе.

Таблица 5.8 – Эффективность теплозащиты различных видов стекла [17]

Тип стекла	Эффективность теплозащиты (%) для различных температур источника излучения						
	500	700	900	1100	1300	1500	1700
Закалённое силикатное	90	82	80	74	66	56	40
Закалённое со стальной сеткой	91	90	87	80	73	63	50
Органическое	94	93	92	88	84	76	60
Закалённое с покрытием плёнкой и светопропусканием 80 %	94	93	92	90	87	80	68
Закалённое окрашенное со светопропусканием 40 %	94	93	92	90	87	84	80

Таблица 5.9 – Эффективность теплозащиты различных видов стекла при температуре источника излучения 1000°С

Тип стекла	Эффективность теплозащиты, %	Интенсивность излучения после экранирования, Вт/м ²
Закалённое силикатное	76	588
Закалённое со стальной сеткой	83	417
Органическое	90	245
Закалённое с покрытием плёнкой и светопропусканием 80 %	91	220
Закалённое окрашенное со светопропусканием 40 %	91	220

Пример 10. Определить расход воды на полостной водяной экран. Расстояние от оператора (хлопчатобумажная спецодежда) к источнику тепловых излучений 10 м. Температура внешней поверхности источника излучения – 130°C, площадь поверхности – 120 м², площадь поверхности водяного экрана 12 м².

Решение. Для данного рабочего места $r < \sqrt{S}$, поэтому расчёт делаем по формуле (5.15) и получаем интенсивность тепловых излучений:

$$E = \frac{0,91 \cdot 120 \left[\left(\frac{130 + 273}{100} \right)^4 - 85 \right]}{10} = 1952 \text{ Вт/м}^2,$$

что превышает допустимое значение, равное 140 Вт/м² (табл. Б.7 приложения Б).

Расход воды на полостной водяной экран определяют по формуле:

$$Q_P = \frac{0,93ES}{t_e - t_n}, \quad (5.21)$$

где Q_P – расход воды, кг/ч;

0,93 – коэффициент теплопоглощения;

E – интенсивность излучения, ккал/м²час.;

S – площадь поверхность экрана, м²;

t_n, t_e – температура воды, которая поступает на экран и отводится с экрана, °С (принимают соответственно 25 и 50 °С).

Перечислим интенсивность излучения в необходимые единицы измерения

$$E = \frac{1952 \cdot 0,239 \cdot 3600}{1000} = 1678 \text{ ккал/(м}^2\text{час.)}.$$

Рассчитаем расход воды на экран:

$$Q_P = \frac{0,93 \cdot 1679 \cdot 12}{50 - 25} = 750 \text{ кг/час.}$$

Рассчитанный расход воды на экран обеспечит выполнение нормативных требований к интенсивности излучения.

5.3 Защита от шума

Для определения мероприятий по снижению уровней шума на рабочих местах сначала нужно определить фактический уровень шума от всех источников, с учётом характеристик источников шума и их расположения в помещении. Методики расчёта фактического уровня шума [18, 19] при-

ведены в примерах 11–12. Для снижения уровней шума на рабочих местах проводят различные мероприятия [2, 10, 14, 18, 19, 23]. Наиболее распространёнными из них являются акустическая обработка помещения (пример 14), звукопоглощение шума (пример 16), изоляция источника шума или рабочего места (примеры 11–13, 15).

Пример 11. Определить соответствие нормам санитарно-гигиенические условия на пульте управления и предложить меры по обеспечению этого соответствия. Пульт расположен в кабине, которая находится на расстоянии 6 м от агрегата продольной резки. Размеры кабины: высота – 2200 мм, ширина – 1750 мм, длина – 2100 мм. Температура воздуха – 22 °С, влажность – 50 %, скорость движения воздуха не превышает 0,1 м/с, освещённость рабочего места – 420 лк.

Решение. Анализ условий труда на пульте управления показал, что параметры микроклимата и уровень освещённости соответствуют нормативным требованиям (табл. Б.1 приложения Б и табл. Д.2 приложения Д). Размеры кабины также удовлетворяют требованиям ГОСТ 23000-78. Необходимо оценить уровень шума на данном рабочем месте.

Источником шума является агрегат продольной резки. Уровень звуковой мощности данного оборудования составляет 112 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц [10]. Рассчитаем уровень шума в расчётной точке по формуле

$$L_r = L_i - 10 \lg 2\pi r^2, \quad (5.22)$$

где L_r – уровень шума в расчётной точке, дБ;

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

$$L_r = 112 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 6^2 = 88,5 \text{ дБ}$$

Уровень шума на рабочем месте, рассчитанный по формуле (5.22), составляет 88,5 дБ, что превышает допустимый уровень шума, равный для производственных помещений 80 дБ (табл. В.1 приложения В).

Для снижения уровня шума можно предложить метод уменьшения шума по пути его распространения, например, используя изолирующую перегородку (как элемент конструкции кабины). Применение перегородки из ДСП толщиной 30 мм позволяет снизить уровень шума на 26 дБ [18]. Тогда фактический уровень шума составит 62,5 дБ, что соответствует нормативным требованиям.

Пример 12. В листопрокатном цехе холодной прокатки находится несколько источников шума, характеристика которых приведена в табл. 5.10. Предложить меры по защите оператора от производственного шума.

Решение. Суммарный уровень шума определяют по формуле

$$\Sigma L = 10 \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n}), \quad (5.23)$$

где L_1, L_2, \dots, L_n – уровень шума каждого источника с учётом их расстояния к расчётной точке, дБ.

Таблица 5.10 – Характеристика источников шума листопрокатного цеха

Источник шума	Уровень звуковой мощности, дБ	Расстояние до пульта оператора, м
Агрегат поперечной резки	119	6
Агрегат продольной резки	112	8
Разматыватель листа	122	12
Приёмные карманы	115	6
Листоправильная машина	114	4

Значения уровней шума всех источников, приведённых в табл. 5.10, пересчитаем с учётом расстояния до расчётной точки по формуле (5.22) и подставляем в формулу (5.23):

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

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

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

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

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

$$\Sigma L = 10 \lg(10^{0,1 \cdot 95,5} + 10^{0,1 \cdot 86} + 10^{0,1 \cdot 119} + 10^{0,1 \cdot 91,5} + 10^{0,1 \cdot 94}) = 99,7 \text{ дБ}$$

В результате получаем, что уровень шума в расчётной точке (рабочее место оператора) составляет 99,7 дБ, что значительно превышает допустимый уровень (табл. В.1 приложения В). Рассчитаем необходимое снижение уровня шума:

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

Для достижения соответствия санитарно-гигиенических условий нормативным требованиям можно использовать звукоизолирующей перегородку [2, 18, 19]. Звукоизолирующей способностью однородной перегородки, дБ, можно рассчитать по формуле [2]

$$R = 20 \lg(G f) - 60, \quad (5.24)$$

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

Для обеспечения необходимого осмотра с пульта оператора выбираем перегородку из стекла толщиной 6 мм, масса 1 м² которой составляет 16 кг (табл. В.3 приложения В,).

$$R = 20 \lg(16 \cdot 1000) - 60 = 24 \text{ дБ} ,$$

Звукоизолирующая способность такой перегородки, рассчитанная по формуле (5.24), для частоты 1000 Гц составляет 24 дБ. Фактический уровень шума в этом случае составит 75,7 дБ, что соответствует нормативным требованиям.

Пример 13. Сравнить эффективность снижения шума на пути его распространения различных материалов: бетона, железобетона, стали, силикатного и органического стекла.

Решение. Для ориентировочных расчётов звукоизоляции плоских ограждений из различных материалов предлагают использовать следующие формулы [19] для материалов, масса (m) 1 м² которых составляет 100–1000 кг/м² (бетон, кирпич):

$$R = 22 \lg m - 12; \quad (5.25)$$

для материалов, масса 1 м² которых больше 1000 кг/м² :

$$R = 23 \lg m - 5; \quad (5.26)$$

для стали, толщина которой h = 1–10 мм:

$$R = 22 + 9 \lg h; \quad (5.27)$$

Для окна из силикатного стекла, толщина которого h = 2–10 мм:

$$R = 18 + 8,5 \lg h; \quad (5.28)$$

Для окна из органического стекла, толщина которого h = 5–20 мм:

$$R = 12 + 12 \lg h . \quad (5.29)$$

Для упрощения расчёты можно осуществить для массы ограждения 10 кг и толщины стекла 10 мм. Звукоизоляция плоских ограждений по формулам (5.25)–(5.29) 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.

Пример 14. Уровень шума в помещении, размеры которого: длина 10 м, ширина 8 м, высота 5 м, составляет 60 дБА. Пол в помещении – линолеум, 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 счёт акустической обработки помещения ΔL определяется по следующей формуле [16]:

$$\Delta L = 10 \lg (A_2/A_1), \quad (5.30)$$

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

Звукопоглощения помещения определяется по формуле

$$A = S \cdot \alpha, \quad (5.31)$$

где S – площадь поверхности, m^2 ;

α – коэффициент поглощения материала поверхности, единица поглощения.

Коэффициенты поглощения материалов стен, потолка и пола приведены в табл. В.2 приложения В. Находим коэффициенты поглощения материалов стен (0,03), потолка (0,03) и пола (0,03).

Определяем по формуле (5.31) звукопоглощение помещения до акустической обработки:

$$A_1 = 2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 0,03 + 2 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 0,03 + 10 \cdot 8 \cdot 0,03 + 10 \cdot 8 \cdot 0,03 = \\ = 10,2 \text{ единиц поглощения.}$$

Определяем по формуле (5.31) звукопоглощение помещения после акустической обработки (отделки стен и потолка):

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

Снижение уровня шума по формуле (5.30) составляет

$$\Delta L = 10 \lg (236,4 / 10,2) = 13,6 \text{ дБ.}$$

Уровень шума после обработки помещения ($60 - 13,6 = 46,4$ дБА) соответствует нормативным требованиям к помещению с ПЭВМ (табл. В.1 приложения В).

Пример 15. Звукоизолирующий кожух громкой установки имеет эффективность 25 дБ А. Определить нужную толщину силикатного стекла для глухого окна кожухе установки, которая бы обеспечила звукоизоляцию на нужном уровне.

Решение. Толщину стекла можно определить по формуле (5.28), 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.

Кожух установки толщиной 7 мм обеспечит выполнение нормативных требований к уровню шума.

Пример 16. Определить оптимальную величину зазора между звукопоглощающими перфорированными панелями и стеной, чтобы обеспечить

условие 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 определяют по формуле:

$$l = \frac{\lambda}{4} - \frac{b}{2} = \frac{c}{4f} - \frac{b}{2}, \quad (5.32)$$

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:

$$L = L_0 - [26 \lg (Q_1 + Q_2) - 6], \quad (5.33)$$

где L_0 – 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:

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

Расчёт подтвердил эффективность защиты от шума.

5.4 Защита от излучения

На металлургических производствах наиболее распространёнными являются тепловые (инфракрасные) и электромагнитные излучения. Защита от теплового излучения рассмотрено в разделах 5.1–5.2. Экранирование источников электромагнитного излучения – в примерах 17–19.

Пример 17. Определить толщину сплошного экрана из меди для высокочастотной установки изотропного излучения с частотой 60 кГц. Длина проводника 4 м, сила тока 130 А. Рабочее место расположено на расстоянии 1 м от источника излучения.

Решение. Рассчитаем длину электромагнитной волны в метрах по формуле:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (5.34)$$

где c – скорость распространения радиоволн, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с;
 f – частота колебаний, Гц.

Длина электромагнитной волны составляет $0,5 \cdot 10^4$ м.

Рассчитываем радиус ближней зоны при изотропном излучении по формуле согласно табл. 5.11.

Радиус ближней зоны составляет

$$r_{\text{бл.з}} \leq \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{0,5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14} = 796 \text{ м},$$

то есть рабочее место находится в зоне индукции (ближней зоне).

Таблица 5.11 – Формулы для расчёта размера зон излучения

Наименование зоны	Размер зоны при разных видах излучений, м	
	Изотропное излучение	Направленное излучение
Ближняя зона	$r_{\text{бл.з}} \leq \frac{\lambda}{2\pi}$	$r_{\text{бл.з}} \leq \frac{d^2}{4\lambda}$
Дальняя зона	$r_{\text{д.з}} > \lambda$	$r_{\text{д.з}} \geq \frac{d^2}{\lambda}$

Примечание. d – диаметр антенны.

По ГОСТ 12.1.006-84 при частоте 60 кГц предельно допустимые уровни (ПДУ) составляющих электромагнитного поля (ЭМП) составляют: электрической – 50 В/м, магнитной – 5 А/м (табл. Г.1 приложения Г).

При изотропном излучении напряжённость электрического (E , В/м) и магнитного (H , А/м) определяют по формулам:

в ближней зоне

$$E = \frac{I\ell}{2\pi\epsilon\omega r^3} = \frac{I\ell}{4\pi^2\epsilon f r^3}; \quad (5.35)$$

$$H = \frac{I\ell}{4\pi r^2}; \quad (5.36)$$

в дальней зоне

$$E = 377H; \quad (5.37)$$

$$H = \frac{I\ell}{8\pi f r}; \quad (5.38)$$

где I – сила тока в проводнике (антенне), А;

ℓ – длина проводника (антенны), м;

ϵ – диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м (для воздуха $\epsilon = 1$);

ω – круговая частота, с^{-1} ;

f – частота поля, Гц;

r – расстояние от источника излучения, м.

Ожидаемая напряжённость составляющих ЭМП в расчётной точке определяем по формулам (5.35) и (5.36):

$$E = \frac{I \ell}{4\pi^2 \varepsilon f r^3} = \frac{130 \cdot 4}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 10^4 \cdot 1^3} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ В/м},$$

что значительно меньше ПДУ;

$$H = \frac{I \ell}{4\pi r^2} = \frac{130 \cdot 4}{4 \cdot 3,14 \cdot 1^2} = 41,4 \text{ А/м},$$

что превышает ПДУ.

Необходимое ослабление магнитной напряжённости (эффективность экранирования) определяют по формуле:

$$G = \frac{H}{H_{\text{ПДУ}}}. \quad (5.39)$$

Нужное ослабление составляет 8,28.

Минимальная толщина экрана (мм), которая обеспечит заданную эффективность экранирования определяется по формуле:

$$d = \frac{1000 \cdot \ln G}{\sqrt{\pi f \mu \nu}}, \quad (5.40)$$

где G – заданное ослабление интенсивности поля;

f – частота поля, Гц;

μ – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м (для меди – $0,99999 \cdot 10^{-6}$, алюминия – $1,000023 \cdot 10^{-6}$, стали – $72 \cdot 10^{-6}$);

ν – удельная электрическая проводимость материала $(\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$ (для меди – $0,59 \cdot 10^8$, латуни – $1,25 \cdot 10^8$, алюминия – $0,4 \cdot 10^8$, стали – $0,1 \cdot 10^8$).

Минимальная толщина экрана из меди составляет

$$d = \frac{1000 \cdot \ln G}{\sqrt{\pi f \mu \nu}} = \frac{1000 \cdot \lg 8,28}{\sqrt{3,14 \cdot 6 \cdot 10^4 \cdot 0,99999 \cdot 10^{-6} \cdot 0,59 \cdot 10^8}} = 0,63 \text{ мм}.$$

Из конструктивных соображений принимаем толщину экрана 0,7 мм.

Использование экрана толщиной 0,7 мм обеспечит выполнение нормативных требований.

Пример 18. Определить необходимую толщину сплошного экрана из алюминия для рабочего места, расположенного на расстоянии 20 м от антенны, радиус которой 2 м. Мощность излучения 400 Вт, частота 16 ГГц. Время пребывания персонала в зоне излучения 6:00. Коэффициент, учитывающий конструкцию антенны, принять равным 8, коэффициент полезного действия антенны – 0,7.

Решение. Рассчитаем длину электромагнитной волны в метрах по формуле (5.34):

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{16 \cdot 10^9} = 0,018 \text{ м},$$

Рабочее место находится в дальней зоне (см табл. 5.11).

Предельно допустимый уровень плотности потока энергии ЭМП (Вт/м²) в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц определяют по формуле:

$$ППЭ_{ПДУ} = \frac{ЭН_{ПДУ}}{T}, \quad (5.41)$$

где ЭН_{ПДУ} – нормативное значение энергетической загрузки за день (2 Вт·час/м²);

T – время пребывания в зоне излучения, час.; при этом максимальное значение ЭН_{ПДУ} не должно превышать 10 Вт/м².

В данном случае предельно допустимый уровень плотности потока энергии по формуле (41) составляет 0,333 Вт/м².

Находим эффективную площадь антенны:

$$S_e = \eta S = \eta \pi R^2 = 0,7 \cdot 3,14 \cdot 2^2 = 8,8 \text{ м}^2.$$

Коэффициент усиления антенны по мощности определяют по формуле:

$$\sigma_a = \frac{k S_e}{\lambda^2}, \quad (5.42)$$

где k – коэффициент, который учитывает конструкцию антенны;

S_e – эффективная площадь антенны, м².

Коэффициент усиления антенны по формуле (5.42):

$$\sigma_a = \frac{k S_e}{\lambda^2} = \frac{8 \cdot 8,8}{0,0182} = 2,8 \cdot 10^5$$

Плотность потока энергии при направленном излучении определяют по формулам:

в ближней зоне

$$ППЭ = \frac{3P}{S}; \quad (5.43)$$

в дальней зоне

$$ППЭ = \frac{P \sigma_a}{4\pi r^2}, \quad (5.44)$$

где S – геометрическая площадь антенны, м²;

P – средняя мощность излучения, Вт;

σ_a – коэффициент усиления антенны по мощности.

Плотность потока на расстоянии 20 м составляет по формуле (5.44):

$$ППЭ = \frac{P\sigma_a}{4\pi r^2} = \frac{400 \cdot 2,8 \cdot 10^5}{4 \cdot 3,14 \cdot 20^2} = 22293 \text{ Вт/м}^2.$$

Требуемая эффективность экранирования, аналогично формуле (5.39), составляет:

$$G = \frac{ППЭ}{ППЭ_{ПДУ}} = \frac{22293}{0,333} = 66964.$$

Минимальная толщина экрана (мм), которая обеспечит заданную эффективность экранирования определяется по формуле (5.40):

$$d = \frac{1000 \cdot \ln G}{\sqrt{\pi f \mu \nu}} = \frac{1000 \cdot \lg 66964}{\sqrt{3,14 \cdot 16 \cdot 10^9 \cdot 1,000023 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4 \cdot 10^8}} = 0,25 \text{ мм}.$$

Из конструктивных соображений принимаем толщину экрана 0,5 мм.

Использование экрана толщиной 0,5 мм обеспечит выполнение нормативных требований.

Пример 19. Определить расстояние, на котором не будет необходимости в экранировании от излучателя ЭМП в виде направленной антенны, эффективная площадь которой 0,8 м², мощность 1500 Вт, частота 20 ГГц. Время работы 24 часа. Коэффициент, учитывающий конструкцию антенны, принять равным 6.

Решение. Рассчитаем длину электромагнитной волны в метрах по формуле (5.34):

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{20 \cdot 10^9} = 0,015 \text{ м}.$$

Коэффициент усиления антенны по формуле (5.42):

$$\sigma_a = \frac{kS_e}{\lambda^2} = \frac{6 \cdot 0,012}{(0,015)^2} = 320.$$

Предельно допустимый уровень плотности потока энергии ЭМП определяем по формуле (5.41):

$$ППЭ_{ПДУ} = \frac{ЕН_{ПДУ}}{T} = \frac{2}{24} = 0,08 \text{ Вт/м}^2.$$

Решая формулу (5.44) относительно r получаем расстояние, на котором не будет требоваться экранирование при данных условиях:

$$\sqrt{\frac{P\sigma_a}{4\pi \cdot ППЭ_{ПДУ}}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot 320}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,08}} = 691 \text{ м.}$$

Если все постоянные рабочие места находятся на расстоянии 691 м, то экранирование источника ЭМП не требуется.

5.5 Производственное освещение

Различают естественное и искусственное освещение помещений. Расчёт естественного освещения приведён в литературе [2, 5, 18]. Для расчёта искусственного освещения используют 2 метода: метод использования светового потока [18, 19] и точечный метод [5, 19]. Методом использования светового потока рассчитывают общее освещение помещения (примеры 20–21), точечным методом рассчитывают местное освещение и освещение вертикальных и наклонных поверхностей (пример 22). Расчёт комбинированного освещения приведён в литературе [19].

Пример 20. Рассчитать освещение помещения прокатного 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. Для расчёта системы освещения необходимо выбрать схему расположения светильников и, исходя из схемы, определить их количество. Наиболее часто используются схемы квадратного или прямоугольного размещения светильников. Расстояние между светильниками L определяют по данным табл. 5.12, 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 .

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

Для светильника с лампами ДРЛ и высоких помещений ($H = 10,8$ м) по табл. 5.12 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:

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

Таблица 5.12 – 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, Глубокоизлучатель*, помещения (6–7 м)
Равномерная	1,8–2,6	Светильники Универсаль*, Люцетта*, невысокие помещения (до 6 м)
Полуширокая	1,4–2,0	Светильники с люминесцентными лампами, невысокие помещения (до 6 м)

Примечание. * – светильники с лампами накаливания.

Общее количество светильников:

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

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

$$F_L = \frac{100 E_H S K Z}{\eta n}, \quad (5.45)$$

где E_H – нормируемое значение освещённости горизонтальной рабочей поверхности, лк (табл. Д.2, Д.5 приложение Д);

S – площадь помещения, м²;

K – коэффициент запаса, $K = 1,5$ (табл. Д.4 приложение Д);

Z – коэффициент неравномерности освещения (при расположении светильников рядами принимают 1,1);

η – коэффициент использования светового потока;

n – количество светильников;

Нормируемая освещённость 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 ρ_n и стен ρ_c , индекса помещения (табл. Д.6 приложение Д).

Индекс помещения находим по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}, \quad (5.46)$$

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

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

В нашем случае индекс помещения составляет

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

Находим коэффициент использования светового потока для светильников с лампами ДРЛ по табл. Д.6 приложения Д (коэффициенты отражения потолка 50 %, стен – 30 %). Коэффициент использования составляет 70 %.

Рассчитываем по формуле (5.45) световой поток для одной лампы:

$$F_l = \frac{100 \cdot 300 \cdot 120 \cdot 80 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{70 \cdot 150} = 39223 \text{ лм.}$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу (табл. Д.7 приложения Д), причём ее световой поток не должен отличаться от расчётного 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 2 лампы ДРЛ-700 ($F_{л} = 33\ 000$ лм, $W_{л} = 700$ Вт) и ДРЛ-125 ($F_{л} = 4800$ лм, $W_{л} = 125$ Вт).

Определим фактическую освещённость

$$E_{\text{факт.}} = \frac{F_{\text{факт.}} E_n}{F_l} = \frac{(33000 + 4800) \cdot 300}{39223} = 289 \text{ лк.}$$

Отклонение фактической освещённости от нормируемой составляет 4 %, что соответствует требованиям.

Определяем общую мощность осветительной установки:

$$W = (700 + 125) \cdot 150 = 123,75 \text{ кВт.}$$

Рассчитанная система общего освещения обеспечивает выполнение нормативных требований.

Пример 21. Рассчитать общее освещение пульта управления (проводятся работы с использованием ПЭВМ), размеры которого $A = 4$ м, $B = 3$ м, $H = 4,6$ м. Используют светильники ЛПО 02 с четырьмя люминесцентными лампами ЛБ-20. Коэффициенты отражательной способности потолка, стен, рабочей поверхности соответственно 0,7; 0,5; 0,3. Высота рабочей поверхности 0,8 м, высота свеса 0,1 м. Зрительные работы относятся к III разряда, подразряда «в».

Решение. Освещение помещения с рабочими местами, оборудованными ПЭВМ, осуществляется системой общего равномерного освещения с

использованием люминесцентных ламп. При этом применяют светильники с рассеивателями и зеркальными экранными сетками или отзеркалевателями, которые укомплектованы высокочастотными пускорегулирующими аппаратами. Для расчёта системы освещения применяют метод коэффициента использования светового потока при условии, что выдержаны рекомендованные соотношения расстояния между светильниками к высоте их подвеса, отклонение не должно быть более 20 %. При этом отношение длины светильника к кратчайшему расстоянию от него до расчётной точки не должно превышать 0,2. Если эти условия не выполняются, используют точечный метод расчёта [19].

При проектировании освещения предварительно намечают количество рядов светильников и их расположение, учитывая следующее:

- соотношение расстояния между рядами светильников L к высоте их подвеса h , не должно быть более 1,4 (высоту подвеса обычно берут не более 4...5 м);

- светильники устанавливают рядами, преимущественно параллельно длинной стороне помещения или стены с окнами;

- расстояние от крайних рядов к стенам принимают равной половине расстояния между рядами;

- расстояние от крайнего светильника в ряду и стеной равно половине расстояния между светильниками.

Формула (5.45) при расчёте общего освещения люминесцентными лампами имеет следующий вид:

$$F = \frac{100 E_n S K Z}{\eta N n}, \quad (5.47)$$

где N – количество светильников;

n – число ламп в светильнике.

Если сначала расчёта берут определённую лампу с известным световым потоком, то определяют количество светильников:

$$N = \frac{100 E_n S k Z}{n F_l \eta}, \quad (5.48)$$

где F_l – световой поток одной лампы, лм.

Нормируемая освещённость для зрительных работ III «в» составляет 300 лк (табл. Д.2 приложение Д), коэффициент запаса, $K = 1,3$ (табл. Д.4 приложение Д).

С помощью таблиц Д.8–Д.9 приложения Д находим характеристики светильника и лампы: длина светильника 655 мм, ширина 655 мм, световой поток лампы 1180 лк, условный номер группы – 11.

Проверим возможность применения метода коэффициента использования светового потока в данном случае.

Высота подвеса светильника определяется по формуле:

$$h = H - (h_{p.n.} + h_{св.}), \quad (5.49)$$

де H – высота помещения, м;

$h_{p.n.}$ – высота рабочей поверхности (может быть 0,7...1,2 м в зависимости от выполняемой работы);

$h_{св.}$ – свес – расстояние от центра светильника до потолка (0,1...1,5 м в зависимости от высоты помещения и высоты светильника).

Определяем по формуле (5.49) высоту подвеса светильников:

$$h = H - (h_{p.n.} + h_{св.}) = 4,6 - (0,8 + 0,1) = 3,7 \text{ м.}$$

Проверяем возможность использования метода светового потока:

$$\frac{0,655}{3,7} = 0,18 < 0,2 ,$$

то есть использование метода правомерно.

По формуле (5.46) находим индекс помещения:

$$i = \frac{4 \cdot 3}{3,7 (4 + 3)} = 0,46$$

Коэффициент использования светового потока определяется в зависимости от отражающей способности потолка, стен и рабочей поверхности (0,7; 0,5; 0,3) и индекса помещения (0,46) соответственно данному типу светильников по таблице Д.10 приложения Д. Для данного светильника, который относится к группе 11, при индексе помещения 0,46 и заданных коэффициентах отражательной способности коэффициент использования $\eta = 19 \%$.

Определяем необходимое количество светильников (световой поток ламп ЛБ-20 известен и конструктивно определено количество ламп в светильнике) по формуле (5.48):

$$N = \frac{100 E_H S K Z}{n F_L \eta} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{4 \cdot 1180 \cdot 19} = 5,7.$$

Предполагаем расположение в 2 ряда (n_p), параллельно длинной стороне помещения, тогда число светильников в ряду будет равно:

$$N_p = \frac{N}{n_p} = \frac{5,7}{2} = 2,85$$

Число светильников в ряду принимаем $N_p = 3$.

Общее количество светильников:

$$N = 2 \cdot 3 = 6$$

Определяем фактическую освещённость:

$$E_{\phi} = \frac{N n F_L \eta}{100 S K Z} = \frac{6 \cdot 4 \cdot 1180 \cdot 19}{100 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 1,3 \cdot 1,1} = 314 \text{ лк,}$$

что удовлетворяет нормам.

Расстояние между светильниками в ряду:

$$R = \frac{A}{N_p} - \ell_c = \frac{4}{2} - 0,655 = 1,345 \text{ м.}$$

Расстояние от крайних светильников до стены:

$$R' = \frac{R}{2} = \frac{1,345}{2} = 0,67 \text{ м.}$$

Расстояние между смежными рядами светильников (при ширине светильников 0,655 м):

$$\ell_1 = \frac{B}{n_p} - b = \frac{3}{3} - 0,655 = 0,345 \text{ м.}$$

Расстояние между крайними рядами и стенами:

$$\ell_1' = \frac{\ell_1}{2} = \frac{0,345}{2} = 0,17 \text{ м.}$$

Суммарная электрическая мощность всех светильников, установленных в помещении, составляет

$$W = 6 \cdot 4 \cdot 20 = 480 \text{ Вт} = 0,48 \text{ кВт.}$$

Рассчитана система общего освещения обеспечивает выполнение нормативных требований.

Пример 22. Рассчитать освещение пульта управления. Помещение освещается 6 светильниками типа ППД-200 (световой поток одной лампы равен 2920 лм). Расстояние между светильниками $L = 2$ м, высота подвеса светильников $H_p = 2,7$ м. Пульт находится в точке А (рис. 5.2). Рассчитать также освещения наклонной панели пульта светильниками 1, 2 и 3, если угол наклона панели составляет 60° .

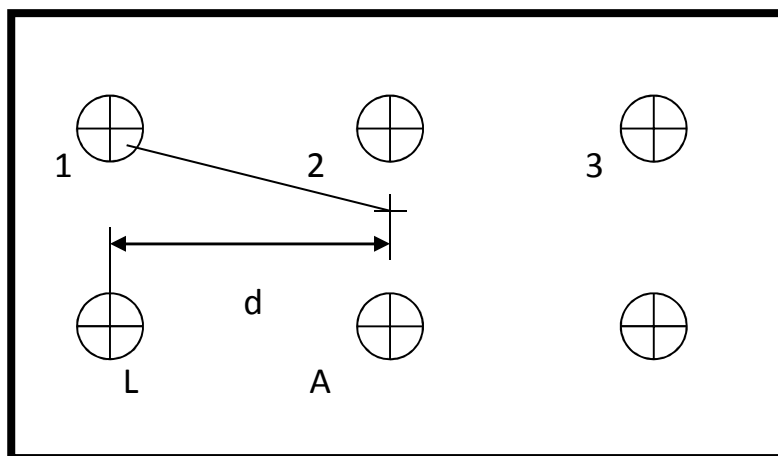


Рисунок 5.2 – Схема расположения светильников

Решение. Для расчёта освещения необходимо использовать точечный метод [5, 19]. Рассчитаем освещённость в точке А от 1-го светильника, для этого определим расстояние от точки А до проекции оси симметрии:

$$d = \sqrt{L^2 + (L/2)^2} = \sqrt{2^2 + 1^2} = 2,2 \text{ м}$$

Тангенс угла падения светового потока от 1-го светильника в точку А:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{H_p} = \frac{2,2}{2,7} = 0,8.$$

Угол падения светового потока от 1-го светильника в точку А соответственно равен 38° .

Согласно данным табл. Д.11 приложения Д сила света I_A условной лампы в направлении угла 38° составляет 169 кд.

Освещённость горизонтальной поверхности от светильника с условной лампой при световом потоке, равном 1000 лк, равна:

$$e_2 = \frac{I_a \cos^3 \alpha}{H_p^2} = \frac{169 \cdot \cos^3 38}{2,7^2} = 11 \text{ лк.} \quad (5.50)$$

Такая же освещённость осуществляется от 3, 4 и 6-го светильников. Освещённость от 2-го и 5-го светильников рассчитываем аналогично:

$$d = 1 \text{ м}; \quad \operatorname{tg} \alpha = 0,27; \quad \alpha = 21^\circ; \quad I_A = 190 \text{ кд}; \quad e_2 = 21 \text{ лк.}$$

Суммарная условная освещённость всех светильников соответственно равна:

$$\sum e_2 = 11 + 21 + 11 + 11 + 21 + 11 = 86 \text{ лк.}$$

Фактическую освещённость в точке А рассчитывают по формуле

$$E_2 = \frac{F \mu \sum e_2}{1000K}, \quad (5.51)$$

где F – световой поток лампы, лм;

μ – коэффициент, учитывающий влияние дальних светильников (принимается 1,1–1,2);

K – коэффициент запаса (табл. Д.4 приложения Д).

В данном случае фактическая освещённость в точке А составляет 212 лк.

Освещение наклонной панели пульта осуществляется светильниками 1, 2 и 3, поэтому суммарная условная освещённость составляет:

$$\sum e_2 = 11 + 21 + 11 = 43 \text{ лк.}$$

Для расчёта освещения наклонных поверхностей используют следующую формулу:

$$E = E_2 (\cos\theta + p \sin\theta / H_p), \quad (5.52)$$

где θ – угол наклона поверхности относительно плоскости, перпендикулярной оси симметрии светильника;

p – расстояние от точки проекции светильника до расчётной точки, м.

Освещённость панели пульта, которая находится под углом 60° , в соответствии с формулой (52) будет равняться 87 лк.

Расчитанная система освещения пульта управления обеспечивает выполнение нормативных требований.

5.6 Защитное заземление

Одним из важнейших мероприятий по обеспечению электробезопасности является организация защитного заземления [7, 15, 18, 28]. Методика расчёта защитного заземления приведена в примере 23. Для расчётов защитного заземления можно использовать характеристики устройства, приведённые в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Характеристики устройства защитного заземления

Предпоследняя цифра	d, м	l, м	h, м	Предпоследняя цифра	a, м	b, м	Тип грунта	Влажность грунта
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 нечётных вариантах заземлители расположены по контуру, в парных – в ряд.
- 2 Вид почвы: А – песок, Б – супесь, В – каменистый грунт, Г – суглинок, Д – глина, Ж – чернозём, С – садовая земля.
- 3 Влажность почвы: В – большая, С – средняя, Н – низкая.

Пример 23. Рассчитать систему защитного заземления, которая выполнена из вертикальных труб, соединённых 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 находится в III климатической зоне, тип почвы – чернозём.

Решение. Расчёт защитного заземления осуществляется в такой последовательности [9]:

- определяют расчётное удельное сопротивление грунта;
- рассчитывают сопротивление растекания тока одного вертикального заземлителя;
- 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 по контуру могут быть заданы – см. табл. 5.12);
- рассчитывают сопротивление растеканию соединительной шины;
- рассчитывают общее сопротивление заземлительного устройства с учётом соединительной шины.

Расчётное удельное сопротивление почвы (ρ_p) определяют по формуле:

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi, \quad (5.53)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта по замерам или ориентировочно по данным табл. Ж.1 приложения Ж;

φ – коэффициент сезонности, зависит от климатических зон и вида заземления (табл. Ж.2 приложения Ж).

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi = 30 \cdot 1,5 = 45 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Сопротивление растеканию тока одного вертикального стержневого (трубчатого) заземления при углублении, Ом:

$$R_{\text{од}} = \frac{\rho_p}{2 \pi \ell} \left(\ln \frac{2 \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 t + \ell}{4 t - \ell} \right), \quad (5.54)$$

где ℓ – длина заземлителя, м;

d – диаметр заземлителя, м;

h – углубление заземлителя, м;

t – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м.

$$t = h + \frac{\ell}{2} = 0,8 + \frac{2,4}{2} = 2 \text{ м.}$$

В нашем случае

$$R_{\text{од}} = \frac{\rho_p}{2 \pi \ell} \left(\ln \frac{2 \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 t + \ell}{4 t - \ell} \right) = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,4} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,4}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 t + 2,4}{4 t - 2,4} \right) = 14,5 \text{ Ом}$$

Формулы для расчёта сопротивления растекания тока заземлителей других видов приведены в табл. Ж.3 приложения Ж.

Ориентировочное количество вертикальных заземлителей, шт.:

$$n' = \frac{R_{\text{од}}}{R_{\text{н}}}, \quad (5.55)$$

где $R_{\text{н}}$ – наибольший допустимый сопротивление заземляющего устройства (согласно «Правилам устройства электроустановок» $R_{\text{н}} = 4 \text{ Ом}$).

$$n' = \frac{R_{\text{од}}}{R_{\text{н}}} = \frac{14,5}{4} = 3,625 \approx 4 \text{ шт.}$$

Путём расположения полученного количества заземлителей на плане определяют ориентировочно расстояние между ними и коэффициент использования вертикальных заземлителей $\eta_{\text{в}}$ (табл. Ж.4 приложения Ж) в зависимости от количества стержней и отношение расстояния между ними к их длине.

Необходимое количество заземлителей с учётом коэффициента использования $\eta_{\text{в}}$:

$$n = \frac{R_{\text{од}}}{R_{\text{н}} \eta_{\text{в}}}. \quad (5.56)$$

Определяем коэффициент использования вертикальных заземлителей $\eta_{\text{в}}$ (табл. Ж.4 приложения Ж) в зависимости от количества стержней и отношение расстояния между ними к их длине:

$$\frac{a}{\ell_{\text{в}}} = \frac{2,4}{2,4} = 1, \quad \eta_{\text{в}} = 0,7.$$

Необходимое количество заземлителей с учётом коэффициента использования $\eta_{\text{в}}$:

$$n = \frac{R_{\text{од}}}{R_{\text{н}} \eta_{\text{в}}} = \frac{14,5}{4 \cdot 0,7} = 5,17 \approx 5.$$

Сопротивление растекания соединительной шины при углублении с учётом коэффициента ее использования $\eta_{ш}$ (табл. Ж.5 приложение Ж), Ом:

$$R_{ш} = \frac{\rho_p}{2 \pi L \eta_{ш}} \ln \frac{2L^2}{bh}, \quad (5.57)$$

где L – длина шины, м;

b – ширина шины, м;

$\eta_{ш}$ – коэффициент использования шины, м.

Длина шины определяется по формуле:

$$L = 1,05 a n, \quad (5.58)$$

где a – расстояние между заземлителями, м.

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:

$$R = \frac{1}{\frac{\eta_{ш}}{R_{ш}} + \frac{n \eta_{в}}{R_{од}}} \leq R_{н}. \quad (5.59)$$

Если общее сопротивление больше нормативного, необходимо увеличить количество заземлителей или изменить их расположение.

$$R = \frac{1}{\frac{\eta_{ш}}{R_{ш}} + \frac{n \eta_{в}}{R_{од}}} = \frac{1}{\frac{0,74}{1,3} + \frac{5 \cdot 0,7}{14,5}} = 1,3 \text{ Ом.}$$

Рассчитанное значение сопротивления заземляющего устройства менее нормативного ($1,3 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$), значит устройство спроектировано правильно.

5.7 Определение категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности

Основным мероприятием по обеспечению пожарной безопасности является определение категории производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, а также определение типа и необходимого количества первичных средств пожаротушения.

Пример 24. Определить тип и необходимое количество первичных средств пожаротушения. Вычислительный центр (площадь 1200 м²) находится в административном корпусе предприятия.

Решение. Рассмотрим методику определения категории производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности [18].

Категория взрывопожарной и пожарной опасности определяется в соответствии с НАПБ Б.03.002-2007 (приложение К табл. К.1).

Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5 % площади всех помещений или 200 м². 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 м².

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 путём 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 ёмкостью 5 литров или 2 углекислотных огнетушителя ёмкостью 5 литров.

Пример 25. Определить категорию здания по взрывопожарной и пожарной опасности, а также тип и необходимое количество первичных средств пожаротушения. Характеристика производственного помещения приведена в таблице 5.13. Общая площадь 800 м².

Решение. Определяем категорию производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности по методике, которая приведена в примере 24 и данных табл. 5.13.

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 5.13 – 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 ёмкостью 5 литров или 2 ёмкостью 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 [32, 33]. Структура объекта задаётся 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 тяжёлого 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 лёгких 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 26, 27

Пример 26. Прокатный цех расположен в промышленном здании с металлическим каркасом и бетонным заполнением стен, с поверхностью остекления около 30 %. В цехе расположено следующее оборудование: лёгкие станки, электродвигатели герметические мощностью до 2 кВт, подъёмно-транспортное оборудование. Коммунально-энергетические сети

и транспорт: кабельные наземные электролинии, трубопроводы, углублённые 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 нижеприведённых 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, внесём в неё характеристики элементов объекта (табл. 6.1).

Занесём 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, занесём полученные цифры в предпоследний столбец графы «Предел устойчивости элементов, кПа» (см. табл. 6.1)

Среди полученных цифр найдём наименьшую, она и будет пределом устойчивости объекта в целом. Занесём 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 лёгкие станки, здание цеха. Следует повысить устойчивость объекта до 25 кПа.

Для повышения устойчивости объекта предлагаются следующие мероприятия:

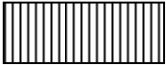
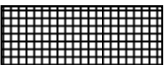
– для повышения устойчивости лёгких станков: надёжное крепление станков к фундаменту; устройство контрфорсов, которые повышают устойчивость станков к опрокидыванию;


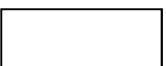
– для здания: укрепление несущих элементов конструкции здания дополнительными колоннами и фермами; установка дополнительных перекрытий, подкосов и распорок.

Таблица 6.1 – Сводная таблица результатов оценки устойчивости объекта к действию ударной волны

Характеристики элементов объекта	Степень разрушения при ΔP_{ϕ} , кПа										Предел устойчивости, кПа	
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	эл-та	объекта	
Здание: Промышленное здание с металлическим каркасом и бетонным заполнением стен, с площадью остекления около 30 %											20	12
Оборудование: лёгкие станки											12	
электродвигатели герметичные мощностью до 2кВт											50	
подъёмно-транспортное оборудование											50	
Коммунально-энергетические сети: кабельные наземные электролинии											30	
трубопроводы, углублённые на 20 см	Выдерживают до 200 кПа										200	
грузовые автомобили											30	

Примечание. Используются условные обозначения:

 – слабые разрушения;
  – сильные разрушения;

 – средние разрушения;
  – полные разрушения.

Пример 27. 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 нижеприведённых 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, внесём в неё 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	
Здание: Административные многоэтажные здания с металлическим или железобетонным каркасом											30	10
Оборудование: Компьютеры —————										10		
Оргтехника —————										12		
Коммунально-энергетические сети: компьютерная сеть..										30		
воздушные линии низкого напряжения										60		
трубопроводы										50		

Примечание. Используются условные обозначения:



слабое разрушение;



сильное разрушение;



среднее разрушение;



полное разрушение.

Занесём 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, занесём полученные цифры в предпоследний столбец графы «Предел устойчивости элементов, кПа».

Среди полученных цифр найдём наименьшую, она и будет пределом устойчивости объекта в целом. Занесём 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:

$$\Delta P_{\Phi \text{ предельное}} = 10 \text{ кПа.}$$

Таким образом, расчёты 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 производственных процессов: справочник / под ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1985. – 448 с.
- 2 Безопасность труда в промышленности : справочник / К. Н. Ткачук [и др.] – К. : Техника, 1982. – 231 с.
- 3 **Васильев Г. А.** Основы безопасности труда на предприятиях черной металлургии / Г. А. Васильев, В. Д. Жидков, Л. Г. Шакирзянова. – М. : Металлургия, 1983. – 224 с.
- 4 Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов / М. И. Гримитлин [и др.] – М. : Машиностроение, 1978. – 272 с.
- 5 **Виноградов Б. В.** Безопасность труда и производственная санитария в машиностроении : сборник расчетов / Б. В. Виноградов. – М. : Машиностроение, 1963. – 264 с.
- 6 **Воскобойников В. Г.** Общая металлургия : учебник / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. – М. : Академкнига, 2002. – 768 с.
- 7 **Гажаман В. І.** Електробезпека на виробництві : навч. посіб. / В. І. Гажаман. – К. : Охорона праці, 2002. – 272 с.
- 8 **Глушков Л. А.** Защита от перегревов в горячих цехах металлургических заводов / Л. А. Глушков. – М. : Металлургия, 1963. – 215 с.
- 9 **Дементий Л. В.** Охрана труда в автоматизированном производстве. Обеспечение безопасности труда / Л. В. Дементий, А. Л. Юсина. – Краматорск : ДГМА, 2007. – 300 . – ISBN 978-966-379-163-0.
- 10 **Заборов В. И.** Защита от шума и вибрации в черной металлургии / В. И. Заборов, Л. Н. Клячко, Г. С. Росин. – М. : Металлургия, 1976. – 248 с.
- 11 **Злобинский В. М.** Охрана труда в металлургии / В. М. Злобинский. – М. : Металлургия, 1975. – 336 с.
- 12 **Ильинский Б. Д.** Техника безопасности и противопожарная техника в черной металлургии / Б. Д. Ильинский. – М. : Металлургия, 1967. – 370 с.
- 13 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.
- 14 **Лагунов Л. В.** Борьба с шумом в машиностроении / Л. В. Лагунов, Г. Л. Осипов. – М. : Машиностроение, 1980. – 150 с.
- 15 **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.
- 16 **Молчанова З. В.** Охрана труда в прокатном производстве / З. В. Молчанова. – М. : Металлургия, 1973. – 248 с.
- 17 **Петров С. В.** Теплозащита в металлургии : справочник / С. В. Петров, А. Ф. Шорин. – М. : Металлургия, 1961. – 120 с.
- 18 Практикум із охорони праці : навч. посібник / за ред. В. Ц. Жидецького. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с. – ISBN 966-7760-09-X.

- 19 **Сивко В. Й.** Розрахунки з охорони праці / В. Й. Сивко. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 152 с. – ISBN 966-7570-90-8.
- 20 **Смирнов Н. В.** Пожарная безопасность предприятий чёрной металлургии : справочник / Н. В. Смирнов, Л. И. Коган. – М. : Металлургия, 1969. – 431 с.
- 21 Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.
- 22 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.
- 23 Средства защиты в машиностроении. Расчёт и проектирование : справочник / под ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1989. – 368 с. – ISBN 5-217-00407-X.
- 24 **Чижигов Г. І.** Охорона праці в галузі : курс лекцій для студентів спеціальності МО / Г. І. Чижигов, С. А. Гончарова, Ю. К. Доброносів. – Краматорськ : ДДМА, 2004. – 140 с. – ISBN 5-7763-0430-X.
- 25 **Халецкий И. М.** Вентиляция и отопление заводов чёрной металлургии : справочник / И. М. Халецкий. – М. : Металлургия, 1981. – 240 с.
- 26 **Шаприцкий В. Н.** Вентиляция и отопление прокатных цехов / В. Н. Шаприцкий. – М. : Металлургия, 1988. – 186 с.
- 27 **Шишкова А. П.** Охрана окружающей среды от загрязнения предприятиями чёрной металлургии / А. П. Шишкова. – М. : Металлургия, 1982. – 208 с.
- 28 Электробезопасность на промышленных предприятиях : справочник / Р. В. Сабарно [и др.] – К. : Техника, 1985. – 288 с.
- 29 Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 240 с.
- 30 Эргономика : учеб. пособие для вузов / под ред. В. В. Адамчук. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 254 с. – ISBN 5-238-0086-3.
- 31 **Юдашкин М. Н.** Пылеулавливание и очистка газов в чёрной металлургии / М. Н. Юдашкин. – М. : Металлургия, 1984. – 320 с.
- 32 Гражданская оборона / под ред. Е. П. Шубина. – М. : Просвещение, 1991. – 223 с.
- 33 Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения : справочник / под ред. Г. П. Демиденко. – К. : Выща школа, 1987. – 256 с.

Приложение А
Рекомендации по использованию
нормативно-технической документации

Таблица А.1 – Стандарты системы безопасности труда

Обозначение	Наименование
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 напряжённости 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 12.1.008-76	Биологическая безопасность. Общие требования
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

Продолжение таблицы А.1

Обозначение	Наименование
ГОСТ 12.1.038-82	Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
ГОСТ 12.1.040-83	Лазерная безопасность. Общие положения
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 12.2.064-81	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	Наименование
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 12.3.027-81	Работы литейные. Требования безопасности
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	Наименование
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	Наименование
НПАОП 0.00-1.03-02	Правила будови і безпечної експлуатації вантажо-підіймальних 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 0.00-1.17-92	Єдині правила безпеки при вибухових роботах
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 0.00-1.31-99	Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин
НПАОП 0.00-4.09-93	Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства
НПАОП 0.00-4.11-93	Типове положення про роботу уповноважених трудових колективів з питань охорони праці
НПАОП 0.00-4.12-05	Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці
НПАОП 0.00-4.15-98	Положення про розробку інструкцій з охорони праці
НПАОП 0.00-4.21-04	Типове положення про службу охорони праці
НПАОП 0.00-4.33-99	Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій
НПАОП 0.00-6.02-04	Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві
НПАОП 0.00-6.23-92	Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці
НПАОП 0.00-7.06-94	Єдина державна система показників обліку умов та безпеки праці
НПАОП 0.00-8.24-05	Перелік робіт з підвищеною небезпекою
НПАОП 27.0-1.01-87	Загальні правила безпеки для підприємств і організацій металургійної промисловості
НПАОП 27.1-1.03-97	Правила безпеки у сталеплавильному виробництві
НПАОП 27.1-1.04-97	Правила безпеки у прокатному виробництві
НПАОП 27.1-1.11-89	Правила безпеки при ремонті устаткування на підприємствах чорної металургії
НПАОП 27.1-1.46-69	Правила техніки безпеки в мартенівському і електросталеплавильному виробництві
НПАОП 27.1-5.01-81	Типова інструкція з безпеки праці для робітників прокатного виробництва

Продолжение таблицы А.3

Обозначение	Наименование
НПАОП 27.1-5.02-81	Типова інструкція з безпеки праці для професій сталеплавильного виробництва
НПАОП 27.1-5.04-81	Типова інструкція з безпеки праці для робітників доменного виробництва
НПАОП 27.2-1.06-87	Правила безпеки у трубному виробництві
НПАОП 27.2-7.07-82	ОСТ 14.20-95-82 Виробництво труб. Загальні вимоги безпеки
НПАОП 27.2-7.05-88	ОСТ 14.20-227-88 Обладнання для виробництва металевих труб. Загальні вимоги безпеки
НПАОП 27.35-1.05-97	Правила безпеки у феросплавному виробництві
НПАОП 27.4-7.15-86	ОСТ 48.264-86 Огородження рухомих частин устаткування. Загальні технічні вимоги
НПАОП 27.5-1.15-97	Правила безпеки у ливарному виробництві
НПАОП 27.5-1.24-58	Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії в ливарному виробництві машинобудівної промисловості
НПАОП 27.5-7.01-83	ОСТ 14.20-131-83 Вібрація. Методи розрахунку віброізоляції робочого місця оператора металургійного устаткування
НПАОП 27.5-7.28-83	ОСТ 14.20-134-83 Прозорі теплозахисні екрани. Типи. Вимоги безпеки
НПАОП 28.0-1.12-60	Правила безпеки при роботі в цехах гарячої і холодної прокатки алюмінієвих і магнієвих сплавів
НПАОП 28.5-1.02-68	Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при термічній обробці металів
НПАОП 28.51-1.03-87	Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при термічній обробці металів
НПАОП 28.51-1.11-67	Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при термічній обробці металів
НПАОП 28.51-1.26-88	Правила з охорони праці при термічній обробці металів
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

Таблиця А.4 – Нормы и правила безопасности

Обозначение	Наименование
СН 245-71	Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий
ОНТП 24-86	Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности
ДБН В.2.5-28-2006	Природне та штучне освітлення
СНиП 2.01.02-85	Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений
СНиП 2.09.02-85	Производственные здания
СНиП 2.04.05-91	Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
ДСанПіН 3.3.2-007-98	Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
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

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 труда	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не больше
Холодный	Лёгкая – Ia	22...24	40...60	0,1
	Лёгкая – Ib	21...23		0,1
	Средней тяжести – Pa	18...20		0,2
	Средней тяжести – Pb	17...19		0,2
	Тяжёлая – III	16...18		0,3
Тёплый	Лёгкая – Ia	23...25		0,1
	Лёгкая – Ib	22...24		0,2
	Средней тяжести – Pa	21...23		0,3
	Средней тяжести – Pb	20...22		0,3
	Тяжёлая – III	18...20		0,4

Таблица Б.2 – Граничные допустимые концентрации (ГДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88)

Название вещества	ГДК, мг / м ³	Класс опасности
Оксид азота	5	2
Аммиак	20	4
Ацетон	200	4
Кислота серная	1	2
Щелочи едкие	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	Расход энергии		Характеристика работ
	Вт	ккал/ч	
Лёгкая Ia	До 139	До 120	Работы, которые выполняют сидя с незначительными физическими нагрузками
Лёгкая Ib	140–174	121–150	Работы, которые выполняют сидя или связанные с ходьбой и сопровождаются некоторыми физическими нагрузками
Средней тяжести IIa	175–232	151–200	Работы, которые связаны с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) предметов в положении «стоя» или «сидя» и требуют незначительного физического напряжения
Средней тяжести IIб	233–290	201–250	Работы, которые связаны с ходьбой, перемещение предметов весов до 10 кг, сопровождаются умеренным физическим напряжением
Тяжёлая III	Больше 290	Больше 250	Работы, которые связаны с перемещением предметов весом более 10 кг и требуют значительного физического напряжения

Таблица Б.4 – Нормы площади и объёма для производственных помещений (СН 245-71, НПАОП 0.00-1.31-99)

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 с ПЭВМ	6	20

Таблица Б.5 – Вентиляция помещений для работы с ПЭВМ [8]

Объем помещения на одного рабочего, м ³ /люд.	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 природная 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. Температура внутренних поверхностей рабочей зоны (стены, пол, потолок), технологического оборудования, внешних поверхностей технологического оборудования, ограждающих конструкций не должна выходить более чем на 2 °С за рамки оптимальных величин температуры воздуха для данной категории работ (табл. Б.1) и не должна выходить за грани допустимых величин температуры воздуха (табл. Б.6)

Таблица Б.7 – Нормировка интенсивности теплового излучения (ДСН 3.3.6.042-99)

Вид источника	Площадь излучения, %	Интенсивность излучения, Вт/м ²
Нагретые поверхности оборудования, приборы освещения	Больше 50	35
	25 ... 50	70
	Меньше 25	100
Открытые источники излучения	Меньше 25 (при обязательном использовании СИЗ)	140

Таблица Б.8 – Рекомендации по защите от инфракрасного излучения (ДСН 3.3.6.042-99)

Интенсивность излучения, Вт/м ²	Характеристика мероприятий по защите
140–350	Увеличение на постоянных рабочих местах скорости движения воздуха на 0,2 м/с больше чем нормированные величины (табл. Б.1), применение СИЗ и рациональный режим работы и отдыха (табл. Б.9–Б.11)
Больше 350	Применение воздушного дешифрования постоянных рабочих мест (табл. Б.12), применение СИЗ и рациональный режим работы и отдыха (табл. Б.9–Б.11)

Таблица Б.9 – Допустимая длительность непрерывного инфракрасного излучения и регламентированных перерывов на протяжении часа (ДСН 3.3.6.042-99)

Интенсивность излучения, Вт/м ²	Длительность работы, мин.	Длительность перерыва, мин.	Общее излучение на протяжении смены, %
350	20	8	До 50
700	15	10	До 45
1050	12	12	До 40
1400	9	13	До 30
1750	7	14	До 25
2100	5	15	До 15
2450	3,5	12	До 15

Таблица Б.10 – Режим труда и отдыха при проведении ремонтных работ производственного оборудования при температуре воздуха выше 28°С (ДСН 3.3.6.042-99)

Температура воздуха, °С	Длительность одnorазовых периодов (мин.)		Соотношение труда и отдыха
	труд	отдых	
28	36	24	1,5
30	34	25	1,33
32	32	26	1,2
34	30	27	1,1
36	28	28	1,0
38	26	29	0,9
40	24	30	0,8

Таблица Б.11 – Длительность регламентированных перерывов при неблагоприятных микроклиматических условиях (ДСН 3.3.6.042-99)

Характеристика условий труда	Длительность регламентированных перерывов
При температуре воздуха, превышающей допустимый уровень	Не меньше 10 % рабочего времени на каждые 2 °С превышения
При соединении температуры воздуха, превышающей допустимый уровень, с относительной влажностью, превышающей 75 %	Не меньше 20 % рабочего времени
При интенсивности теплового излучения более 350 Вт/м ² и излучении более 25 % поверхности тела	Устанавливается в соответствии с данными, которые приведены в табл. Б.6

Таблица Б.12 – Температура и скорость движения воздуха при воздушном душировании (ДСН 3.3.6.042-99)

Категории труда	Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха в потоке, (°С) при интенсивном инфракрасном излучении, Вт/м ²				
			350	700	1400	2100	2800
Легкая Ia, Ib	До 28	1	28	24	21	16	–
		2	–	28	26	24	20
		3	–	–	28	26	24
		3,5	–	–	31	27	25
Средней тяжести IIa, IIб	До 27	1	27	22	–	–	–
		2	28	24	21	16	–
		3	–	27	24	21	18
		3,5	–	28	25	22	19
Тяжелая	До 26	2	25	19	16	–	–
		3	26	22	20	18	17
		3,5	–	23	22	20	19

Таблица Б.13 – Характеристика материалов для экранов[2, 9]

Материал	Температура, °С	Степень черноты
Алюминий полированный	120–1600	0,04–0,062
Алюминий шершавый	20–50	0,06–0,07
Алюминий окисленный	50–600	0,11–0,3
Алюминиевые краски	50–100	0,2–0,67
Железо полированное	400–1000	0,14–0,38
Железо окисленное	50–550	0,74–0,82
Жесть белая	20–40	0,28
Стальной листовой прокат	900–1100	0,52–0,61
Сталь окисленная	30–400	0,8–0,98
Сталь расплавленная	1600–1800	0,28
Чугун полированный	200	0,11
Чугун окисленный	200–600	0,64–0,78
Чугун расплавленный	1250–1350	0,28–0,29
Асбестовый картон	20	0,96
Кирпич обожжённый	500–1000	0,65–0,75
Кирпич огнеупорный	1000	0,82–0,87
Кирпич шамотный	20–250	0,59–0,85
Кирпич красный	20	0,88–0,93
Стекло	20–100	0,91–0,94
Эмаль белая	100	0,92–0,96
Цемент	20	0,54
Вода	0–100	0,95–0,98

Приложение В

Требования к производственному шуму и вибрации

Таблица В.1 – Допустимые эквивалентные урону звукового давления (ДСН 3.3.6.037-99, ГОСТ 12.1.003-89)

Рабочее место	Уровень звука, дБ А
Помещение конструкторских бюро, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических и исследовательских работ	50
Помещение управления, рабочие комнаты	60
Кабины наблюдения и дистанционного управления:	
- без разговорной связи	80
- с разговорной связью по телефону	65
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятия	80

Таблица В.2 – Коэффициенты звукопоглощения материалов [2, 18]

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.3 – Звукоизоляция материалов [2, 18]

Материал	Масса 1 м ² , кг	Звукоизоляция, дБ
Фанера 3,2 мм	2,2–2,5	17–19
Фанера 6,42 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
Стекло 3–4 мм	8–10	28
Стекло 6 мм	16	31
Пластик из стекла 11,5 мм	–	23
Войлок 15 мм	2,8	6
Картон 5 мм	3	16

Таблица В.4 – Допустимые величины параметров вибрации
(ДСН 3.3.6.039–99, ГОСТ 12.1.012–90)

Локальная вибрация		Общая вибрация	
Средняя Геометрическая частота, Гц	Уровень виброскорости, 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 излучениям

Таблица Г.1 – Граничнодопустимые уровни ЭМП(ДСН 3.3.6.096-2002)

Характеристика ЭМП, единицы излучения	Диапазон	ГДР
Напряжённость электрического поля, В/м	60 кГц – 3 МГц	50
	3 МГц – 30 МГц	20
	30 МГц – 50 МГц	10
	50 МГц – 300 МГц	5
Напряжённость магнитного поля, А/м	60 кГц – 1,5 МГц	5
	30 МГц – 50 МГц	0,3
Густота потока энергии, Вт/м ²	300 МГц – 300 ГГц	0,1
Энергетическая нагрузка, Вт·ч/м ²	300 МГц – 300 ГГц	2

Приложение Д
Требования к производственному освещению

Таблица Д.1 – Коэффициент природного освещения (ДБН В.2.5-28-2006)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта, мм	Коэффициент природного освещения, %	
		Верхнее и комбинированное освещение	Боковое освещение
Наивысшая точность	Меньше 0,15	10	3,5
Очень высокая точность	0,15...0,3	7	2,5
Высокая точность	0,3...0,5	5	2
Средняя точность	0,5...1,0	4	1,5
Низкая точность	1...5	3	1
Очень низкая точность	Больше 5	2	0,5

Таблица Д.2 – Нормы освещённости (ДБН В.2.5-28-2006)

Характеристика зрительных работ	Разряд зрительных работ	Подразряд зрительных работ	Освещённость, лк	
			При комбинированном освещении	При общем освещении
Высокой точности	III	а	2000	500
		б	1000	300
		в	750	300
		г	400	200
Средней точности	IV	а	750	300
		б	500	200
		в	400	200
		г	300	150
Низкой точности	V	а	300	200
		б	200	150
		в	–	159
		г	–	100

Таблица Д.3 – Характеристика зрительных работ пользователей ЭВМ [9]

Разряд и подразряд зрительной работы	Рабочие места и поверхности
III «б»	Рабочие места инженеров по ремонту и наладке ЭВМ; монтажные схемы
III «г»	Пульты ЭВМ, дисплеи
IV «а»	Рабочие места электромехаников ремонтной мастерской, пульта перфорационных машин, ремонтная мастерская
IV «б»	Машинные залы, комнаты подготовки информации, помещения проверки ТЭЗов

Таблица Д.4 – Значение коэффициента запаса при искусственном освещении (ДБН В.2.5-28-2006)

Тип помещения	Значение коэффициента запаса	
	Лампы накаливания	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 Д.5 – Рекомендации к общему освещению помещений [21]

Цех, участок	Разряд зрительных работ	Освещение, лк	
		ГРЛ	ЛН
1	2	3	4
Доменный цех			
Литейный двор	VIII	200	150
Площадки обслуживания	VIIIб	50	20
Разливная машина	VIIIа	75	30
Под бункерное помещение	VIIIб	50	20
Сталеплавильный цех			
Конвертерный цех	VII	200	150
Электросталеплавильный	VII	200	150
Цех горячей прокатки			
Нагревательные колодцы	VII	200	150
Печи непрерывного действия	VI	150	75
Прокатный стан	VII	200	150
Ножницы	VII	200	150

Продолжение таблицы Д.5

1	2	3	4
ВТК	ШБ	300	200
Цех холодной прокатки			
Прокатный стан пролёт	IVб	200	150
Прокатный стан клетки	IVв	150	100
Агрегат резки	IVб	200	150
Агрегат отжига (осмотр)	IVа	400	300
Агрегат отжига (очищение металла)	VI	150	75
Башенные печи (площадки)	Vв	100	75
Операторы ЭВМ	III	300	–
Пульт управления	–	100	–

Таблица Д.6 – Коэффициент использования светового потока

$\rho_{ст}, \%$	$\rho_c, \%$	Коэффициент использования $\eta, \%$, 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 Д.7 – 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

Таблица Д.8 – Типы светильников с люминесцентными лампами

Серия	Количество (шт.) и мощность ламп (Вт)	Размеры, мм			Условный номер группы
		длина	ширина	высота	
Л 201	2 × 20	675	354	127	9
	2 × 40	1275	354	127	
	2 × 80	1575	354	127	
	4 × 20	675	675	127	
	4 × 40	1275	675	127	
	4 × 80	1575	675	127	
ЛПО 01	2 × 40	1313	255	118	8
	4 × 40	1313	490	118	
ЛПО 02	1 × 20	655	100	100	8
	1 × 40	1296	100	100	10
	2 × 20	655	214	95	11
	2 × 40	1296	214	95	10
	2 × 65	1596	214	95	10
	4 × 20	655	655	95	11

Таблица Д.9 – Технические характеристики люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток (номинальный), лм
ЛХБ 20	20	935
ЛБ 20		1180
ЛТБ 20		975
ЛДЦ 40	40	2100
ЛД 40		2340
ЛХБ 40		3000
ЛБ 40		3120
ЛТБ 40		3000
ЛДЦ 65	65	3050
ЛД 65		3370
ЛХБ 65		3820
ЛБ 65		4650
ЛТБ 65		3980
ЛДЦ 80	80	3740
ЛД 80		4070
ЛХБ 80		4440
ЛБ 80		5220
ЛТБ 80		4440

Таблица Д.10 – Коэффициенты использования светового потока

Тип светильника	Светильники группы 8					Светильники группы 9				
	2					3				
1	0,7	0,7	0,5	0,5	0	0,7	0,7	0,5	0,5	0
$\rho_{ст}$	0,5	0,5	0,5	0,3	0	0,5	0,5	0,5	0,3	0
$\rho_{р.п}$	0,3	0,1	0,1	0,1	0	0,3	0,1	0,1	0,1	0
Индекс помещения	Коэффициенты использования, η , %									
0,5	23	20	20	17	10	20	20	19	15	10
0,6	28	26	24	20	14	25	24	22	19	14
0,7	32	30	28	24	17	29	27	25	22	16
0,8	35	33	30	26	19	32	0	27	24	18
0,9	38	35	33	29	21	34	32	30	26	20
1,0	41	38	35	31	23	37	34	32	28	22
1,1	43	40	37	33	25	39	36	33	30	24
1,25	45	41	38	35	27	41	37	35	2	25
1,5	49	45	42	38	30	44	40	38	35	28
1,75	52	47	44	41	32	45	42	40	37	30
2,0	54	49	45	42	33	48	44	41	39	31
2,25	56	51	47	44	35	50	45	42	40	33

Продолжение таблицы Д.10

1	2					3				
2,5	58	52	48	46	36	52	46	44	41	34
3,0	60	54	50	48	38	54	48	45	43	35
3,5	62	55	51	49	39	55	49	46	44	36
4,0	64	56	52	50	40	56	50	46	45	37
5,0	67	59	54	53	43	59	52	48	47	39
	Светильники группы 10					Светильники группы 11				
$\rho_{ст}$	0,7	0,7	0,5	0,5	0	0,7	0,7	0,5	0,5	0
ρ_c	0,5	0,5	0,5	0,3	0	0,5	0,5	0,5	0,3	0
$\rho_{р.п.}$	0,3	0,1	0,1	0,1	0	0,3	0,1	0,1	0,1	0
Индекс помещения	Коэффициенты использования, η , %									
0,5	22	20	19	15	12	19	18	15	13	08
0,6	25	24	22	19	14	22	21	19	16	12
0,7	29	27	26	22	17	25	24	22	19	14
0,8	32	30	28	24	19	27	26	24	21	16
0,9	35	32	31	27	21	30	28	27	23	18
1,0	38	35	33	29	23	32	30	28	25	20
1,1	40	36	35	31	25	34	31	30	27	22
1,25	42	38	36	33	27	36	33	32	29	23
1,5	45	41	39	36	30	39	36	34	32	26
1,75	48	44	42	039	33	42	38	36	34	28
2,0	50	45	43	40	34	43	39	38	35	30
2,25	52	47	45	42	36	45	41	39	37	31
2,5	54	48	46	44	37	47	42	40	38	33
3,0	56	50	48	45	39	49	44	42	40	34
3,5	58	51	49	47	40	50	45	43	41	36
4,0	59	52	50	48	42	51	46	44	42	37
5,0	62	54	52	50	44	54	47	45	44	39

Таблица Д.11 – Распределения света светильников [10]

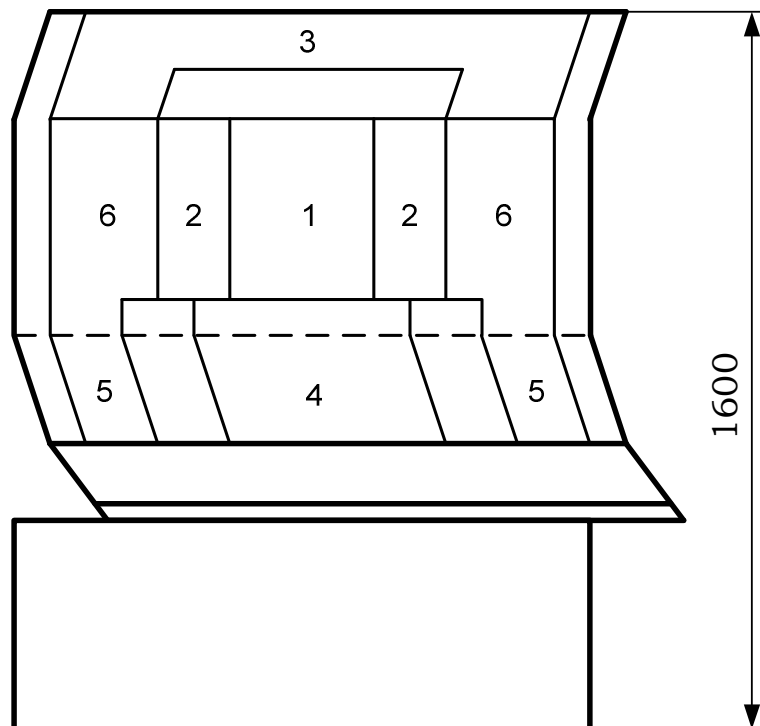
Тип светильника	Сила света, кд, в направлении α , °									
	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85
Люминесцентные лампы										
ОД	242	241	230	215	190	158	119	76	40	10
ОДОР	208	205	192	173	148	118	82	50	25	10
Лампы накаливания										
ППД-100	177	178	190	190	172	160	137	114	44	7
ППД-200	177	178	190	190	172	160	137	114	44	7

Приложение Е Требования к пульту управления

Таблица Е.1– Размеры зон расположения СОИ и ОУ на панелях пульта в положении сидя

Номер зоны*	Высота кромки над уровнем пола, мм		Ширина зоны, мм
	нижней	верхней	
1	970	1220	380
2	970	1310	1010
3	1220	1600	1520
4	750	970	610
5	750	970	250
6	760	1220	150

*Обозначение зоны расположения СОИ и ОУ в соответствии с рисунком Е.2.



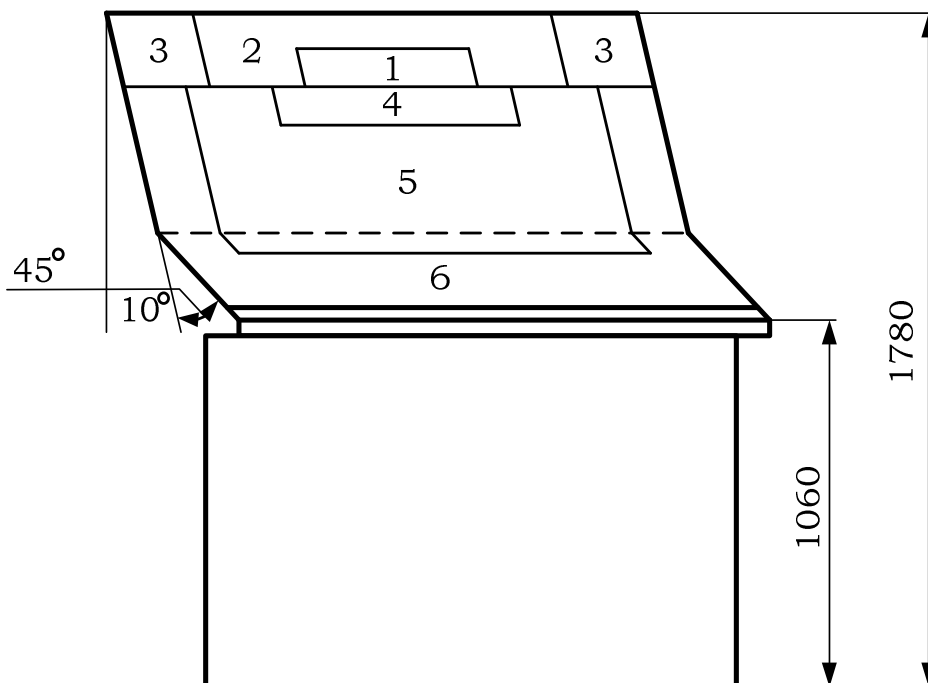
1, 2, 3 – СОИ; 4, 5, 6 – ОУ

Рисунок Е.2 – Размеры зон расположения СОИ и ОУ на панелях пульта в положении сидя

Таблица Е.3 – Размеры зон расположения СОИ и ОУ на панелях пульта в положении стоя

Номер зоны*	Высота кромки над уровнем пола, мм		Ширина зоны, мм
	нижней	верхней	
1	1320	1630	380
2	1320	1780	1020
3	3	1780	250
4	1170	1320	610
5	1110	1320	1120
6	1060	1320	1370

* Обозначение зоны расположения СОИ и ОУ в соответствии с рисунком Е.4.



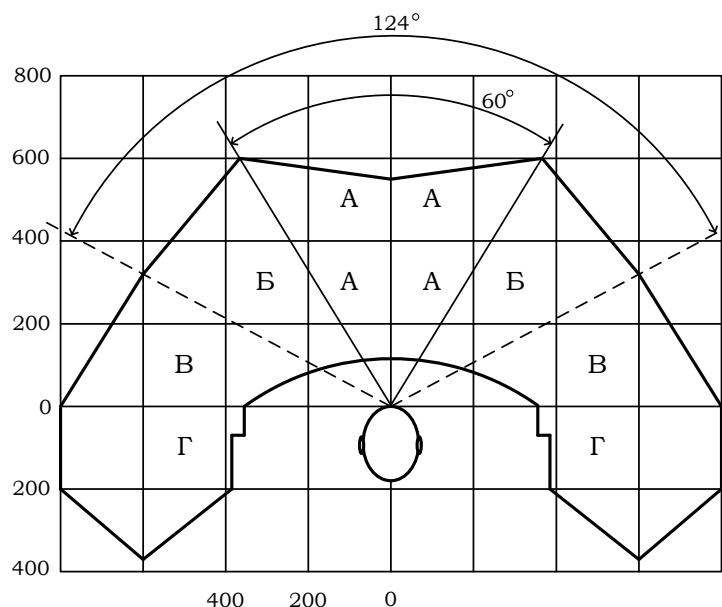
1, 2, 3 – наиболее важные ЗВИ; 4, 5, 6 – менее важные ЗВИ и ОК
Рисунок Е.4 – Расположение средств отображения информации и органов управления на панелях пультов при работе стоя

Таблица Е.5 – Размеры углов осмотра

Угол осмотра	При повороте глаз	При повороте головы	При повороте головы и глаз
В горизонтальной плоскости*			
Оптимальный	15о	0о	15о
Максимальный	35о	60о	95о
В вертикальной плоскости**			
Оптимальный	15о	15о	15о
Максимальный:			
вниз	20о	35о	70о
вверх	40о	65о	90о

* В горизонтальной плоскости углы осмотра отсчитываются по обе стороны симметрии.

** В вертикальной плоскости углы осмотра отсчитываются вниз и вверх от нормальной линии взгляда



А – зона для расположения наиболее важных и часто использованных СОИ и ОУ; *Б* – зона для расположения нечасто использованных СОИ и ОУ (в границах досягаемости и осмотра); *У* – зона для расположения редко использованных ОУ (в границах максимальной досягаемости, осмотр только при движении глаз и головы); *Г* – зона для размещения вспомогательных ОУ (за границами досягаемости и осмотра с начального рабочего положения)

Рисунок Е.6 – Зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульты в горизонтальной плоскости для работы в положении сидя

Таблица Е.7 – Высота стола для работы на ПЭВМ

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
Больше 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 должна равняться расстоянию от глаз до клавиатуры.

2 Ширина и глубина пространства для ног определяется конструкцией стола. Размер пространства для ног по высоте не менее 600 мм, по ширине – 500 мм, по глубине – 650 мм.

Таблица Е.8 – Основные размеры стула

Параметры стула	Рост человека, см		
	146...160	161...175	Больше 175
Высота сидения, мм	380	420	460
Ширина сидения, мм	320	340	360
Глубина сидения, мм	360	380	400
Высота нижнего края спинки, мм	160	170	190
Высота верхнего края спинки, мм	330	360	400
Угол наклона сидения, °	0...4		
Угол наклона спинки, °	95...108		

Приложение Ж

Требования к электробезопасности

Таблица Ж.1 – Значения удельного сопротивления грунтов и воды и климатического коэффициента

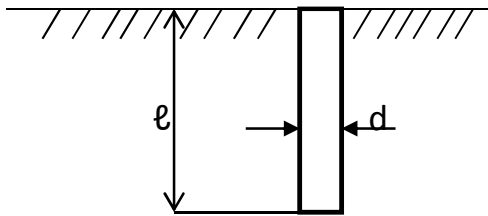
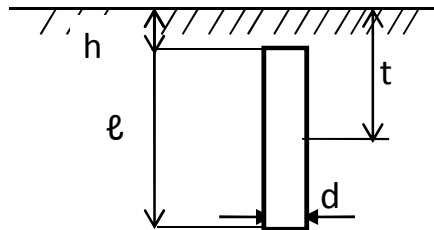
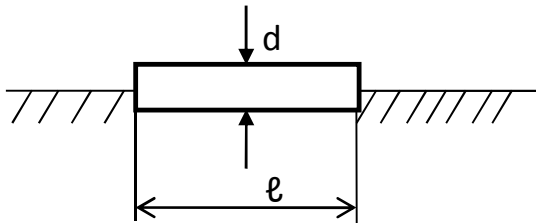
Грунт, вода	Удельное сопротивление, Ом·м			Климатический коэффициент		
	При влажности 10–12 % к массе грунта	Границы колебаний	Рекомендованное для приблизительных расчётов	φ_1	φ_2	φ_3
Глина	40	8–70	60	1,6	1,3	1,2
Гравий, щебень	–	–	200	–	–	–
Каменный грунт	–	500–800	400	–	–	–
Песок	700	400–2500	500	2,4	1,56	1,2
Садовая земля	40	30–60	50	–	1,3	1,2
Суглинок	100	40–150	100	2	1,5	1,4
Супесь	300	150–400	300	2	1,5	1,4
Торф	20	10–30	20	1,4	1,1	1
Чернозём	200	9–53	30	–	1,32	1,2
Вода:	–	–	–	–	–	–
– в ручьях	–	10–60	–	–	–	–
– грунтовая	–	20–70	–	–	–	–
– морская	–	0,2–1	–	–	–	–
– ставочная	–	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 ниже 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 выше 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)	4,5–7,0	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 природных заземлителей

№	Тип заземлителя	Схема	Формула	Дополнительные указания
1	2	3	4	5
1	Трубчатый или стержневойazole поверхности грунта		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	$l \gg d$
2	Трубчатый или стержневой в грунте		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{5t-l} \right)$	$t > 5$
3	Горизонтальный круглого сечения (труба, кабель и т. д.) на поверхности грунта		$R_3 = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}$	$l/H \geq 5$

Продолжение таблицы Ж.3

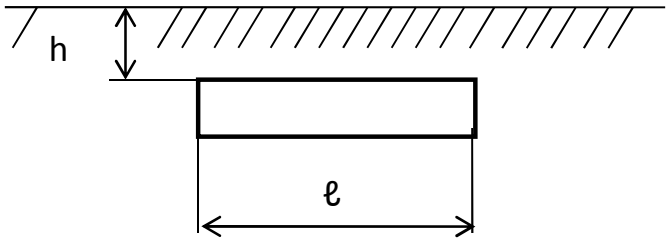
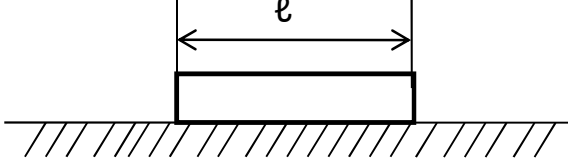
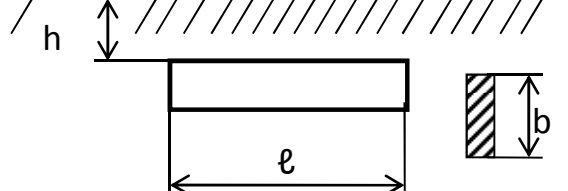
1	2	3	4	5
4	Горизонтальный круглого сечения в грунте		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{dh}$	$l/H \geq 5$
5	Горизонтальный полосный на поверхности грунта		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{b}$	$l \gg d$
6	Горизонтальный – полоса в грунте		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{dh}$	$l/h \geq 5$

Таблица Ж.4 – Коэффициент использования заземлителей, η

Отношение расстояния между трубами (стержнями) к их длине	При расположении в ряд		При расположении 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
	–	–	100	0,33–0,39
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 – Коэффициент использования шины, $\eta_{ш}$

Отношение расстояния между зазем- лителями к их длине	Количество заземлителей					
	4	8	10	20	30	50
1	2	3	4	5	6	7
При расположении шины в ряд стержней						
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 шины 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 категорий помещений и строений по взрывоопасной и пожарной опасности

Категория помещений	Характеристика веществ и материалов, которые находятся (используются) в помещении
А Взрывоопасная	<p>Горючие газы, легковоспламеняемые жидкости с температурой вспышки не больше 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчётное избыточное давление взрыва в помещении, которое превышает 5 кПа.</p> <p>Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчётное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа</p>
Б Взрывопожароопасная	<p>Горючая пыль или волокна, легковоспламеняемые жидкости с температурой вспышки не больше 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчётное избыточное давление взрыва в помещении, которое превышает 5 кПа</p>
В Пожароопасная	<p>Легковоспламеняемые, горючие и тяжелогорючие жидкости, твёрдые горючие и тяжелогорючие вещества и материалы, способны при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они или находятся (используются), не принадлежат к категориям А или Б</p>
Г	<p>Негорючие вещества и материалы в горячем, раскалённом или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искры, пламя; горючие газы, жидкости, твёрдые вещества, которые или сжигаются утилизируются, как топливо</p>
Д	<p>Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии</p>

Таблица К.2 – Классификация пожаров

Класс пожара	Характеристика веществ и материалов или объекта, который горит
А	Твёрдые вещества, преимущественно органического происхождения, горение которых сопровождается тлением (дерево, текстиль, бумага)
В	Горючие жидкости или твёрдые вещества, которые плавятся при нагревании (нефтепродукты, спирты, каучук, стеарин, некоторые синтетические материалы)
С	Горючие газы
Д	Металлы и их сплавы (алюминий, магний, щелочные металлы)
Е	Оборудование под напряжением

Таблица К.3 – Пенные, порошковые, хладоновые и углекислотные переносные огнетушители [15]

Категория помещения	Площадь, м ²	Класс пожара	Пенные ёмкостью 10 л	Порошковые ёмкостью 10 л	Хладоновые ёмкостью 2 л	Углекислотные ёмкостью 5 л
А, Б	200	А	2++	1++	–	–
		В	4+	1++	4+	–
		С	–	1++	4+	–
		Д	–	1++	–	–
		Е	–	1++	–	2++
В	400	А	2++	1+	–	2+
		Д	–	1++	–	–
		Е	–	1+	2+	2++
Г	800	В	2+	1+	–	–
		С	–	1+	–	–
Г, Д	1800	А	2++	1+	–	–
		Д	–	1++	–	–
		Е	–	1+	2+	2++

Таблица К.4 – Воздушно-пенные, комбинированные, порошковые и углекислотные переносные огнетушители [15]

Категория помещения	Площадь, м ²	Класс пожара	Воздушно-пенные ёмкостью 100 л	Комбинированные ёмкостью 100 л	Порошковые ёмкостью 100 л	Углекислотные ёмкостью 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 расчёта степени устойчивости объекта при взрыве газовой 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 грузоподъёмностью 25...50 т	20...30	30...40	40...50	50...70
2	То же, с крановым оборудованием грузоподъёмностью 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 лёгким 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 тяжёлые	25...40	40...60	60...70	–
2	Станки средние	15...25	25...35	35...45	–
3	Станки лёгкие	6...12	12...50	15...25	–
4	Краны и крановое оборудование	20...30	30...50	50...70	70
5	Подъёмно-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, углублённые 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 заглублённый	100...200	200...1000	1000...1500	1500
14	Подземные резервуары	20...50	50...100	100...200	200
15	Частично углублённые 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 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 дипломному проєкті**

**для студентів спеціальності МО
всіх форм навчання**

(Російською мовою)

Укладач МАРЧЕНКО Інна Леонідівна

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання Я. О. Бершацька

40/2016. Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. 7,44.
Обл.-вид. арк. 5,47. Тираж 5 пр.

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №1633 від 24.12.2003