

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
Институт гражданской защиты
Кафедра безопасности жизнедеятельности

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Второе издание, исправленное и дополненное

Ижевск 2020

УДК 614:57.022 (075.8)

ББК 68.9 я73

Б 40

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды О.П. Дружакина

Составители:

А.В. Попков, И.М. Вельм

Б 40 Безопасность жизнедеятельности. Практикум: учеб. метод. пособие / сост. *А.В. Попков., И.М. Вельм* - Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2020. - 164 с.

Рассмотрены основные термины дисциплины: «Безопасность жизнедеятельности»; опасные факторы при работе на производстве, методы и средства защиты от их воздействия на человека; организационные, правовые и социально-экономические знания в области безопасности жизнедеятельности. Учебно-методическое пособие предназначено для студентов вузов инженерных направлений, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности».

УДК 614:57.022 (075.8)

ББК 68.9 я73

© Сост. А.В. Попков, И.М. Вельм, 2020

© ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 2020

Содержание

Введение.....	4
1. Общая часть.....	5
2. Практическое занятие №1 Оценка воздействия вредных веществ, содержащихся в воздухе.....	11
3. Практическое занятие №2 Оценка качества питьевой воды.....	23
4. Практическое занятие №3 Защита от электромагнитных полей.....	33
5. Практическое занятие №4 Расчёт контурного защитного заземления в цехах с электроустановками напряжением до 1000в.....	57
6. Практическое занятие №5 Расчёт интегральной балльной оценки тяжести труда на рабочем месте...	66
7. Практическое занятие №6 Расчёт общего освещения.....	106
8. Практическое занятие №7 Расчёт уровня шума в жилой застройке.....	121
9. Практическое занятие №8 Оценка последствий землетрясения в районе размещения объекта экономики.....	127
10. Практическое занятие №9 Расчет нагрузок, создаваемых ударной волной.....	134
11. Практическое занятие №10 Приемы искусственной вентиляции легких и непрямого массажа сердца.....	155
Литература.....	164

Введение

Безопасность жизнедеятельности (БЖ) является междисциплинарной областью научных знаний, охватывающей все сферы жизни и деятельности человека в современном мире, подверженном воздействию разнообразных и разномасштабных угроз. Содержание пособия охватывает основные стороны безопасной жизнедеятельности человека, организацию безопасного производства; охрану труда; прогнозирование, предупреждение и ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного, техногенного и социального характера.

В настоящем пособии представлены практические работы, позволяющие студентам научиться определять опасности, оценивать их качественно и количественно, а также подбирать и рассчитывать средства для их нейтрализации.

Общая часть

Многообразие задач по обеспечению безопасности человека в бытовой и производственной среде заставляет всех членов общества знать и уметь применять на практике основы БЖ.

Представители всех ветвей власти, принимающие важные решения, инженеры, занимающиеся проектированием и реализацией промышленных объектов, машин, приборов, товаров для быта, разработчики технологий, рядовые члены общества должны учитывать возможные негативные последствия своей деятельности.

Вопросы БЖ должны быть в поле внимания на всех этапах жизненного цикла технического объекта, начиная с проектных работ, выбора сырьевых ресурсов, этапов производства и эксплуатации и заканчивая вопросами безопасности в условиях ЧС и утилизации отходов.

При выполнении практических работ студенты должны знать, что вопросы безопасности носят глобальный характер. В любой жизненной ситуации на работе, дома, в городе, на природе должны оценивать риск негативного воздействия опасных и вредных факторов, идентифицировать их и проводить анализ возможных последствий.

Изучению данного этапа человеческой деятельности служит часть работ, относящихся к *анализу*. Целью выполнения этого раздела является:

- выявление и идентификация травмоопасных факторов в условиях производства, быта и окружающей среды;
- оценка действия факторов на окружающую среду и человека;
- анализ причин травм, заболеваний.

В результате анализа конкретного этапа жизнедеятельности выявляются факторы, определяющие комфорт, работоспособность и безопасность.

Для выявления и идентификации травмоопасных факторов в различных условия жизнедеятельности необходимо классифицировать опасные и вредные факторы.

Опасный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или летальному исходу.

Вредный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию. При определенных условиях вредный фактор может стать опасным.

Многообразие существующих на практике опасных и вредных факторов в соответствии с нормативными документами по природе возникновения и особенностям воздействия подразделяются на физические, химические, биологические, психофизиологические.

1. Физические опасные и вредные факторы подразделяются на:

- движущиеся в пространстве машины и механизмы, заготовки, материалы;
- незащищенные подвижные элементы оборудования;
- разрушающиеся конструкции, обрушивающиеся горные породы;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности предметов;
- расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола);
- невесомость, скользкие опорные поверхности;
- повышенные: запыленность и загазованность воздуха;
- уровень шума;
- уровень вибрации;
- уровень инфразвуковых колебаний или ультразвука;
- уровень ионизирующих излучений;
- напряжения в электрической цепи, замыкание которого может произойти через тело человека;
- уровень статического электричества;

- уровень электромагнитных излучений;
- напряженность электрического или магнитного поля;
- яркость света;
- прямая и отраженная блескость;
- пульсация светового потока;
- уровень инфракрасной радиации или ультрафиолетового излучения;
- повышенные или пониженные: температура поверхностей сооружений, оборудования, материалов;
- температура воздуха;
- барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;
- влажность воздуха;
- ионизация воздуха;
- отсутствие или недостаток естественного освещения;
- пониженный контраст при визуальном различении объектов.

2. Химические опасные и вредные факторы подразделяются:

- по характеру воздействия на организм человека: токсические, раздражающие, сенсibiliзирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию;
- по пути проникновения в организм человека через: органы дыхания; желудочно-кишечный тракт; кожные покровы и слизистые оболочки.

3. Биологические опасные и вредные факторы включают следующие биологические объекты:

- патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы и т.д.);
- макроорганизмы (растения, животные).

4. Психофизиологические опасные и вредные факторы по характеру действия подразделяются на перегрузки:

- физические;

– нервно-психические.

Физические перегрузки подразделяются на:

- статические (удержание груза, приложение усилий, неудобная поза, необходимость наклона корпуса человека на угол более 30^0 , перемещение в пространстве на смену более 8 км по горизонтали и более 4 км по вертикали);
- динамические (подъем и перемещение грузов, большое количество стереотипных рабочих движений).

Нервно-психические перегрузки подразделяют на:

- умственное перенапряжение (интеллектуальные нагрузки), решение сложных задач, восприятие сигналов (информации) и их оценка; распределение функций других лиц с учетом сложности задания, работа в условиях дефицита времени;
- перенапряжение анализаторов (сенсорные нагрузки): большая длительность сосредоточенного внимания, большое число объемов одновременного наблюдения; малый размер объектов различения при значительной длительности сосредоточенного наблюдения; работа с оптическими приборами; наблюдение за экранами видеотерминалов; нагрузка на слуховой аппарат (работа в условиях малой разборчивости речи, когда необходима речевая связь);
- эмоциональные нагрузки: степень ответственности за результат собственной деятельности, наличие степени риска для своей жизни и ответственность за безопасность других лиц;
- неблагоприятный режим работы: монотонность труда, продолжительность труда более 10 ч, сменность работы, включая ночную смену, продолжительная речевая нагрузка и т.п.

Выявление и составление исчерпывающего перечня потенциальных опасных и вредных факторов является качественной стадией идентификации, что и составляет суть блока «Анализ».

Количественной оценке степени воздействия негативного фактора на состояние здоровья человека служит часть практических работ по БЖ, относящаяся к *нормированию*.

В этой части работ изучаются принципы установления допустимых для человека значений негативных факторов и нормируются параметры. Если уровень воздействия опасного или вредного фактора, превышает установленные нормативы, то необходимо предусматривать специальные защитные меры в его источнике или на пути распространения.

Целью выполнения этой части работ являются:

- ознакомление с принципами и критериями гигиенического нормирования;
- ознакомление с воздействием нормируемых факторов на человека;
- изучением методов и приборов для измерения нормируемых величин;
- оценка соответствия измеренных и нормируемых параметров воздействия.

Задачи нормирования: повышение безопасности труда и быта, исключение травм; предупреждение профессиональных заболеваний, гигиена труда; эргономика, оптимизация условий труда, сохранение работоспособности; снижение негативного воздействия атмосферы, воды, почвы, продуктов; техническое нормирование, повышение надежности, безаварийности приборов, машин, сооружений и т.п.

Нормируемый параметр – параметр, который наиболее полно отражает негативное воздействие фактора, легко измеряемый и рассчитываемый, его размерность, диапазон измерения.

Принципы установления предельно допустимого воздействия:

- принцип безвредности – приоритет медико-биологических показателей перед технологическими, экономическими и другими показателями;

- принцип опережения – обоснование нормативов и осуществление профилактических мероприятий до внедрения тех или иных процессов и веществ, недостаточно изученных;
- принцип порогового действия – пороговой величиной вредного фактора принято считать дозу энергии или концентрацию вещества, не вызывающую неблагоприятных изменений в организме за счет приспособительных реакций;
- принцип моделирования – базовой моделью при исследовании отдаленных последствий вредных факторов являются лабораторные животные;
- принцип лимитирующего показателя (принцип «слабого звена») – вредный фактор может вызвать разнообразные реакции организма, и величина норматива выбирается на уровне наименьшего из значений;
- принцип комплексного (интегрального) нормирования – учитываются особенности комбинированного действия нескольких вредных факторов.

Количественная оценка опасных и вредных факторов производится путем инструментальных замеров.

Изучению классификации средств защиты и их эффективному применению посвящена часть работ по *защите*.

Целью части работ по защите является:

- ознакомление с видами устройств защиты от негативных факторов;
- оценка эффективности применения устройств защиты.

Инженерная практика выработала широкий спектр средств защиты, срабатывающих в нештатных ситуациях или в том случае, когда общеинженерные меры защиты в источнике не обеспечивают нормируемых параметров. Средства защиты должны снижать до допустимых уровней потоки веществ и энергии.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для обеспечения жизнедеятельности человека необходима воздушная среда определённого качественного и количественного состава. Нормальный газовый состав воздуха следующий (об. %): азот – 78,02; кислород – 20,95; углекислый газ – 0,03; аргон, неон, криптон, ксенон, радон, озон, водород – суммарно до 0,94. В реальном воздухе, кроме того, содержатся различные примеси (пыль, газы, пары), оказывающие вредное воздействие на организм человека.

2. НОРМИРОВАНИЕ

Основной физической характеристикой примесей в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений является концентрация массы ($мг$) вещества в единице объёма ($м^3$) воздуха при нормальных метеорологических условиях. От вида, концентрации примесей и длительности воздействия зависит их влияние на природные объекты.

Нормирование содержания вредных веществ (пыль, газы, пары и т.д.) в воздухе проводят по предельно допустимым концентрациям (ПДК).

ПДК – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населённых мест нормируют по списку Минздрава № 3086 – 84 (1,3), а для воздуха рабочей зоны производственных

помещений – по ГОСТ 12.1.005.88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых пунктов нормируют по максимально разовой и среднесуточной концентрации примесей.

ПДК_{max} – основная характеристика опасности вредного вещества, которая установлена для предупреждения возникновения рефлекторных реакций человека (ощущение запаха, световая чувствительность и др.) при кратковременном воздействии (не более 30 мин.)

ПДК_{cc} – установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вредного вещества при воздействии более 30 мин.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны – это такая концентрация, которая при ежедневном воздействии (но не более 41 часа в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека, обнаруживаемых современными методами исследований, в период работы или в отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

3.1. Получив методические указания по практическим занятиям, переписать форму табл. 1.1. на чистый лист бумаги.

3.2. Используя нормативно-техническую документацию (табл. 1.2.), заполнить графы 4...8 табл. 1.1.

3.3. Выбрав вариант задания из табл. 1.3, заполнить графы 1...3 табл. 1.1.

3.4. Сопоставить заданные по варианту (см. табл. 1.3.) концентрации вещества с предельно допустимыми (табл. 1.2.) и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из веществ в графах 9...11 табл. 1.1., т.е. $< \text{ПДК}$, $> \text{ПДК}$, $= \text{ПДК}$,

обозначая соответствие нормам знаком «+», а несоответствие знаком «-».

3.5. Подписать отчёт и сдать преподавателю.

Примечание. В настоящем задании рассматривается только независимое действие представленных в варианте вредных веществ.

Таблица 1.1. Исходные данные и нормируемые значения содержания вредных веществ

Вариант	Вещество	Концентрация вредного вещества, мг/м ³				Класс опасности	Особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из веществ		
		Фактическая	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов				В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов при времени воздействия	
				максимально разовая ≤30 мин	среднесуточная >30 мин				< 30 мин	>30 мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Оксид углерода	5	20	5	3	4	0	<ПДК (+)	=ПДК (+)	>ПДК (-)

Таблица 1.2. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, мг/м³

Вещество	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов		Класс опасности	Особенности и воздействия
		Максимальная разовая ≤30 мин	Среднесуточная ; воздействие >30 мин		
Азота диоксид	2	0,085	0,04	2	О
Азота оксиды	5	0,6	0,06	3	О
Азотная кислота	2	0,4	0,15	2	-
Акролеин	0,2	0,03	0,03	3	-
Алюминия оксид	6	0,2	0,04	4	Ф
Аммиак	20	0,2	0,04	4	-

Ацетон	20	0,2	0,04	4	-
Аэрозоль ванадия пентаоксида	0,1	-	0,002	1	-
Бензол	5	1,5	0,1	2	К
Винилацетат	10	0,15	0,15	3	-
Вольфрам	6	-	0,1	3	Ф
Вольфрамовый ангидрид	6	-	0,15	3	Ф
Гексан	300	60	-	4	-
Дихлорэтан	10	3	1	2	-
Кремния диоксид	1	0,15	0,06	3	Ф
Ксилол	50	0,2	0,2	3	Ф
Метанол	5	1	0,5	3	-
Озон	0,1	0,16	0,03	1	О
Полипропилен	10	3	3	3	-
Ртуть	0,01/ 0,005	-	0,0003	1	-
Серная кислота	1	0,3	0,1	2	-
Сернистый ангидрид	10	0,5	0,05	3	-
Сода кальцинированная	2	-	-	3	-
Соляная кислота	5	-	-	2	-
Толуол	50	0,6	0,6	3	-
Углерода оксид	20	5	3	4	Ф
Фенол	0,3	0,01	0,003	2	-
Формальдегид	0,5	0,035	0,003	2	О, А
Хлор	1	0,1	0,03	2	О
Хрома оксид	1	-	-	3	А
Хрома триоксид	0,01	0,0015	0,0015	1	К, А
Цементная пыль	6	-	-	4	Ф
Этилендиамин	2	0,001	0,001	3	-
Этанол	1000	5	5	4	-

Примечание: *О* – вещества с остронаправленным действием, за содержанием которых в воздухе требуется автоматический контроль; *А* – вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях; *К* – канцерогены, *Ф* – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

4. Таблица 1.3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ
ПО ТЕМЕ «ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ,
СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ»

Вариант	Вещество	Фактическая концентрация
01	Фенол	0,001
	Азота оксиды	0,1
	Углерода оксид	10
	Вольфрам	5
	Полипропилен	5
	Ацетон	0,5
02	Аммиак	0,01
	Ацетон	150
	Бензол	0,05
	Озон	0,001
	Дихлорэтан	5
	Фенол	0,5
03	Акролеин	0,01
	Дихлорэтан	4
	Хлор	0,02
	Углерода оксид	10
	Сернистый ангидрид	0,03
	Хрома оксид	0,1
04	Озон	0,01
	Метиловый спирт	0,2
	Ксилол	0,5
	Азота диоксид	0,5
	Формальдегид	0,01
	Толуол	0,05
05	Акролеин	0,01
	Дихлорэтан	5
	Озон	0,01
	Углерода оксид	15
	Формальдегид	0,02
	Вольфрам	4

06	Азота диоксид	0,04
	Аммиак	0,5
	Хрома оксид	0,2
	Сернистый ангидрид	0,5
	Ртуть	0,001
	Акролеин	0,01
07	Этиловый спирт	150
	Углерода оксид	15
	Озон	0,01
	Серная кислота	0,05
	Соляная кислота	5
	Сернистый ангидрид	0,5
08	Аммиак	0,5
	Азота диоксид	1
	Вольфрамовый ангидрид	5
	Хрома оксид	0,2
	Озон	0,001
	Дихлорэтан	5
09	Азота диоксид	5
	Озон	0,001
	Углерода оксид	10
	Дихлорэтан	5
	Сода кальцинированная	1
	Ртуть	0,001
10	Ацетон	0,2
	Углерода оксид	15
	Кремния диоксид	0,2
	Фенол	0,003
	Формальдегид	0,02
	Толуол	0,5
11	Азота оксиды	0,1
	Алюминия оксид	5
	Фенол	0,01
	Бензол	0,05
	Формальдегид	0,01
	Винил-ацетат	0,1

12	Азотная кислота	0,5
	Толуол	0,6
	Винилацетат	0,15
	Углерода оксид	10
	Алюминия оксид	5
	Гексан	0,01
13	Азота диоксид	0,5
	Ацетон	0,2
	Бензол	0,05
	Фенол	0,01
	Углерода оксид	10
	Винилацетат	0,1
14	Акролеин	0,01
	Дихлорэтан	5
	Хлор	0,01
	Хрома триоксид	0,1
	Ксилол	0,3
	Ацетон	150
15	Углерода оксид	10
	Этилендиамин	0,1
	Аммиак	0,1
	Азота диоксид	5
	Ацетон	100
	Бензол	0,05
16	Серная кислота	0,5
	Азотная кислота	0,5
	Вольфрам	0,2
	Кремния диоксид	0,01
	Фенол	0,2
	Ацетон	0,001
17	Аммиак	0,001
	Азота оксиды	0,1
	Вольфрам	4
	Алюминия оксид	5
	Углерода оксид	5
	Фенол	0,01

18	Ацетон	0,3
	Фенол	0,005
	Формальдегид	0,02
	Полипропилен	8
	Толуол	0,07
	Винилацетат	0,15
19	Метанол	0,3
	Этанол	100
	Цементная пыль	200
	Углерода оксид	15
	Ртуть	0,001
	Ксилол	0,5
20	Углерода оксид	10
	Азота диоксид	1,0
	Формальдегид	0,02
	Акролеин	0.01
	Дихлорэтан	5
	Озон	0,02
21	Аэрозоль ванадия пентаоксида	0,1
	Хрома триоксид	0,1
	Хлор	0,02
	Углерода оксид	10
	Азота диоксид	1,0
	Озон	0.1
22	Сернистый ангидрид	0,5
	Серная кислота	0,05
	Вольфрамовый ангидрид	5
	Хрома оксид	0,2
	Азота диоксид	0,05
	Аммиак	0,5
23	Азота оксиды	0,1
	Алюминия оксид	5
	Формальдегид	0,02
	Винилацетат	0,1
	Бензол	0,05
	Фенол	0,005

24	Аммиак	0,05
	Азота оксиды	0,1
	Углерода оксид	15
	Фенол	0,005
	Вольфрам	4
	Алюминия оксид	5
25	Азотная кислота	0,5
	Серная кислота	0,5
	Ацетон	100
	Кремния диоксид	0,2
	Фенол	0,001
	Озон	0,001
26	Ацетон	0,15
	Озон	0,05
	Фенол	0,02
	Кремния диоксид	0,15
	Фенол	0,9
	Озон	0,05
27	Акролеин	0,01
	Дихлорэтан	5
	Озон	0,01
	Углерода оксид	20
	Вольфрам	5
	Формальдегид	0,02
28	Аммиак	0,02
	Азота диоксид	5
	Хрома оксид	0,2
	Ксилол	0,5
	Ртуть	0,0005
	Гексан	0,01
29	Озон	0,05
	Азота диоксид	1
	Углерода оксид	15
	Хлор	0,2
	Хрома триоксид	0,09
	Аэрозоль ванадия пентаоксида	0,05

30	Аммиак	0,4
	Азота диоксид	0,5
	Хрома оксид	0,18
	Соляная кислота	4
	Серная кислота	0,04
	Сернистый ангидрид	0,4

5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ «ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ»

1. Исходные данные:

Вариант	Вещество	Фактическая концентрация, мг/л
№ ---	Азота диоксид	0,5
	Ацетон	0,2
	Бензол	0,05
	Фенол	0,01
	Углерода оксид	10
	Винилацетат	0,1

2. Цель работы: сопоставить данные по варианту концентрации веществ с предельно допустимыми и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из этих веществ.

3. Ход работы:

Нормирование содержания вредных веществ (пыль, газы, пары и т.д.) в воздухе проводят по предельно допустимым концентрациям (ПДК):

ПДК – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населённых мест нормируют по списку Минздрава № 3086 – 84, а для воздуха рабочей зоны производственных помещений – по ГОСТ 12.1.005.88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых пунктов нормируют по максимально разовой и среднесуточной концентрации примесей.

ПДК_{max} – основная характеристика опасности вредного вещества, которая установлена для предупреждения возникновения рефлекторных реакций человека (ощущение запаха, световая чувствительность и др.) при кратковременном воздействии (не более 30 мин.)

ПДК_{сс} – установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вредного вещества при воздействии более 30 мин.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны – это такая концентрация, которая при ежедневном воздействии (но не более 41 часа в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека, обнаруживаемых современными методами исследований, в период работы или в отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Используя табл. 1.2. «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, мг/м³» и данные варианта из табл. 1.3. заполним таблицу:

Вариант	Вещество	Концентрация вредного вещества, мг/м3				Класс опасности	Особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из веществ		
		Фактическая	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов				В воздухе рабочей зоны	В воздухе населённых пунктов при времени воздействия	
				максимально разовая ≤30 мин	среднесуточная >30 мин				≤30 мин	>30 мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
№ -- -	Азота диоксид	0,5	2	0,085	0,04	2	0	<ПДК (+)	>ПДК (-)	>ПДК (-)
	Ацетон	0,2	200	0,35	0,35	4	-	<ПДК (+)	<ПДК (+)	<ПДК (+)
	Бензол	0,05	5	1,5	0,1	2	К	<ПДК (+)	<ПДК (+)	<ПДК (+)
	Фенол	0,01	0,3	0,01	0,003	2	-	<ПДК (+)	=ПДК (+)	>ПДК (-)
	Углерода оксид	10	20	5	3	4	Ф	<ПДК (+)	>ПДК (-)	>ПДК (-)
	Винилацетат	0,1	10	0,15	0,15	3	-	<ПДК (+)	<ПДК (+)	<ПДК (+)

Вывод:

1. Фактические концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны находится в норме.

2. В воздухе населённых пунктов при времени воздействия менее или 30 минут:

– фактическая концентрация диоксида азота и оксида углерода превышают установленные максимально разовые ПДК для данных веществ.

В воздухе населённых пунктов при времени при воздействии свыше 30 минут:

– фактические концентрации диоксида азота, оксида углерода и фенола превышают среднесуточные ПДК, установленные для этих веществ.

3. Следовательно, производство является вредным для людей, проживающих рядом. Необходимо принять соответствующие меры.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

1. Общие требования.

Вода – один из важнейших компонентов биосферы и необходимый фактор существования живых организмов. В настоящее время антропогенное воздействие на гидросферу значительно возросло. Открытые водоемы и подземные водоисточники относятся к объектам Государственного санитарного надзора. Требования к качеству воды регламентируются соответствующими нормативными документами.

В соответствии с нормативными требованиями качество питьевой воды оценивают по трем показателям: бактериологическому, содержанию токсических веществ и органолептическим свойствам.

Основные источники загрязнения водоемов – бытовые сточные воды и стоки промышленных предприятий. Поверхностный сток (ливневые воды) – непостоянный по времени, количеству и качеству фактор загрязнения водоемов. Загрязнение водоемов происходит также в результате работы водного транспорта и лесосплава.

Различают водоиспользование двух категорий:

1. К первой категории относится использование водного объекта в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности;
2. Ко второй категории относится использование водного объекта для купания, спорта и отдыха населения, а также использование водных объектов, находящихся в черте населенных мест.

В качестве гигиенических нормативов принимают предельно допустимые концентрации (ПДК) – максимально допустимые концентрации, при которых содержащиеся в воде

вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на организм человека в течение всей жизни и не ухудшают гигиенические условия водопользования. ПДК вредных веществ в водных объектах первой и второй категорий водопользования приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. ПДК веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения

Вещество	ЛПВ	ПДК, мг/л	Класс опасности
Алюминий	С-г	0,5	2
Ацетальдегид	Орг.	0,2	4
Ацетон	Общ.	2,2	3
Барий	С-г	0,1	2
Бенз(а)пирен	С-г	0,000005	1
Бензин	Орг.	0,1	3
Бензол	С-г	0,5	2
Бериллий	С-г	0,0002	1
Бор	С-г	0,5	2
Бром	С-г	0,2	2
Бутилбензол	Орг.	0,1	3
Бутилен	Орг.	0,2	3
Ванадий	С-г	0,1	3
Винилацетат	С-г	0,2	2
Висмут	С-г	0,1	2
Вольфрам	С-г	0,05	2
Гидрохинон	Орг.	0,2	4
Глицерин	Общ.	0,5	4
Диметилфталат	С-г	0,3	3
Диэтиламин	С-г	2,0	3
Железо	Орг.	0,3	3
Кадмий	С-г	0,01	2
Кальция фосфат	Общ.	3,51	4
Капролактан	Общ.	1,0	4
Керосин технический	Орг.	0,01	4
Кобальт	С-г	0,1	2
Кремний	С-г	10,0	2

Литий	С-г	0,03	2
Марганец	Орг.	0,1	3
Медь	Орг.	1,0	3
Метилмеркаптан	Орг.	0,0002	4
Молибден	С-г	0,25	2
Мышьяк	С-г	0,05	2
Натрий	С-г	200,0	2
Натрия хлорат	Орг.	20,0	3
Нафталин	Орг.	0,01	4
Нефть многосернистая	Орг.	0,1	4
Никель	С-г	0,1	3
Ниобий	С-г	0,01	2
Нитраты	С-г	45,0	3
Нитриты	С-г	3,3	2
Пропилбензол	Орг.	0,2	3
Пропилен	Орг.	0,5	3
Ртуть	С-г	0,0005	1
Свинец	С-г	0,03	2
Селен	С-г	0,01	2
Сероуглерод	Орг.	1,0	4
Скипидар	Орг.	0,2	4
Стирол	Орг.	0,1	3
Стрептоцид	Общ.	0,5	4
Стронций (стабильный)	С-г	7,0	2
Сульфаты	Орг.	500,0	4
Сульфиды	Общ.	Отсутствие	3
Таллий	С-г	0,0001	1
Натрия тиосульфат	Общ.	2,5	3
Фенол	Орг.	0,001	4
Формальдегид	С-г	0,05	2
Фосфор элементарный	С-г	0,0001	1
Фтор	С-г	1,5	2
Хлор активный	Общ.	Отсутствие	3

Примечание. К лимитирующим показателям вредности (ЛПВ) относятся: санитарно-токсикологический (с-т); общесанитарный (общ); органолептический (орг.).

В соответствии с действующей классификацией химические вещества по степени опасности подразделяют на четыре класса: 1-й класс – чрезвычайно опасные; 2-й класс – высокоопасные; 3-й класс – опасные; 4-й класс – умеренно опасные.

В основу классификации положены показатели, характеризующие степень опасности для человека веществ, загрязняющих воду, в зависимости от их общей токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдаленные побочные действия.

Если в воде присутствуют несколько веществ 1-го и 2-го классов опасности, сумма отношений концентраций (C_1, C_2, \dots, C_n) каждого из веществ в водном объекте к соответствующим значениям ПДК не должна превышать единицы:

$$C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n / \text{ПДК}_n \leq 1 \quad (2.1.)$$

2. Порядок выполнения задания.

2.1. Ознакомиться с методикой.

2.2. Выбрать вариант (табл. 2.2.).

2.3. Дать классификацию нормативных требований к питьевой воде.

2.4. Дать классификацию категорий водопользования.

2.5. Перечислить лимитирующие показатели вредности.

2.6. Привести гигиенические нормативы для вредных веществ, содержащихся в пробах питьевой воды по варианту.

2.7. Сравнить фактические значения концентраций вредных веществ по варианту (табл. 2.2.) с нормативными (табл. 2.1.).

2.8. При наличии веществ 1-го и 2-го классов опасности провести оценку качества питьевой воды по формуле (2.1.).

2.9. Подписать отчет и сдать преподавателю.

3. Таблица 2.2. Варианты заданий к практической работе по теме «Оценка качества питьевой воды».

Вариант	Вредное вещество	Фактическая концентрация, мг/л
1.	2.	3.
01	Алюминий Бериллий Бутилен Ацетон Хлор активный	0,4 0,0001 0,15 2,0 0,0001
02	Свинец Висмут Скипидар Нитраты Фенол	0,02 0,08 0,1 40,0 0,0002
03	Медь Ниобий Селен Нафталин Натрия хлорат	0,8 0,005 0,002 0,02 10,0
04	Бензин Ртуть Фосфор элементарный Диметилфталат Нефть многосернистая	0,006 0,0001 0,0001 1,0 0,001
05	Фтор Глицерин Кадмий Диэтиламин Бутилбензол	1,0 0,3 0,01 1,0 0,01
06	Ванадий Железо Кобальт Кальция фосфат таллий	0,05 0,04 0,1 3,0 0,0001
07	Бенз(а)пирен Кремний Гидрохинон Ацетальдегид Стирол	0,00001 1,0 0,1 0,05 0,01
08	Марганец Сульфаты Литий Нитриты Формальдегид	0,04 50,0 0,01 3,5 0,03

09	Капролактам	0,7
	Метилмеркаптан	0,00001
	Бром	0,15
	Вольфрам	0,04
10	Натрий	150,0
	Молбден	0,4
	Керосин технический	0,005
	Стронций стабильный	2,5
	Никель	0,1
11	Стрептоцид	0,4
	Барий	0,07
	Алюминий	0,45
	Фенол	0,0008
12	Нитриты	3,0
	Скипидар	0,2
	Стронций стабильный	5,0
	Нитриты	2,5
	Медь	0,9
13	Нафталин	0,01
	Литий	0,02
	Мышьяк	0,01
	Натрия тиосульфат	1,5
14	Фтор	1,0
	Алюминий	0,35
	Марганец	0,01
	Бензин	0,1
	Никель	0,1
15	Селен	0,007
	Барий	0,01
	Литий	0,02
	Сульфиды	0,00002
	Винилацетат	0,15
16	Сероуглерод	1,2
	Бензол	0,4
	Натрия тиосульфат	2,0
	Мышьяк	0,003
	Бор	0,3
17	Пропилен	0,4
	Сульфиды	0,00001
	Глицерин	0,6
	Фтор	1,0
	Пропилен	0,45
18	Ниобий	0,008
	Натрий	150,0
	Никель	0,4
	Кадмий	0,001
18	Ванадий	0,1
	Бутилен	0,17
	Бром	0,1
	Стирол	0,1

19	Стирол	0,09
	Капролактан	0,5
	Ртуть	0,0004
	Таллий	0,00005
20	Кремний	6,7
	Формальдегид	0,04
	Вольфрам	0,04
	Кобальт	0,05
	Скипидар	0,2
21	Диметилфталат	1,5
	Селен	0,005
	Алюминий	0,1
	Фтор	1,3
	Винилацетат	0,16
22	Нитраты	35,0
	Ацетальдегид	0,1
	Формальдегид	0,02
	Сульфид	0,0001
	Ртуть	0,0001
23	Стронций стабильный	1,0
	Натрия тиосульфат	0,5
	Никель	0,1
	Медь	0,2
	Барий	0,05
24	Висмут	0,01
	Бензин	0,1
	Нитриты	1,0
	Мышьяк	0,01
	Бром	0,15
25	Кальция фосфат	2,5
	Вольфрам	0,04
	Марганец	0,15
	Глицерин	0,4
	Натрий	150,0
26	Кобальт	0,1
	Хлор активный	0,00001
	Кадмий	0,0005
	Таллий	0,00006
	Диэтиламин	2,2
27	Фенол	0,0001
	Стирол	0,1
	Бенз(а)пирен	0,000001
	Свинец	0,01
	Бор	0,3
28	Сероуглерод	0,5
	Скипидар	0,1
	Ацетон	1,0
	Литий	0,01
	Железо	0,1
	Бензол	0,3

29	Фосфор элементарный	0,0001
	Сульфаты	6,0
	Кремний	1,0
	Бутилен	0,1
	Нафталин	0,02
30	Ниобий	0,01
	Молибден	0,2
	Бериллий	0,0001
	Натрий	150,0
	Стрептоцид	0,4
	Гидрохинон	0,01

4. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ работы «оценка качества питьевой воды»

1. Исходные данные:

Вариант	Вредное вещество	Фактическая концентрация, мг/л
1.	2.	3.
№ ---	Бор	0,5
	Ацетон	0,0001
	Алюминий	0,4
	Сероуглерод	0,3
	Бериллий	0,0001
	Бутилен	0,15
	Хлор активный	2,0

2. Цель работы: дать оценку качеству питьевой воды по данным варианта.

3. Ход работы:

В соответствии с нормативными требованиями качество питьевой воды оценивают по трем показателям: бактериологическому, содержанию токсических веществ и органолептическим свойствам.

Основные источники загрязнения водоемов – бытовые сточные воды и стоки промышленных предприятий. Поверхностный сток (ливневые воды) – непостоянный по времени, количеству и качеству фактор загрязнения водоемов. Загрязнение водоемов происходит также в результате работы водного транспорта и лесосплава.

Различают водоиспользование двух категорий: к первой категории относится использование водного объекта в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности; ко второй категории относится использование водного объекта для купания, спорта и отдыха населения, а также использование водных объектов, находящихся в черте населенных мест. В качестве гигиенических нормативов принимают предельно допустимые концентрации (ПДК) – максимально допустимые концентрации, при которых содержащиеся в воде вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на организм человека в течение всей жизни и не ухудшают гигиенические условия водопользования.

В соответствии с действующей классификацией химические вещества по степени опасности подразделяют на четыре класса: 1-й класс – чрезвычайно опасные; 2-й класс – высокоопасные; 3-й класс – опасные; 4-й класс – умеренно опасные.

По таблице 2.1. «ПДК веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения» находим данные ПДК, ЛПВ и классы опасности веществ, которые даны в варианте (см. табл. 2.2) и заполняем таблицу:

Вариант	Вредное вещество	Фактическая концентрация, мг/л	ЛПВ	ПДК, мг/л	Класс опасности	Данные для расчета
1	2	3	4	5	6	7
№ ---	Бор	0,5	С-т	0,5	2	2
	Ацетон	0,0001	Общ.	2,2	3	
	Алюминий	0,4	С-т.	0,5	2	2
	Сероуглерод	0,3	Орг.	1	4	
	Бериллий	0,0001	С-т.	0,0002	1	1
	Бутилен	0,15	Орг.	0,2	3	
	Хлор активный	2,0	Общ.	Отсутствие	3	

Сравним фактические значения концентраций вредных веществ с нормативными:

Бор - не превышена ПДК; ацетон – концентрация в воде намного меньше ПДК; алюминий – концентрация меньше ПДК; сероуглерод – меньше ПДК; бериллий – меньше ПДК; бутилен – меньше ПДК; хлор активный – ПДК не установлена.

Из табл. 2.2. видно, что по данным варианта в воде находятся 7 веществ различных классов опасности, но только 3 из них относятся к 1-му и 2-му классам опасности.

Если в воде присутствуют несколько веществ 1-го и 2-го классов опасности, сумма отношений концентраций (C_1, C_2, \dots, C_n) каждого из веществ в водном объекте к соответствующим значениям ПДК не должна превышать единицы (согласно формуле 3.1.):

$$C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n / \text{ПДК}_n \leq 1$$
$$0,5 / 0,5 + 0,4 / 0,5 + 0,0001 / 0,0002 = 1 + 0,8 + 0,5 = 2,3$$

Вывод: По результатам расчета сумма отношений концентраций (C_1, C_2, \dots, C_n) веществ 1-го и 2-го классов опасности в водном объекте к соответствующим значениям ПДК превышает единицу и равна 2.3, следовательно, вода не относится к 1-ой категории водопользования и не является питьевой. Концентрации остальных веществ, находящихся в воде не превышают предельно допустимых значений. Вода относится ко 2-ой категории водопользования.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

1. РАСЧЕТ ЧАСТОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ. ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМИ.

В настоящее время произошел огромный скачок в развитии технических средств. Большинство населения фактически живет в весьма сложном электромагнитном поле (ЭМП), которое становится все труднее и труднее характеризовать: интенсивность этого поля в миллионы раз превосходит уровень планетарного магнитного поля и резко отличается по своим характеристикам от полей естественного происхождения.

Особенно резко напряженность полей возрастает вблизи линий электропередач (ЛЭП), радио и телестанций, средств радиолокации и радиосвязи (в том числе мобильной и спутниковой), различных энергетических и энергоемких установок, городского транспорта. В бытовых условиях повышение электромагнитных полей вызывается применением электроприборов, видеодисплейных терминалов, сотовых телефонов, которые излучают ЭМП самой различной частоты, модуляции и интенсивности.

Масштабы электромагнитного загрязнения среды стали столь существенными, что Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила эту проблему в число наиболее актуальных в этом столетии для здоровья человека.

В настоящее время установлено влияние электромагнитных полей и излучений на все органы человеческого организма. Отрицательное воздействие ЭМП на человека и иные компоненты экосистем прямо пропорциональны мощности поля и времени облучения. Длительное воздействие сильных ЭМП вызывает у человека нарушения эндокринной системы, обменных процессов, функции головного и спинного мозга, повышает склонность к

депрессиям и даже самоубийству и увеличивает вероятность развития сердечнососудистых заболеваний и раковых опухолей.

Электромагнитное поле - это совокупность двух неразрывно связанных между собой переменных полей, характеризующихся напряженностью электрической ($E, В/м$) и магнитной ($H, А/м$) составляющих. Изменение этого поля в пространстве происходит с той же частотой ($f, Гц$), с которой пульсирует ток в проводнике.

Расстояние, на которое распространяется электромагнитная волна за один период, называется длиной волны $\lambda=c/f$, где c - скорость света, $м/с$.

Пространство вокруг источника ЭМП можно разделить на три зоны:

зону индукции - формирования волны, которая находится на расстоянии $R < \lambda/2\pi$;

зону интерференции, которая характеризуется наличием максимумов и минимумов потока энергии и находится на расстоянии R от источника: $\lambda/2\pi < R < 2\pi\lambda$;

зону излучения на расстоянии $R > 2\pi\lambda$.

При распространении ЭМП происходит перенос энергии, величина которой определяется вектором Умова-Пойтинга. Величина этого вектора измеряется в $Вт/м^2$ и называется интенсивностью I или плотностью потока энергии (ППЭ).

В первой зоне характеристическими критериями ЭМП являются отдельно напряженности электрической E и магнитной H составляющих, в зонах интерференции и излучения - комплексная величина ППЭ I . В табл. 3.1. приведена классификация ЭМП в зависимости от диапазона радиочастот.

Таблица 3.1. Классификация ЭМП в зависимости от диапазона радиочастот

Диапазон радиочастот	f , Гц	λ , м	Нормируемые
Высокие - ВЧ	30 кГц...3МГц ($3 \cdot 10^4$... $3 \cdot 10^6$ Гц)	10 000...100	Е, Н ЭН _Е , ЭН _Н
Ультравысокие - УВЧ	3МГц...300МГц ($3 \cdot 10^6$... $3 \cdot 10^8$ Гц)	100...1	То же
Сверхвысокие - СВЧ	300МГц...300ГГц ($3 \cdot 10^8$... $3 \cdot 10^{11}$ Гц)	1...0,001	І, ЭН _{ППЭ}

В ВЧ- диапазоне электромагнитного поля длина волны намного больше размеров тела человека. Диэлектрические процессы, происходящие под воздействием ЭМП этого диапазона, выражены слабо. В результате происходит сокращение мышц, разогрев организма, страдает нервная система, повышается утомляемость.

На более высоких частотах в УВЧ- и СВЧ- диапазонах длина волны становится соизмерима с размерами человека и его отдельными органами, в тканях начинают преобладать диэлектрические потери, в электролитах (крови и лимфе) наводятся ионные вихревые токи. Энергия ЭМП поглощается организмом, превращаясь в тепловую энергию, нарушаются обменные процессы в клетках. До значения плотности потока поля $I \leq 10 \text{ Вм/м}^2$, называемого тепловым порогом, механизмы терморегуляции организма справляются с подводимым теплом. При большой интенсивности может повыситься температура. Особенно страдают органы со слабовыраженным механизмом терморегуляции: мозг, глаза, желчный и мочевой пузырь, нервная система. Облучение глаз может привести к помутнению кристаллика (катаракте), возможны ожоги роговицы. Наблюдаются трофические явления в организме, старение и шелушение кожи, выпадение волос, ломкость ногтей.

В зависимости от интенсивности и времени воздействия изменения в организме могут быть обратимыми и

необратимыми. Доказана наибольшая биологическая активность микроволнового СВЧ- поля в сравнении с ВЧ и УВЧ.

Таким образом, если не принять мер защиты, то излучаемая электромагнитная энергия может оказать вредное влияние на организм человека.

Нормирование ведется в соответствии с Санитарными правилами и нормами (СанПиН) и документами системы безопасности труда (ССБТ).

Нормирование полей промышленной частоты 50 Гц в условиях производства:

- осуществляется по напряженности электрической составляющей поля $E_d \leq 5 \text{ кВ/м}$ - при нахождении в контролируемой зоне работника в течение всего рабочего дня,
- при напряженности $5 - 20 \text{ кВ/м}$ допустимое время нахождения рассчитывается по специальной формуле ($T_d = (50/E_{изм}) - 2$, где $E_{изм}$ - измеренная величина напряженности).

Предельно допустимый уровень напряженности для производства 25 кВ/м . Для жилого сектора напряженность от линии электропередач не должна превышать:

- на территории жилой застройки 1 кВ/м ;
- внутри жилых зданий $0,5 \text{ кВ/м}$.

Нормирование полей радиочастотного диапазона (данные приведены в таблице 3.2.).

Для бытовых источников ЭМП массового использования, таких как сотовые телефоны и микроволновые печи, существуют специальные нормы.

1. Гигиенические нормативы ГН 2.1.8./2.2.4.019 - 94. Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системой сотовой связи. В работе этих систем используется следующий принцип: территория города и района делится на небольшие зоны (соты) радиусом $0,5 - 2 \text{ км}$, в центре каждой зоны располагается базовая станция. Системы сотовой радиосвязи

работают в интервале $400 \text{ МГц} - 1,2 \text{ ГГц}$, т.е. в СВЧ-диапазоне. Максимальная мощность передатчиков базовых станций не превышает 100 Вт , коэффициент усиления антенны $10 - 16 \text{ дБ}$. Мощность передатчиков автомобильных станций $8 - 20 \text{ Вт}$, ручных радиотелефонов $0,8 - 5 \text{ Вт}$. Лица, профессионально связанные с источниками ЭМП, подвергаются его воздействию в течение рабочего дня, население, проживающее в непосредственной близости от базовых станций, - до 24 ч в сутки, пользователи - только во время телефонных разговоров. Временно допустимые уровни (ВДУ) облучения:

профессиональное воздействие - предельно допустимое значение $I_{\text{ПД}} = 2/t, \text{ Вт/м}^2, I_{\text{ПДмакс}} \leq 10 \text{ Вт/м}^2;$

непрофессиональное воздействие - облучение населения, проживающего вблизи антенн базовых станций - $I_{\text{ПД}} \leq 0,1 \text{ Вт/м}^2;$ облучение пользователей радиотелефонов - $I_{\text{ПД}} \leq 1 \text{ Вт/м}^2;$

2. Предельно допустимые уровни плотности потока энергии, создаваемой микроволновыми печами в бытовых условиях - до $0,1 \text{ Вт/м}^2$ на расстоянии $50 \pm 5 \text{ см}$ от любой точки микроволновой печи.

Для защиты от ЭПМ РЧ используются следующие методы:

- уменьшение излучения в источнике;
- изменение направленности излучения;
- уменьшение времени воздействия;
- увеличение расстояния до источника излучения;
- защитное экранирование;
- применение средств индивидуальной защиты.

2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

2.1. ОЦЕНКА УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ (ЭСП)

В соответствии с выданным преподавателем заданием оценка уровня воздействия производится в следующей последовательности:

1. Произведите расчет предельно допустимого уровня напряженности электростатического поля при воздействии на персонал более одного часа за смену по формуле:

$$E_{\text{пду}} = 60 / \sqrt{t}, \quad (3.1.),$$

где $E_{\text{пду}}$ – предельно допустимый уровень напряженности поля, кВ/м ; t – время воздействия, ч .

Предельно допустимый уровень (ПДУ) напряженности электростатического поля ($E_{\text{пду}}$) устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 часа.

2. Определите допустимое время пребывания в ЭСП по формуле:

$$t_{\text{доп}} = (60 / E_{\text{факт}}), \quad (3.2.),$$

где $E_{\text{факт}}$ – фактическое значение напряженности ЭСП, кВ/м .

При напряженности ЭСП, превышающей 60 кВ/м , работа без применения средств защиты не допускается, а при напряженности менее 20 кВ/м время пребывания не регламентируется.

3. По полученным расчетам сделайте вывод о времени работы персонала в ЭСП, в том числе с использованием средств защиты.б

2.2. ОЦЕНКА УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ (ЭМП) РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ

Оценка ЭМП различного диапазона частот осуществляется раздельно по напряженностям электрического поля (E , кВ/м) и магнитного поля (H , А/м) или индукции магнитного поля (B , мкТл), в диапазоне частот $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$ по плотности потока энергии (ППЭ, Вт/м^2), в диапазоне частот $30 \text{ кГц} - 300 \text{ ГГц}$ – по величине энергетической экспозиции.

2.2.1. ЭМП ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 $\kappa B/м$.

Оценка и нормирование ЭМП промышленной частоты на рабочих местах персонала проводится дифференцированно в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле.

1. Произведите расчет допустимого времени пребывания персонала (в соответствии с вариантом задания) в ЭП при напряженностях от 5 до 20 $\kappa B/м$ по формуле:

$$T = (50 / E) - 2, (3.3.),$$

где E – напряженность электрического поля в контролируемой зоне (E_1, E_2, E_3), $\kappa B/м$; T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

При напряженности ЭП от 20 до 25 $\kappa B/м$ допустимое время пребывания составляет 10 мин. Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 $\kappa B/м$ без средств защиты не допускается.

2. Рассчитайте время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП по формуле:

$$T_{np} = 8 \cdot (t_{E1}/T_{E1} + t_{E2}/T_{E2} + t_{E3}/T_{E3} + t_{En}/T_{En}), (3.4.),$$

где T_{np} – приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребывания в ЭП нижней границы нормируемой напряженности, ч; $t_{E1}, t_{E2}, t_{E3}, t_{En}$ – время пребывания в контролируемых зонах напряженностями E_1, E_2, E_3, E_n , ч; $T_{E1}, T_{E2}, T_{E3}, T_{En}$ – допустимое время пребывания для соответствующих зон, ч.

Проведенное время не должно превышать 8 ч. Различие в уровнях напряженности ЭП контролируемых зон устанавливается в 1 $\kappa B/м$.

Требования действительны при условии, что проведение работ не связано с подъемом на высоту, исключена

возможность воздействия электрических разрядов на персонал, а также при условиях защитного заземления всех изолированных от земли предметов, конструкций, частей оборудования, машин, механизмов, к которым возможно прикосновение работающих в зонах влияния ЭП.

2.2.2. ЭМП ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 30 КГЦ – 300 ГГЦ

Оценка и нормирование ЭМП осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ). Энергетическая экспозиция ЭМП определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека.

1. Рассчитайте энергетическую экспозицию в диапазоне частот $30 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$ (в соответствии с заданием) по формулам:

$$\text{ЭЭ}_e = E^2 \cdot T, \quad (3.5.),$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T, \quad (3.6.),$$

где E – напряженность электрического поля, В/м ; H – напряженность магнитного поля, А/м ; T – время воздействия на рабочем месте за смену, ч .

2. Рассчитайте энергетическую экспозицию по плотности потока энергии в диапазоне частот $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$ по формуле:

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T, \quad (3.7.),$$

где ППЭ – плотность потока энергии (мкВт/см^2).

Предельно допустимые уровни энергетических экспозиций (ЭЭПДУ) на рабочих местах персонала за смену приведены в табл. 3.2.

Максимальные допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии ЭМП не должны превышать значений, представленных в табл. 3.3.

Таблица 3.2. ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц

Параметр	ЭЭ _{ПДУ} в диапазонах частот, МГц				
	0,03 – 3,0	3,0 – 30,0	30,0 – 50,0	50,0 – 300,0	300,0 – 300 000,0
1.	2.	3.	4.	5.	6.
ЭЭ _е , (В/м) ² ч	20 000	7000	800	800	-
ЭЭ _н (А/м) ² ч	200	-	0,72	-	-
ЭЭ _{ППЭ} (мкВ/см) ² ч	-	-	-	-	200

Таблица 3.3. Максимальные ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц

Параметр	ЭЭ _{ПДУ} в диапазонах частот, МГц				
	0,03 – 3,0	3,0 – 30,0	30,0 – 50,0	50,0 – 300,0	300,0 – 300 000,0
1.	2.	3.	4.	5.	6.
Е, (В/м) ²	500	295	80	80	-
Н, (А/м) ²	50	-	3,0	-	-
ППЭ, мкВ/см ²	-	-	-	-	1000 – 5000*

*Для условий локального облучения кистей рук.

Предельно допустимые уровни ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц для населения отражены в табл. 3.4.

3. Определите предельно допустимый уровень ЭМП для средств связи и телевизионного вещания по формуле:

$$E_{\text{ПДУ}} = 21 \cdot f^{0,37}, \quad (3.8.),$$

где $E_{\text{ПДУ}}$ – значение предельно допустимого уровня напряженности электрического поля, В/м; f – частота, МГц.

4. Рассчитайте предельно допустимый уровень плотности потока энергии при локальном облучении кистей рук при работе с микрополосовыми устройствами по формуле:

$$\text{ППЭ}_{\text{ППД}} = (K \cdot \text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}}) / T, \quad (3.9.),$$

где $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭпду}}$ – предельно допустимый уровень энергетической экспозиции потока энергии, равной 200 мкВт/см^2 (табл. 3.2.); K – коэффициент ослабления биологической эффективности, равный $12,5$; T – время пребывания в зоне облучения за рабочий день (рабочую смену), ч.

Таблица 3.4. Предельно допустимые уровни ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц для населения

Диапазон частот	30-300 кГц	0,3 – 3 МГц	3 – 30 МГц	30 – 300 МГц	0,3 – 300 ГГц
Нормируемый параметр	Напряженность электрического поля E, В/м				Плотность потока энергии ППЭ, мкВт/см^2
Предельно допустимый уровень	25	15	10	3	1000 – 2500**

*кроме средств радио- и телевизионного вещания (диапазон частот 48,5–108; 174–230 МГц). ** для случаев облучения от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования.

Во всех случаях максимальное значение $\text{ППЭ}_{\text{пду}}$ не должно превышать 50 Вт/м^2 (5000 мкВт/см^2).

5. Рассчитайте предельно допустимую плотность потока энергии при облучении лиц от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования с частотой не более 1 кГц и скважностью не менее 20 по формуле:

$$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = K \cdot (\text{ЭЭ}_{\text{ППЭпду}} / T), \quad (3.10.),$$

где K – коэффициент ослабления биологической активности прерывистых воздействий, равный 10.

При этом плотность потока энергии не должна превышать для диапазона частот 300 МГц – 300 ГГц - 10 Вт/м^2 (1000 мкВт/см^2).

6. Определите предельно допустимое значение интенсивности ЭМИ в диапазоне 60 кГц – 300 МГц ($E_{ПДУ}$, $H_{ПДУ}$, $ППЭ_{ПДУ}$) в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены) по формулам:

$$E_{ПДУ} = (\mathcal{E}\mathcal{E}_{E_{ПДУ}} / T)^{1/2}, \quad (3.11.),$$

$$H_{ПДУ} = (\mathcal{E}\mathcal{E}_{H_{ПДУ}} / T)^{1/2}, \quad (3.12.),$$

$$ППЭ_{ПДУ} = \mathcal{E}\mathcal{E}_{ППЭ_{ПДУ}} / T, \quad (3.13.),$$

где $E_{ПДУ}$, $H_{ПДУ}$ и $ППЭ_{ПДУ}$ – предельно допустимые уровни напряженности электрического, магнитного поля и плотность потока энергии; $\mathcal{E}\mathcal{E}_E$, $\mathcal{E}\mathcal{E}_H$, и $\mathcal{E}\mathcal{E}_{ППЭ_{ПДУ}}$ – предельно допустимые уровни энергетической экспозиции в течение рабочего дня (рабочей смены), указанные в табл. 3.2.

Значения предельно допустимых уровней напряженности электрической ($E_{ПДУ}$), магнитной ($H_{ПДУ}$) составляющих и плотности потока энергии ($ППЭ_{ПДУ}$) в зависимости от продолжительности воздействия ЭМИ радиочастот приведены в табл. 3.5., 3.6.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля диапазона частот 10–30 кГц при воздействии в течение всего рабочего дня (рабочей смены) составляют 500 В/м и 50 А/м, а при работе до двух часов за смену – 1000 В/м и 100 А/м соответственно.

В диапазонах частот 30 кГц – 3 МГц и 30 – 50 МГц учитывается ЭЭ создаваемые как электрическим ($\mathcal{E}\mathcal{E}_E$), так и магнитными ($\mathcal{E}\mathcal{E}_H$) полями:

$$(\mathcal{E}\mathcal{E}_E / \mathcal{E}\mathcal{E}_{E_{ПДУ}}) + (\mathcal{E}\mathcal{E}_H / \mathcal{E}\mathcal{E}_{H_{ПДУ}}) \leq 1, \quad (3.14.),$$

При облучении от нескольких источников ЭМП, работающих в частотных диапазонах, для которых установлены различные ПДУ, должны соблюдаться следующие условия:

$$(\mathcal{E}\mathcal{E}_{E1} / \mathcal{E}\mathcal{E}_{E_{ПДУ1}}) + (\mathcal{E}\mathcal{E}_{E2} / \mathcal{E}\mathcal{E}_{E_{ПДУ2}}) + (\mathcal{E}\mathcal{E}_{En} / \mathcal{E}\mathcal{E}_{E_{ПДУn}}) + \dots + \leq 1, \quad (3.15.)$$

Таблица 3.5. Предельно допустимые уровни напряженности электрической и магнитной составляющих в диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц в зависимости от продолжительности воздействия

Продолжительность воздействия Т, ч	Е _{ПДУ} , В/м			Н _{ПДУ} , А/м	
	0,03 – 3 МГц	3 – 30 МГц	30 – 300 МГц	0,3 – 3 МГц	30 – 50 МГц
8,0 и более	50	30	10	5,0	0,30
7,5	52	31	10	5,0	0,31
7,0	53	32	11	5,3	0,32
6,5	55	33	11	5,5	0,33
6,0	58	34	12	5,8	0,34
5,5	60	36	12	6,0	0,36
5,0	63	37	13	6,3	0,38
4,5	67	39	13	6,7	0,40
4,0	71	42	14	7,1	0,42
3,5	76	45	15	7,6	0,45
3,0	82	48	16	8,2	0,49
2,5	89	52	18	8,9	0,54
2,0	100	59	20	19,0	0,60
1,5	115	68	23	1,5	0,69
1,0	141	84	28	14,2	0,85
90,5	200	118	40	20,0	1,20
0,25	283	168	57	28,3	1,70
0,125	400	236	80	40,0	2,40
0,08 и менее	500	296	80	50,0	3,00

Примечание. При продолжительности воздействия менее 0,08ч дальнейшее повышение интенсивности не допускается.

При одновременном или последовательном облучении персонала от источников, работающих в непрерывном режиме, и от антенн, излучающих в режиме кругового обзора и сканирования, суммарная ЭЭ рассчитывается по формуле:

$$ЭЭ_{ППЭ\ сум} = ЭЭ_{ППЭ\ н} \cdot ЭЭ_{ППЭ\ пр}, \quad (3.16.),$$

где $ЭЭ_{ППЭ\ сум}$ – суммарная ЭЭ, которая не должна превышать 200 мкВт/см²ч; $ЭЭ_{ППЭ\ н}$ – ЭЭ, создаваемая непрерывным излучением; $ЭЭ_{ППЭ\ пр}$ – ЭЭ, создаваемая прерывистым излучением вращающихся или сканирующих антенн, равная $(0,1 \cdot ППЭ_{пр} \cdot T_{пр})$.

Таблица 3.6. Предельно допустимые уровни плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц в зависимости от продолжительности воздействия

Продолжительность воздействия Т, ч	ППЭ $\rho_{ДУ}$, мкВт/см ²
8,0 и более	25
7,5	27
7,0	29
6,5	31
6,0	33
5,5	36
5,0	40,0
4,5	44
4,0	50
3,5	57
3,0	67
2,5	80
2,0	100
1,5	133
1,0	200
90,5	400
0,25	800
0,2 и менее	1000

Примечание. При продолжительности воздействия менее 0,2 часа дальнейшее повышение интенсивности воздействия не допускается.

В данной работе мы не рассматриваем импульсные электромагнитные поля радиотехнических объектов (ИЭМП).

2.3. ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

В целях предупреждения неблагоприятного влияния на состояние здоровья производственного персонала объектов и населения ЭМП используют комплекс мер, включающий в себя проведение организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Основной способ защиты населения от возможного вредного воздействия ЭМП ЛЭП - создание охранных зон

шириной от 15 до 30 м в зависимости от напряжения линий электропередачи. На открытой местности применяют тросовые экраны, железобетонные заборы, высаживают деревья высотой более 2 м.

Организационные мероприятия включают:

- выделение зон воздействия ЭМП (с уровнем, превышающим ПДУ с ограждением и обозначением соответствующими предупредительными знаками);
- выбор рациональных режимов работы оборудования;
- расположение рабочих мест и маршрутов передвижения обслуживающего персонала на расстояниях от источников ЭМП, обеспечивающих соблюдение ПДУ;
- ремонт оборудования, являющегося источником ЭМП, следует проводить по возможности вне зоны влияния полей от других источников;
- организацией системы оповещения о работе источников ЭМП;
- разработка инструкции по безопасным условиям труда при работе с источником ЭМП;
- соблюдение правил безопасной эксплуатации источников ЭМП.

Инженерно-технические мероприятия включают:

- рациональное размещение оборудования;
- организация дистанционного управления аппаратурой;
- заземление всех изолированных от земли крупногабаритных объектов, включая машины и механизмы, металлические трубы отопления, водоснабжения и т. д., а также вентиляционные устройства;
- использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала (поглотители мощности, экранирование отдельных блоков или всей излучающей аппаратуры, рабочего места, использование минимальной необходимой мощности генератора, покрытие

стен, пола и потолка помещений радиопоглощающими материалами);

– применение средств коллективной и индивидуальной защиты (защитные очки, щитки, шлемы; защитная одежда - комбинезоны и костюмы с капюшонами, изготовленные из специальной электропроводящей, радиоотражающей или радиопоглощающей ткани; рукавицы или перчатки, обувь). Все части защитной одежды должны иметь между собой электрический контакт.

Лечебно-профилактические мероприятия:

– все лица, профессионально связанные с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП, в том числе импульсных, должны проходить предварительный при поступлении на работу (отбор для работы с импульсными источниками) и периодические профилактические медосмотры в соответствии с действующим законодательством;

– лица, не достигшие 18-летнего возраста и беременные женщины допускаются к работе в условиях возникновения ЭМП только в случаях, когда интенсивность ЭМП на рабочих местах не превышает ПДУ, установленный для населения;

– контроль за условиями труда, за соблюдением санитарно-эпидемиологических правил и нормативов на рабочих местах;

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Выбрать вариант (см. табл. 3.7.).

Ознакомится с методикой расчета.

3.1. В соответствии с данными варианта дать оценку уровня воздействия электростатического поля (ЭСП), определить допустимое время пребывания в ЭСП. По полученным расчетам сделайте вывод о времени работы персонала в ЭСП, в том числе с использованием средств защиты.

3.2. Дать оценку уровня воздействия электромагнитных полей (ЭМП) различных диапазонов промышленных частот согласно данным варианта:

3.2.1. ЭМП ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ. Рассчитать время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП.

3.2.2. ЭМП ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 30 КГц – 300 ГГц. Рассчитать энергетическую экспозицию в диапазоне частот $30 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$ (в соответствии с заданием). Рассчитать энергетическую экспозицию по плотности потока энергии в диапазоне частот $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$. Определить предельно допустимый уровень ЭМП для средств связи и телевизионного вещания. Рассчитать предельно допустимый уровень плотности потока энергии при локальном облучении кистей рук при работе с микрополосовыми устройствами. Рассчитать предельно допустимую плотность потока энергии при облучении лиц от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования. Определить предельно допустимое значение интенсивности ЭМИ в диапазоне $60 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$ ($E_{ПДУ}$, $H_{ПДУ}$, $ППЭ_{ПДУ}$) в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены).

3.3. Пописать отчет и сдать преподавателю.

4. Таблица 3.7. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Вариант	Время воздействия	$E_{\text{факт.}}$ кВ/м	$E_{1,1}$ кВ/м	$E_{2,1}$ кВ/м	$E_{3,1}$ кВ/м	T_{E1}	T_{E2}	T_{E3}	E_1 В/м	H_1 А/м	$III \Sigma_2$ Вт/м ²	F_1 МГц	$\Sigma E_{\text{инт.}}$ (В/м) ² ч	$\Sigma A_{\text{инт.}}$ (А/м) ² ч
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
1.	8	60	5	6	7	1,5	1,3	2,2	0,5	0,1	1	50	20 000	200
2.	7,5	50	8	9	10	0,9	0,7	0,5	1	0,2	2	60	7 000	0,72
3.	7	40	11	12	13	0,8	0,6	1,7	1,5	0,3	3	70	800	200
4.	6,5	30	14	15	16	1,6	0,8	1,2	2	0,4	4	80	800	0,72
5.	6	20	17	18	19	1,0	0,9	0,6	2,5	0,5	5	90	7 000	200
6.	5,5	25	20	19	18	0,2	0,5	0,8	3	0,6	6	100	20 000	0,72
7.	5	35	11	12	13	0,8	1,7	1,0	4	0,15	7	175	20 000	200
8.	4,5	45	12	13	14	0,6	1,6	1,2	4,5	0,25	8	180	7 000	0,72
9.	4	55	15	16	17	1,5	2,2	0,7	3,5	0,35	9	182	800	200
10.	3,5	60	18	19	20	0,8	1,7	0,9	4,5	0,45	10	184	800	0,72
11.	3	50	19	18	17	1,3	0,9	0,5	5	0,55	9,5	186	7 000	200
12.	2,5	40	16	15	14	1,2	1,0	0,7	5,5	0,2	8,5	188	20 000	0,72
13.	2	30	13	12	11	0,5	1,4	0,8	4,5	0,3	7,5	190	20 000	200
14.	1,5	20	10	9	8	0,6	0,8	1,3	4	0,4	6,5	192	7 000	0,72
15.	3	25	7	6	5	1,7	1,6	0,8	3	0,5	5,5	194	800	200
16.	2,5	35	4	5	6	1,2	1,0	0,9	3,5	0,6	4,5	196	800	0,72
17.	1,5	45	7	8	9	0,3	0,2	0,5	2	0,1	3,5	198	7 000	200

18.	2	55	10	11	12	0,7	0,9	2,1	2,5	0,15	2,5	200	20 000	0,72
19.	3	60	13	14	15	1,3	1,5	0,8	1,5	0,2	1,5	202	20 000	200
20.	3,5	50	16	17	18	0,9	0,3	0,2	5	0,25	2	205	7 000	0,72
21.	4	40	19	18	17	2,2	0,8	1,7	5,5	0,3	3	210	800	200
22.	5	30	16	15	14	1,6	1,2	0,9	4,5	0,35	4	215	800	0,72
23.	6	20	13	12	11	0,6	1,7	0,8	3,5	0,4	5	220	7 000	200
24.	6,5	25	10	9	8	1,5	2,4	1,2	3,0	0,45	6	225	20 000	0,72
25.	7	35	7	6	5	1,7	0,9	0,5	2,5	0,5	7	230	7 000	200
26.	6,5	30	14	15	16	1,6	0,8	1,2	2	0,4	4	80	800	0,72
27.	6	20	17	18	19	1,0	0,9	0,6	2,5	0,5	5	90	7 000	200
28.	5,5	25	20	19	18	0,2	0,5	0,8	3	0,6	6	100	20 000	0,72
29.	5	35	11	12	13	0,8	1,7	1,0	4	0,15	7	175	20 000	200
30.	4,5	45	12	13	14	0,6	1,6	1,2	4,5	0,25	8	180	7 000	0,72

5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ «РАСЧЕТ ЧАСТОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ. ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМИ»

1. Исходные данные:

Вариант	Время воздействия	$E_{\text{факт}}, \text{кВ/м}$	$E_{1,}, \text{кВ/м}$	$E_{2,}, \text{кВ/м}$	$E_{3,}, \text{кВ/м}$	T_{E1}	T_{E2}	T_{E3}	$E, \text{В/м}$	$H, \text{А/м}$	ППЭ, Вт/м^2	$F, \text{МГц}$	$\text{ЭЭ}_{\text{Еппу}}, (\text{В/м})^2\text{ч}$	$\text{ЭЭ}_{\text{Нпду}}, (\text{А/м})^2\text{ч}$	$E_{\text{макс}}, \text{кВ/м}$	$t_{\text{фр}}, \text{нс}$	$T_{\text{пульс}}, \text{нс}$
1.	2	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10	11.	12	13.	14.	15.	16.	17.	18
№	5	35	11	12	13	0,8	1,7	1,0	4	0,15	7	175	200	200	4,0	13	120

2. Цель работы: провести расчет ЭМП, часто используемых в производственных условиях и сравнить их с допустимыми величинами для разработки мероприятий по защите от воздействия ЭМП.

3. Ход работы:

В настоящее время установлено влияние электромагнитных полей и излучений на все органы человеческого организма. Отрицательное воздействие ЭМП на человека и на иные компоненты экосистем прямо пропорциональны мощности поля и времени облучения. Длительное воздействие сильных ЭМП вызывает у человека нарушения эндокринной системы, обменных процессов, функции головного и спинного мозга, повышает склонность к депрессиям и даже самоубийству и увеличивает вероятность развития сердечнососудистых заболеваний и раковых опухолей.

1. ОЦЕНКА УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ (ЭСП)

1.1. Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля при воздействии на персонал более одного часа за смену определим по формуле (3.1.):

$$E_{\text{ПДУ}} = 60 / \sqrt{t}$$

В нашем случае:

$$E_{\text{ПДУ}} = 60 / \sqrt{5} = 26,7 \text{ (кВ/м)},$$

где $E_{\text{ПДУ}}$ – предельно допустимый уровень напряженности поля, кВ/м ; $t = 5$ – время воздействия, ч.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) напряженности электростатического поля ($E_{\text{ПДУ}}$) устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 часа .

Определим допустимое время пребывания в ЭСП по формуле (3.2.):

$$t_{\text{доп}} = (60 / E_{\text{факт.}})^2$$

В нашем случае:

$t_{\text{доп}} = (60 / 35)^2 = 2,9 \text{ (ч)}$, где $E_{\text{факт.}}$ – фактическое значение напряженности ЭСП, кВ/м .

2. ОЦЕНКА УРОВНЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ (ЭМП) РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ

2.1. ЭМП ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

2.1.1. Допустимое время пребывания персонала в ЭП при напряженностях от 5 до 20 кВ/м определяем по формуле (3.3.):

$$T_{E1} = (50 / E) - 2$$

В нашем случае:

$$T_{E1} = (50 / E_1) - 2 = (50 / 11) - 2 = 2,5 \text{ (ч)}$$

$$T_{E2} = (50 / E_2) - 2 = (50 / 12) - 2 = 2,2 \text{ (ч)}$$

$$T_{E3} = (50 / E_3) - 2 = (50 / 13) - 2 = 1,8 \text{ (ч)},$$

где E – напряженность электрического поля в контролируемой зоне (E_1, E_2, E_3), кВ/м ;

T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

2.1.2. Время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП по формуле (3.4.):

$$T_{\text{пр.}} = 8 \cdot (t_{E1}/T_{E1} + t_{E2}/T_{E2} + t_{E3}/T_{E3} + \dots + t_{En}/T_{En})$$

В нашем случае:

$$T_{\text{пр.}} = 8 \cdot (0,8 / 2,5 + 1,7 / 2,2 + 1,0 / 1,8) = 8 \cdot (0,32 + 0,77 + 0,56) = 13,2 \text{ (ч)}$$

$$13,2 \text{ (ч)} > 8 \text{ (ч)},$$

где $T_{\text{пр}}$ – приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребывания в ЭП нижней границы нормируемой напряженности, ч; $t_{E1}, t_{E2}, t_{E4}, t_{En}$ – время пребывания в контролируемых зонах напряженностями E_1, E_2, E_3, E_n , ч; $T_{E1}, T_{E2}, T_{E3}, T_{En}$ – допустимое время пребывания для соответствующих зон, ч.

2.2. ЭМП ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 30 кГц – 300 ГГц

Оценка и нормирование ЭМП осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ). Энергетическая экспозиция ЭМП определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека.

2.2.1. Энергетическая экспозиция в диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц определяется по формулам (3.5.) и (3.6.):

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T,$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T$$

В нашем случае: $\text{ЭЭ}_E = 4^2 \cdot 5 = 80 \text{ (В/м)}, \text{ ЭЭ}_H = 0,15^2 \cdot 5 = 0,1125 \text{ (А/м)}$, где $E = 4 \text{ В/м}$ – напряженность электрического поля; $H = 0,15 \text{ А/м}$ – напряженность магнитного поля; $T = 5 \text{ ч}$ – время воздействия на рабочем месте за смену.

2.2.2. Энергетическая экспозиция по плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц определяется по формуле (3.7.): $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T$

В нашем случае:

$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = 700 \cdot 5 = 3500 \text{ (мкВт/см}^2\text{)}$, где $\text{ППЭ} = 700 \text{ (мкВт/см}^2\text{)}$ - плотность потока энергии.

Предельно допустимый уровень ЭМП для средств связи и телевизионного вещания определяется по формуле (3.8.):

$$E_{\text{пду}} = 21 \cdot f^{0,37}$$

В нашем случае:

$$E_{\text{пду}} = 21 \cdot 175^{-0,37} = 3,1 \text{ (В/м)},$$

где $E_{\text{пду}}$ – значение предельно допустимого уровня напряженности электрического поля, В/м; f – частота, МГц.

Предельно допустимый уровень ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц для населения не должен превышать $3 \text{ В/м} = 300 \text{ мкВт/см}^2$.

2.2.4. Предельно допустимый уровень плотности потока энергии при локальном облучении кистей рук при работе с микрополосовыми устройствами определяется по формуле (3.9.):

$$\text{ППЭ}_{\text{ППД}} = (K \cdot \text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}_{\text{пду}}}) / T$$

В нашем случае:

$\text{ППЭ}_{\text{ППД}} = (12,5 \cdot 200) / 5 = 500 \text{ (мкВт/см}^2\text{)} = 5 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$, где $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}_{\text{пду}}}$ – предельно допустимый уровень энергетической экспозиции потока энергии, равная 200 мкВт/см^2 (табл. 3.2.); K – коэффициент ослабления биологической эффективности, равный 12,5; T – время пребывания в зоне облучения за рабочий день (рабочую смену), ч.

2.2.5. Предельно допустимая плотность потока энергии при облучении лиц от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования с частотой не более 1 кГц и скважностью не менее 20 определяется по формуле (3.10):

$$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = K \cdot (\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}_{\text{пду}}} / T)$$

В нашем случае:

$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = 10 \cdot (200 / 5) = 400 \text{ (мкВт/см}^2\text{)} = 4 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$, где K – коэффициент ослабления биологической активности прерывистых воздействий, равный 10.

2.2.6. Предельно допустимое значение интенсивности ЭМИ в диапазоне $60 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$ ($E_{\text{ПДУ}}$, $H_{\text{ПДУ}}$, $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}$) в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены) определяется по формулам (3.11.), (3.12.), (3.13.):

$$E_{\text{пду}} = (\text{ЭЭ}_{\text{Епду}} / T)^{1/2}$$

В нашем случае:

$$E_{\text{пду}} = (20\,000 / 5)^{1/2} = 63,2 \text{ (В/м)}, \text{ т.е. } (63,2 > 63) \ 63,2 < 800$$

$$H_{\text{пду}} = (\text{ЭЭ}_{\text{Нпду}} / T)^{1/2}$$

В нашем случае:

$$H_{\text{пду}} = (200 / 5)^{1/2} = 6,3 \text{ (А/м)}, \text{ т.е. } (6,3 = 6,3)$$

$$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = \text{ЭЭ}_{\text{ППЭ пду}} / T$$

В нашем случае:

$$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = 2 / 5 = 0,40 \text{ (Вм/м}^2\text{)},$$

где $E_{\text{ПДУ}}$, $H_{\text{ПДУ}}$ и $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}$ – предельно допустимые уровни напряженности электрического, магнитного поля и плотность потока энергии; ЭЭ_E , ЭЭ_H , и $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ пду}}$ – предельно допустимые уровни энергетической экспозиции в течение рабочего дня (рабочей смены).

Вывод:

1. Воздействие электростатического поля. В данном варианте $20 < E_{\text{факт}} = 35 \text{ кВ/м} < 60 \text{ кВ/м}$, следовательно, время работы регламентируется (2,9 ч), но возможна работа без применения специальных средств защиты.

3. ЭМП промышленной частоты: Допустимое время пребывания в контролируемых зонах $E_1 = 11 \text{ кВ/м}$, $E_2 = 12 \text{ кВ/м}$, $E_3 = 13 \text{ кВ/м}$ соответственно - 2 ч; 2,2ч; 1,8ч. Приведенное время превышает 8 ч, что является недопустимым.

3. ЭМП диапазона частот $30 \text{ кГц} - 300 \text{ ГГц}$: Энергетическая экспозиция ЭМП при частоте 175 МГц $\text{ЭЭ}_E = 80 \text{ В/м}^2$ – не превышает $\text{ЭЭ}_{\text{ПДУ}} = 800 \text{ В/м}^2$; $\text{ЭЭ}_H = 0,1125 \text{ А/м} - \text{ЭЭ}_{\text{ПДУ Н}} \text{ (А/м)}^2$ ч не нормируется. Энергетическая экспозиция по плотности потока $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} < \text{ЭЭ}_{\text{ПДУ}}$, т.е. $3500 < 8000$, т.е. допустима. Предельно допустимый уровень для средств связи $E_{\text{нду}} = 3,1$

В/м. Максимальное значение $ППЭ_{ПДУ}$ при локальном облучении кистей рук не превышает 50 Вт/м^2 (5000 мкВт/см^2), т.е. $5 \text{ Вт/м}^2 < 50 \text{ Вт/м}^2$. Плотность потока энергии при облучении от антенн $ППЭ_{ПДУ} = 4$ (Вт/м^2) не превышает допустимого значения для диапазона частот $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$ - 10 Вт/м^2 (1000 мкВт/см^2). Значения предельно допустимых уровней напряженности в диапазоне $60 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$: электрической $E_{ПДУ} = 13 \text{ В/м}$ составляющей меньше, чем по варианту ($63,2 \text{ В/м}$); магнитной составляющей $H_{ПДУ}$ - не нормируется, по варианту - $6,3 \text{ А/м}$; плотности потока энергии $ППЭ_{ПДУ} = 40 \text{ мкВт/см}^2$ равна значению по варианту - $ППЭ_{ПДУ} = 0,40 \text{ Вт/м}^2$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

РАСЧЁТ КОНТУРНОГО ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В ЦЕХАХ С ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000В

1. Общие сведения

Защитное заземляющее устройство, предназначенное для защиты людей от поражения электрическим током при переходе напряжения на металлические части электрооборудования, представляет собой специально выполненное соединение конструктивных металлических частей электрооборудования (вычислительная техника, приборостроительные комплексы, испытательные стенды, станки, аппараты, светильники, щиты управления, шкафы и пр.), нормально не находящихся под напряжением, с заземлителями, расположенными непосредственно в земле.

В качестве искусственных заземлителей используют стальные трубы длиной $1,5...4$ м, диаметром $25...50$ мм, которые забивают в землю, а также металлические стержни и полосы. Для достижения требуемого сопротивления заземлителя, как правило, используют несколько труб (стержней), забитых в землю и соединённых там металлической (стальной) полосой.

Контурным защитным заземлением называется система, состоящая из труб, забиваемых вокруг здания цеха, в котором расположены электроустановки.

Заземление электроустановок необходимо выполнять:

- при напряжении выше $380В$ переменного и $440В$ постоянного тока в помещениях без повышенной опасности, т. е. во всех случаях;
- при номинальном напряжении выше $42В$ переменного и $110В$ постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках;
- при любых напряжениях переменного и постоянного тока во взрывоопасных помещениях.

Ниже приведены классификация и характеристика помещений.

Помещения без повышенной опасности:

Помещения без повышенной опасности - помещения, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную опасность или особую опасность

Помещения с повышенной опасностью:

Помещения с повышенной опасностью - помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:

- сырость (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%);
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.д.);
- высокая температура (температура в помещении постоянно или периодически превышает 35⁰С);
- возможность одновременного прикосновения человека к соединённым с землёй металлоконструкциям зданий с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования с другой.

Помещения особо опасные:

Помещения особо опасные - помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:

- особая опасность – относительная влажность близка к 100% (потолок, стены, пол, предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой);
- химически активная или органическая среда (в помещении содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения и плесень);
- наличие одновременно двух и более условий для помещений повышенной опасности.

На электрических установках напряжением до 1000В одиночные заземлители соединяют стальной полосой толщиной не менее 4мм и сечением не менее 48мм². Для

уменьшения экранирования рекомендуется одиночные заземлители располагать на расстоянии не менее 2,5...3 м один от другого.

2. Методика расчета.

Сопротивление растеканию тока, $Ом$, через одиночный заземлитель из труб диаметром 25...50мм.

$$R_{тр} = 0,9 (\rho/l_{тр}), (4.1),$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, которые выбирают в зависимости от его типа, $Ом\cdot см$ (для песка оно равно 40000...70000, для супеси – 15000...40000, для суглинка - 4000...15000, для глины – 800...7000, для чернозёма - 900...5300); $l_{тр}$ – длина трубы, $м$.

Затем определяют ориентировочное число вертикальных заземлителей без учёта коэффициента экранирования

$$n = R_{тр} / r, (4.2),$$

где r - допустимое сопротивление заземляющего устройства, $Ом$.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) на электрических установках напряжением до 1000В допустимое сопротивление заземляющего устройства равно не более 4 $Ом$.

Разместив вертикальные заземлители на плане и определив расстояние между ними, определяют коэффициент экранирования заземлителей по табл. 4.1.

Число вертикальных заземлителей с учётом коэффициента экранирования

$$n_1 = n / \eta_{мп}, (4.3.)$$

Таблица 4.1. Коэффициенты экранирования заземлителей

$\eta_{гр}$

Число труб (уголков)	Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине	$\eta_{гр}$	Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине	$\eta_{гр}$	Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине	$\eta_{гр}$
4	1	0,66...0,72	2	0,76...0,80	3	0,84...0,86
6	1	0,58...0,65	2	0,71...0,75	3	0,78...0,82
10	1	0,52...0,58	2	0,66...0,71	3	0,74...0,78
20	1	0,44...0,50	2	0,61...0,66	3	0,68...0,73
40	1	0,38...0,44	2	0,55...0,61	3	0,64...0,69
60	1	0,36...0,42	2	0,52...0,58	3	0,62...0,67

Длина соединительной полосы, м,

$$l_n = n_l \cdot a, \quad (4.4.),$$

где a – расстояние между заземлителями, м.

Если расчётная длина соединительной полосы получилась меньше периметра цеха (задаётся по варианту), то длину соединительной полосы необходимо принять равной периметру цеха плюс 12...16 м. После этого следует уточнить значение $\eta_{гр}$. Если $a / l_{гр} > 3$, принимают $\eta_{гр} = 1$.

Сопротивление растеканию электрического тока через соединительную полосу, Ом.

$$R_n = 2,1 \cdot (p / l_n), \quad (4.5.)$$

Результирующее сопротивление растеканию тока всего заземляющего устройства, Ом.

$$R_з = R_{гр} \cdot R_n / (\eta_n \cdot R_{гр} + \eta_{гр} \cdot R_n \cdot n_l), \quad (4.6.),$$

где η_n – коэффициент экранирования соединительной полосы (табл. 4.2.)

Таблица 4.2. Коэффициенты экранирования соединительной полосы

Отношение расстояния между заземлителями к их длине	Число труб					
	4	8	10	20	30	40
1	0,45	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28
3	0,70	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37

Полученное результирующее сопротивление растеканию тока всего заземляющего устройства сравнивают с допустимым.

На плане цеха размещают вертикальные заземлители и соединительную полосу.

3. Порядок выполнения задания.

3.1. Выбрать вариант (табл. 4.3.).

3.2. Рассчитать результирующее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства и сравнить с допустимым сопротивлением.

3.3. Подписать отчёт и сдать преподавателю.

4. Таблица 4.3. Варианты заданий к работе по теме «Расчёт контурного защитного заземления в цехах с электроустановками напряжением до 1000 В»

Вариант	Габаритные размеры цеха, м		Удельное сопротивление грунта, Ом · см
	длина	ширина	
1.	2.	3.	4.
01	60	18	12000
02	72	24	10000
03	66	24	13000
04	72	18	15000
05	90	24	18000
06	72	24	21000
07	72	18	24000
08	90	24	27000

09	72	24	30000
10	66	18	33000
11	60	18	36000
12	66	12	39000
13	72	18	42000
14	90	18	45000
15	36	12	50000
16	24	12	54000
17	12	12	58000
18	24	12	62000
19	18	12	10000
20	18	24	10000
21	60	24	11000
22	54	18	10000
23	48	18	13000
24	66	24	50000
25	60	18	18000
26	72	24	21000
27	72	18	24000
28	66	24	27000
29	7	24	30000
30	60	24	33000

5. Пример выполнения работы «Расчёт контурного защитного заземления в цехах с электроустановками напряжением до 1000 В»

1. Исходные данные:

Вариант	Габаритные размеры цеха, м		Удельное сопротивление грунта, Ом·см
	длина	ширина	
№ -	72	18	42 000

2. Цель работы: рассчитать результирующее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства и сравнить с допустимым сопротивлением.

3. Ход работы:

Защитное заземляющее устройство, предназначенное для защиты людей от поражения электрическим током при переходе напряжения на металлические части

электрооборудования, представляет собой специально выполненное соединение конструктивных металлических частей электрооборудования (вычислительная техника, приборостроительные комплексы, испытательные стенды, станки, аппараты, светильники, щиты управления, шкафы и пр.), нормально не находящихся под напряжением, с заземлителями, расположенными непосредственно в земле.

Контурным защитным заземлением называется система, состоящая из труб, забиваемых вокруг здания цеха, в котором расположены электроустановки.

Заземление электроустановок необходимо выполнять:

- при напряжении выше $380В$ переменного и $440В$ постоянного тока в помещениях без повышенной опасности, т. е. во всех случаях;
- при номинальном напряжении выше $42В$ переменного и $110В$ постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках;
- при любых напряжениях переменного и постоянного тока во взрывоопасных помещениях.

На электрических установках напряжением до $1000В$ одиночные заземлители соединяют стальной полосой толщиной не менее $4мм$ и сечением не менее $48мм^2$. Для уменьшения экранирования рекомендуется одиночные заземлители располагать на расстоянии не менее $2,5...3 м$ один от другого.

1. Сопротивление растеканию тока, через одиночный заземлитель диаметром $25...30 мм$ рассчитаем по формуле(4.1.)

$$R_{тр} = 0,9 (\rho / I_{тр}),$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, $L_{мп}$ – длина трубы, $1,5...4м$. Принимаем $L_{мп} = 2,75 м$.

В нашем случае:

$$R_{тр} = 0,9 \cdot (420 / 2,75) = 137,5 (Ом).$$

2. Определяем примерное число заземлителей без учёта коэффициента экранирования по формуле (4.2.):

$$n = R_{\text{тр}} / r,$$

где r – допустимое сопротивление заземляющего устройства, 4 Ом.

В нашем случае:

$$n = 137,5 / 4 = 34,4 \text{ (шт.)}.$$

3. Определяем коэффициент экранирования заземлителей:

- расстояние между трубами 2,5...3м – принимаем 2,75м,
- длина труб – 2,75м,
- отношение расстояния к длине - 1,
- число труб – 34,4 \approx 40 (шт.).

По табл. 4.1. выбираем $\eta_{\text{тр}}$

$$\eta_{\text{тр}} = 0,38 \dots 0,44$$

3.1. Число вертикальных заземлителей с учётом коэффициента экранирования определяем по формуле (4.3.):

$$n_1 = n / \eta_{\text{тр}}$$

В нашем случае:

$$n_1 = 34,4 / 0,38 = 90,4 \text{ (шт.)}.$$

3.2. Длину соединительной полосы определяем по формуле (3.4.):

$$l_n = n_1 \cdot a = 90,4 \cdot 2,75 = 248,7 \text{ (м)},$$

где a – расстояние между заземлителями.

Периметр цеха p , м:

$$p = (a + b) \cdot 2 = (72 + 18) \cdot 2 = 180 \text{ (м)}.$$

Расчетная длина соединительной полосы не менее периметра цеха.

3.3. Сопротивление растеканию электрического тока через соединительную полосу, $Ом$, определяем по формуле (4.5.):

$$R_n = 2,1 \left(\frac{\rho}{l_n} \right),$$

где η_n – коэффициент экранирования соединительной полосы.

В нашем случае:

$$R_n = 2,1 \left(\frac{420}{248,7} \right) = 3,55 (Ом),$$

3.7. Результирующее сопротивление растеканию тока всего заземляющего устройства, $Ом$, определяем по формуле (4.6.):

$$R_3 = R_{mp} \cdot R_n / (\eta_n \cdot R_{mp} + \eta_{mp} \cdot R_n \cdot n_1)$$

где η_n – коэффициент экранирования соединительной полосы, $\eta_n = 0,21$.

В нашем случае:

$$R_3 = \frac{137,5 \cdot 3,5}{0,21 \cdot 137,5 + 0,38 \cdot 3,5 \cdot 90,4} = 3,2 (Ом)$$

Вывод: допустимое сопротивление заземляющего устройства на электрических установках напряжением до $1000В$ равно $3,2 Ом$, что не более $4 Ом$. Следовательно, полученное результирующее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства соответствует норме и заземлители установлены правильно.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

РАСЧЁТ ИНТЕГРАЛЬНОЙ БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Рабочая среда человек-оператор представляет собой совокупность физических, химических, биологических, социально-психологических и эстетических факторов внешней среды, воздействующих на оператора.

Различают четыре уровня воздействия факторов рабочей среды на человека, необходимые для их учета и нормирования:

– комфортная среда обеспечивает оптимальную динамику работоспособности оператора, хорошее самочувствие и сохранение его здоровья;

– относительно дискомфортная рабочая среда обеспечивает при воздействии в течение определенного интервала времени заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывает у человека субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы;

– экстремальная рабочая среда приводит к снижению работоспособности оператора и вызывает функциональные изменения, выходящие за пределы нормы, но не ведущие к патологическим изменениям или невозможности выполнения работы;

– сверхэкстремальная среда приводит к возникновению в организме человека патологических изменений или невозможности выполнения работы.

– Комплексную оценку факторов рабочей среды проводят на основе методики физиологической классификации тяжести работ.

Тяжесть труда – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма

(сердечнососудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие жизнедеятельность.

Тяжесть труда характеризуется:

- физической динамической нагрузкой,
- массой поднимаемого и перемещаемого груза,
- общим числом стереотипных рабочих движений,
- величиной статической нагрузки,
- формой рабочей позы,
- степенью наклона корпуса,
- перемещениями в пространстве.

Напряженность труда - характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся:

- интеллектуальные,
- сенсорные,
- эмоциональные нагрузки,
- степень монотонности нагрузок,
- режим работы.

Опасный производственный фактор – фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного ухудшения здоровья и смерти.

В зависимости от количественной характеристики и продолжительности действия отдельные вредные производственные факторы могут стать опасными.

Профессиональный риск – это величина вероятности нарушения (повреждения) здоровья с учетом тяжести последствий в результате неблагоприятного влияния факторов производственной среды и трудового процесса.

Оценка профессионального риска проводится с учетом величины экспозиции последних, показателей состояния здоровья и утраты работоспособности последних.

Защита временем – уменьшение вредного воздействия неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса на работающих на счет снижения времени их действия:

- введение внутрисменных перерывов,
- сокращенного рабочего дня,
- увеличение продолжительности отпуска,
- ограничение стажа работы в данных условиях.

Принципы классификации условий труда:

Оптимальные условия труда (1 класс) – такие условия, при которых сохраняются здоровье работающих и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы производственных факторов установлены для микроклиматических параметров и факторов трудового процесса. Для других факторов условно за оптимальные принимаются такие условия труда, при которых неблагоприятные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

Допустимые условия труда (2 класс) характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающих и их потомство. Допустимые условия труда относятся к безопасным.

Вредные условия труда (3 класс) характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающего и/или его потомство. По степени превышения гигиенических нормативов и

выраженности изменений в организме работающих подразделяются на 4 степени вредности:

– 1 степень 3 класса (3.1) – условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном, чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

– 2 степень 3 класса (3.2) – уровни вредных факторов, вызывающих стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости (что проявляется повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных факторов), появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 лет и более);

– 3 степень 3 класса (3.3.) – условия труда, характеризующиеся такими уровнями вредных факторов, воздействия которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (производственно-обусловленной) патологии, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

– 4 степень 3 класса (3.4) – условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечая значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т.ч. и тяжелых форм.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Для определения категории тяжести работ каждый из факторов рабочей среды, реально действующий на человека (см. табл. 5.1.), оценивают по балльной шкале и определяют интегральную балльную оценку тяжести и напряженности труда.

Таблица 5.1. Критерии для балльной оценки факторов рабочей среды.

Фактор рабочей среды	Оценка, баллы					
	1	2	3	4	5	6
Температура воздуха на рабочем месте, °С: теплый период холодный период	18...20	21...22	23...28	29...32	33...35	>35
	20...22	17...19	15...16	7...14	Ниже +7	-
Токсичное вещество, кратность превышения ПДК, раз	-	≤ 1	1,0...2,5	2,6...4,0	4,0...6,0	>6
Промышленная пыль, кратность превышения ПДК, раз.	-	≤ 1,0	1...5	6...10	11...30	> 30
Вибрация, превышение ПДУ, дБ	Ниже ПДУ	На уровне ПДУ	1...3	4...6	7...9	> 9

Промышленный шум, превышение ПДУ, дБ	< 1	Равно ПДУ	1...5	6...10	> 10	>10 с вибрацией
Ультразвук, превышение ПДУ, дБ	< 1	Равно ПДУ	1...5	6...10	11...20	> 20
Интенсивность теплового излучения, Вт/м ²	≤ 140	141...1000	1001-1500	1501-2000	2001...2500	>2500
Освещенность рабочего места, лк: Мин. объект различ., мм Разряд работы	> 1 5...9	1,0...0,3 3...4	< 0,3 1...2	> 0,5 4...9	< 0,5 1...3	- -
Физическая динамическая нагрузка, Дж: Общая x10 ⁵ Региональная x10 ⁵	4,2 2,1	4,3...8,3 2,2...4,2	8,4...12 4,3...6,2	13...17 6,3...8,3	18...20 8,4...10	> 20 > 10
Физическая статическая нагрузка, Н с: На одну руку x10 ⁴ На две руки x10 ⁴ На мышцы корпуса x10 ⁴	< 18 < 43 < 61	18...36 43...86 61...123	37...70 87...144 124...210	71...97 145...220 211...300	> 97 > 220 > 300	- - -
Рабочее место (РМ), поза и перемещение в пространстве	РМ стационарное, поза свободная, масса перемещаемого груза до 5 кг	РМ стационарное, поза свободная, масса перемещаемого груза свыше 5 кг	РМ стационарное, поза несвободная, до 25% времени – в наклонном положении и до 30°	РМ стационарное, поза вынужденная, – свыше 50% рабочей смены	РМ стационарное, поза вынужденная, неудобная – свыше 50% рабочей смены	РМ стационарное, поза вынужденная, наклоны под углом 60° до 300 раз за смену

Сменность	Утренняя смена	Две смены	Три смены	Нерегуляр. смены	-	-
Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч	-	< 8	< 12	> 12	-	-
Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены	< 25	25...50	51...75	76...90	> 90	-
Число важных объектов наблюдения	< 5	5...10	11...25	> 25	-	-
Темп (число движений в час): Мелких (кисти) Крупных (руки)	< 360 < 250	361...720 251...500	721...1080 501...750	1081...3000 751...1600	> 3000 > 1600	- -
Число сигналов в час	< 75	76...175	176...300	> 300	-	-
Монотонность: Число приемов в операции Длительность повторяющихся операций, с	> 10 > 100	6...10 31...100	3...5 20...30	3...5 10...19	2...1 5...9	2...1 1...4
Режим труда и отдыха	Обоснованный, с включением музыки и гимнастики	Обоснованный без включения музыки и гимнастик и	Отсутствие обоснован. режима труда и отдыха	-	-	-

Нервно-эмоциональная нагрузка	Простые действия по индивидуальному плану	Простые действия по заданному плану	Сложные действия по заданному у плану с возможностью коррекции	Сложные действия по заданному у плану при дефиците времени	Ответств. за безопасность людей. Личный риск при дефиците времени.	-
-------------------------------	---	-------------------------------------	--	--	--	---

Интегральная балльная оценка тяжести и напряженности труда

$$T = x_{\max} + [(6 - x_{\max}) \sum_{i=1}^n x_i] / [6(N - 1)], \quad (5.1.),$$

где x_{\max} – наивысшая из полученных частных балльных оценок; N – общее число факторов; x_i – балльная оценка по i -му из учитываемых факторов (частная балльная оценка); n – число учитываемых факторов без учета одного фактора x_{\max} .

Данная формула справедлива, если каждый из учитываемых факторов действует в течение всего рабочего дня, т.е. 8 ч (480 мин). Если какой-либо из факторов действует менее 8 ч, то его фактическая оценка

$$x_{fi} = x_i t_{ydi} = x_i (t_i / 480), \quad (5.2.),$$

где t_{ydi} – удельный вес времени действия i -го фактора в общей продолжительности рабочего дня; t – продолжительность действия фактора, мин.

Таким образом, если по варианту работ окажется, что какой-то фактор действует меньше 480 мин, то в формулу (5.1.) в качестве значения x по данному фактору следует подставлять значение x_f , определяемое по формуле (5.2.).

Для удобства выполнения задания все промежуточные расчеты следует заносить в табл. 5.2. в следующей последовательности (по каждой строке):

- записать фактор среды из варианта (графа 1);
- обозначить этот фактор как x_i (графа 2);
- выписать значение фактора из варианта (графа 3);

- определить, используя данные табл. 5.1 , величину фактора X_I в баллах и занести результат в графу 4.
- Исходные данные из варианта (табл. 5.3), данные X_I в баллах (из табл. 5.1.) и результаты оценки удельной тяжести фактора рабочей среды, $X_{\phi i}$ сводят в таблицу 5.2.

Таблица 5.2. Расчет интегральной балльной оценки тяжести труда.

Фактор рабочей среды и условия труда (см. табл. 5.3.)	Показатель	Значение показателя (см. табл. 9.3.)	Балльная оценка фактора (см. табл. 9.1.)	Продолжительность действия фактора t_p , мин	Удельный вес времени действия фактора $t_{уд}$ (см. формулу 9.2.)	Оценка удельной тяжести фактора рабочей среды X_{ϕ}
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	X_I					
	...					
	X_n					

После расчета интегральной балльной оценки по формуле (5.1) определяют категорию тяжести и напряженности выполняемой работы.

Интегральная оценка, баллы	Категория тяжести
До 1,8	1
1,8...3,3	2
3,4...4,5	3
4,6...5,3	4
5,4...5,9	5
более 5,9	6

Если на рабочем месте фактические значения уровня вредных факторов находятся в пределах оптимальных или допустимых величин, условия труда на этом рабочем месте отвечают требованиям и относятся соответственно к 1 или 2

классу. Если уровень хотя бы одного фактора превышает допустимую величину, то условия труда на таком рабочем месте, в зависимости от величины превышения и в соответствии с настоящими гигиеническими критериями, как по отдельному фактору, так и при их сочетании могут быть отнесены к 1- 4 степеням 3 класса вредных или классу опасных условий труда.

Для установления класса условий труда превышение ПДК, ПДУ могут быть зарегистрированы в течение одной смены, если она типична для данного технологического процесса. При эпизодическом (в течение недели, месяца) воздействии на работника вредного фактора (типичным для данного технологического процесса, либо не типичном и не соответствующим функциональным обязанностям работника) его учет и оценка условий труда проводятся по согласованию с территориальным подразделением Минтруда.

Оценка условий труда с учетом комбинированного и сочетанного действия производственных факторов проводится на основании результатов измерений. Оцениваются условия труда для отдельных факторов. Результаты оценки вредных факторов производственной среды и трудового процесса вносят в таблицу для общей оценки условий труда по степени вредности и опасности. Затем устанавливается оценка вредных факторов:

- по наиболее высокому классу и степени вредности;
- в случае сочетанного действия 3 и более факторов, относящихся к классу 3.1, общая оценка условий труда соответствует классу 3.2;
- при сочетании 2-х и более факторов 3.2, 3.3, 3.4 – условия труда оцениваются соответственно на одну степень выше.

При работе с источниками ионизирующих излучений проводят контроль и оценку параметров радиационного факторов в соответствии с «нормами радиационной безопасности» НРБ – 96г., при соблюдении предела годовой

дозы и других контролируемых параметров условия труда на данном рабочем месте оценивают как допустимые. При превышении оценка вредности и опасности по этому фактору (впредь до выхода специального документа) осуществляется организациями Минтруда.

Работа в условиях гигиенических нормативов должна осуществляться с использованием СИЗ при административном контроле за их применением (включение в технологический регламент, правила внутреннего распорядка с мерами поощрения за их использование и/или административными мерами наказания нарушителей). Использование эффективных (имеющих сертификат соответствия) СИЗ уменьшает уровень профессионального риска повреждения здоровья, и может изменять класс (подкласс) условий труда работника на одну единицу.

На основании расчетов интегральной балльной оценки и коллективного договора, заключенного с администрацией, работнику дифференцируют заработную плату, т.е. устанавливают надбавку, назначают дополнительный отпуск или сокращенный рабочий день, дополнительное профилактическое питание и т.п.

3. Порядок выполнения задания

3.1. Выбрать вариант (табл. 5.3.).

3.2. Изучить основные положения и методику. Подготовить форму таблицы (см. табл. 5.2.) и занести в нее исходные данные согласно данным варианта.

3.3. Внести в таблицу величину каждого фактора X_i в баллах.

3.4. Определить интегральную балльную оценку тяжести труда по формуле (5.1.) с учетом формулы (5.2.).

3.5. Зная интегральную балльную оценку, определить категорию тяжести труда и дать ее определение.

3.6. Оформить отчет и сдать преподавателю.

4. Таблица 5.3. Варианты заданий к работе по теме «Расчет интегральной бальной оценки тяжести и напряженности труда на рабочем месте»

Вариант	Профессия	Фактор рабочей среды и условия труда	Значение показателя	Продолжит. времени действия
1.	2.	3.	4.	5.
1.	Инженер разработчик	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ .	18...20	420
		Освещенность РМ на уровне санитарных норм:	--	420
		– размер объекта, мм	< 0,3	--
		– разряд зрительной работы.	2	--
		Превышение допустимого уровня звука, дБа.	2	240
		РМ стационарное, поза свободная.	--	--
		Масса перемещаемых грузов.	до 5 кг	--
		Работа в утреннюю смену.	--	--
		Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.	8	--
		Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.	30	--
Обоснованный режим труда и отдыха с применением функциональной музыки и гимнастики.	--	--		
Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану.	--	--		
2.	Оператор на ВЦ	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ .	21...22	420
		Освещенность РМ на уровне санитарных норм:	--	420
		– размер объекта, мм	< 0,3	--
		– разряд зрительной работы.	2	--
		Превышение допустимого	0,8	360

		уровня звука, дБа. РМ стационарное, поза несвободная – до 20% времени в наклонном положении до 30 ⁰ . Работа в две смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены. Число важных объектов наблюдения. Число движений пальцев в час. Монотонность: – число приемов в операции – длительность повторяющихся операций, с. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки и гимнастики. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану.	-- -- 8 70 2 2600 3 20 -- --	-- -- -- -- -- -- 480 --
3.	Монтажник печатных плат	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ . Освещенность РМ на уровне санитарных норм: – размер объекта, мм – разряд зрительной работы. Превышение допустимого уровня звука, дБа. РМ стационарное, поза свободная. Масса перемещаемых грузов. Работа в три смены. Продолжительность непрерывной работы в	23 -- 0,5 3 5 -- до 5 кг -- 6	420 420 -- -- 240 -- -- --

		<p>течение суток, ч.</p> <p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.</p> <p>Обоснованный режим труда и отдыха с применением функциональной музыки и гимнастики.</p> <p>Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану.</p> <p>Токсическое вещество (пары свинца), кратность превышения ПДК.</p>	<p>80</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>2,2</p>	<p>--</p> <p>--</p> <p>420</p>
4.	Оператор дисплея автоматической линии по производству изделий механической обработкой	<p>Температура воздуха на РМ в теплый период года, С⁰.</p> <p>Освещенность РМ на уровне санитарных норм:</p> <p>— размер объекта, мм</p> <p>— разряд зрительной работы.</p> <p>Превышение допустимого уровня звука, дБа.</p> <p>РМ стационарное, поза несвободная – до 20% времени в наклонном положении до 30⁰.</p> <p>Работа в три смены.</p> <p>Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.</p> <p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены</p> <p>Число важных объектов наблюдения.</p> <p>Число движений пальцев в час.</p> <p>Монотонность:</p> <p>— число приемов в операции</p> <p>— длительность повторяющихся операций,</p>	<p>19...20</p> <p>--</p> <p>1</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>8</p> <p>40</p> <p>100</p> <p>6</p> <p>20</p> <p>--</p> <p>--</p>	<p>420</p> <p>420</p> <p>420</p> <p>420</p> <p>240</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p>

		с. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки . Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану. Промышленная пыль, кратность превышения ПДК.	1,5	240
5.	Инженер, работающий на установке для определения плотности металла	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ . Освещенность РМ на уровне санитарных норм: – размер объекта, мм – разряд зрительной работы. Превышение допустимого уровня звука, дБа. РМ стационарное, поза вынужденная – до 50% времени смены. Работа в две смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены. Вредное вещество (тетрабромэтан), кратность превышения ПДК. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по заданному плану с возможной коррекцией.	20...22 -- < 0,3 1 3 -- -- 8 40 1,3 --	420 420 420 420 240 -- -- -- -- --
6.	Оператор стенда контроля выхлопных газов	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ . Освещенность РМ на уровне санитарных норм: – размер объекта, мм. – разряд зрительной	24...26 -- > 1 5	420 420 420 420

		<p>работы.</p> <p>Превышение допустимого уровня звука, дБа.</p> <p>РМ стационарное, поза несвободная – до 30% времени в наклонном положении до 30⁰</p> <p>Работа в три смены.</p> <p>Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.</p> <p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.</p> <p>Число важных объектов наблюдения.</p> <p>Вибрация, кратность превышения ПДУ, дБ.</p> <p>Монотонность:</p> <p>– число приемов операции</p> <p>– длительность повторяющихся операций, с.</p> <p>Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки.</p> <p>Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану с возможностью коррекции.</p> <p>Токсическое вещество, кратность превышения ПДК.</p>	<p>8</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>8</p> <p>30</p> <p>5</p> <p>4</p> <p>3</p> <p>40</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>3</p>	<p>360</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>320</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>180</p>
7.	Оператор при работе с электронным микроскопом	<p>Температура воздуха на РМ в теплый период года, С⁰.</p> <p>Освещенность РМ на уровне санитарных норм:</p> <p>– размер объекта, мм</p> <p>– разряд зрительной работы.</p> <p>Статическая физическая нагрузка на две руки, Н·с.</p> <p>Превышение допустимого уровня звука, дБа.</p>	<p>24...26</p> <p>--</p> <p>0,5</p> <p>3</p> <p>5,0 · 10⁵</p> <p>--</p> <p>--</p>	<p>420</p> <p>420</p> <p>420</p> <p>420</p> <p>200</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p>

		<p>РМ стационарное, поза свободная.</p> <p>Масса перемещаемых грузов.</p> <p>Работа в утреннюю смену.</p> <p>Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.</p> <p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.</p> <p>Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха.</p> <p>Нервно-эмоциональная нагрузка обусловлена тревогой за безопасность другого человека.</p>	<p>до 5 кг</p> <p>--</p> <p>3</p> <p>60</p> <p>--</p> <p>--</p>	<p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p>
8.	Инженер – исследователь, работающий на осциллографе	<p>Температура воздуха на РМ в теплый период года, С⁰.</p> <p>Освещенность РМ на уровне санитарных норм:</p> <p>– размер объекта, мм</p> <p>– разряд зрительной работы.</p> <p>Превышение допустимого уровня звука, дБа</p> <p>РМ стационарное, поза несвободная – до 50% времени в наклонном положении.</p> <p>Масса перемещаемых грузов.</p> <p>Работа в три смены.</p> <p>Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.</p> <p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.</p> <p>Число важных объектов наблюдения.</p> <p>Число движений пальцев в час.</p> <p>Монотонность:</p> <p>– число приемов в операции</p>	<p>29</p> <p>--</p> <p>0,45</p> <p>3</p> <p>2</p> <p>--</p> <p>до 5 кг</p> <p>--</p> <p>6</p> <p>60</p> <p>5</p> <p>300</p> <p>8</p>	<p>420</p> <p>420</p> <p>420</p> <p>420</p> <p>360</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p>

		– длительность повторяющихся операций, с. Отсутствие необоснованного режима труда и отдыха. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану.	60 -- --	 --
9.	Оператор вакуумной установки	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ . Освещенность РМ на уровне санитарных норм: – размер объекта, мм – разряд зрительной работы. Превышение допустимого уровня звука, дБа. РМ стационарное, поза свободная. Ходьба без груза на расстояние. Работа в утреннюю смену. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки и гимнастики. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану при дефиците времени и контакта с другими людьми.	21...22 -- 0,5 3 2 -- до 4 км -- 8 20 -- --	420 420 420 420 -- 240 -- -- -- --
10.	Инженер на установке ультразвуковой дефектоскопии	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ . Освещенность РМ на уровне санитарных норм:	23 --	480 420

		– размер объекта, мм	1	420
		– разряд зрительной работы.	4	420
		Промышленная пыль, кратность превышения ПДК.	1,3	420
		Превышение допустимого уровня звука, дБа.	10	120
		РМ стационарное, поза несвободная – до 10% времени в наклонном положении до 30°.	--	360
		Работа в две смены.	--	--
		Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.	8	--
		Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.	20	--
		Число важных объектов наблюдения.	100	--
		Число движений пальцев в час.	6	--
		Монотонность:		
		– число приемов в операции	45	--
		– длительность повторяющихся операций, с.	--	--
		Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки.	--	--
		Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по заданному плану.		
11.	Контролер опτικο-волоконистых жгутов	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С°.	18...20	420
		Освещенность РМ на уровне санитарных норм:	--	420
		– размер объекта, мм	< 0,3	420
		– разряд зрительной работы.	2	420
		Превышение допустимого уровня звука, дБа.	6	240
		РМ стационарное, поза	--	--

		<p>свободная.</p> <p>Масса перемещаемых грузов.</p> <p>Работа в утреннюю смену.</p> <p>Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.</p> <p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.</p> <p>Обоснованный режим труда и отдыха с применением функциональной музыки и гимнастики.</p> <p>Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану.</p>	<p>до 5 кг</p> <p>--</p> <p>8</p> <p>30</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p>	<p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p>
12.	Оператор стенда КИП	<p>Температура воздуха на РМ в теплый период года, С⁰.</p> <p>Освещенность РМ на уровне санитарных норм:</p> <p>– размер объекта, мм</p> <p>– разряд зрительной работы.</p> <p>Превышение допустимого уровня звука, дБа.</p> <p>РМ стационарное, поза несвободная – до 20% времени в наклонном положении.</p> <p>Масса перемещаемых грузов.</p> <p>Работа в две смены.</p> <p>Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.</p> <p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.</p> <p>Число важных объектов наблюдений.</p> <p>Число движений пальцев в час.</p> <p>Монотонность:</p>	<p>21...22</p> <p>--</p> <p>< 0,3</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>--</p> <p>до 5 кг</p> <p>--</p> <p>8</p> <p>70</p> <p>2</p> <p>260</p>	<p>420</p> <p>420</p> <p>420</p> <p>420</p> <p>360</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p>

		– число приемов в операции	3	--	
		– длительность повторяющихся операций, с.	20	--	
		Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки.	--	--	
		Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану.	--	--	
13.	Оператор контроля плат	стенда печатных	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ .	25	420
			Освещенность РМ на уровне санитарных норм:	--	420
			– размер объекта, мм	0,3...0,5	420
			– разряд зрительной работы.	3	420
			Превышение допустимого уровня звука, дБа.	0,9	240
			РМ стационарное, поза свободная.	--	--
			Масса перемещаемых грузов.	до 5 кг	--
			Работа в три смены.	--	--
			Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.	6	--
			Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.	6	--
Обоснованный режим труда и отдыха с применением функциональной музыки и гимнастики.	--	--			
Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану.	--	--			
Токсическое вещество (пары свинца), кратность превышения ПДК.	2,2	420			

14.	Оператор дисплея автоматической линии по производству изделий пластическим деформированием	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ .	19...20	420
		Освещенность РМ на уровне санитарных норм:	--	420
		– размер объекта, мм	0,5	420
		– разряд зрительной работы.	3	420
		Превышение допустимого уровня звука, дБа.	0,8	320
		РМ стационарное, поза несвободная – до 20% времени в наклонном положении до 30 ⁰ .	--	--
		Работа в три смены.	--	--
		Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.	4	--
		Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.	40	--
		Число важных объектов наблюдения.	8	--
		Число движений пальцев в час.	100	--
		Монотонность:	6	--
		– число приемов в операции	20	--
		– длительность повторяющихся операций, с.	--	--
Обоснованный режим труда и отдыха с применением функциональной музыки.	--	--		
Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану.	--	--		
Промышленная пыль, превышение ПДК.	2	420		
15.	Техник, работающий для определения механических свойств изделий	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ .	24...26	320
		Освещенность РМ на уровне санитарных норм:	--	420
		– размер объекта, мм	<0,3	420
		– разряд зрительной	1	420

		<p>работы.</p> <p>Превышение допустимого уровня звука, дБа.</p> <p>РМ стационарное, поза вынужденная – до 50% от продолжительности смены.</p> <p>Работа в две смены.</p> <p>Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.</p> <p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.</p> <p>Вредное вещество (тетрабромэтан), кратность превышения ПДК.</p> <p>Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по заданному плану с возможной коррекцией.</p>	<p>3</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>8</p> <p>--</p> <p>1,3</p> <p>--</p>	<p>420</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>120</p> <p>--</p>
16.	Оператор стенда контроля авиационных двигателей	<p>Температура воздуха на РМ в теплый период года, С⁰.</p> <p>Освещенность РМ на уровне санитарных норм:</p> <p>– размер объекта, мм</p> <p>– разряд зрительной работы.</p> <p>Превышение допустимого уровня звука, дБа.</p> <p>РМ стационарное, поза несвободная – до 20% времени в наклонном положении до 30⁰.</p> <p>Работа в три смены.</p> <p>Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.</p> <p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.</p> <p>Число важных объектов наблюдения.</p> <p>Вибрация, превышение ПДУ, дБ.</p>	<p>26...28</p> <p>--</p> <p>>1</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>8</p> <p>30</p> <p>5</p> <p>4</p>	<p>420</p> <p>480</p> <p>480</p> <p>480</p> <p>320</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>320</p>

		<p>Число движений пальцев в час.</p> <p>Монотонность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – число приемов в операции – длительность повторяющихся операций, с. <p>Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки.</p> <p>Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану с возможностью коррекции.</p> <p>Токсическое вещество, кратность превышения ПДК.</p>	<p>100</p> <p>3</p> <p>31</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>2</p>	<p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>180</p>
17.	Мастер по ремонту контрольно-измерительных приборов	<p>Температура воздуха на РМ в теплый период года, С⁰.</p> <p>Освещенность РМ на уровне санитарных норм:</p> <ul style="list-style-type: none"> – размер объекта, мм – разряд зрительной работы. <p>Статическая физическая нагрузка на две руки, Н·с.</p> <p>РМ стационарное, поза несвободная.</p> <p>Масса перемещаемых грузов.</p> <p>Работа в утреннюю смену.</p> <p>Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.</p> <p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.</p> <p>Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха.</p> <p>Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану.</p>	<p>24...26</p> <p>--</p> <p>1</p> <p>5</p> <p>2,0 x 10⁵</p> <p>--</p> <p>до 5 кг</p> <p>--</p> <p>8</p> <p>90</p> <p>--</p> <p>--</p>	<p>420</p> <p>480</p> <p>480</p> <p>480</p> <p>320</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p>

18.	Инженер – исследователь в центральной заводской лаборатории	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ .	26	480
		Освещенность РМ на уровне санитарных норм:	--	420
		– размер объекта, мм	0,45	420
		– разряд зрительной работы.	3	420
		Превышение допустимого уровня звука, дБа.	6	120
		РМ стационарное, поза несвободная – до 50% времени в наклонном положении.	--	--
		Работа в три смены.		
		Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.	< 6	--
		Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.	60	--
		Число важных объектов наблюдения.	5	--
		Число движений пальцев в час.	100	--
		Монотонность:		
		– число приемов в операции	6	--
		– длительность повторяющихся операций, с.	60	--
Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха.	--	--		
Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану.	--	--		
19.	Оператор установки контроля давления в системе	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ .	21...22	420
		Освещенность РМ на уровне санитарных норм:	--	420
		– размер объекта, мм	0,5	420
		– разряд зрительной работы.	3	420
		Превышение допустимого уровня звука, дБа.	2	120
		РМ стационарное, поза	--	--
			до 4 км	--

		<p>свободная. Ходьба без груза на расстояние. Работа в утреннюю смену. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки и гимнастики. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану при дефиците времени и контакта с другими людьми.</p>	8	--
			20	--
			--	--
			--	--
20.	Инженер установки неразрушающего контроля изделий	<p>Температура воздуха на РМ в теплый период года, С⁰. Промышленная пыль, кратность превышения ПДК. Превышение допустимого уровня звука, дБа. РМ стационарное, поза несвободная – до 30 % времени в наклонном положении. Работа в три смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены. Число важных объектов наблюдения. Число движений пальцев в час. Монотонность: – число приемов в операции</p>	25	480
			2	120
			10	180
			--	--
			--	--
			8	--
			20	--
			2	--
			100	--
			6	--

		– длительность повторяющихся операций, с. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану.	45 -- --	-- -- --
21.	Сотрудник вычислительного центра	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ . Освещенность РМ на уровне санитарных норм: – размер объекта, мм – разряд зрительной работы. Превышение допустимого уровня звука, дБа. РМ стационарное, поза свободная. Работа в утреннюю смену. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены. Обоснованный режим труда и отдыха с применением функциональной музыки и гимнастики. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану и общения с людьми.	18...20 -- <0,3 2 3 -- -- 4 90 -- --	420 420 420 420 360 -- -- -- -- --
22.	Оператор на ВЦ	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ . Освещенность РМ на уровне санитарных норм: – размер объекта, мм – разряд зрительной	21...22 -- < 0,3 2	420 420 420 420

		<p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.</p> <p>Обоснованный режим труда и отдыха с применением функциональной музыки и гимнастики.</p> <p>Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану.</p> <p>Токсическое вещество (пары свинца), кратность превышения ПДК.</p>	<p>90</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>2,2</p>	<p>--</p> <p>--</p> <p>360</p>
24.	Оператор дисплея в промышленном производстве	<p>Температура воздуха на РМ в теплый период года, С⁰.</p> <p>Освещенность РМ на уровне санитарных норм:</p> <p>– размер объекта, мм</p> <p>– разряд зрительной работы.</p> <p>Превышение допустимого уровня звука, дБа.</p> <p>РМ стационарное, поза несвободная – до 20% времени в наклонном положении до 30⁰.</p> <p>Работа в три смены.</p> <p>Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.</p> <p>Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.</p> <p>Число важных объектов наблюдения.</p> <p>Число движений пальцев в час.</p> <p>Вредное вещество (тетрабромэтан), кратность превышения ПДК.</p> <p>Монотонность:</p> <p>– число приемов в операции</p>	<p>19...20</p> <p>--</p> <p>< 0,3</p> <p>2</p> <p>0,8</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>4</p> <p>50</p> <p>8</p> <p>100</p> <p>1,3</p> <p>6</p>	<p>420</p> <p>420</p> <p>420</p> <p>420</p> <p>320</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>--</p> <p>120</p> <p>--</p>

		– длительность повторяющихся операций, с. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по индивидуальному плану. Промышленная пыль, кратность превышения ПДК.	20 -- -- 2	-- -- -- 240
25.	Инженер, работающий в центральной заводской лаборатории металлургического завода	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ . Освещенность РМ на уровне санитарных норм: – размер объекта, мм – разряд зрительной работы. Превышение допустимого уровня звука, дБа. РМ стационарное, поза вынужденная – до 50% от продолжительности смены. Работа в две смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены Вредное вещество (тетрабромэтан), кратность превышения ПДК. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по заданному плану с возможной коррекцией.	20...22 -- <0,3 1 3 -- -- 4 50 1,4 --	480 420 -- -- 420 -- -- -- 120 --
26.	Оператор стенда контроля автомобильных двигателей	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ . Освещенность РМ на	24...26 --	420 480

		уровне санитарных норм: – размер объекта, мм – разряд зрительной работы. Превышение допустимого уровня звука, дБа. РМ стационарное, поза несвободная – до 30% времени в наклонном положении до 30° Работа в три смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены. Число важных объектов наблюдения. Монотонность: – число приемов в операции – длительность повторяющихся операций, с. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану с возможностью коррекции. Токсическое вещество, кратность превышения ПДК.	1 5 8 -- -- 8 30 5 3 40 -- -- 3	480 480 240 -- -- -- -- 320 -- -- -- -- 180
27.	Контролер продукции	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С°. Освещенность РМ на уровне санитарных норм: – размер объекта, мм – разряд зрительной работы. Превышение допустимого уровня звука, дБа. Статическая физическая	24...26 -- 1 5 3 10 ⁵	420 480 480 480 420 180

		<p>нагрузка на две руки, Н·с. РМ стационарное, поза несвободная. Масса перемещаемых грузов. Работа в утреннюю смену. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены. Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по заданному графику с возможностью коррекции.</p>	<p>-- до 5 кг -- 5 70 -- --</p>	<p>-- -- -- -- -- --</p>
28.	Контролер качества подшипниковых колец	<p>Температура воздуха на РМ в теплый период года, С⁰. Освещенность РМ на уровне санитарных норм: – размер объекта, мм – разряд зрительной работы. Превышение допустимого уровня звука, дБа. РМ стационарное, поза несвободная – до 50% времени в наклонном положении. Работа в три смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены. Число важных объектов наблюдения. Число движений пальцев в час. Монотонность: – число приемов в операции</p>	<p>26 -- <0,3 1 6 -- -- 8 90 4 100 8 60</p>	<p>420 480 480 480 360 -- -- -- -- -- -- -- --</p>

		– длительность повторяющихся операций, с. Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану.	--	--
29.	Оператор тепло - измерительных систем	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С°. Освещенность РМ на уровне санитарных норм: – размер объекта, мм – разряд зрительной работы. Превышение допустимого уровня звука, дБа. РМ стационарное, поза свободная. Ходьба без груза на расстояние. Работа в три смены. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены. Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки и гимнастики. Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате сложных действий по заданному плану при дефиците времени.	21...22 -- 0, 4 3 2 -- до 4 км -- 8 20 -- --	420 420 420 420 340 -- -- -- -- -- --

30.	Лаборант на заводе	Температура воздуха на РМ в теплый период года, С ⁰ .	26	480
		Освещенность РМ на уровне санитарных норм:	--	420
		– размер объекта, мм	1	420
		– разряд зрительной работы.	5	420
		Промышленная пыль, кратность превышения ПДК.	6	420
		Превышение допустимого уровня звука, дБа.	10	--
		РМ стационарное, поза несвободная – до 10% времени в наклонном положении.	--	--
		Работа в две смены.	8	--
		Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч.	8	--
		Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены.	20	--
		Число важных объектов наблюдения.	2	--
		Число движений пальцев в час.	100	--
		Монотонность:		
		– число приемов в операции	6	--
– длительность повторяющихся операций, с.	45	--		
Обоснованный режим труда и отдыха без применения функциональной музыки.	--	--		
Нервно-эмоциональная нагрузка возникает в результате простых действий по заданному плану.	--	--		

5. Пример выполнения работы «Расчет интегральной балльной оценки тяжести труда на рабочем месте»

1. Исходные данные:

№ варианта, наименование рабочего места (РМ)	№ п/п	Факторы рабочей среды	Величина рабочих показателей	Продолжительность действия фактора, мин
Оператор при работе с электронным микроскопом	1.	Температура воздуха на РМ в помещении в тёплый период года, °С.	21-22	420
	2.	Освещенность РМ на уровне санитарных норм Размер объекта, мм Разряд зрительной работы	0,2 1	360
	3.	Статистическая физическая нагрузка в течении смены на две руки, Н·с	50·10 ⁴	320
	4.	РМ стационарное, поза несвободная, до 20% времени в наклонном положении.	-	-
	5.	Работа в утреннюю смену.	-	-
	6.	Продолжительность непрерывной работы в течение 10 часов	-	-
	7.	Длительность сосредоточенного наблюдения от времени рабочей смены, %	90	-
	8.	Число важных объектов наблюдения	3	-
	9.	Число приёмов в операции	6	-
	10.	Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха	-	-
	11.	Нервно-эмоциональная нагрузка возникает за безопасность другого человека	-	-

2. Цель работы: определить интегральную балльную оценку тяжести и напряженности труда оператора при работе с электронным микроскопом.

3. Ход работы:

1. Комплексную оценку факторов рабочей среды проводят на основе методики физиологической классификации тяжести работ.

Тяжесть труда – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечнососудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие жизнедеятельность.

Тяжесть труда характеризуется: физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза, общим числом стереотипных рабочих движений, величиной статической нагрузки, формой рабочей позы, степенью наклона корпуса, перемещениями в пространстве.

Напряженность труда - характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности нагрузок, режим работы.

Принципы классификации условий труда:

Оптимальные условия труда (1 класс) – такие условия, при которых сохраняются здоровье работающих и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы производственных факторов установлены для микроклиматических параметров и факторов трудового процесса. Для других факторов условно за оптимальные принимаются такие условия труда, при которых неблагоприятные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

Допустимые условия труда (2 класс) характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей

смены и не должны оказывать неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающих и их потомство. Допустимые условия труда относят к безопасным.

Вредные условия труда (3 класс) характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающего и/или его потомство. По степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работающих подразделяются 4 степени вредности:

– 1 степень 3 класса (3.1) – условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном, чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

– 2 степень 3 класса (3.2) – уровни вредных факторов, вызывающих стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости (что проявляется повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных факторов), появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции часто после 15 лет и более);

– 3 степень 3 класса (3.3.) – условия труда, характеризующиеся такими уровнями вредных факторов, воздействия которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степени тяжести

(с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (производственно-обусловленной) патологии, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

– 4 степень 3 класса (3.4) – условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечая значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т.ч. и тяжелых форм.

2. Данные для расчета интегральной балльной оценки тяжести труда:

Факторы рабочей среды	Величина показателя	Балл фактора	Продолжительность действия фактора, мин	Удельный вес действия фактора в течение рабочей смены ($T_i=480$ мин)	Оценка удельной тяжести фактора рабочей среды
1.	2.	3.	4.	5.	6.
Температура воздуха на РМ в помещении в тёплый период года, °С.	21-22	2	420	0.9	1.75
Освещенность РМ на уровне санитарных норм					
Размер объекта, мм	0.2	2	360	1,5	1,5
Разряд зрительной работы	1	3	360	2,25	2,25
Статистическая физическая нагрузка в течении смены на две руки, Н·с	$5 \cdot 10^4$	2	320	0.6	1.3

РМ стационарное, поза не свободная, до 20% времени в наклонном положении.	-	3	-	-	3
Работа в утреннюю смену.	-	1	-	-	1
Продолжительность непрерывной работы в течении 10 часов	-	3	-	-	3
Длительность сосредоточенного наблюдения от времени рабочей смены, %	90	4	-	-	4
Число важных объектов наблюдения	3	1	-	-	1
Число приёмов в операции	6	2	-	-	2
Отсутствие обоснованного режима труда и отдыха	-	3	-	-	3
Нервно-эмоциональная нагрузка возникает за безопасность другого человека	-	5	-	-	5
$\sum X_{\phi i}$					23,8

3. Интегральная балльная оценка тяжести труда определяется по формуле (5.1.):

$$U_T = X_{\max} + \frac{6 - X_{\max}}{6(N - 1)} \sum_{i=1}^n X_i,$$

где X_{\max} – наивысшая из полученных частных балльных оценок; X_i – балльная оценка по i -му из учитываемых факторов; n – число учитываемых факторов без учета одного фактора X_{\max} ; N – общее количество факторов.

Формула справедлива, если каждый из учитываемых факторов действует в течение всего рабочего дня, если какой-либо из факторов действует эпизодически, то его фактическая оценка определяется по формуле (5.2.):

$$X_{\phi i} = X_i \cdot t_{y\phi},$$

где $t_{y\phi}$ – удельный вес времени действия i -го фактора в общей продолжительности рабочего дня.

В нашем случае формула (5.2.) примет вид:

$$\sum X_{\phi i} = 23,8$$

В нашем случае формула (5.1.) примет вид:

$$U_T = 5 + \frac{6-5}{6(11-1)} \cdot 23,8 = 5,4$$

4. Категория тяжести выполняемых работ:

Категория тяжести	1	2	3	4	5	6
Интегральная балльная оценка	До 1.8	1.9-3.3	3.4-4.5	4.6-5.3	5.3-5.9	6.0 и более

В нашем случае категория тяжести выполнения работ – 5. Льготы и компенсации по условиям тяжести труда на рабочем месте:

- размер доплат к тарифной ставке (окладу) 12%;
- суммарное время перерывов на отдых 12% от смены;
- дополнительный отпуск 6 дней.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6 РАСЧЁТ ОБЩЕГО ОСВЕЩЕНИЯ

1. Общие сведения

В настоящее время 90 % информации человек получает с помощью органов зрения. Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы, производительность, качество труда и безопасность в производственных условиях в значительной мере зависят от условий освещения. Нерациональное освещение на рабочем месте в цехе, в лаборатории, помещении ВЦ, офисе, дома при чтении приводит к повышенной утомляемости, снижению работоспособности, перенапряжению органов зрения и снижению его остроты.

По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть двух систем: *общее* – осуществляемое расположением светильников на потолке помещения; *комбинированное* – совокупность общего освещения и местных светильников, расположенных непосредственно на рабочих местах. Применение одного местного освещения внутри зданий не допускается.

В качестве источников света в настоящее время применяются электрические лампы накаливания и газоразрядные лампы.

Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения. Они удобны в эксплуатации, легко монтируются, дешевы, работают в широком диапазоне температур окружающей среды, но обладают низкой световой отдачей $10-20 \text{ лм/Вт}$ (при идеальных условиях 1 Вт соответствует 683 лм), сравнительно небольшим сроком службы до 2500 ч ; их спектральный состав сильно отличается от естественного света, нарушается правильная светопередача.

Газоразрядные лампы – это приборы, в которых излучение света возникает в результате электрического разряда в

атмосфере паров металлов (ртуть, натрий), галогенов (йод, фтор) и инертных газов, а также явления люминесценции. Наиболее широкое применение для целей освещения помещений и открытых площадок получили люминесцентные; ксеноновые лампы в форме светящихся трубок, а также лампы ДРЛ (дуговые, ртутные, люминесцентные) и натриевые, по форме напоминающие вытянутые лампы накаливания.

Основные преимущества газоразрядных ламп: высокая светоотдача (ДРЛ – до 65 лм/Вт , люминесцентные – до 90 лм/Вт , ксеноновые и натриевые – до $110 - 200 \text{ лм/Вт}$); большой срок службы $5000 - 20\,000 \text{ ч}$, близкий к естественному, солнечному спектру вид излучения. К недостаткам газоразрядных ламп следует отнести наличие вредных для биосферы и человека паров ртути и натрия при их разгерметизации, радиопомехи; сложную и дорогостоящую пускорегулирующую аппаратуру, включающую в некоторых случаях стартер, дроссели, конденсаторы; длительный период выхода отдельных типов ламп на номинальный режим (для ламп ДРЛ $3 - 5$ минут), невозможность быстрого вторичного включения лампы при кратковременном отключении питающего напряжения.

Рис. 1. Некоторые типы светильников: а - лампы накаливания; б - люминесцентные лампы; в - светодиодные лампы.



Основным существенным недостатком всех газоразрядных ламп является пульсация светового потока, т.е. непостоянство во времени, излучение света, вызванное переменным током в питающей сети и малой инерционностью процессов, сопровождающих работу этих ламп.

Светодиодные лампы. Их также называют LED. Этот тип источников имеет один существенный недостаток: высокая стоимость. Однако, они позволяют в дальнейшем значительно сократить энергетические затраты. В экономическом плане подобные осветительные приборы очень привлекательны, так как имеют большой период эксплуатации. В данный момент светодиоды используются для освещения улиц, на общедомовых территориях (часто вместе с датчиками движения), для освещения музейных экспонатов. Плюсы: Экологичность. Длительный срок службы (30 000–50 000 ч.). Небольшие габариты. Малый нагрев источника. Устойчивость к механическому воздействию. Минусы: Стоимость. Узконаправленность луча света. К концу срока службы яркость таких источников уменьшается (так называемое выгорание светодиодов). Характеристики: Мощность 2 – 2000 Вт; Светоотдача 40 – 120 лм/Вт; Цветопередача; Ra 60 – 89; Световая температура 4000 – 6000 К; Срок службы 30 000 – 50 000 ч.

Электропромышленность изготавливает ЛЛ, отличающиеся цветностью излучения светового потока: белого света (ЛБ), холодно-белого света (ЛХБ), тепло-белого света (ЛТБ), дневного света (ЛД). Для высококачественной цветопередачи выпускают лампы с маркировкой Ц: ЛДЦ, ЛТБЦ, ЛХБЦ или ЛЕЦ. Их применяют тогда, когда при искусственном освещении требуется точное различение цветов и оттенков.

Для зажигания ЛЛ и нормальной работы требуется стартер (зажигатель), дроссель, конденсаторы.

Для оценки искусственного освещения в соответствии с действующими строительными нормами и правилами (СНиП) предусмотрены светотехнические параметры количественного и качественного характера.

К количественным параметрам относится освещенность E в люксах ($лк$) на рабочем месте, которая легко рассчитывается или измеряется с помощью люксметра.

К качественным параметрам относится коэффициент пульсации $KП$ в %, измеряемый с помощью прибора пульсометра.

Принято раздельное нормирование параметров освещения в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Величина параметров устанавливается согласно характеру зрительной работы, который зависит от размеров объектов различения, характеристики фона и контраста объекта с фоном.

Объект различения в мм – размер наименьшего элемента, который необходимо увидеть в процессе работы (точка на экране ПЭВМ, самая тонкая линия на чертеже или приборной шкале и т.п.).

Фон – поверхность, на которой рассматривается объект различения, характеризуется коэффициентом отражения ρ . При ρ менее 0,2 фон считается темным, от 0,2 до 0,4 – средним и более 0,4 – светлым.

Контраст объекта с фоном – характеризует соотношение яркости рассматриваемого объекта и фона. При слабом различении объекта на фоне контраст считается малым, объект заметен на фоне – средним; четко различается на фоне – большим.

При выборе нормируемой освещенности размер объекта различения регламентирует выбор зрительного разряда от 1 до 7 в таблице норм (в данной работе применяем разряды от 1 до 3), которая содержит минимально допустимые значения

освещенности на рабочих местах при использовании газоразрядных ламп.

При проектировании осветительных установок стремятся обеспечить требования норм при минимальных затратах электроэнергии с сохранением равномерного распределения яркостей в поле зрения, исключая слепящее действие самих ламп. Для этого применяют светильники с рассеивающими экранами, матовыми стеклами, что приводит к частичной потере световой энергии (на 10 – 15%).

По конструкции различают светильники прямого света, концентрирующие световой поток в нижнюю полусферу с помощью белого или зеркального отражателя; рассеянного света (при равномерном распределении света в пространстве) и отраженного света (световой поток направлен в верхнюю полусферу).

Светлая окраска потолка, стен, мебели, оборудования способствует увеличению освещенности на рабочих местах за счет лучшего отражения и созданию более равномерного распределения яркостей в поле зрения.

Рациональное освещение должно быть спроектировано в соответствии с нормами, приведенными в ГОСТ Р 55710-2013, СНиП 23-05-95, а также рекомендациями, изложенными в литературе.

Задачей светотехнического расчета является определение светотехнических параметров, необходимых для обеспечения нормируемых характеристик освещения. Обеспечение нормируемой освещенности осуществляется путем выбора количества источников света (кол-во светильников), необходимых для создания требуемого уровня освещенности.

Существуют три метода расчета освещенности: метод коэффициента использования, метод расчета по удельной мощности и точечный метод.

Метод коэффициента использования K_u применяют при равномерном размещении светильников по потолку при

большой плотности технологического оборудования и равномерном его расположении по площади цеха;

Точечный метод следует использовать при системе освещения при малой плотности технологического оборудования, при наличии высокого технологического оборудования или его концентрации в центре помещения. Этот метод позволяет определить освещенность в выбранных точках помещения.

Метод расчета по удельной мощности применим для приблизительной оценки правильности произведенного светотехнического расчета.

2. Методика расчета

Учитывая заданные по варианту характеристики зрительной работы (наименьший размер объекта различения, характеристика фона и контраст объекта различения с фоном), с помощью табл. 6.1. определяют разряд и подразряд зрительной работы, а также нормируемый уровень минимальности освещенности на рабочем месте.

Таблица 6.1. Нормы проектирования искусственного освещения

Характеристика зрительной работы (наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм)	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объект а с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк		
					при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения
					всего	от общего	
1	2	3	4	5	6	7	8
Наивысшей точности (менее 0,15)	I	a	Малый	Темн.	5000 4500	500 500	– –
		б	Малый	Средн.	4000	400	1250
			Средн.	Темн.	3500	400	1000
	в	Малый	Светл.	2500	300	750	
		Средн.	Средн.	2000	200	600	
		Больш.	Темн.				

		г	Средн. Больш.	Светл. Светл. Средн.	1500 1250	200 200	400 300
Очень высокой точности (от 0,15 до 0,30)	II	а	Малый	Темн.	4000 3500	400 400	– –
		б	Малый Средн.	Средн. Темн.	3000 2500	300 300	750 600
		в	Малый Средн. Больш.	Светл. Средн. Темн.	2000 1500	200 200	500 400
		г	Средн. Больш. Больш.	Светл. Светл. Средн.	1000 750	200 200	300 200
Высокой точности (от 0,30 до 0,50 мм)	III	а	Малый	Темн.	2000 1500	200 200	500 400
		б	Малый Средн.	Средн. Темн.	1000 750	200 200	300 200
		в	Малый Средн. Больш.	Светл. Средн. Темн.	750 600	200 200	300 200
		г	Средн. Больш. Больш.	Светл. Светл. Средн.	400	200	200

Распределяют светильники и определяют их число.

Равномерное освещение горизонтальной рабочей поверхности достигается при определённых отношениях расстояния между центрами светильников L , m ($L = 1,75 \cdot H$) к высоте их подвеса над рабочей поверхностью H_p , m .

Число светильников с люминесцентными лампами (ЛЛ), которые приняты во всех вариантах в качестве источника света,

$$N = S / LM, \quad (6.1.),$$

где S – площадь помещения, m^2 ; M – расстояние между параллельными рядами, m .

В соответствии с рекомендациями

$$M \geq 0,6 H_p, \quad (6.2.)$$

Оптимальное значение $M = 2 \dots 3 m$.

Для достижения равномерной горизонтальной освещённости светильники с ЛЛ рекомендуется располагать сплошными рядами, параллельными стенам с окнами или длинным сторонам помещения.

Для расчёта общего равномерного освещения горизонтальной рабочей поверхности используют метод светового потока, учитывающий световой поток, отражённый от потолка и стен.

Расчётный световой поток, лм, группы светильников с ЛЛ.

$$\Phi_{л. расч.} = E_n \cdot S \cdot Z \cdot K / N \cdot \eta, \quad (6.3.),$$

где E_n – нормированная минимальная освещённость, лк; Z – коэффициент минимальной освещённости; $Z = E_{ср} / E_{мин}$ для ЛЛ $Z = 1,1$; K – коэффициент запаса; η – коэффициент использования светового потока ламп.

Показатель помещения

$$i = A \cdot B / H_p \cdot (A+B), \quad (6.4.),$$

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

Значения коэффициента запаса зависят от характеристики помещения: для помещений с большим выделением тепла $K = 2$, со средним $K = 1,8$, с малым $K = 1,5$.

Значения коэффициента использования светового потока приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Значения коэффициента использования светового потока

Показатель помещения	1	2	3	4	5
Коэффициент использования светового потока η	0,28...0,46	0,34...0,57	0,37...0,62	0,39...0,65	0,40...0,66

По полученному значению светового потока с помощью табл. 6.3. подбирают лампы, учитывая, что в светильнике с ЛЛ

может быть больше одной лампы, т. е. n может быть равно 2 или 4. В этом случае световой поток группы ЛЛ необходимо уменьшить в 2 или 4 раза.

Таблица 6.3. Характеристика люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм
ЛБ 20	20	1200
ЛХБ 20	20	935
ЛТБ 20	20	975
ЛД 20	20	920
ЛДЦ 20	20	820
ЛЕЦ 20	20	865
ЛБ 30	30	2100
ЛХБ 30	30	1720
ЛТБ 30	30	1720
ЛД 30	30	1640
ЛДЦ 30	30	1450
ЛЕЦ 30	30	1400
ЛБ 40	40	3200
ЛБ 36	36	3050
ЛХБ 40	40	2600
ЛТБ 40	40	2580
ЛД 40	40	2340
ЛДЦ 40	40	2200
ЛДЦ 36	36	2200
ЛЕЦ 40	40	2190
ЛЕЦ 36	36	2150
ЛБ 65	65	4800
ЛХБ 65	65	3820
ЛТБ 65	65	3980
ЛД 65	65	3570
ЛДЦ 65	65	3050

ЛЕЦ 65	65	3400
ЛБ 80	80	5220
ЛХБ 80	80	440
ЛГБ 80	80	4440
ЛД 80	80	4070
ЛДЦ 80	80	3560

Световой поток выбранной лампы должен соответствовать соотношению

$$\Phi_{\text{л.расч.}} = (0,9 \dots 1,2) \cdot \Phi_{\text{л.табл.}} \quad (6.5.),$$

где $\Phi_{\text{л.расч.}}$ – расчётный световой поток, *лм.*; $\Phi_{\text{л.табл.}}$ – световой поток, определённый по табл. 6.3., *лм.*

Потребляемая мощность, *Вт*, осветительной установки

$$P = p \cdot N \cdot n, \quad (6.6.),$$

где p – мощность лампы, *Вт*; N – число светильников, *шт*; n – число ламп в светильнике, для ЛЛ $n = 2, 4$.

3. Порядок выполнения задания.

3.1. Ознакомиться с методикой расчёта.

3.2. Определить разряд и подразряд зрительной работы, нормы освещённости на рабочем месте, используя данные варианта (табл. 6.4.) и нормы освещённости.

3.3. Рассчитать число светильников.

3.4. Распределить светильники общего освещения с ЛЛ по площади производственного помещения.

3.5. Определить световой поток группы ламп в системе общего освещения, используя данные варианта и формулу (6.3.).

3.6. Подобрать лампу по данным табл. 6.3. и проверить выполнение условия соответствия $\Phi_{\text{л.расч.}}$ и $\Phi_{\text{л. табл.}}$.

3.7. Определить мощность, потребляемую осветительной установкой.

3.8. Подписать отчёт и сдать преподавателю.

4. *Таблица 6.4.* Варианты заданий к работе по теме «Расчёт общего освещения»

Вариант	Производственное помещение	Габаритные размеры помещения, м:			Наименьший объект различения	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Характеристика помещения по условиям среды
		Длина А (3)	Ширина В (4)	Высота Н (5)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
01	Вычислительный центр, машинный зал	60	30	5	0,4	малый	светлый	Небольшая запылённость
02	Вычислительный центр, машинный зал	40	20	5	0,45	средний	средний	Небольшая запылённость
03	Дисплейный зал	35	20	5	0,35	малый	средний	Небольшая запылённость
04	Дисплейный зал	20	15	5	0,32	большой	тёмный	Небольшая запылённость
05	Архив хранения носителей информации	25	10	5	0,5	средний	светлый	Небольшая запылённость
06	Лаборатория технического обслуживания ЭВМ	25	12	5	0,31	средний	средний	Небольшая запылённость
07	Аналитическая лаборатория	20	10	5	0,48	средний	средний	Небольшая запылённость
08	Оптическое производство; участок подготовки шихты	36	12	5	0,49	большой	средний	Большая запылённость
09	Участок варки стекла	60	24	8	0,5	средний	светлый	Небольшая запылённость

10	Механизированный участок получения заготовок	46	24	8	0,5	средний	светлый	Небольшая запылённость
11	Участок шлифовальных станков	40	18	6	0,4	большой	светлый	Небольшая запылённость, высокая влажность
12	Участок полировальных станков	50	24	6	0,38	средний	светлый	Небольшая запылённость, высокая влажность
13	Механический цех, металлорежущие станки	90	24	6	0,28	средний	светлый	Небольшая запылённость
14	Прецизионные металлообрабатывающие станки	36	18	5	0,3	средний	светлый	Небольшая запылённость
15	Прецизионные металлообрабатывающие станки	54	12	5	0,35	большой	средний	Небольшая запылённость
16	Станки с ЧПУ	60	24	5	0,2	средний	светлый	Небольшая запылённость
17	Автоматические линии	80	36	5	0,34	большой	светлый	Небольшая запылённость
18	Инструментальный цех	60	18	5	0,18	средний	светлый	Небольшая запылённость
19	Инструментальный цех	76	24	6	0,23	большой	средний	Небольшая запылённость
20	Участок сборки	50	18	6	0,25	большой	светлый	Небольшая запылённость
21	Участок сборки	56	24	5	0,28	большой	светлый	Небольшая запылённость
22	Производство печатных плат, гальванический цех: ванны (травление, мойка, металлопокрытие)	65	18	8	0,45	большой	средний	Высокая влажность, небольшая запылённость

23	Автоматические линии металлопокрытий	60	24	8	0,48	средний	средний	Высокая влажность, небольшая запылённость
24	Участок контрольно-измерительных приборов	24	12	5	0,46	средний	светлый	Небольшая запылённость
25	Рабочие места ОТК с визуальным контролем качества изделий	30	12	5	0,2	большой	светлый	Небольшая запылённость
26	Участок сварки	40	12	7	0,4	средний	светлый	Средняя запылённость
27	Участок контроля сварных соединений	66	18	5	0,35	большой	средний	Небольшая запылённость
28	Участок импульсно-дуговой сварки	56	18	8	0,4	средний	светлый	Средняя запылённость
29	Участок автоматизированных установок	90	24	8	0,45	большой	средний	Средняя запылённость
30	Лаборатория для металлографических исследований	36	12	5	0,49	средний	средний	Небольшая запылённость

5. Пример выполнения работы «расчёт общего освещения»

1. Исходные данные:

Вариант	Производственное помещение	Габаритные размеры помещения, м: Длина А (3) Ширина В (4) Высота Н (5)			Наименьший объект различения, мм	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Характеристика помещения по условиям среды
1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ -	Вычислительный центр, машинный зал	40	20	4	0,28	средний	светлый	Небольшая запылённость

2. Цель работы: рассчитать количество светильников и ламп в светильниках в заданном помещении, необходимых для создания определенной освещенности на рабочих местах, определить потребляемую мощность осветительной установки.

3. Ход работы:

1. Определяем разряд и подразряд зрительной работы, нормы освещенности на рабочем месте по табл. 6.1.:

Характеристика зрительной работы – очень высокой точности

Разряд - 2

Подразряд - 2

Комбинированное освещение - 1000 лк

Общее освещение - $E_n = 300$ лк

2. Рассчитываем число светильников N по формуле (6.1.):

$$N = S / (L \cdot M),$$

где S – площадь помещения, $a = 90$ м; $b = 24$ м.

$$S = a \cdot b = 40 \cdot 20 = 800 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Рассчитаем L – расстояние между центрами светильников:

$$L = 1,75 \cdot H,$$

$$L = 4 \cdot 1,75 = 7 \text{ (м)}.$$

Рассчитаем расстояние между параллельными рядами - M по формуле (6.2.):

$$M \geq 0,6 \cdot H_p, \text{ где } H_p = H$$

$$M \geq 0,6 \cdot 4 = 2,4 \text{ м. Принимаем } M = 3 \text{ м}$$

В данном случае:

$$N = 800 / (7 \cdot 3) = 38,09, \text{ т.е. принимаем } N = 40 \text{ (шт)}.$$

3. Расчётный световой поток определим по формуле (6.3.):

$$\Phi_{\text{л.расч.}} = \frac{E_n SZK}{N \eta}$$

где $Z = 1,1$; $K = 1,5$; $E_n = 300$

Показатель помещения определим по формуле (6.4.):

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)}$$

$$i = (40 \cdot 20) / [4(40 + 20)]$$

$$i = 3,3$$

По таблице 6.2. принимаем коэффициент использования светового потока ламп $\eta = 0,4$.

Формула (6.3.) принимает вид:

$$\Phi_{\text{л.расч.}} = (300 \cdot 800 \cdot 1,1 \cdot 1,5) / (40 \cdot 0,4) = 24750 \text{ (лм)}$$

Для создания освещенности в 300 лк необходимо, чтобы световой поток одного светильника был равен 24750 лм. По табл. 6.3. выбираем лампу ЛБ-80 со световым потоком 5220 лм.

Для создания потока в 24 750 лм в одном светильнике должны быть 4 лампы ЛБ-80 (5220 лм).

Проверим правильность решения по соотношению (6.5.):

$$\Phi_{\text{л. расч.}} = (0,9 \dots 1,2) \cdot \Phi_{\text{л.табл.}},$$

где $\Phi_{\text{л.расч.}}$ – расчётный световой поток, лм.; $\Phi_{\text{л.табл.}}$ – световой поток, определённый по табл. 6.3., лм.

Преобразуем формулу (6.5.):

$$\Phi_{\text{л. расч.}} / \Phi_{\text{л.табл.}} = (0,9 \dots 1,2)$$

В данном случае:

$\Phi_{\text{л. расч.}} / \Phi_{\text{л.табл.}} = 24751 / (5220 \cdot 4) = 1,18$, что удовлетворяет условию.

4. Потребляемая мощность, Вт, осветительной установки определим по формуле (6.6.):

$$P = p \cdot N \cdot n,$$

где p – мощность лампы, Вт; N – число светильников, шт; n – число ламп в светильнике.,

В данном случае:

$$P = 80 \cdot 40 \cdot 4 = 12800 \text{ Вт}$$

Вывод: для данного помещения вычислительного центра требуется 40 светильников, в каждом по 4 лампы. Тип и мощность лампы: ЛБ-80. Общая потребляемая мощность $P = 12\ 800 \text{ Вт}$ (12,8 кВт).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7 РАСЧЁТ УРОВНЯ ШУМА В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ

1. Общие сведения

В процессе разработки проектов генеральных планов городов и детальной планировки их районов предусматривают градостроительные меры по снижению транспортного шума в жилой застройке. При этом учитывают расположение транспортных магистралей, жилых и нежилых зданий, возможное наличие зелёных насаждений. Учёт этих факторов помогает в одних случаях обойтись без специальных строительно-акустических мероприятий по защите от шума, а в других – снизить затраты на их осуществление.

2. Методика расчета

Задача данного практического занятия – определить уровень звука в расчётной точке (площадка для отдыха в жилой застройке, см. рис. 1) от источника шума – автотранспорта, движущегося по уличной магистрали.

Уровень звука в расчётной точке, *дБА*,

$$L_{pt} = L_{и.ш.} - \Delta L_{рас} - \Delta L_{воз} - \Delta L_{зел} - \Delta L_{э} - \Delta L_{зд}, \quad (7.1.),$$

где $L_{и.ш.}$ – уровень звука от источника шума (автотранспорта); $\Delta L_{рас}$ – снижение уровня звука из-за его рассеивания в пространстве; *дБА*; $\Delta L_{воз}$ – снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе, *дБА*, $\Delta L_{зел}$ – снижение уровня звука зелёными насаждениями, *дБА*; $\Delta L_{э}$ – снижение уровня звука экраном (зданием), *дБА*;

В формуле влияние травяного покрытия и ветра на снижение уровня звука не учитывается.

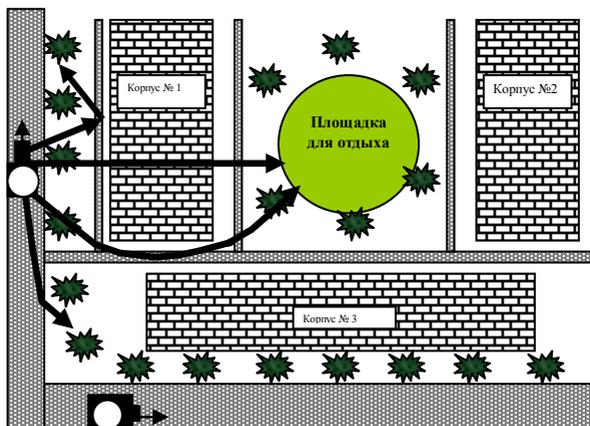


Рис. 1 Расположение площадки для отдыха в жилой застройке

Снижение уровня звука от его рассеивания в пространстве

$$\Delta L_{рас} = 10 \lg (r_n / r_o), \quad (7.2.),$$

где r_n – кратчайшее расстояние от источника шума до расчётной точки, м; r_o – кратчайшее расстояние между точкой, в которой определяется звуковая характеристика источника шума, и источники шума; $r_o = 7,5$ м.

Снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе

$$\Delta L_{воз} = (\alpha_{воз} r_n) / 100, \quad (7.3.),$$

где $\alpha_{воз}$ – коэффициент затухания звука в воздухе; $\alpha_{воз} = 0,5$ дБА/м.

Снижение уровня звука зелёными насаждениями

$$\Delta L_{зел} = \alpha_{зел} \cdot B, \quad (2.4.),$$

где $\alpha_{зел}$ – постоянная затухания шума; $\alpha_{зел} = 0,1$ дБА; B – ширина полосы зелёных насаждений; $B = 10$ м.

Снижение уровня звука экраном (зданием) $\Delta L_{воз}$ зависит от разности длин путей звукового луча δ , м.

Таблица 6.1. Зависимость снижения уровня звука экраном (зданием) от разности звукового луча

δ	1	2	5	10	15	20	30	50	60
$\Delta L_{\text{воз}}$	14	16,2	18,4	21,2	22,4	22,5	23,1	23,7	24,2

Расстоянием от источника шума и от расчётной точки до поверхности земли можно пренебречь.

Снижение шума за экраном (зданием) происходит в результате образования звуковой тени в расчётной точке и огибания экрана звуковым лучом.

Снижение шума зданием (преградой) обусловлено отражением звуковой энергии от верхней части здания:

$$\Delta L_{\text{воз зд}} = K \cdot W, (2.5),$$

где K – коэффициент, дБА/м; $K = 0,8 \dots 0,9$; W – толщина (ширина) здания, м.

Допустимый уровень звука на площадке для отдыха – не более 45 дБА.

3. Порядок выполнения задания

3.1. Выбрать вариант (см. табл. 7.3.).

3.2. Ознакомиться с методикой расчёта.

3.3. В соответствии с данными варианта определить снижение уровня звука в расчётной точке и, зная уровень звука от автотранспорта (источник шума), по формуле (7.1.) найти уровень звука в жилой застройке.

3.4. Определив уровень звука в жилой застройке, сделать вывод о соответствии расчётных данных допустимым нормам.

3.5. Подписать отчёт и сдать преподавателю.

4. Таблица 2.3. Варианты заданий к работе по теме «Расчет уровня шума в жилой застройке».

Вариант	r_n , м	δ , м	W , м	$L_{и.ш.}$, дБа
1	2	3	4	5
01	70	5	10	70
02	80	10	10	70
03	85	15	12	70
04	90	20	12	70
05	100	30	14	70
06	105	50	14	75
07	110	60	16	75
08	115	5	16	75
09	125	10	18	75
10	135	15	18	75
11	60	20	10	80
12	65	30	10	80
13	75	50	12	80
14	80	60	12	80
15	100	5	14	80
16	95	10	14	85
17	105	15	16	85
18	110	20	16	85
19	115	30	18	85
20	120	50	18	85
21	65	60	10	90
22	70	5	10	90
23	80	10	12	90
24	85	15	12	90
25	95	20	14	90
26	100	30	14	70
27	110	50	16	70
28	115	60	16	70
29	120	5	18	70
30	125	10	18	70

5. Пример выполнения работы «расчёт уровня шума в жилой застройке»

1. Исходные данные:

Вариант	r_n , м	δ , м	W , м	$L_{и.ш.}$, дБа
№ -	75	50	12	80

2. Цель работы: определить уровень звука в расчётной точке (площадка для отдыха в жилой застройке) от источника шума – автотранспорта, движущегося по уличной магистрали и сравнить с допустимым.

3. Ход работы:

Рассчитаем уровень звука в расчетной точке по формуле (2.1.):

$$L_{рт} = L_{и.ш.} - \Delta L_{рас} - \Delta L_{воз} - \Delta L_{зел} - \Delta L_{э} - \Delta L_{зд}, \text{ дБА},$$

где $L_{и.ш.}$ – уровень звука от источника шума (автотранспорта); $\Delta L_{рас}$ – снижение уровня звука из-за его рассеивания в пространстве; дБА; $\Delta L_{воз}$ – снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе, дБА, $\Delta L_{зел}$ – снижение уровня звука зелёными насаждениями, дБА; $\Delta L_{э}$ – снижение уровня звука экраном (зданием), дБА.

Для этого нам необходимо рассчитать:

1. Снижение уровня звука из-за рассеивания в пространстве:

$$\Delta L_{рас} = 10 \cdot \lg (r_n/r_o)$$

$$\Delta L_{рас} = 10 \cdot \lg(75/7,5) = 10 \cdot \lg 10 = 10,$$

где R_n – кратчайшее расстояние от источника шума до расчетной точки, м; r_o – кратчайшее расстояние между точкой, в которой определяется звуковая характеристика источника шума, и источником шума $r_o = 7,5$ м.

2. Снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе:

$$\Delta L_{воз} = (L_{воз} \cdot r_n) / 100$$

$$\Delta L_{воз} = (0,5 \cdot 75) / 100 = 0,375$$

3. Снижение уровня шума зелёными насаждениями:

$$\Delta L_{зел} = \alpha_{зел} \cdot B$$

$$\Delta L_{зел} = 0,1 \cdot 10 = 1,$$

где $L_{зел}$ – постоянная затухания шума, $L_{зел} = 0,1$ дБА/м; B – ширина полосы зелёных насаждений, $B = 10$ м

4. Снижение уровня шума экраном $\Delta L_{\text{воз}}$ зависит от разности длин путей звукового луча δ , м. Находим из таблицы 7.1. по данным варианта (табл. 7.3.):

δ	1	2	5	10	15	20	30	50	60
$\Delta L_{\text{воз}}$	14	16,2	18,4	21,2	22,4	22,5	23,1	23,7	4,2

Следовательно:

$$\Delta L = 23,7$$

5. Снижение шума зданием (преградой) обусловлено отражением звуковой энергии от верхней части здания:

$$\Delta L_{\text{зд}} = K \cdot W$$

$$\Delta L_{\text{зд}} = 12 \cdot 0,85 = 10,2,$$

где K – коэффициент, $K = 0,8 \dots 0,9 \text{ дБА/м}$

6. По формуле (7.1.) находим уровень звука в расчётной точке, подставив все вычисленные данные:

$$L_{\text{рт}} = 80 - 10 - 0,375 - 1 - 23,7 - 10,2 = 34,725 \text{ дБА}.$$

Вывод: Рассчитанный уровень звука на площадке отдыха в жилой застройке равен 34,725 дБА, что меньше допустимого, равного 45 дБА. Следовательно, уровень звука соответствует нормам.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТА ЭКОНОМИКИ

1. Условие задания

Оценить методом прогноза последствия землетрясения в районе размещения объекта экономики для условий, приведенных в таблице вариантов исходных данных:

- 1) количество зданий и сооружений, получивших повреждения по различным категориям с качественным описанием повреждений и указанием требуемого вида ремонта;
- 2) общие, санитарные и безвозвратные потери людей, находившихся в зданиях в момент землетрясения;
- 3) состояние систем жизнеобеспечения на момент окончания землетрясения и после восстановительных работ по истечении суток.

2. Проведение расчетов

Исходные данные:

Интенсивность землетрясения $J = 7$ баллов;

Тип грунта – гранит;

Тип зданий – A_1 ;

Количество зданий – 400;

Количество людей в здании – 150.

2.1. Рассчитаем реальную интенсивность землетрясения по формуле 1.1:

$J_{\text{реал}} = J - (\Delta J_{\text{пост}} - \Delta J_{\text{ом}})$, где $\Delta J_{\text{пост}} - \Delta J_{\text{ом}}$ – разность приращения балльности землетрясений для грунта, на котором построено здание и для грунта окружающей местности, её значение берём из таблицы 1.1:

$\Delta J_{\text{пост}} - \Delta J_{\text{ом}} = 0,00$ баллов.

Тогда $J_{\text{реал}} = 7$ баллов – 0 баллов = 7 баллов.

2.2. Найдём сейсмостойкость здания. По таблице 1.2 имеем, что к типу зданий A_1 относятся бескаркасные здания из местного материала без фундамента, для которых сейсмостойкость составляет $J_C = 4$ балла.

2.3. По найденным значениям реальной интенсивности землетрясения $J_{\text{реал}}$ и сейсмостойкости здания J_C рассчитаем вероятности получения им повреждений различной степени $P_{\text{зд}i}$ по таблице 1.3, а по таблице 1.4 определим качественную картину повреждений зданий и вид требуемого ремонта.

Для $J_{\text{реал}} - J_C = 7 - 4 = 3$ балла имеем $P_{\text{зд}0} = 0,0$; $P_{\text{зд}1} = 0,1$; $P_{\text{зд}2} = 0,3$; $P_{\text{зд}3} = 0,5$; $P_{\text{зд}4} = 0,1$, где $P_{\text{зд}0}$, $P_{\text{зд}1}$, $P_{\text{зд}2}$, $P_{\text{зд}3}$, $P_{\text{зд}4}$ – значения вероятностей получения зданием повреждений 0, 1, 2, 3, 4 степени соответственно.

По таблице 1.4.

Для 1-й степени (легкие повреждения) характерны трещины в штукатурке, между панелями, откалывания небольших кусков штукатурки. Такие повреждения устраняются путем текущего ремонта. Вероятность получения зданием таких повреждений $P_{\text{зд}1} = 0$.

Для 2-й степени (умеренные повреждения) характерны значительные разрушения ограждающих конструкций, откалывание больших кусков штукатурки, сквозные трещины в перегородках, слабые повреждения несущих стен. Такие повреждения устраняются путем капитального ремонта. Вероятность получения зданием таких повреждений $P_{\text{зд}2} = 0,3$.

Для 3-й степени (тяжелые повреждения) характерны частичное разрушение несущих конструкций, обрушение дымовых труб, значительная деформация каркасов. Такие повреждения устраняются путем восстановительного ремонта. Вероятность получения зданием таких повреждений достаточно высока $P_{\text{зд}3} = 0,5$.

Для 4-й степени (разрушительные) характерны частичное разрушение несущих конструкций, нарушение связей между частями здания, обрушение крупных частей здания. Здание не восстанавливается и подлежит сносу. Вероятность получения зданием таких повреждений $P_{\text{зд}4} = 0,1$.

2.4. Произведем расчет количества зданий, поврежденных по различным степеням используя формулу:

$N_{зд\ i} = P_i \cdot N_{зд}$, где $N_{зд\ i}$ – количество зданий, поврежденных по i -ой степени; P_i – вероятность получения зданием повреждения i -ой степени; $N_{зд}$ – количество зданий.

$N_{зд\ 0} = 0,0 \cdot 400 = 0$; $N_{зд\ 1} = 0,1 \cdot 400 = 40$; $N_{зд\ 2} = 0,3 \cdot 400 = 120$;

$N_{зд\ 3} = 0,5 \cdot 400 = 200$; $N_{зд\ 4} = 0,1 \cdot 400 = 40$.

2.5. Определим значения вероятностей общих $P_{общ}$, безвозвратных $P_{безв}$ и санитарных $P_{сан}$ потерь людей (%), находящихся в внутри зданий в момент землетрясения, используя формулы:

$$P_{общ} = 0,05 \cdot P_{зд\ 3} + 0,5 \cdot P_{зд\ 4} + 0,95 \cdot P_{зд\ 5};$$

$$P_{безв} = 0,01 \cdot P_{зд\ 3} + 0,17 \cdot P_{зд\ 4} + 0,65 \cdot P_{зд\ 5};$$

где $P_{зд\ 3}$, $P_{зд\ 4}$, и $P_{зд\ 5}$ – значения вероятностей получения зданием повреждений 3, 4 и 5 степени соответственно.

$P_{общ} = 0,05 \cdot P_{зд\ 3} + 0,5 \cdot P_{зд\ 4} + 0,95 \cdot P_{зд\ 5} = 0,05 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 0,1 = 0,075$ (7,5 %)

$P_{безв} = 0,01 \cdot P_{зд\ 3} + 0,17 \cdot P_{зд\ 4} + 0,65 \cdot P_{зд\ 5} = 0,01 \cdot 0,5 + 0,17 \cdot 0,1 = 0,022$ (2,2%)

$$P_{сан} = P_{общ} - P_{безв} = 0,075 - 0,022 = 0,053$$
 (5,3%).

2.6. С использованием значения общей численности людей $N_{л} = 400 \cdot 150 \text{ чел} = 60\ 000$ человек, рассчитаем абсолютные значения потерь людей, находящихся внутри зданий при урагане по формулам:

$$N_{л\ общ} = P_{общ} \cdot N_{л} = 0,075 \cdot 60\ 000 = 4\ 500 \text{ чел};$$

$$N_{л\ безв} = P_{безв} \cdot N_{л} = 0,022 \cdot 60\ 000 = 1\ 320 \text{ чел};$$

$$N_{л\ сан} = P_{сан} \cdot N_{л} = 0,053 \cdot 60\ 000 = 3\ 180 \text{ чел}.$$

2.7. По значению реальной интенсивности землетрясения из таблицы 1.5 находим устойчивость систем обеспечения населения.

В нашем случае $J_{реал} = 7$ баллов. Тогда:

- водоснабжение – 53/80, что означает: 53 % систем водоснабжения способны функционировать немедленно, а 80 % – после восстановительных работ в течение суток;

- электроснабжение – 75/85;

- газоснабжение – 85/90;
- теплоснабжение – 77/85;
- транспорт – 85/90;
- канализация – 90/100;
- связь – 90/100.

3. Справочные материалы для проведения расчетов

Таблица 1.1. Разность приращений балльности землетрясения (в баллах)

Грунт	$\Delta J_{\text{пост}} - \Delta J_{\text{ом}}$
Гранит	0,00
Известняк	0,52
Щебень, гравий	0,92
Песчаный	1,60
Глинистый	1,61
Насыпной, рыхлый	2,60
Полускальный	1,36

Таблица 1.2. Классификация зданий по сейсмостойкости

Группа		Характеристика зданий	J_c , баллы
А	А ₁	Бескаркасные здания из местного материала без фундамента	4
	А ₂	Здания из сырцового кирпича на фундаменте	4,5
Б	Б ₁	Здания с деревянным каркасом с легкими перекрытиями	5
	Б ₂	Здания из жженого кирпича или бетонных блоков	5,5
В	В ₁	Деревянные дома, рубленные в "лапу"	6
	В ₂	Железобетонные каркасные и крупнопанельные здания	6,5

Таблица 1.3. Вероятность степени повреждений зданий,
 $P_{зд}$.

$J_{реал} - J_C$	Степень повреждения					
	0	1	2	3	4	5
0	0,9	0,1	—	—	—	—
1	0,4	0,5	0,1	—	—	—
2	0,1	0,3	0,5	0,1	—	—
3	0,0	0,1	0,3	0,5	0,1	—
4	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,1
5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9

Таблица 1.4. Характеристика повреждений зданий

Степень повреждения	Описание повреждений	Вид ремонта
1 степени (легкие)	трещины в штукатурке, между панелями, откалывание небольших кусков штукатурки	текущий
2 степени (умеренные)	значительные разрушения ограждающих конструкций, откалывание больших кусков штукатурки, сквозные трещины в перегородках, слабые повреждения несущих стен	капитальный
3 степени (тяжелые)	частичное разрушение несущих конструкций, обрушение дымовых труб, значительная деформация каркасов	восстановительный
4 степени (разрушительные)	частичное разрушение несущих конструкций, нарушение связей между	здание не восстанавливается и подлежит сносу

	частями здания, обрушение крупных частей здания	
5 степени	полное разрушение здания	—

Таблица 1.5. Устойчивость систем жизнеобеспечения (в процентах)

Система	Интенсивность землетрясения, $J_{реаль}$ баллы				
	6	7	8	9	10
Водоснабжение	80/90	53/80	48/53	36/48	24/36
Электроснабжение	85/95	75/85	60/75	43/60	32/43
Газоснабжение	90/95	85/90	77/85	62/77	50/62
Теплоснабжение	85/90	77/85	50/77	28/50	15/28
Транспорт	90/95	85/90	68/85	55/68	20/55
Канализация	100/100	90/100	82/90	55/68	45/60
Связь	100/100	90/100	82/90	55/82	30/55

Примечание – В числителе – процент систем, способных функционировать немедленно, в знаменателе – после восстановительных работ в течение суток.

1.4. Варианты исходных данных

№	Интенсивность землетрясения, J , баллы	Тип грунта	Тип зданий	Количество во зданий	Количество во людей в здании
1	10	гранит	A_1	100	100
2	9	известняк	A_2	200	150
3	8	крупнообломочный	B_1	300	200
4	7	полускальный	B_2	400	250

5	6	песчаный	B ₂	500	300
6	10	глинистый	B ₂	500	150
7	9	гранит	B ₂	400	200
8	8	известняк	B ₁	300	250
9	7	крупнообломочный	A ₂	200	300
10	6	полускальный	A ₁	100	100
11	10	песчаный	B ₂	400	200
12	9	глинистый	B ₂	300	250
13	8	гранит	B ₁	200	300
14	7	известняк	A ₂	100	100
15	6	крупнообломочный	A ₁	500	150
16	10	полускальный	B ₂	300	250
17	9	песчаный	B ₁	200	300
18	8	глинистый	A ₂	100	100
19	7	гранит	A ₁	400	150
20	6	известняк	B ₂	500	200
21	10	крупнообломочный	B ₁	200	300
22	9	полускальный	A ₂	100	100
23	8	песчаный	A ₁	400	150
24	7	глинистый	B ₂	500	200
25	6	гранит	B ₁	300	250

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9 РАСЧЕТ НАГРУЗОК, СОЗДАВАЕМЫХ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

1. Общие сведения.

Нагрузки, создаваемые ударной волной в результате взрыва емкостей со сжатым газом, взрыва газовоздушной смеси, воздушного и наземного ядерных взрывов, приводят к разрушениям зданий, сооружений, оборудования, установок и т.д.

В результате разрушения объектов возникают чрезвычайные ситуации с соответствующими степенями разрушения, опрокидывания и смещения оборудования и установок.

Для принятия решений по проведению восстановительных работ на объектах, подвергшихся разрушению, необходимо провести оценку степени разрушения.

2. Методика расчета.

2.1. Взрыв емкости со сжатым газом:

Тротиловый эквивалент, $кг$,

$$Q = A / 3,8, \quad (9.1.)$$

где A – работа взрыва (работа газа при адиабатическом расширении), $МДж$.

$$A = [(p_1 \cdot V)[1 - (p_2/p_1)^{(m-1)/m}]] / (m - 1), \quad (9.2.),$$

где p_1 – начальное давление в сосуде, $МПа$; V – начальный объем газа, $м^3$; p_2 – конечное давление, $МПа$, $p_2 = 0,1 \cdot p_1$; m – показатель адиабаты, $m = 1,4$.

Безопасное расстояние, $м$, от места взрыва для человека

$$R_{\min} = 16 \cdot q^{1/3}, \quad (9.3.)$$

Безопасное расстояние, $м$, места взрыва для жилой застройки

$$R_{\min} = 5 \cdot q^{1/2}, (9.4.)$$

2.2. Взрыв газозвушной смеси.

Избыточное давление при взрыве газозвушной смеси, $\kappa\text{Па}$,

$$\Delta p_{\phi} = (m \cdot H_T \cdot p_0 \cdot z) / (V_n \cdot c \cdot \rho \cdot T_0 \cdot R_H), (9.5.),$$

где m – масса горячего газа, кг ; H_T – теплота сгорания, $\kappa\text{Дж}/\text{кг}$, $H_T = 40 \cdot 10^3 \kappa\text{Дж}/\text{кг}$; $p_0 = 101 \kappa\text{Па}$ – начальное давление; z – доля участия взвешенного дисперсного продукта при взрыве, $z=0,5$;

V_n – объем помещения, м^3 ; $c = 1,01 \kappa\text{Дж}$ – теплоемкость воздуха; $\rho = 1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$ – плотность воздуха;

$T_0 = 300 \text{ K}$ – температура в помещении; $R_H = 3$, коэффициент негерметичности помещения.

2.3. Ядерный взрыв и взрыв емкости

Избыточное давление, $\kappa\text{Па}$, во фронте ударной волны наземного и воздушного ядерного взрыва, а также при взрыве емкости со сжатым газом

$$\Delta p_{\phi} = \frac{105 \cdot (\sqrt[3]{0,5 \cdot q})}{R} + \frac{410 \cdot (\sqrt[3]{(0,5 \cdot q)^2})}{R^2} + \frac{1370 \cdot (0,5 \cdot q)}{R^3}, (9.6.)$$

где R – расстояние от центра взрыва, м .

2.4. Степень разрушения объекта воздействия (здания, сооружения и т.д.)

Степень разрушения объекта воздействия оценивают по критерию физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) – по критерию опрокидывания и смещения.

2.4.1. Если под воздействием ударной волны с избыточным давлением элементы производственного комплекса разрушаются полностью, разрушение оценивается как сильное; если элементы производственного комплекса в этих условиях

могут быть восстановлены в короткие сроки, разрушение оценивается как среднее или слабое.

Степень разрушения производственных комплексов в зависимости от избыточного давления может быть оценена следующим образом:

- для промышленного здания с металлическим или железобетонным каркасом: при избыточном давлении 50...60 кПа – сильное, 40...50 – среднее, 20...40 кПа – слабое;
- для кирпичного многоэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 20...30 кПа – сильное, 10...20 кПа – среднее, 8...10 кПа – слабое;
- для кирпичного одно- и двухэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 25...35 кПа – сильное, 15...25 кПа – среднее, 8...15 кПа – слабое;
- для приборных стоек: при избыточном давлении 50...70 кПа – сильное, 30...50 кПа – среднее, 10...30 кПа – слабое;
- для антенных устройств: при избыточном давлении 40 кПа – сильное, 20...40 кПа – среднее, 10...20 кПа – слабое;
- для открытых складов с железобетонным перекрытием: при избыточном давлении 200 кПа – сильное.

2.4.2. Степень опрокидывания и смещения антенного устройства или приборной стойки.

Скоростной напор взрыва, *кПа*,

$$P_{ск.} = 2,5 \cdot \Delta p_{\phi}^2 / (\Delta p_{\phi} + 7p_0), \quad (9.7.),$$

где p_0 – начальное скоростное давление, *кПа*, $p_0 = 101$ *кПа*.

Допустимый скоростной напор взрыва, *кПа*, при опрокидывании антенного устройства или приборной стойки

$$P_{ск.}^{opr.} \geq (a / b) \cdot [G / (C_x \cdot S)], \quad (9.8.),$$

где a и b – высота и ширина объекта, *м*; G – масса объекта, *Н*; C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления; S – площадь поперечного сечения приборной стойки, $м^2$.

Если скоростной напор взрыва больше допустимого при опрокидывании, то антенное устройство или приборная стойка опрокинется.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении антенного устройства или приборной стойки

$$P^{cm}_{ск} \geq (f \cdot G) / (C_x \cdot S), (9.9.),$$

где f - коэффициент трения.

Если скоростной напор взрыва больше допустимого при смещении, то антенное устройство сместится.

3. Порядок выполнения работы.

Выбрать вариант (см. таблицу 9.1.)

Ознакомиться с методикой расчета.

Выполнить расчет в соответствии с выбранным вариантом.

Подписать отчет и сдать преподавателю.

4. Таблица 9.1. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К РАБОТЕ ПО ТЕМЕ «РАСЧЕТ НАГРУЗОК, СОЗДАВАЕМЫХ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ».

Вариант	Источник разрушения	Начальное давление, МПа, или тротильный эквивалент	Объем емкости, м ³	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва, м	Высота и ширина объекта, м	Площадь поперечного сечения объекта, м ²	Масса объекта, кг	Коэффициент трения	Коэффициент аэродинамического сопротивления
1.	Емкость со сжатым газом	0,5	100	Многоэтажное кирпичное здание	100	-	-	-	-	-
2.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Приборная стойка	50	2×0,5	0,4	20	0,3	0,85
3.	Емкость со сжатым газом	10	0,05	Приборная стойка Двухэтажное кирпичное здание с остеклением	105	1,4×0,5	0,28	100	0,5	0,85
				Складское кирпичное здание Антенна спутникового телевидения	10	-	-	-	-	-
					15	1,5×1,5	1,8	10	0,16	1,6

4.	Воздушный ядерный взрыв	2	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,85	
5.	Емкость со сжатым газом	5	5	Двухэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,85
6.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,85
7.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом Приборная стойка	2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,85
8.	Емкость со сжатым газом	0,05	100	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением Приборная стойка	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9

9.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	3000	-	-	-	3000	1,4×0,5	0,4	20	0,4	-	0,9
10.	Емкость со сжатым газом	1	0,5	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	20	-	-	-	20	0,9×0,6	0,18	30	0,3	-	0,85
11.	Воздушный ядерный взрыв	0,5	-	Кирпичная стена многоэтажно го дома с остеклением Приборная стойка	4000	-	-	-	20	0,9×0,4	0,18	20	0,5	-	0,9
12.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	1000	-	-	-	30	0,9×0,6	0,18	30	0,5	-	0,85
13.	Взрыв газовоздушной смеси	10 кг горючего вещества	100	Промышленное здание с металлическими и железобетонными каркасом Приборная стойка	2	-	-	-	20	0,9×0,3	0,18	20	0,5	-	0,85

14.	Воздушный ядерный взрыв	0,1	-	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом	10000	-	0,18	20	-	-	0,5
15.	Емкость со сжатым газом	20	0,8	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением	10	-	-	-	-	-	-
16.	Наземный ядерный взрыв	0,01	-	Ангенное устройство	10	0,5×0,4	0,1	30	0,9	-	0,4
17.	Емкость со сжатым газом	1	1	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением	2000	-	-	-	-	-	-
18.	Емкость со сжатым газом	1	10	Приборная стойка	2000	0,5×0,4	0,1	10	0,9	-	0,4
				Одноэтажное кирпичное здание с остеклением	10	-	-	-	-	-	-
				Ангенное устройство	10	0,5×0,3	0,1	10	0,85	-	0,4

19.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	5000 5000	- 0,9×0,4	- 0,18	- 30	- 0,6	- 0,4
20.	Емкость со сжатым газом	1	5	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Антенное устройство	8 8	- 1,6×0,4	- 0,3	- 30	- 1,2	- 0,5
21.	Наземный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	4000 4000	- 0,5×0,3	- 0,1	- 50	- 0,4	- 0,85
22.	Наземный ядерный взрыв	0,1	-	Промышленное здание с металл. и ж/б каркасом Приборная стойка	2000 2000	- 0,5×0,3	- 0,1	- 10	- 0,85	- 0,4
23.	Взрыв газовойдушной смеси	50 кг порошечного вещества	500	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	5 5	- 1,4×0,2	- 0,2	- 100	- 0,85	- 0,4

24.	Наземный ядерный взрыв	0,5	-	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	5000	-	5000	1,4×0,2	0,2	-	100	0,85	0,4
25.	Взрыв газовоздушной смеси	10 кг горючего вещества	100	Промышленное здание с металл. и железобет. каркасом Приборная стойка	2	-	0,9×0,3	0,18	-	-	20	0,85	0,5
26.	Взрыв газовоздушной смеси	10 кг горючего вещества	100	Промышленное здание с металл.чск им и железобетонным каркасом Приборная стойка	2	-	0,5×0,4	0,1	-	-	10	0,85	0,3
27.	Взрыв газовоздушной смеси	50 кг горючего вещества	100	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением Приборная стойка	2	-	0,9×0,4	0,18	-	-	30	0,9	0,5
28.	Емкость со скатым газом	0,4	80	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	100	-	1,6×0,6	0,32	-	-	100	0,5	0,4

29.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Двухэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	3000	-	3000	2×0,03	-	0,08	-	20	-	-	0,85
30.	Емкость со сжатым газом	10	0,05	Складское кирпичное здание Антенна спутникового телевидения	10	-	15	1,6×1,6	-	0,32	-	10	0,16	-	1,4

5. ПРИМЕРЫ выполнения работы «расчет нагрузок, создаваемой ударной волной»

5.1. ВАРИАНТ 1

1. Исходные данные:

Источник взрыва	Начальное давление Р, МПа или тротильный эквивалент q, Мг	Объем емкости V, м ³ или объем помещения, V _п , м ³	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва R, м	Высота и ширина объекта а × b, м	Площадь поперечного сечения объекта, м ²	Вес объекта G, Н	Коэффициент трения, f	Коэффициент аэродинамического сопротивления, Сх
Емкость	1	0,5	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением	20	-	-	-	-	-
			Приборная стойка	20	0,9×0,6	0,18	300	0,3	0,85

2. Цель работы: провести оценку степени разрушения данных объектов для проведения восстановительных работ.

3. Ход работы:

1. Взрыв емкости со сжатым газом.

Тротильный эквивалент определяется по формуле (9.1.)

$$q = \frac{A}{3.8}$$

Работа газа при адиабатном расширении определяется по формуле (9.2.):

$$A = \frac{P_1 \cdot V}{m-1} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} \right]$$

где A – работа взрыва, МДж; P_1 – начальное давление в сосуде, Мпа; P_2 – конечное давление, Мпа, ($P_2=0,1 \cdot p_1$); V – начальный объем газа, м³; m – показатель адиабаты ($m=1.4$).

В нашем случае формулы (9.1.) и (9.2.) примут вид:

$$A = \frac{1 \cdot 0,5}{1,4-1} \cdot \left[1 - \left(\frac{0,1}{1} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} \right] = 0,6 \text{ МДж}$$

$$q = \frac{0,6}{3,8} = 0,16 \text{ кг}$$

Безопасное расстояние, m , от места взрыва для человека определяем по формуле (9.3.):

$$R_{\min} = 16 \cdot q^{1/3}$$

$$R_{\min} = 16 \cdot 0,16^{1/3} = 8,74$$

Безопасное расстояние, m , от места взрыва для жилой застройки определяем по формуле (9.4.):

$$R_{\min} = 5 \cdot q^{1/2}$$

$$R_{\min} = 5 \cdot 0,16^{1/2} = 2$$

2. Избыточное давление при взрыве емкости определяется по формуле (9.6.):

$$\Delta p_{\phi} = 105 \frac{\sqrt[3]{0,5q}}{R} + 410 \frac{\sqrt[3]{(0,5q)^2}}{R^2} + 1370 \frac{0,5q}{R^3},$$

где Δp_{ϕ} – избыточное давление, кПа; q – тротильный эквивалент, кг; R – расстояние от центра взрыва, м.

В нашем случае формула (9.6.) примет вид:

$$\Delta p_{\phi} = 105 \cdot \frac{\sqrt[3]{0.5 \cdot 0.16}}{20} + 410 \cdot \frac{\sqrt[3]{(0.5 \cdot 0.16)^2}}{20^2} + 1370 \cdot \frac{0.5 \cdot 0.16}{20^3} = 2.48 \text{ кПа}$$

3. Определяем степень разрушения объекта воздействия.

Степень разрушения объекта воздействия (здания, сооружения и т.д.) оценивается по критерию оценки физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) - по критерию опрокидывания и смещения:

Наименование объекта воздействия	Избыточное давление, кПа		
	сильное	среднее	слабое
Кирпичное многоэтажное здание с остеклением	20 - 30	10 - 20	8 - 10
Приборные стойки	50 - 70	30 - 50	10 - 30

Исходя из данных, можно сделать вывод, что степень разрушения объекта воздействия соответствует «слабому разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса получают повреждения, при которых они могут быть восстановлены в короткие сроки.

Степень опрокидывания или смещения приборной стойки.

Скоростной напор взрыва, *кПа*, определим с помощью формулы (9.7.):

$$P_{ск} = 2,5 \cdot \Delta p_{\phi}^2 / (\Delta p_{\phi} + 7p_0),$$

где $P_{ск}$ - скоростной напор взрыва, *кПа*; Δp_{ϕ} - избыточное давление во фронте ударной волны наземного взрыва, *кПа*; P_0 - начальное атмосферное давление, *101 кПа*

В нашем случае формула примет вид:

$$P_{ск} = (2,5 \cdot 2,48^2) / (2,48 + 7 \cdot 101) = 0,02 \text{ кПа}$$

Допустимый скоростной напор взрыва при опрокидывании приборной стойки определяется из соотношения (9.8.):

$$P_{ск}^{онр} \geq \frac{a \cdot G}{b \cdot C_x \cdot S},$$

где a - высота объекта, м; b - ширина объекта, м; G - вес объекта, Н; C_x - коэффициент сопротивления; S - площадь поперечного сечения, м².

В нашем случае отношение будет иметь вид:

$$P_{ск}^{онр} \geq \frac{0.9 \cdot 300}{0.6 \cdot 0.85 \cdot 0.18}$$

$$P_{ск}^{онр} \geq 2941,18 \text{ Па}$$

Так как $0,02 \text{ кПа} < 2,941 \text{ кПа}$, т.е. $P_{ск}^{онр} \geq P_{ск}$, то можно сделать вывод, что в данном случае не произойдет опрокидывание приборной стойки.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении приборной стойки определяется из соотношения:

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{fG}{C_x \cdot S},$$

где f - коэффициент трения; G - вес объекта, Н; C_x - коэффициент сопротивления; S - площадь поперечного сечения, м².

В нашем случае соотношение примет вид:

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{0.3 \cdot 300}{0.85 \cdot 0.18}$$

$$P_{ск}^{см} \geq 588 \text{ Па}$$

Так как $0,02 \text{ кПа} < 0,588 \text{ кПа}$, т.е. $P_{ск}^{см} \geq P_{ск}$, то можно сделать вывод, что в данном случае так же не произойдет смещение приборной стойки.

Вывод: степень разрушения объекта воздействия соответствует «слабому разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса получают повреждения, при

которых они могут быть восстановлены в короткие сроки. В данном случае не произойдет опрокидывание и смещение приборной стойки.

5.2. ВАРИАНТ 2

1. Исходные данные:

Источник взрыва	Начальное давление P , МПа или тротиловый эквивалент q , Мг	Объем емкости V , м ³ или объем помещения, Vл, м ³	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва R , м	Высота и ширина объекта $a \times b$, м	Площадь поперечного сечения объекта, м ²	Вес объекта G , Н	Коэффициент трения, f	Коэффициент аэродинамического сопротивления, C_x
Воздушный ядерный взрыв	2	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением	4000	-	-	-	-	-
	-	-	Приборная стойка	4000	2×0,5	0,4	200	0,4	0,85

2. Цель работы: провести оценку степени разрушения данных объектов для проведения восстановительных работ.

3. Ход работы:

1. Избыточное давление во фронте ударной волны воздушного ядерного взрыва определяем по формуле (9.6.):

$$\Delta p_{\phi} = 105 \frac{\sqrt[3]{0,5q}}{R} + 410 \frac{\sqrt[3]{(0,5q)^2}}{R^2} + 1370 \frac{0,5q}{R^3},$$

где Δp_{ϕ} - избыточное давление, *кПа*; q - тротиловый эквивалент, кг; R - расстояние от центра взрыва, м;

В нашем случае формула примет вид:

$$\Delta p_{\phi} = 105 \frac{\sqrt[3]{0,5 * 2 * 10^9}}{4000} + 410 \frac{\sqrt[3]{(0,5 * 2 * 10^9)^2}}{4000^2} + 1370 \frac{0,5 * 2 * 10^9}{4000^3}$$

$$\Delta p_{\phi} = 24,49 + 22,32 + 21,40 = 68,23 \text{ кПа}$$

2. Определяем степень разрушения объекта воздействия.

Степень разрушения объекта воздействия (здания, сооружения и т.д. оценивается по критерию оценки физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) по критерию опрокидывания и смещения:

Наименование объекта воздействия	Избыточное давление, кПа		
	сильное	среднее	слабое
Кирпичное многоэтажное здание с остеклением	20 - 30	10 - 20	8 - 10
Приборные стойки	50 - 70	30 - 50	10 - 30

Исходя из данных, можно сделать вывод, что степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью.

2.1. Степень опрокидывания или смещения приборной стойки.

Скоростной напор взрыва определяем по формуле (9.7.):

$$P_{ск} = 2,5 \cdot \Delta p_{\phi}^2 / (\Delta p_{\phi} + 7p_0),$$

где $P_{ск}$ - скоростной напор взрыва, $кПа$; Δp_{ϕ} - избыточное давление во фронте ударной волны наземного взрыва, $кПа$; P_0 - начальное атмосферное давление, $кПа$.

В нашем случае формула примет вид:

$$P_{ск} = \frac{2,5 * 68,23^2}{68,23 + 7 * 101} = 15,01 \text{ кПа}$$

Допустимый скоростной напор взрыва при опрокидывании приборной стойки определяется из соотношения (9.8.):

$$P_{ск}^{опр} \geq \frac{a}{b} * \frac{G}{C_x S},$$

где a - высота объекта, м; b - ширина объекта, м; G - вес объекта, Н; C_x - коэффициент сопротивления; S - площадь поперечного сечения, м².

В нашем случае отношение будет иметь вид:

$$P_{ск}^{опр} \geq \frac{2}{0,5} * \frac{200}{0,85 * 0,4}$$

$$P_{ск}^{опр} \geq 2352,94 \text{ Па}$$

Так как $15,01 \text{ кПа} > 2,352 \text{ кПа}$, т.е. $P_{ск} > P_{ск}^{опр}$, то можно сделать вывод, что в данном случае произойдет опрокидывание приборной стойки.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении приборной стойки определяется из соотношения (9.9.):

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{fG}{C_x S},$$

где f - коэффициент трения; G - вес объекта, Н; C_x - коэффициент сопротивления; S - площадь поперечного сечения, м².

В нашем случае соотношение примет вид:

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{0,4 * 200}{0,85 * 0,4}$$

$$P_{ск}^{см} \geq 235,29 \text{ Па}$$

Так как $15,01 \text{ кПа} > 0,235 \text{ кПа}$ ($P_{ск} > P_{ск}^{см}$), то можно сделать вывод, что в данном случае так же произойдет смещение приборной стойки.

Вывод: степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью. В данном случае произойдет опрокидывание приборной стойки и ее смещение.

5.3. ВАРИАНТ 3

1. Исходные данные:

Источник взрыва	Начальное давление P , МПа или тропиловый эквивалент q , Мг	Объем емкости V , м ³ или объем помещения, $V_{п}$, м ³	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва R , м	Высота и ширина объекта $a \times b$, м	Площадь поперечного сечения объекта, м ²	Вес объекта G , Н	Коэффициент трения, f	Коэффициент аэродинамического сопротивления, C_x
Взрыв газозвдушной смеси (утечка газа)	50 кг	100	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением	2	-	-	-	-	-
	-	-	Приборная стойка	2	0,9×0,4	0,18	300	0,9	0,5

2. Цель работы: провести оценку степени разрушения данных объектов для проведения восстановительных работ.

3. Ход работы:

1. Избыточное давление при взрыве газозвдушной смеси определяется по формуле (9.5.):

$$\Delta P_{\phi} = \frac{m \cdot H_1 \cdot P_0 \cdot z}{V_n \cdot c \cdot \rho \cdot T_0 \cdot R_n}$$

где ΔP_{ϕ} – избыточное давление, $кПа$; m – масса горючего газа, $кг$; H_1 – теплота сгорания, $кДж/кг$ ($H_1=40 \cdot 10^3$); P_0 – начальное давление, $кПа$ ($P_0=101$); z – коэф. участия воздушной смеси, ($z=0,5$); V_n – объем помещения, $м^3$; c – теплоемкость воздуха, $кДж/кг$ ($c=1,01$); ρ – плотность воздуха, $кг/м^3$ ($\rho=1,29$); T_0 – температура в помещении, $К$ ($T_0=300$); R_n – коэф. негерметичности помещения, ($R_n=3$).

В нашем случае формула примет вид:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{50 \cdot 40 \cdot 101 \cdot 0,5}{100 \cdot 1,01 \cdot 1,29 \cdot 300 \cdot 3} = 861,33 \text{ кПа}$$

2. Определяем степень разрушения объекта воздействия.

Степень разрушения объекта воздействия (здания, сооружения и т.д. оценивается по критерию оценки физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) по критерию опрокидывания и смещения:

Наименование объекта воздействия	Избыточное давление, кПа		
	сильное	среднее	слабое
Кирпичное многоэтажное здание с остеклением	20 -30	10 - 20	8 - 10
Приборные стойки	50 - 70	30 - 50	10 - 30

Исходя из данных, можно сделать вывод, что степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью.

2.2. Степень опрокидывания или смещения приборной стойки.

Скоростной напор взрыва определяем по формуле (9.7.):

$$P_{ск} = 2,5 \cdot \Delta p_{\phi}^2 / (\Delta p_{\phi} + 7p_0),$$

где $P_{ск}$ - скоростной напор взрыва, $кПа$; ΔP_{ϕ} - избыточное давление во фронте ударной волны наземного взрыва, $кПа$; P_0 - начальное атмосферное давление, $кПа$.

В нашем случае формула примет вид:

$$P_{ск} = \frac{2,5 \cdot 86^2}{86 + 7 \cdot 101} = 1182,61 \text{ кПа}$$

Допустимый скоростной напор взрыва при опрокидывании приборной стойки определяется из соотношения (9.8.):

$$P_{ск}^{опр} \geq \frac{a \cdot G}{b \cdot C_x \cdot S},$$

где a - высота объекта, м; b - ширина объекта, м; G - вес объекта, Н; C_x - коэффициент сопротивления; S - площадь поперечного сечения, м².

В нашем случае отношение будет иметь вид:

$$P_{ck}^{omp} \geq \frac{0.9 \cdot 300}{0.4 \cdot 0.5 \cdot 0.18}$$

$$P_{ck}^{omp} \geq 7500 \text{ Па}$$

Так как $1182,61 \text{ кПа} > 7.5 \text{ кПа}$ ($P_{ck}^{omp} \leq P_{ck}$), то можно сделать вывод, что в данном случае произошло опрокидывание приборной стойки.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении приборной стойки определяется из соотношения (9.9.):

$$P_{ck}^{cm} \geq \frac{fG}{C_x S},$$

где f - коэффициент трения; G - вес объекта, Н; C_x - коэффициент сопротивления; S - площадь поперечного сечения, м².

В нашем случае соотношение примет вид:

$$P_{ck}^{cm} \geq \frac{0.9 \cdot 300}{0.5 \cdot 0.18}$$

$$P_{ck}^{cm} \geq 3000 \text{ Па}$$

Так как $1182,61 \text{ кПа} > 3 \text{ кПа}$ ($P_{ck}^{cm} \leq P_{ck}$), то можно сделать вывод, что в данном случае так же произошло смещение приборной стойки.

Вывод: степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью. В данном случае произойдет опрокидывание приборной стойки и ее смещение.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10

ПРИЕМЫ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ И НЕПРЯМОГО МАССАЖА СЕРДЦА

1. Цель: Ознакомиться с приемами ИВЛ и непрямого массажа сердца, составить алгоритм реанимационных мероприятий, закрепить алгоритм на тренажере.

2. Материально-техническое обеспечение: пособие, тетрадь, робот-тренажер «Гоша».

3. Методика выполнения.

Задание: Изучить приемы искусственной вентиляции легких и непрямого массажа сердца. Составить и выполнить алгоритм искусственной вентиляции легких и непрямого массажа сердца.

Основные задачи при возвращении к жизни человека (реанимации), находящегося в клинической смерти, заключаются в обеспечении проходимости дыхательных путей, поддержания вентиляции легких и кровообращения.

Основным показанием (диагнозом) к проведению сердечно-легочной реанимации считается клиническая смерть. Эта нозология включает в себя основные и вспомогательные критерии. К основным относятся:

- отсутствие дыхания;
- отсутствие кровообращения;
- зрачки расширены, без реакции на свет;
- потеря сознания.

На отсутствие дыхательной функции могут указать неподвижность грудной клетки и брюшной стенки, а также невозможность аускультировать дыхательные шумы.

Об остановке сердечной деятельности свидетельствует прекращение пульсации на магистральных сосудах (сонные и бедренная артерия).

За счет выраженной гипоксии у пострадавшего отмечается расширение зрачка с отсутствием реакции на световые раздражители.

При клинической смерти вспомогательными критериями этого состояния служат изменение окраски кожных покровов (мраморность либо цианоз), арефлексия (поднятая рука падает плетью).

Противопоказаниями к назначению комплекса мер сердечно-легочной реанимации служат:

Биологическая смерть.

Отказ (заверенный заблаговременно) пациента от оказания реанимационных мероприятий.

Травмы, неизбежно приводящие к летальному исходу, тяжелая нозология (III стадия почечной недостаточности, цирроз печени, запущенные формы рака).

Стадии и этапы проведения сердечно-легочной реанимации подразумевают определенную последовательность действий, нацеленных на нормализацию жизненно важных функций организма. Оказывать первую помощь нужно начинать незамедлительно, так как в условиях искусственного кровообращения поступление кислорода в органы и ткани незначительно.

Выделяют 2 стадии СЛР, которые в свою очередь подразделяются на этапы. Первая фаза подразумевает:

Этап А – восстановление проходимости дыхательных путей.

Этап Б – легочная реанимация и адекватная оксигенация.

Этап В – проводится закрытый массаж сердца.

Вторая фаза включает этап Г, на котором предусматривается использование лекарственных средств, инфузионных систем, медицинского оборудования (электрокардиография, дефибриляция), а также послереанимационную поддержку пострадавшего.

Основами считаются первые 3 этапа сердечно-легочной реанимации, которыми должен владеть каждый.

Экстренное восстановление проходимости верхних дыхательных путей состоит из нескольких приемов. Прежде всего, больного укладывают горизонтально на спину. Голову максимально запрокидывают назад, под плечевой пояс подкладывают валик из ткани или кусок дерева (бревна), или спасатель подкладывает одну руку под шею, а другую помещает на лоб больного.

Необходимость проведения этого приема связана с тем, что в бессознательном состоянии у человека происходит расслабление мышц шеи и головы. В результате этого происходит западение корня языка и надгортанника и закупорка дыхательных путей. Это явление возникает при горизонтальном положении больного на спине (даже на животе), а при наклоне головы пострадавшего вперед (иногда несведущие люди, оказывающие помощь, даже подкладывают под голову подушку), закупорка наступает в 100% случаев. Хорошо известно, что значительная часть людей, впавших в бессознательное состояние, погибает от удушья собственным языком.

При запрокидывании головы назад язык отодвигается вперед и освобождает дыхательные пути.

После запрокидывании головы делается пробный вдох «ото рта ко рту» (техника излагается ниже). В случае неэффективности пробного вдоха максимально выдвигают нижнюю челюсть вперед и вверх. Для этого либо поднимают подбородок одной рукой, помещая один палец в рот пострадавшего, либо захватывают нижнюю челюсть двумя руками у основания, зубы нижней челюсти должны располагаться впереди линии зубов верхней челюсти.

Оптимальные условия для обеспечения проходимости верхних дыхательных путей создаются при одновременном

запрокидывании головы, предельном выдвигении нижней челюсти и раскрытии рта больного.

Причиной закупорки воздухоносных путей кроме корня языка могут быть инородные тела (зубные протезы, сгустки крови, слизь). Их необходимо быстро убрать при помощи платка на пальце или салфетки, затрачивая на эту манипуляцию минимальное время. Голова пострадавшего в это время должна быть повернута набок, чтобы предупредить попадание инородных тел в дыхательные пути.

Прежде чем проводить искусственную вентиляцию легких, необходимо подумать о собственной безопасности. Для этого можно использовать специальные маски для ИВЛ (если под рукой есть аптечка, например, автомобильная), лицевые пленки, салфетки или носовой платок, кусок бинта. Можно использовать обычный целлофановый пакетик, пробив пальцем дырку для прохода воздуха.

Самый естественный способ оживления - путем вдыхания воздуха в нос или в рот больного. Ученые подсчитали, что воздух, выдыхаемый спасателем, дает больному вполне достаточно кислорода.

При возможности выбора способа лучше использовать метод «изо рта в рот», т.к. узость носовых ходов создает повышенное сопротивление на выдохе, кроме того, они часто бывают забиты слизью и кровью.

Техника искусственной вентиляции легких методом «изо рта в рот»:

1. Встать сбоку от пострадавшего.
2. Положить одну руку на лоб пострадавшего, а другую под затылок, произвести запрокидывание головы больного, при этом рот, как правило, открывается. Если рот не открывается, то надо выдвинуть нижнюю челюсть.
3. Спасатель делает глубокий вдох, слегка задерживает выдох, и, нагнувшись к пострадавшему, полностью герметизирует своими губами область его рта, создавая как бы

непроницаемый для воздуха купол над ротовым отверстием больного. При этом ноздри больного надо зажать 1-ым и 2-ым пальцами руки, лежащей на лбу. Отсутствие герметичности - частая ошибка при реанимации.

Утечка воздуха через нос или углы рта пострадавшего сводит на нет все усилия спасателя.

4. После герметизации нужно сделать быстрый выдох, вдувая воздух в дыхательные пути пострадавшего. Эта процедура должна длиться около 1 секунды.

Объем вдуваемого воздуха должен быть не менее 1-1,5 литра, что необходимо для стимуляции дыхательного центра. Спасатель должен обратить внимание на то, как поднимается грудная клетка больного при искусственном вдохе. Если амплитуда движения грудной клетки небольшая, то это значит, что мал объем воздуха, либо западает язык.

5. После окончания вдоха спасатель разгибается и освобождает рот пострадавшего, ни в коем случае не прекращая разгибания его головы, т.к. иначе язык западет и будет препятствовать спонтанному вдоху пострадавшего, происходящему за счет эластичности легких. Выдох пострадавшего длится около двух секунд. Надо следить, чтобы выдох был в 2 раза продолжительнее вдоха.

6. В период выдоха пострадавшего спасатель делает 1-2 коротких вдоха-выдоха для себя.

7. Цикл повторяется сначала, частота таких циклов - 12-15 в минуту.

Следует иметь в виду, что при вдувании воздуха часть его попадает в желудок, вздутие которого затрудняет оживление. Поэтому периодически надо надавливать на подложечную область пострадавшего с целью освобождения желудка от воздуха.

Техника искусственной вентиляции легких методом «изо рта в нос»:

1. Положив одну руку на лоб пострадавшего, а другую - на его подбородок, разгибают голову и одновременно прижимают нижнюю челюсть к верхней.

2. Пальцами руки, поддерживающей подбородок, нужно прижать нижнюю губу, герметизируя тем самым рот.

3. После глубокого вдоха губами накрывают нос пострадавшего, создавая над ним непроницаемый для воздуха купол.

4. Производят короткое сильное вдувание воздуха через ноздри (1-1,5 л), следя при этом за движением грудной клетки. После окончания искусственного вдоха нужно обязательно освободить не только нос, но и рот больного; мягкое нёбо может препятствовать выходу воздуха через нос и тогда при закрытом рте выдоха вообще не будет. При оживлении детей вдувание воздуха производят одновременно через нос и рот.

Начиная с 60-х годов прошлого столетия, при клинической смерти стали применять непрямой или закрытый массаж сердца. При остановке сердца прекращается кровообращение, и кислород не поступает в ткани.

Главной задачей является немедленное восстановление кровотока.

Восстановление кровообращения производится с помощью непрямого массажа сердца. Сердце находится между двумя костными образованиями: грудиной и позвоночником. Если человека в состоянии клинической смерти положить позвоночником на жесткое основание (пол, жесткую кушетку) и на нижнюю треть грудины нажать двумя руками с такой силой, чтобы грудина прогибалась на 4-5 см, то сердце сдавливается между двумя костными поверхностями - происходит искусственное сжатие сердца. Это систола, во время которой кровь из сердечных полостей выталкивается в крупные сосуды. Стоит отпустить грудину, как сердце за счет своей эластичности возвращается к первоначальному объему и кровь из крупных вен заполняет его полости - происходит

диастола (расслабление). Частота надавливаний на грудину должна соответствовать естественной частоте сокращений сердца - 60-70 раз в минуту.

Техника непрямого массажа сердца:

1. Большой должен находиться на спине, на жесткой основе (земля, пол).

Массаж на мягком основании неэффективен и опасен (можно повредить печень).

Расстегивают поясной ремень или аналогичную часть одежды, стягивающую верхнюю часть живота, чтобы избежать травмы печени. Расстегивают на груди верхнюю одежду.

2. Зона приложения силы рук спасателя находится строго по средней линии на нижней трети грудины, на три-четыре поперечных пальца выше места прикрепления к грудине мечевидного отростка. Любое другое место приложения рук спасателя - слева от грудины, выше средней линии, на уровне мечевидного отростка - совершенно недопустимо. Надо нажимать на грудину, а не на область сердца.

3. Спасатель становится с любой стороны больного, кладет одну ладонь на другую и производит надавливание на грудину. Руки спасателя выпрямлены в локтевых суставах, давление производит только запястье, пальцы обеих рук приподняты и не касаются грудной клетки. Руки спасателя должны быть перпендикулярны по отношению к поверхности грудной клетки пострадавшего.

Компрессия грудной клетки производится за счет тяжести туловища спасателя.

Только при соблюдении этих условий можно добиться смещения грудины по направлению к позвоночнику на 4-5 см и вызвать сдавливание сердца.

4. Продолжительность одного сдавливания грудной клетки - 0,5 сек. Интервал между сжатиями - 0,5-1 сек. Темп массажа - 60 массажных движений в 1 минуту. В интервалах руки с

грудины не снимают, пальцы остаются приподнятыми, руки полностью выпрямлены в локтевых суставах.

При проведении реанимации одним человеком после двух быстрых вдуваний воздуха в легкие пострадавшего приходится 30 надавливаний грудной клетки, т.е. соотношение вентиляции и массажа равняется 2:30.

Детям до 10 лет массаж проводят одной рукой, а младенцам - двумя пальцами (2-ым и 3-им) с частотой 100-120 надавливаний в минуту.

При проведении непрямого массажа возможно осложнение в виде перелома ребер, что определяется по характерному хрусту во время надавливаний. Это само по себе неприятное осложнение ни в коей мере не должно служить основанием для прекращения массажа.

Обязательным условием проведения массаж сердца является постоянный контроль за его эффективностью.

Критериями эффективности массажа следует считать:

1. Изменение цвета кожи, она начинает розоветь.
2. Появление пульсового толчка на сонной и бедренной артериях, иногда на лучевой артерии.
3. Сужение зрачков и появление реакции на свет.
4. Иногда - появление самостоятельных дыхательных движений. Если в течение 25-30 минут признаки эффективности не появляются, то мероприятия по оживлению следует считать мало перспективными. И все же реанимацию лучше не прекращать до прихода врача.

Всегда следует помнить, что жизнь человека с внезапной остановкой кровообращения в руках того, кто увидит его первым.

Контрольные вопросы:

1. Что является основной задачей реанимации?
2. Зачем пострадавшему запрокидывают голову при ИВЛ?

3. Как спасатель может защитить себя при проведении ИВЛ?
4. Как проводят вдувание воздуха ребенку?
5. С какой частотой спасатель должен надавливать на грудину пострадавшему при непрямом массаже сердца?
6. Как делают непрямой массаж сердца ребенку?
7. Каковы критерии успешной реанимации?

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник/ Э.А. Арустамов А.И. Волощенко, Г.В. Гуськов, Н.А. Прокопенко, Н.В. Косолапова; под ред. Э.А. Арустамова. 19-е изд., перераб. и доп. М. : Дашков и К, 2015. - 448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Теория и практика: учебник для бакалавров / Я.Д. Вишняков [и др.] ; под общ. ред. Я.Д. Вишнякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Юрайт, 2015. - 543 с.
3. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2017. - 352 с.
4. Беляков Г.И. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: учебник для бакалавров / Г.И. Беляков. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. -406 с.
5. Каракеян В.И. Безопасность жизнедеятельности: учебник и практикум для академического бакалавриата / В.И. Каракеян, И.М. Никулина. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2017. - 313 с.
6. Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности: учебник. 14-е изд., стер. СПб.: Лань, 2014. - 672 с.

Учебное издание

Составители:

Попков Артём Викторович
Вельм Иван Матвеевич

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Второе издание, исправленное и дополненное

Авторская редакция

Отпечатано с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать. Формат 60×40 1/16.

Усл. печ. л. 9,5 Уч. изд. л. 4,6

Тираж 100 экз. Заказ №166

Типография Издательского центра
«Удмуртский университет»
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 2.