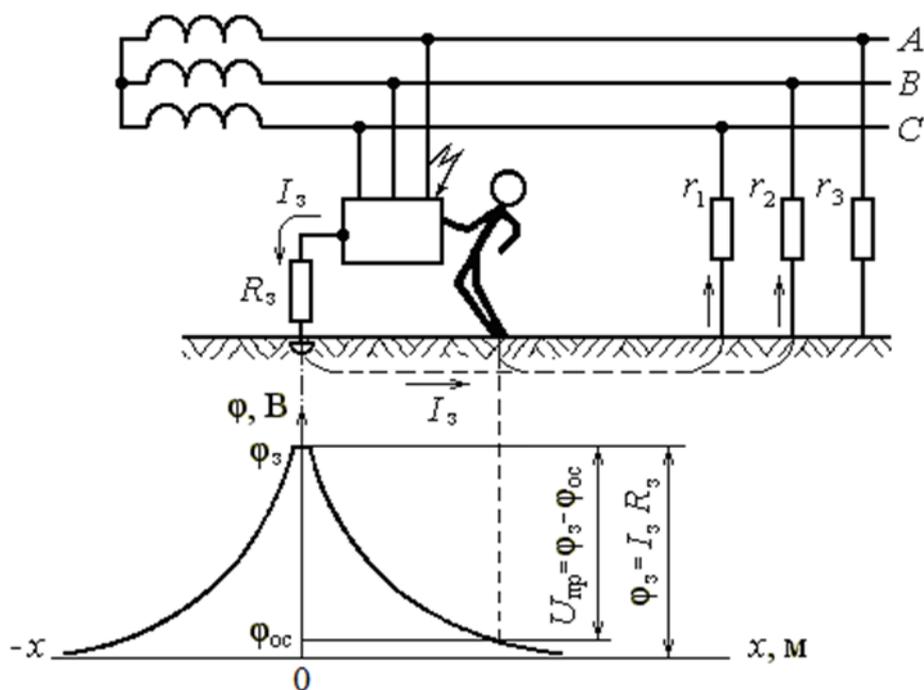


Кисс В.В., Румянцева О.Н., Новиков Б.Ю.

## Безопасность жизнедеятельности



Санкт-Петербург  
2020

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Кисс В.В., Румянцева О.Н., Новиков Б.Ю.**

**Безопасность жизнедеятельности**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

**РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО  
для студентов заочного обучения  
всех направлений и всех специальностей**

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург**

**2020**

Кисс В.В., Румянцева О.Н., Новиков Б.Ю.

Безопасность жизнедеятельности. Учебно-методическое пособие СПб.: Университет ИТМО, 2020. – 67 с.

В методическом пособии представлены основные разделы курса, методические рекомендации по их изучению, словарь используемых терминов, вопросы для самопроверки, а также контрольные вопросы и задания, решение которых позволит закрепить знания, полученные студентами при изучении дисциплин «Безопасность жизнедеятельности».



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных, фотонных, холодильных и пищевых технологий, в 2009 году получивший статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник и один из лидеров программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров. Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2020

© Кисс В.В., Румянцева О.Н., Новиков Б.Ю., 2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА.....	6
1. Основы безопасности жизнедеятельности. Основные понятия, термины и определения.....	6
2. Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности.....	6
3. Опасные производственные факторы.....	6
4. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях.....	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛАМ КУРСА.....	9
РАЗДЕЛ 1. Основы безопасности жизнедеятельности. Основные понятия, термины и определения.....	9
РАЗДЕЛ 2. Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности.....	10
РАЗДЕЛ 3. Опасные производственные факторы.....	12
РАЗДЕЛ 4. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях...	14
СЛОВАРЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ТЕРМИНОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ (ГЛОССАРИЙ).....	16
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	20
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ.....	22
Задача 1.....	22
Задача 2.....	23
Задача 3.....	24
Задача 4.....	26
Задача 5.....	28
Задача 6.....	30
Задача 7.....	31
Задача 8.....	31
Задача 9.....	31
Задача 10.....	32
Задача 11.....	33
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	41
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	43

## ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие предназначено для самостоятельной работы и выполнения контрольной работы по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

Учебная дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» - обязательная общепрофессиональная дисциплина, рассматривающая вопросы взаимодействия человека с различными средами обитания и защиты от негативных факторов при чрезвычайных ситуациях. В результате изучения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:

- Знать негативные факторы сред обитания и их воздействие на человека; основные причины возникновения несчастных случаев и чрезвычайных ситуаций; методы борьбы с негативными последствиями аварий, катастроф, стихийных бедствий.

- Уметь оценить опасности на производстве и в быту; применить методы и средства защиты производственного персонала и населения.

- Владеть приемами безопасного использования технических средств в профессиональной деятельности; навыками организации комфортной и безопасной производственной среды.

- Уметь использовать приемы первой помощи в условиях чрезвычайных ситуаций, основные методы защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.

При изучении дисциплины у студентов формируется представление о необходимости эффективной взаимосвязи профессиональной деятельности с требованиями безопасности, реализация которых гарантирует создание оптимальных условий работоспособности и сохранение здоровья человека, в том числе в экстремальных условиях.

Основная задача дисциплины – овладение обучаемыми теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для:

- создания комфортного состояния среды обитания в рабочих зонах и зонах отдыха человека;

- определения негативных факторов среды обитания естественного, техногенного и антропогенного происхождения;

- реализации мероприятий по защите человека и среды обитания от негативных воздействий;

- разработки и эксплуатации техники, технологических процессов и объектов экономики в соответствии с показаниями безопасности и экологичности;

- обеспечения работоспособности объектов и технических систем при чрезвычайных ситуациях;

- принятия решений по защите производственного персонала и населения от потенциальных угроз при чрезвычайных ситуациях, а также реализации мероприятий по ликвидации их последствий;

- прогнозирования развития негативных воздействий и оценки последствий их действия.

Дисциплина ориентирована на повышение гуманистической составляющей при подготовке инженерных кадров и базируется на знаниях, полученных при изучении социально-экономических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин. Ее изучение рекомендуется проводить на завершающем этапе формирования бакалавра и специалиста.

В методическом пособии приведены разделы рабочей программы дисциплины «Безопасность жизнедеятельности». Также представлены методические указания по изучению разделов дисциплины и вопросы для самопроверки для закрепления знаний. Также представлен перечень контрольных вопросов и задач для выполнения контрольной работы. Пояснения и необходимая информация для решения задач представлены в приложениях.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

## **1. Основы безопасности жизнедеятельности. Основные понятия, термины и определения**

Определение «безопасность жизнедеятельности». Характерные системы «человек - среда обитания». Производственная, городская, бытовая, природная, социальная среда.

Взаимодействие человека со средой обитания. Основы оптимального взаимодействия: комфортность, минимизация негативных воздействий, устойчивое развитие систем. Аксиомы «безопасности жизнедеятельности». Конституционные положения и основные законы РФ об охране труда, гражданской обороны и чрезвычайных ситуациях. Организация служб. Функциональные обязанности должностных лиц. Правовые отношения между работодателем и работником. Органы государственного надзора и контроля. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Определение несчастного случая и профессионального заболевания. Методы анализа травматизма.

Ориентирующие принципы: системности, деструкции, ликвидации и снижения опасности, замена оператора и т.д. Технические принципы: защита расстоянием, временем, экранированием, блокировки, слабое звено и т.д. Организационные принципы: несовместимости, компенсации, эргономичности и т.д. Управленческие принципы: управления, плановости, адекватности, обратной связи.

## **2. Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности**

Производственное освещение. Требования и санитарные нормы освещенности рабочих мест. Источники света. Методы расчёта освещения.

Микроклимат. Основные параметры и приборы контроля. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата, мероприятия по их обеспечению в помещениях. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования.

Вредные вещества на производстве. Классификация вредных веществ по характеру воздействия, их гигиеническое нормирование в воздухе рабочей зоны. Мероприятия и средства защиты. Приборы контроля.

Классификация производственных шумов, их влияние на здоровье человека. Нормирование шумов и методы защиты. Приборы для измерения уровней шума. Источники и виды производственных вибраций. Влияние вибраций на организм человека. Нормирование вибраций. Методы снижения вибраций и средства защиты.

Эргономические проблемы компьютерной техники. Вредные воздействия на организм человека при работе с персональным компьютером. Санитарные правила и нормы. Допустимые значения вредных воздействий. Эргономические требования к рабочему месту оператора персонального компьютера.

### **3. Опасные производственные факторы**

Виды и источники негативных факторов производственной и бытовой среды, взаимосвязь между ними. Теория приемлемого риска.

Защита от электромагнитных полей. Действие на организм человека. Нормирование параметров электромагнитных полей. Понятие о плотности потока мощности СВЧ-полей и её измерения. Средства и методы защиты от электромагнитных излучений. Виды ионизирующего излучения и его характеристики. Воздействие на организм человека. Нормы радиационной безопасности НРБ-99. Приборы дозиметрического контроля. Методы и средства защиты работающих от облучения.

Действие электрического тока на организм человека. Виды электротравм. Сравнительный анализ опасности прикосновения человека к электрическим сетям. Классификация условий труда по степени электроопасности. Методы и средства защиты от поражения электрическим током. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. Статическое электричество.

Анализ опасных и вредных факторов, возникающих при работе лазерных установок. Нормирование параметров лазерного излучения, методы и приборы для их контроля. Требования к помещениям, в которых размещаются лазеры. Защита от лазерного излучения.

Причины возникновения пожаров на предприятии. Процессы горения и взрыва. Классификация производств по взрывопожароопасности. Понятие о пределе огнестойкости. Принципы пожаротушения. Средства и системы пожаротушения. Пожарная сигнализация.

### **4. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях**

Классификация и общая характеристика чрезвычайных ситуаций природного, антропогенного и техногенного характеров. Законы РФ по гражданской обороне и чрезвычайных ситуациях. Организационная структура российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях.

Подобия и отличия принципов безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях от принципов безопасности труда. основополагающие принципы: принципы «ненулевого риска», системного подхода, комплексной превентивности, дифференциального подхода.

Разработка стратегии управления в чрезвычайных ситуациях. Реализация стратегии.

Оценка возможных последствий чрезвычайных ситуаций. Долгосрочный и кратковременный прогнозы и соответствующие мероприятия. Планирование мероприятий по обеспечению безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях.

Основные принципы и способы защиты. Особенности организации и осуществления мероприятий в случаях стихийных бедствий, аварий, катастроф (эвакуация, рассредоточение). Средства индивидуальной защиты. Сигналы оповещения. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций.

Факторы, влияющие на устойчивость работы объектов. Пути и способы повышения устойчивости работы объектов. Принципы, формы и методы обучения. Организация обучения на объектах. Учения по гражданской обороне.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛАМ КУРСА**

### **РАЗДЕЛ 1. Основы безопасности жизнедеятельности. Основные понятия, термины и определения**

При изучении раздела 1 программы студент-заочник должен хорошо усвоить цели и задачи дисциплины «Безопасность жизнедеятельности». Усвоить аксиомы БЖД о потенциальной опасности любых видов деятельности. Ознакомиться с теорией риска. Проанализировать виды рисков, изучить вопросы нормирования рисков.

Студенту необходимо знать, с какими средами обитания может контактировать человек и какие виды воздействия человек и окружающие среды могут оказывать друг на друга. Необходимо иметь представление о правах и обязанностях специалистов в обеспечении безопасности человека и сохранении среды обитания. Следует изучить статьи Конституции и основные законы РФ об охране труда, гражданской обороне и чрезвычайных ситуациях.

**Рекомендованная литература:** [1, 2]

#### **Вопросы для самопроверки**

В чем заключаются принципиальные различия понятий «Безопасность жизнедеятельности» и «Охрана труда»?

Поясните теорию риска.

Какова формула расчета рисков?

Какой риск относится к нормируемым рискам?

Какие цели стоят перед дисциплиной «Безопасность жизнедеятельности»?

В чем заключается комплексный характер дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»?

Что такое опасность и какие виды опасностей существуют?

Перечислите аксиомы безопасности жизнедеятельности.

Перечислите основные разделы закона РФ об охране труда.

## **РАЗДЕЛ 2. Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности**

Для обеспечения комфортных условий жизнедеятельности необходимо соблюдать установленные нормативы по параметрам микроклимата, чистоте воздуха (по предельно допустимым концентрациям загрязняющих веществ) и по освещенности.

При изучении данного раздела необходимо обратить внимание на естественные системы человека для защиты от негативных воздействий. В этой связи следует изучить характеристики анализаторов, их реакцию на раздражители с учетом закона Вебера-Фейхнера.

Следует изучить системы освещения, которые можно использовать в качестве рабочего и определить какие существуют методы расчета систем освещения, от каких факторов зависит нормативное значение освещенности, какой параметр нормируется для естественного освещения. Необходимо уделить внимание выбору источников света и светильников.

Рассматривая влияние на организм человека температуры, влажности и скорости движения воздуха, необходимо исходить из того, что при благоприятных сочетаниях этих факторов температура тела человека остается постоянной. При длительном нарушении допустимых норм метеорологических условий в производственном помещении рабочие могут получить простудные и профессиональные заболевания, а в отдельных случаях может наступить нарушение терморегуляции организма. При изучении раздела необходимо усвоить, какие системы вентиляции (приточная или вытяжная, местная или общеобменная) следует использовать в «грязных» и «чистых» помещениях. Следует уяснить, в каких случаях используются фильтрующие противогазы, а в каких – изолирующие.

Производственный шум и вибрация выше допустимых норм оказывают вредное влияние на организм человека и могут привести к расстройствам нервной системы, вызвать профессиональные заболевания. Кроме того, вибрации оказывают вредное влияние на производственное оборудование и строительные конструкции зданий. Необходимо знать предельно допустимые нормы шума и вибрации, приборы для измерения их параметров на рабочих местах, средства индивидуальной защиты, а также возможные технические решения по борьбе с шумом и вибрацией на производстве.

**Рекомендованная литература:** [1, 3-10]

### **Вопросы для самопроверки**

Что понимается под терморегуляцией организма, и при каких условиях происходит ее нарушение?

Какие факторы определяют микроклимат рабочего помещения?

В зависимости от чего нормируются метеорологические условия в рабочем помещении?

В чем проявляется вредное воздействие тепловых излучений?

Какими способами организм человека обменивается теплотой с окружающей средой?

Как классифицируются системы вентиляции?

Чем отличается вентиляция от кондиционирования?

В каких случаях предпочтительно использовать местную вентиляцию?

Какие существуют средства индивидуальной защиты органов дыхания?

Какие приборы используются для контроля параметров микроклимата?

Что понимается под предельно допустимой концентрацией?

Для каких целей предназначены изолирующие и фильтрующие противогазы, принцип их выбора?

Какая характеристика нормируется для искусственного освещения?

Какая характеристика нормируется для естественного освещения?

На какие виды подразделяются системы искусственного освещения в зависимости от предназначения?

Какой метод используется для расчета общего равномерного освещения?

Какой метод используется для расчета местного освещения?

В чем заключается вредное воздействие шума на организм человека?

По какому параметру определяется воздействие шума на организм человека?

Чем отличается нормирование шума по предельному спектру от нормирования по шкале шумомера «А»?

Какие существуют общие и индивидуальные средства защиты от производственного шума?

В чем заключается вредное воздействие вибрации на организм человека?

По каким параметрам определяется воздействие вибрации на организм человека?

Какие существуют общие и индивидуальные средства защиты от вибрации?

### РАЗДЕЛ 3. Опасные производственные факторы

При изучении раздела следует обратить внимание на виды и источники негативных факторов производственной и бытовой среды. Необходимо усвоить основные положения теории риска и категории безопасности для промышленной деятельности.

Необходимо знать, на какие участки делится спектр электромагнитных излучений, по каким параметрам нормируются электромагнитные колебания радиочастот в зоне индукции и в волновой зоне. Особое внимание следует обратить на факторы отрицательного воздействия компьютера на организм человека. При изучении ионизирующих излучений надо усвоить, какие существуют виды ионизирующих излучений, их влияние на организм человека, иметь понятие о дозовых характеристиках. Необходимо знать, как нормируются ионизирующие излучения и какие существуют средства защиты.

При изучении раздела по электробезопасности необходимо знать, какие виды воздействия электрический ток может оказывать на человека, какие факторы влияют на тяжесть поражения, что такое шаговое напряжение, уметь проводить анализ электрических сетей по условиям безопасности. Также необходимо усвоить принципы работы защитного заземления, защитного зануления и защитного отключения. Необходимо знать методы оказания первой помощи при поражении электрическим током.

В связи с широким применением лазеров в промышленности необходимо уяснить, какие опасные и вредные факторы возникают при работе лазерных установок, по каким параметрам производится нормирование лазерного излучения и какие используются средства защиты.

При изучении раздела по пожарной безопасности следует усвоить какие факторы необходимы для возникновения процесса горения и какие методы и средства существуют для прекращения пожара. При рассмотрении взрывопожароопасных свойств горючих газов особое внимание уделите изучению таких характеристик, как нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения (взрыва). При рассмотрении взрывопожароопасных свойств жидкостей и твердых веществ необходимо четко представлять себе разницу между температурами вспышки, воспламенения и самовоспламенения. При изучении процесса самовозгорания надо обратить внимание на свойства веществ, склонных к самовозгоранию, а также на различные причины этого явления. Важными являются понятия возгораемости и огнестойкости строительных конструкций. Необходимо четко уяснить разницу между сгораемыми (горючими), трудносгораемыми (трудногорючими) и несгораемыми (негорючими) материалами. Уделите особое внимание пониманию сущности такой характеристики строительных

конструкций, как предел огнестойкости, и тех признаков, по которым судят о потере огнестойкости.

**Рекомендованная литература:** [1, 3, 6-8, 10-12]

**Вопросы для самопроверки**

Как классифицируются негативные факторы?

Перечислите основные виды негативных факторов производственной среды.

Что такое приемлемый риск?

По каким параметрам определяется воздействие электромагнитных полей на организм человека?

Перечислите естественные источники электромагнитных полей.

Перечислите виды ионизирующих излучений.

По каким критериям нормируется воздействие ионизирующих излучений?

Перечислите основные факторы, влияющие на тяжесть поражения человека электрическим током.

Что такое шаговое напряжение?

Какой диапазон длин волн лазерного излучения наиболее опасен для глаз?

Перечислите опасности, возникающие при пожаре.

Перечислите основные показатели взрыво- и пожароопасности веществ.

На какие категории подразделяются производственные помещения и здания по взрыво- и пожароопасности?

Какие мероприятия входят в конструктивную пожарную защиту?

Что такое активная пожарная защита?

Перечислите основные средства тушения пожаров.

Какие требования предъявляются к путям эвакуации?

## **РАЗДЕЛ 4. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях**

Перед изучением раздела рекомендуется ознакомиться с Федеральным законом 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 24.12.1994 г.

При изучении раздела необходимо знать, что такое чрезвычайные ситуации и как они классифицируются, чем авария отличается от катастрофы. Следует уяснить, какие объекты относятся к химически опасным и какие относятся к радиационно опасным. Особое внимание следует уделить зонам химического и радиационного заражения и их характеристикам. Также следует изучить, как производится прогнозирование, выявление и оценка химической и радиационной обстановок, какие средства используются для уменьшения химической и радиационной опасности и какие действия населения в зонах химического и радиационного заражения. Необходимо иметь понятие об устойчивости объектов, как она оценивается и какие существуют способы повышения устойчивости. При изучении чрезвычайных ситуаций природного характера рекомендуется изучить их характеристики и действия населения в очагах поражения. Также следует изучить организацию и порядок проведения аварийно-спасательных работ.

**Рекомендованная литература:** [1, 13-16]

### **Вопросы для самопроверки**

Дайте определение чрезвычайных ситуаций.

По каким критериям классифицируются чрезвычайные ситуации?

Назовите стадии чрезвычайной ситуации.

Укажите первичное мероприятие, проводимое службами защиты в случае любых чрезвычайных ситуаций.

Какие объекты относятся к химически опасным?

Какие объекты относятся к радиационно опасным?

На какие зоны делится район химического заражения?

На какие зоны делится район радиационного заражения?

Перечислите средства уменьшения опасности химических объектов.

Перечислите средства уменьшения опасности радиационных объектов.

Как оценивается вертикальная устойчивость атмосферы?

Какие действия должны предприниматься населением в зоне химического заражения?

Какие действия должны предприниматься населением в зоне радиационного заражения?

На какие группы подразделяются чрезвычайные ситуации природного характера?

Перечислите основные Федеральные законы по защите населения от чрезвычайных ситуаций.

## СЛОВАРЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ТЕРМИНОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ (ГЛОССАРИЙ)

**Безопасность** – состояние объекта защиты, при котором воздействие на него всех потоков вещества энергии не превышает максимальных значений.

**Безопасность машин** определяется отсутствием возможности изменения параметров технологического процесса или конструктивных параметров машин, что позволяет исключить возможность возникновения опасных факторов.

**БЖД** – система знаний, направленных на обеспечение безопасности в производственной и непроизводственной среде с учетом взаимодействия человека и среды обитания.

**Биосфера** – наружная оболочка, область распространения жизни.

**Вентиляция** – организованный и регулируемый воздухообмен, который обеспечивает удаление из помещения воздуха, загрязненного избыточным теплом и вредными веществами, и тем самым нормализует воздушную среду в помещении.

**Вибрация** – малые механические колебания в упругих телах.

**Вредный производственный фактор** – фактор, воздействие которого на работающего может привести к заболеванию.

**Допустимые параметры микроклимата** – сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья.

**Жизнедеятельность** – это производственная деятельность и отдых, способ существования человека.

**Звук** – колебания частиц воздушной среды, которые воспринимаются органами слуха человека, в направлении их распространения.

**Ионизирующее излучение** – излучение, взаимодействие которого со средой приводит к возникновению ионов различных знаков.

**Искусственное освещение** – освещение помещений прямым или отраженным светом искусственного источника света.

**Напряжение прикосновения** – это разность потенциалов точек электрической цепи, которых человек касается одновременно, обычно в точках расположения рук и ног.

**Опасная зона оборудования** – производство, в котором потенциально возможно действие на работающего опасных и вредных факторов и как следствие – действие вредных факторов, приводящих к заболеванию.

**Опасный фактор** – фактор, воздействие которого на работающего потенциально может привести к травме.

**Оптимальные параметры микроклимата** – такое сочетание температуры, относительной влажности и скорости воздуха, которое при длительном и систематическом воздействии не вызывает отклонений в состоянии человека.

**ПДК<sub>сс</sub>** (среднесуточная) – такая концентрация, которая не вызывает отклонений при прямом или косвенном воздействии на человека в воздухе населенного пункта в течение сколь угодно долгого дыхания.

**Пожароопасные зоны** – пространства в помещении или вне его, в которых находятся горючие вещества как при нормальном осуществлении технологического процесса, так и в результате его нарушения.

**Профессиональное заболевание** – заболевание, при котором происходит внутреннее изменение в организме человека в результате действия вредного производственного фактора.

**Работоспособность** – величина физических возможностей организма, характеризующая количеством и качеством работы, выполняемой за определенное время.

**Рабочая зона** – пространство над уровнем горизонтальной поверхности, где выполняется работа, высотой 2 метра.

**Рабочее место** – место (может быть постоянным или непостоянным), где выполняется технологическая операция.

**Разряд зрительной работы** – отношение минимального размера объекта различения с фоном к расстоянию от органов зрения до объекта различения.

**Режим короткого замыкания** – появление в результате резкого возрастания силы тока электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

**Риск** – это возможность получения ущерба от события, которое может привести к повреждению, заболеванию, экономическим потерям или экологическому ущербу.

**Терморегуляция** – реакции, способствующие восстановлению теплового баланса.

**Терроризм** – совершение взрыва, поджога или иных действий, создающих опасность гибели людей, причинения значительного имущественного ущерба либо наступления иных общественно опасных последствий, если эти действия совершены в целях нарушения общественной безопасности, устрашения населения, либо для оказания воздействия на принятие решений органами власти, а также угроза совершения указанных действий в тех же целях

**Техносфера** – район биосферы, преобразованный человеком для удовлетворения его потребностей.

**Травма** – внешнее повреждение организма человека, которое произошло в результате действия опасного производственного фактора.

**Умственный труд** – труд, характеризующийся преимущественным напряжением внимания, памяти, активизацией процессов мышления и эмоциональной сферы.

**Физический труд** – труд, характеризующийся повышенной нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и его функциональные системы, обеспечивающие его деятельность.

**Чрезвычайная ситуация** – внешне неожиданная, внезапно возникающая обстановка, которая характеризуется резким нарушением установившегося процесса, оказывающая значительное отрицательное влияние на жизнедеятельность людей, функционирование экономики, социальную сферу и окружающую среду.

**Шум** – сочетание различных по частоте и силе звуков.

**Электротравма** – это комплекс повреждений, возникающих вследствие поражения техническим или природным электричеством [1].

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа состоит из трех вопросов и трех задач. Вариант контрольной работы берется в соответствии с последней цифрой учебного шифра студента-заочника.

Номера контрольных вопросов и задач в соответствии с вариантом представлены в табл. 1.

Таблица 1

Номер варианта по предпоследней цифре	Номера контрольных вопросов	Номера контрольных задач
1	1, 11, 21	1, 4, 11
2	2, 12, 22	2, 5, 11
3	3, 13, 23	3, 6, 11
4	4, 14, 24	4, 7, 11
5	5, 15, 25	5, 8, 11
6	6, 16, 21	6, 9, 11
7	7, 17, 24	7, 10, 11
8	8, 18, 25	8, 1, 11
9	9, 19, 21	9, 2, 11
0	10, 20, 25	10, 3, 11

Ответы на вопросы даются применительно к оборудованию и условиям того предприятия, на котором работает студент-заочник.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1) Опишите формы труда на современном производстве. Опишите гигиенические классы труда.

2) Перечислите негативные факторы физического и интеллектуального труда? Как бороться с физиологической, зрительной и психологической нагрузкой от умственной работы?

3) Опишите стадии работоспособности, расскажите про их длительность для разных форм труда. Расскажите про естественные биоритмы человека.

4) Какие параметры воздушной среды влияют на теплообмен и самочувствие человека? Опишите их влияние.

5) Расскажите про устройства и методы для регулирования параметров воздушной среды в помещении.

6) Каким образом нормируется содержание вредных веществ в воздухе?

7) Почему солнечный свет лучше: для человека (с учётом биологического влияния)? и для работы (с учётом характеристик: диапазона длин волн, интенсивности, цветопередачи...)?

8) Какие электрические лампы лучше для освещения? И по каким параметрам они лучше?

9) Опишите виды действия электрического тока на биоткани.

10) Опишите виды электрических травм. Расскажите про 4 степени электрического удара.

11) От каких параметров зависит тяжесть поражения электрическим током? И как изменяется опасность при варьировании этих параметров? Подробнее расскажите про эффекты, возникающие в биоткани (и в организме человека в целом) при увеличении силы тока.

12) Какие параметры воздушной среды увеличивают опасность поражения электрическим током? Каким образом они влияют на степень электротравмы?

13) Расскажите про средства защиты от электрического тока: для человека, для рабочего инструмента, для оборудования (внутри, на корпусе, дополнительные устройства), при организации электрических сетей и др. И как работает защита в том или ином случае?

14) Расскажите про источники (естественные и искусственные) облучения (внешнего и внутреннего). Чем создаётся естественный электромагнитный фон?

15) Опишите виды действия электромагнитных полей на ткани и органы человека.

16) От каких параметров зависит тяжесть поражения электромагнитным излучением? И как изменяется опасность при варьировании этих параметров?

17) Насколько опасно излучение от компьютера? Насколько опасны сигналы телевизионной трансляции, радиосвязь и мобильная связь?

18) Расскажите про средства и способы защиты от электромагнитных полей. Каким образом осуществляется защита?

19) Дайте рекомендации по обеспечению режима труда и комфортных условий при работе за компьютером.

20) Назовите опасные факторы при работе с производственным оборудованием. Дайте рекомендации по обеспечению безопасности при работе с оборудованием.

21) Расскажите про стадии развития чрезвычайной ситуации.

22) Расскажите про виды чрезвычайных ситуаций по разным критериям.

23) Назовите причины, которые приводят к возгоранию.

24) Назовите опасные факторы и опасные зоны при пожарах. В какой зоне пожара гибнет больше всего людей, и от чего гибнет?

25) Расскажите про действия для спасения при пожаре: если пожар ещё не пришёл к вашему рабочему месту, если есть задымление, если путь эвакуации перекрыт огнём...

26) Расскажите про средства для тушения пожара, которые рядовой сотрудник может применить на работе и которые человек может использовать дома. Подробнее расскажите про тушение электрических приборов в домашних условиях.

27) Назовите причины, которые приводят к взрывам на производстве. Как происходит объёмный взрыв? Почему объёмный взрыв опаснее, чем взрыв взрывчатых веществ?

28) Назовите опасные факторы при взрывах. Расскажите про действия при угрозе взрыва. Расскажите про действия по предотвращению взрыва.

29) Как при помощи домашних средств самостоятельно сделать защитный костюм, защиту для глаз и защиту органов дыхания от облака ядовитых веществ? Как самостоятельно обеспечить химическую защиту для грудного ребёнка или домашнего питомца?

30) Расскажите про действия обычного человека при массовом заражении: как изолировать свою квартиру от наружного облака ядовитых веществ, с какими вещами эвакуироваться и как их подготовить для переноса по заражённой территории, как быстрее выйти из облака ядовитых веществ; после выхода с заражённой территории какую санитарную обработку можно провести от радиоактивной пыли и какую – от ядовитых веществ.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### Задача 1

Определите уровень звукового давления шума после установки агрегата в шумоизолирующее устройство (металлический кожух с внутренней облицовкой из войлока).

Санитарные нормы шума на рабочих местах согласно СанПиН представлены в Приложении 1.

Примечания к решению задачи 1

1. Ослабление шума кожухом определяется по формуле:

$$\Delta L = v + 10 \lg \alpha$$

где  $v$  - звукоизоляция для плотного однородного ограждения;

$\alpha$  - коэффициент звукопоглощения облицовки (для технического войлока  $\alpha = 0,3$ )

2. Определите звукоизоляцию:

$$\text{При } Q < 200 \text{ кг/м}^2 \quad v = 13,5 \lg Q + 13 ;$$

$$\text{При } Q > 200 \text{ кг/м}^2 \quad v = 23 \lg Q - 9 .$$

3. Шум от установки, укрытой кожухом, вычисляется по формуле:

$$L_1 = L - \Delta L$$

Задачу решите по варианту, номер которого совпадает с предпоследней цифрой вашего шифра (табл. 2)

Таблица 2

Номер варианта по предпоследней цифре	Исходные данные	
	Уровень звукового давления установки $L$ , дБ	Масса звукоизолирующего устройства на $1 \text{ м}^2$ поверхности $Q$ , кг/м <sup>2</sup>
1	100	6,0
2	100	5,8
3	100	5,6
4	110	5,4
5	110	5,2
6	110	5,0
7	120	6,2
8	120	6,4
9	125	6,6
0	125	6,8

## Задача 2

Общие вопросы нормирования освещения и проектирования осветительных установок представлены в Приложении 2.

На основании представленных данных в Приложении 1 проанализируйте существующее естественное и искусственное освещение для четырех помещений с различным характером выполняемой работы.

Таблица 3

Характер выполняемой работы	КЕО, %	Освещенность, лк
Наивысшей точности	10	300
Малой точности	1	200
Общее постоянное наблюдение за ходом производства	0,3	100
Работа на складах	0,1	20

Примечания к решению задачи 2

1. Определение коэффициента естественной освещенности КЕО:

$$КЕО = (E_{вн} / E_{нар}) \cdot 100 \%,$$

где  $E_{вн}$  – освещенность точки внутри помещения, лк,

$E_{нар}$  – освещенность точки вне помещения, лк,

2. Определение освещенности:

$$E = N \cdot \mu / S$$

где  $N$  – потребляемая мощность, Вт

$\mu$  – светоотдача, лм/Вт

$S$  – площадь помещения

3. В случае недостаточной освещенности помещений рассчитать, какое число электрических лампочек необходимо добавить; в случае избыточной освещенности рекомендовать число электрических лампочек, которое можно удалить, если мощность одной лампочки 100 Вт.

Таблица 4

Номер варианта по предпоследней цифре	$E_{вн}$ , лк	$E_{нар}$ , лк	$N$ , Вт	$S$ , м <sup>2</sup>	$\mu$ , лм/Вт
1	310	4900	1000	150	16
2	320	9000	1500	200	16
3	230	5500	1400	300	16
4	240	6900	2500	400	16
5	270	4000	3500	500	16
6	260	5000	4500	600	16
7	290	10000	5700	700	16
8	140	6900	6800	800	16
9	170	5900	8200	900	16
0	130	6000	2200	180	16

### Задача 3

Рассчитайте размеры верхнего проема вентиляционной шахты.  
Регулирование норм вентиляции и влажности см. в Приложении 5.

Примечания к решению задачи 3

1. Потребный воздухообмен:

$$L = L_1 \cdot n,$$

где  $L_1$  – потребный воздухообмен для 1 работающего, м<sup>3</sup>/ч чел,  
 $n$  – число работающих.

2. Потребный воздухообмен для 1 работающего определяется исходя из объема помещения, приходящегося на 1 работающего:

$$V(n_i) = V / n$$

где  $V$  – объём помещения.

Нормы вентиляции:

Если  $V(n_i) \geq 20$  м<sup>3</sup>/ч чел -  $L_1 = 20$  м<sup>3</sup>/ч

Если  $V(n_i) < 20$  м<sup>3</sup>/ч чел -  $L_1 = 30$  м<sup>3</sup>/ч

3. Площадь живого сечения верхнего проема:

$$F_2 = \frac{L}{3600} \cdot v(\text{ВП}),$$

где  $L$  – потребный воздухообмен, м<sup>3</sup>/ч  
 $v(\text{ВП})$  – допустимая скорость воздуха в верхнем проеме, м/с.

4. Допустимая скорость воздуха в верхнем проеме

$$v(\text{ВП}) = \sqrt{\frac{2P_T}{\xi \cdot \rho_{\text{тепл}}}},$$

где  $P_T$  – тепловой напор при естественной вентиляции,  
 $\xi$  – коэффициент учитывающий сужение и расширение  
вентиляционной шахты (1,5)  
 $\rho_{\text{тепл}}$  – плотность теплого воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

5. Определение теплового напора при естественной вентиляции:

$$P_T = \rho_{\text{тепл}} \left( \frac{T_{\text{тепл}}}{T_{\text{хол}}} - 1 \right) \cdot g \cdot (H_2 - H_1),$$

где  $T_T, T_X$  – температура теплового и холодного воздуха, К

$g$  – скорость свободного падения (9,8), м/с

$H_1$  – высота входа воздуха в вентиляционную шахту (1 вентиляционная решетка), м

$H_2$  – высота выхода воздуха из вентиляционной шахты, (2 вентиляционная решетка), м

Перевод температуры

$$T = t \text{ } ^\circ\text{C} + 273 = \text{K}$$

Таблица 5

Номер варианта по предпоследней цифре	V, м <sup>3</sup>	n, чел.	H <sub>1</sub> , м	H <sub>2</sub> , м	t <sub>T</sub> , °C	t <sub>X</sub> , °C
1	300	15	5	11	21	4
2	350	16	4	10	22	3
3	400	17	3	12	21	2
4	450	18	2	13	22	1
5	500	19	6	14	21	15
6	460	20	7	15	22	14
7	470	21	8	16	21	13
8	360	22	9	17	21	12
9	430	23	5	10	22	11
0	550	24	4	11	21	10

## Задача 4

Определите теплотери человека в зависимости от параметров окружающей среды и характера выполняемой работы. Сравните полученные данные с данными, представленными в Приложении 4.

Примечания к решению задачи 4

1. Суммарные теплотери:

$$Q_{\text{ТП}} = Q_{\text{К}} + Q_{\text{Т}} + Q_{\text{Л}} + Q_{\text{Д}} + Q_{\text{П}},$$

где  $Q_{\text{К}}$  – теплотери конвекцией, Вт

$Q_{\text{Т}}$  – теплотери теплопроводностью, Вт

$Q_{\text{Л}}$  – теплотери излучением на окружающие поверхности, Вт

$Q_{\text{Д}}$  – теплотери на нагрев вдыхаемого воздуха, Вт

$Q_{\text{П}}$  – теплотери на испарение влаги, Вт.

2. Теплотери конвекцией:

$$Q_{\text{К}} = \alpha_{\text{К}} \times F_{\text{Э}} \times (t_{\text{ПОВ}} - t_{\text{ОС}}),$$

где  $\alpha_{\text{К}}$  – коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/м<sup>2</sup>°С

$F_{\text{Э}}$  – эффективная поверхность тела человека, м<sup>2</sup>

$t_{\text{ПОВ}}$  – температура тела человека, °С

$t_{\text{ОС}}$  – температура окружающей среды, °С

3. Теплотери теплопроводностью:

$$Q_{\text{Т}} = \lambda_{\text{О}} / \Delta_{\text{О}} \times F_{\text{Э}} \times (t_{\text{ПОВ}} - t_{\text{ОС}}),$$

где  $\lambda_{\text{О}}$  – коэффициент теплопроводности тканей одежды, Вт/м°С

$\Delta_{\text{О}}$  – толщина одежды, м

$F_{\text{Э}}$  – эффективная поверхность тела человека, м<sup>2</sup>

$t_{\text{ПОВ}}$  – температура тела человека, °С

$t_{\text{ОС}}$  – температура окружающей среды, °С

4. Теплотери излучением на окружающие поверхности:

$$Q_{\text{Л}} = C_{\text{ПР}} \times F_{\text{Э}} \times \Psi \times ((T_1/100)^4 - (T_2/100)^4),$$

где  $C_{\text{ПР}}$  – приведенный коэффициент излучения, Вт/м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>

$\Psi$  – коэффициент облучаемости,

$F_{\text{Э}}$  – эффективная поверхность тела человека, м<sup>2</sup> (см. Приложение

4)

$T_1$  – температура тела человека, К

$T_2$  – температура окружающих поверхностей (температура окружающей среды), К

5. Теплотери на нагрев вдыхаемого воздуха:

$$Q_d = V_{\text{ЛВ}} \times \rho_{\text{ВД}} \times C_p \times (t_{\text{ВДЫХ}} - t_{\text{ВЫДЫХ}}),$$

где  $V_{\text{ЛВ}}$  – легочная вентиляция, м<sup>3</sup>/с

$\rho_{\text{ВД}}$  – плотность выдыхаемого воздуха, кг/м<sup>3</sup>

$C_p$  – удельная теплоемкость выдыхаемого воздуха, Дж/кг °С

$t_{\text{ВДЫХ}}$  – температура вдыхаемого воздуха (температура окружающей среды), °С

$t_{\text{ВЫД}}$  – температура выдыхаемого воздуха, °С

6. Теплопотери на испарение влаги:

$$Q_{\text{П}} = G_{\text{П}} \times r,$$

где  $G_{\text{П}}$  – масса выделяющегося пота, кг/с

$r$  – удельная теплота парообразования выделяющейся влаги, Дж/кг.

Исходные данные

$$\alpha_k = 4,06 \text{ Вт/ м}^2 \text{ °С}$$

$$F_{\text{Э}} = 1,8 \text{ м}^2$$

$$C_{\text{ПР}} = 4,9 \text{ Вт/ м}^2 \text{ К}^4$$

$$\Psi = 1$$

$$C_p = 1000 \text{ Дж/кг °С}$$

$$\rho_{\text{ВД}} = 1,29 \text{ кг/м}^3$$

$$r = 2,4 \times 10^6 \text{ Дж/кг.}$$

$$t_{\text{ВЫД}} = 37 \text{ °С}$$

Легкая работа:

$$V_{\text{ЛВ}} = 0,1 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$G_{\text{П}} = 1,2 \times 10^{-5} \text{ кг/с}$$

Тяжелая работа:

$$V_{\text{ЛВ}} = 0,3 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$G_{\text{П}} = 1,5 \times 10^{-4} \text{ кг/с}$$

Таблица 6

Номер варианта по предпоследней цифре	$t_{\text{ПОВ}}, \text{ °С}$	$t_{\text{ОС}}, \text{ °С}$	$\lambda_0, \text{ Вт/ м}^2 \text{ °С}$	$\Delta_0, \text{ м}$	Характер работы
1	27,7	0,5	0,004	0,04	легкая
2	27,9	0,9	0,002	0,03	тяжёлая
3	28,0	2,2	0,003	0,01	легкая
4	28,2	3,5	0,001	0,04	тяжёлая
5	28,4	4,5	0,005	0,01	легкая
6	28,6	5,6	0,007	0,009	тяжёлая
7	28,8	6,2	0,006	0,007	легкая
8	29,0	6,9	0,004	0,008	тяжёлая
9	29,2	7,6	0,003	0,005	легкая
0	29,4	9,3	0,005	0,006	тяжёлая

## Задача 5

Рассчитайте потребный воздухообмен при общеобменной вентиляции, исходя из условий производства, наличия избыточной теплоты, влаги и вредных веществ.

Примечания к решению задачи 5

Регулирование норм вентиляции и влажности см. в Приложении 5.

1. Потребный воздухообмен, исходя из необходимости обеспечения работающих в помещении, м<sup>3</sup>/ч:

$$L = L_1 \times n,$$

где  $L_1$  – потребный воздухообмен для 1 работающего, м<sup>3</sup>/ч чел,  
 $n$  – число работающих.

Потребный воздухообмен для 1 работающего определяется, исходя из объема помещения, приходящегося на 1 работающего:

$$V_{\text{пi}} = V / n$$

Нормы вентиляции:

Если  $V_{\text{пi}} \geq 20$  м<sup>3</sup>/ч чел -  $L_1 = 20$  м<sup>3</sup>/ч

Если  $V_{\text{пi}} < 20$  м<sup>3</sup>/ч чел -  $L_1 = 30$  м<sup>3</sup>/ч

2. Потребный воздухообмен для удаления избыточного теплопритока, м<sup>3</sup>/ч:

$$L_2 = Q_{\text{изб}} / C_p \times \rho_{\text{пp}} \times (t_{\text{yx}} - t_{\text{пp}})$$

где  $Q_{\text{изб}}$  – избыток явной теплоты, Вт

$C_p$  – удельная теплоемкость воздуха, (1000 Дж/кг °С)

$\rho_{\text{пp}}$  – плотность приходящего воздуха, кг/м<sup>3</sup>

$t_{\text{yx}}$ ,  $t_{\text{пp}}$  – температура уходящего и приходящего воздуха, °С

3. Потребный воздухообмен для удаления избыточной влаги, м<sup>3</sup>/ч:

$$L_3 = G_3 / \rho_{\text{пp}}$$

где  $G_3$  – масса воздуха, необходимая для удаления избыточной влаги, кг/ч

$\rho_{\text{пp}}$  – плотность приходящего воздуха, кг/м<sup>3</sup>

$$G_3 = m_{H_2O} / (d_{yx} - d_{пp})$$

где  $m_{H_2O}$  – суммарные влагопритоки в рабочую зону, г влаги/час  
 $d_{yx}$ ,  $d_{пp}$  – влагосодержание уходящего и приходящего воздуха, г влаги/кг воздуха

4. Потребный воздухообмен для удаления вредных веществ:

$$L_4 = m_{BВ} / (ПДК_{BВ} - C_{BВ})$$

где  $m_{BВ}$  – суммарное поступление вредного вещества в рабочую зону, мг/ч

$ПДК_{BВ}$  – предельно допустимая концентрация вредного вещества, мг/м<sup>3</sup>

$C_{BВ}$  – возможная концентрация вредного вещества в поступающем воздухе, мг/м<sup>3</sup>

5. Потребный воздухообмен для общеобменной вентиляции данного помещения определяют как наибольший из полученных значений.

Исходные данные

$$\rho_{пp} = 1,38 \text{ кг/м}^3$$

$$C_p = 1000 \text{ Дж/кг } ^\circ\text{C}$$

$$ПДК_{BВ} = 300 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{BВ} = 10 \text{ мг/м}^3$$

Таблица 7

Номер варианта по предпоследней цифре	Vп, м <sup>3</sup>	n, чел.	t <sub>yx</sub> , °C	t <sub>пp</sub> , °C	d <sub>yx</sub> , г/кг	d <sub>пp</sub> , г/кг	m <sub>H2O</sub> , кг/ч	Q <sub>изб</sub> , Вт	m <sub>BВ</sub> , мг/ч
1	100	5	20	0	7,2	3,8	10	1000	1000
2	150	7	22	5	7,4	4,0	20	2000	5000
3	200	12	20	0	7,2	3,8	15	3000	2000
4	250	20	22	5	7,4	4,0	4	4000	3000
5	300	11	20	0	7,2	3,8	10	5000	10000
6	350	10	22	5	7,4	4,0	20	6000	-
7	400	15	20	0	7,2	3,8	30	7000	3000
8	450	25	22	5	7,4	4,0	10	8000	8000
9	500	30	20	0	7,2	3,8	-	9000	1500
0	550	10	22	5	7,4	4,0	12	-	10000

## Задача 6

Рассчитайте силу тока, прошедшего через человека при различных вариантах включения человека в трехфазную электрическую цепь с заземленной нейтралью и проанализируйте полученную электротравму (см. Приложение 5). Сделайте рисунок включения.

Примечания к решению задачи 6

6. Однофазное включение:

$$I = U / 1,73(R_T + R_{\Pi} + R_{\text{ОБ}} + R_0),$$

где  $I$  – сила тока, А

$U$  – линейное напряжение, В

$R_T$  – сопротивление тела человека, Ом

$R_{\Pi}$  – сопротивление пола, Ом

$R_{\text{ОБ}}$  – сопротивление обуви, Ом

$R_0$  – сопротивление заземленной нейтрали, Ом

7. Двухфазное включение:

$$I = U / R_T,$$

где  $I$  – сила тока, А

$U$  – линейное напряжение, В

$R_T$  – сопротивление тела человека, Ом

Исходные данные:  $U=220$  В,  $R_{T1} = 1000$  Ом,  $R_{T2} = 10000$  Ом,  $R_{\Pi} = 60000$  Ом,  $R_{\text{ОБ}} = 50000$  Ом,  $R_0 = 4$  Ом

Таблица 8

Номер варианта по предпоследней цифре	Включение	Условия
1	однофазное	Здоровый человек сухой пол, резиновая обувь
2	однофазное	Больной человек, металлический пол, резиновая обувь
3	однофазное	Больной человек, влажный пол, сырая обувь
4	двухфазное	Больной человек, сухой пол, резиновая обувь
5	однофазное	Здоровый человек влажный пол, резиновая обувь
6	двухфазное	Здоровый человек сухой пол, резиновая обувь
7	однофазное	Здоровый человек металлический пол, резиновая обувь
8	однофазное	Здоровый человек сухой пол, обувь с метал. гвоздями
9	двухфазное	Больной человек сухой пол, резиновая обувь
10	однофазное	Больной человек, сухой пол, сырая обувь

### Задача 7

Ознакомьтесь с принципами защитного заземления (см. Приложение 6.) Дайте схемы и опишите принципы защитного действия предохранительных устройств (плавкие предохранители, реле, разъединители).

### Задача 8

Дайте схемы и опишите принцип действия пусковых устройств (рубильники, масляные выключатели, магнитные пускатели).

### Задача 9

Определите нижний и верхний концентрационный пределы воспламенения паров горючих жидкостей. Данные для решения представлены в табл. 9.

Таблица 9

Номер варианта по предпоследней цифре	Горючая жидкость	Химическая формула
0,7	Ацетон	$\text{CH}_3\text{COCH}_3$
1,6	Метиловый спирт	$\text{CH}_3\text{OH}$
2,5	Бензол	$\text{C}_6\text{H}_6$
3,4	Этиловый спирт	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
9,8	Скипидар	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$

Сравните полученные данные с экспериментальными и вычислите ошибку (%) (см. Приложение 7).

Нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения определяются по формулам:

$$\text{НВП} = 100 / [4,76(N-1)+1];$$

$$\text{ВПВ} = 400 / [4,76N+4],$$

где N - количество атомов кислорода, необходимое для полного сгорания одной молекулы горючего компонента. При этом предполагаем, что углерод окисляется до  $\text{CO}_2$ , а водород – до  $\text{H}_2\text{O}$ , т.е. для окисления одного атома углерода требуется два атома кислорода, для окисления одного атома водорода –  $\frac{1}{2}$  атома кислорода.

## Задача 10

Определите, за какое время в объеме помещения образуется взрывоопасная концентрация паров горючей жидкости, испаряющейся из открытого резервуара. Исходные данные представлены в табл. 10.

Таблица 10

Номер варианта по предпоследней цифре	Название горючей жидкости	Давление насыщенных паров при $T=293\text{ K}$ , кПа	Нижний предел воспламенения, $\text{кг/м}^3$	Объем помещения, $\text{м}^3$	Скорость движения воздуха, м/с
0 или 5	Ацетон	24,6	0,051	850	0,1
1 или 4	Метиловый спирт	12,8	0,090	200	0,2
2 или 9	Бензол	9,85	0,046	1200	0,5
7 или 8	Ацетон	24,6	0,051	920	0,4
3 или 6	Метиловый спирт	12,8	0,090	650	1,0

Примечание: Площадь резервуара, из которого происходит испарение жидкости, примите равной  $10\text{ м}^2$ .

## Задача 11

Оцените максимальные масштабы химического заражения в случае аварии на химически опасном объекте при разрушении емкости с  $Q_0$  тоннами аммиака, хранящегося под давлением.

**Условия разлива аммиака:** «свободно» на подстилающую поверхность  $h = 0,05$  м или в «обвалование», поддон,  $h = 0,8$  м, при этом  $h$  - толщина слоя разлившегося аммиака.

### Метеорологические условия:

- инверсия; Инверсия - это состояние приземного слоя воздуха, при котором нижние слои холоднее верхних слоев. Возникает при ясной погоде и скорости ветра менее 4 м/с примерно за 1 час до захода солнца и разрушается по истечении ночи примерно через 1 час после восхода. Инверсия неблагоприятна для рассеивания облака, зараженного аварийно - химически опасными (АХОВ), сильно действующими ядовитыми (СДЯВ), отравляющими (ОВ) и боевыми отравляющими (БОВ) веществами.

- скорость ветра  $V$ - 1 м/с;

азимут ветра  $\alpha = 270$  , т. е. ветер западный;

- температура воздуха  $t$ , С.

**Расстояние** ( $X$ , км) от места аварии, которое при заданных метеоусловиях преодолет облако зараженного аварийно-химически опасным веществом (в данном случае аммиаком) за время  $t$ , ч. Предположительно на этом расстоянии находятся жилые дома или другие предприятия.

**Обеспеченность СИЗ:** ( $\eta$ ,%) противогазами ГП-7 с фильтрующей коробкой марки К или КД.

### Количество людей, находящихся:

– на открытой местности  $N_1$ , чел.;

– в жилых и промышленных зданиях  $N_2$ , чел.

Таблица 11

Номер варианта по предпоследней цифре	Масса аммиака, $Q_0, T$	Условия разлива		Температура воздуха, $^{\circ}C$	Расстояние, $X, км$	Обеспеченность СИЗ, $\eta, \%$	Количество людей,	
		свободно, $h = 0,05 м$	в поддон, $h = 0,8 м$				на местности $N_1$	в зданиях $N_2$
1	250	-	0,8	0	2,0	90	20	80
2	300	-	0,8	0	3,0	90	15	85
3	350	-	0,8	0	3,0	90	5	95
4	120	0,05	-	0	2,0	60	10	90
5	130	0,05	-	+20	3,0	60	50	50
6	50	0,05	-	+20	1,5	40	40	60
7	60	0,05	-	0	2,5	40	60	40
8	65	0,05	-	0	2,7	40	20	40
9	80	-	0,8	0	1,6	60	10	30
0	180	-	0,8	+20	2,0	70	10	40

## МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Прогнозирование масштабов заражения аварийно-химически опасными веществами (АХОВ).

Основные допущения:

- емкость, содержащая АХОВ, разрушается полностью;
- толщина слоя (Л) жидкостей, разлившихся свободно, принимается 0,05 м, а в обвалование или поддон рассчитывается по формуле:  $h = H - 0,2$  м, где  $H$  - высота обвалования или поддона;
- предельная продолжительность, т. е. максимальное время сохранения метеословий,  $B = 4$  ч.
- расчеты ведутся по эквивалентным количествам АХОВ. Под эквивалентным количеством АХОВ понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения данным АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако при данной степени вертикальной устойчивости атмосферы.
- облако зараженного воздуха (ОЗВ) переносится ветром;
- аварийно-химически опасное вещество (АХОВ) - это в данном случае сжиженный аммиак, хранящийся в емкости под давлением.

## Порядок проведения расчетов [15]

1. Количество аммиака, выброшенное при аварии:  $Q_0$ , т.
2. Эквивалентное количество аммиака в первичном облаке ( $Q_{\text{э1}}$ , т), испарившееся за 1 - 3 мин при разрушении емкости с жидким аммиаком, рассчитывается по формуле 1:

$$Q_{\text{э1}} = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_0$$

где  $K_1$  - коэффициент, зависящий от условий хранения аммиака. При хранении аммиака под давлением  $K_1 = 0,18$ ;

$K_3$  - коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы аммиака к его пороговой ингаляционной токсодозе;  $K_3 = 0,04$ ;

$K_5$  - коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха; для инверсии  $K_5 = 1,0$ ;

$K_7$  - коэффициент, учитывающий влияние температуры на скорость образования первичного облака зараженного воздуха (ОЗВ).

Значения коэффициента  $K_7$  для первичного и вторичного ОЗВ представлены в табл. 12.

Таблица 12

Облако зараженного воздуха	Температура, °С				
	-40	-20	0	+20	+40
Первичное ОЗВ	0	0,3	0,6	1,0	1,4
Вторичное ОЗВ	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0

3. Расчет времени испарения жидкого аммиака в результате образования первичного и вторичного ОЗВ:

$$T = hd / (K_2 K_4 K_7),$$

где  $h$  - толщина слоя аммиака в зависимости от условий разлива (свободно или в поддон); Высота стенок поддона над слоем пролитой жидкости должна быть на менее 0,2 м.

$d$  - плотность жидкого аммиака;  $d = 0,681$  т/м<sup>3</sup>;

$K_2$  - коэффициент, который зависит от физико-химических свойств АХОВ; для аммиака  $K_2 = 0,025$ ;

$K_4$  - коэффициент, учитывающий скорость ветра;

$K_4 = 1,0$  при  $V = 1$  м/с;

$K_7$  - коэффициент, учитывающий влияние температуры на скорость образования вторичного облака зараженного воздуха (ОЗВ).

4. Эквивалентное количество аммиака по вторичному облаку ( $Q_{\text{э2}}$ , т) рассчитывается по формуле 3:

$$Q_{\text{э}2} = (1 - K_1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 Q_0(hd)$$

где  $K_6$  – коэффициент, зависящий от времени ( $B$ , ч), прошедшего с момента аварии;  $K_6 = B^{0,8}$ ;

Предельная продолжительность сохранения метеоусловий (максимальное время, прошедшее после аварии)  $B = 4$  часа, поэтому: если  $T < 4$ , то  $B = T$ ; если  $T > 4$ , то  $B = 4$ .

Степени числа  $B$ , возведенные в степень:  $B^{0,8}$  и  $B^{0,2}$ , представлены в табл. 13.

Таблица 13

$B$	1,2	1,3	1,36	1,4	2,0	3,0	4,0
$B^{0,8}$	1,16	1,23	1,28	1,31	1,74	2,14	3,04
$B^{0,2}$	1,04	1,05	1,05	1,06	1,15	1,24	1,32

#### 5. Определение глубины зоны химического заражения, км;

- первичным облаком  $\Gamma_1$ ;

- вторичным облаком  $\Gamma_2$ .

Глубина зоны определяется в зависимости от рассчитанных значений  $Q_{\text{э}1}$  и  $Q_{\text{э}2}$  по данным табл. 14. Глубина зоны заражения  $\Gamma$ , км, дана при скорости ветра  $V < 1$  м/с в зависимости от эквивалентного количества аммиака  $Q_{\text{э}1}$  или  $Q_{\text{э}2}$ , т

Таблица 14

$Q_{\text{э}1}$ или $Q_{\text{э}2}$ т	<0,01	0,05	0,10	0,50	1,0	3,0	5,0	10,0
Глубина $\Gamma$ , км	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20
$Q_{\text{э}1}$ или $Q_{\text{э}2}$ т	20	30	50	70	100	300	500	1000
Глубина $\Gamma$ , км	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166,0	231,0	363,0

#### 6. Расчет полной глубины зоны химического заражения:

$$\Gamma_{\text{гюл}} = \Gamma^1 + 0,5 \Gamma^{11},$$

где  $\Gamma^1$  - наибольший, а  $\Gamma^{11}$  - наименьший из размеров  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ .

#### 7. Расчет предельно возможной глубины переноса ОЗВ:

$$\Gamma_{\text{пр}} = Bv,$$

где  $B$  - время, прошедшее после аварии, но не более 4 ч;  $v$  - скорость переноса (км/ч) переднего фронта ОЗВ в зависимости от скорости ветра  $V$  (м/с) в приземном слое воздуха и вертикальной устойчивости атмосферы. Скорость переноса приведена в табл. 15.

Таблица 15

Скорость ветра $V$ , м/с	Скорость переноса фронта ОЗВ, $v$ (км/ч) при		
	инверсии	изотермии	конвекции
<1	5	6	7

8. Определение окончательной расчетной глубины зоны заражения  $\Gamma$ , км.

Глубина зоны заражения – это минимальное значение из сравнения двух величин – полной и предельной глубины заражения.

$$\Gamma = \min\{\Gamma_{\text{пол}} \text{ или } \Gamma_{\text{пр}}\}$$

9. Определение времени ( $t$ , ч) перемещения ОЗВ на расстояние  $X$ , км, от места аварии:

$$t = X/v,$$

10. Расчет площади:

а) возможного заражения  $S_B$ , км<sup>2</sup>.

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \Gamma^2 \varphi,$$

где  $\varphi$  - угловые размеры зоны возможного заражения. Угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ в зависимости от скорости ветра указаны табл. 16.

Таблица 16

Скорость ветра, $V$ , м/с	<0,5	0,5-1	1-2	>2
Угол, $\varphi$ , град	360	180	90	45

б) фактического заражения  $S_\phi$ , км<sup>2</sup>.

$$S_\phi = K_8 \Gamma^2 B^{0,2},$$

где  $K_8$ - коэффициент, который зависит от степени вертикальной устойчивости воздуха и принимается: 0,081 – для инверсии; 0,133 - для изотермии; 0,235 - для конвекции;

$B^{0,2}$  , вычисляем по данным табл. 13.

11. Порядок нанесения зон химического заражения на карту.

При аварии объектов, содержащих АХОВ, условные обозначения наносятся на карту, план или схему:

- точкой синего цвета отмечается место аварии и проводится ось с учетом азимута ветра ( $\alpha$ , град.), т.е. в направлении распространения ОЗВ:
- на оси следа откладывают (в масштабе) радиус - величину глубины ( $\Gamma$ , км) зоны возможного заражения АХОВ;
- синим цветом наносится зона возможного химического заражения (ВХЗ) в виде окружности, полуокружности или сектора (с углом  $\phi$ , град) в зависимости от скорости ветра в приземном слое воздуха с центром в точке расположения аварийной емкости;
- зона ВХЗ штрихуется желтым цветом;
- возле места аварии синим цветом делается поясняющая надпись: в числителе - название и количество (т) выброшенного АХОВ, в знаменателе - время и дата аварии.

Зона фактического заражения имеет форму эллипса с центром в точке аварии, большой осью, равной по величине  $\Gamma$ , км и площадью  $S_{\phi}$ , км<sup>2</sup>.

Зону фактического заражения можно нанести пунктиром, как одно из возможных положений в некоторый промежуток времени. Ввиду возможного перемещения ОЗВ из-за изменения направления ветра она обычно на карту не наносится.

## 12. Расчет возможного количества и структуры потерь.

Количество людей ( $N$ , чел), оказавшихся в очаге поражения, рассчитывается следующим образом (два способа расчета):

а) суммированием персонала отдельных участков (цехов, отделов) предприятий и жителей домов:

$$N = \sum_{i=1}^n N_i$$

где  $N$  - количество людей в зоне заражения, чел;  $N_i$  - количество людей, находящихся на  $i$ -м участке территории возможной зоны заражения, чел.

б) умножением средней плотности ( $\rho$  чел/км<sup>2</sup>) населения (в том числе производственного персонала) на площадь фактической зоны заражения ( $S_{\phi}$  км<sup>2</sup>):

$$N = \rho S_{\phi}$$

Принять, что средняя плотность населения в городе составляет примерно 2800 чел/км<sup>2</sup>, в загородной зоне около 140 чел/км<sup>2</sup>.

Количество пораженных ( $N_{\text{пор}}$ , чел) зависит от использования средств защиты (проведения своевременной эвакуации, наличия средств

инженерной защиты - убежищ, наличия СИЗОД - противогазов, респираторов).

$$N_{пор} = N (1 - K_{защ})$$

где  $K_{защ}$  коэффициент защищенности персонала и населения средствами защиты.

$$K_{защ} = \sum \omega_i K_i,$$

где  $\omega_i$  - доля людей в зоне поражения, использующих  $i$ -е укрытие или СИЗ;  $K_i$  - коэффициент защиты  $i$ -го укрытия или СИЗ представлен в табл. 17.

Таблица 17

i-е средство	Применяемые средства защиты	Время пребывания в очаге химического поражения, τ, ч				
		0,25	0,5	1	2	3-4
1	На открытой местности без средств защиты	0	0	0	0	0
2	Эвакуация до подхода ОЗВ	1	1	1	1	1
3	В производственных и жилых зданиях при кратности воздухообмена: 0,5 1,0 2,0	0,97	0,87	0,68	0,38	0,09
		0,67	0,52	0,30	0,13	0,00
		0,18	0,08	0,04	0,00	0,00
4	В убежищах: С режимом регенерации воздуха	1	1	1	1	1
	Без режима регенерации воздуха	1	1	1	1	0
5	В промышленных противогазах	0,95	0,8	0,5	0	0

Возможные потери людей в зависимости от обеспеченности их противогазами и условий местонахождения в очаге химического заражения ориентировочно можно рассчитать по данным табл. 18.

Таблица 18

Местонахождение людей	Обеспеченность противогазами, %									
	0	20	30	40	50	60	70	80	90	100
на открытой местности	100-90	75	65	58	50	40	35	25	18	10
в простейших укрытиях	50	40	35	30	27	22	18	14	9	4

Структуру потерь людей для оперативных расчетов можно определить, приняв:

- безвозвратные потери с летальным исходом 35%;
- потери тяжелой и средней тяжести с госпитализацией людей на 2-3 недели составят 40%;
- санитарные потери легкой формы тяжести 25%.

Критерием для принятия решения об эвакуации из зоны химического заражения является концентрация АХОВ в воздухе (пороговая токсодоза). Для аммиака пороговая токсодоза составляет 15 г мин/м<sup>3</sup>.

#### 11. Выводы.

Экстренный вывоз (вывод) или эвакуацию населения за границы распространения АХОВ проводят, если облако зараженного воздуха имеет концентрацию, соответствующую пороговой токсодозе. Для аммиака 15 г-мин/м<sup>3</sup>.

Население, проживающее в непосредственной близости к химически опасному объекту (ХОО) ввиду быстрого распространения АХОВ, как правило, не выводится из опасной зоны, а укрывается в жилых или производственных зданиях с проведением герметизации помещений на верхних или нижних этажах, в зависимости от свойств АХОВ.

Аммиак легче воздуха в  $29/17 = 1,7$  раз.

Если населению не успели выдать противогазы, то рекомендуется приготовить и использовать ватно-марлевые повязки, смоченные 3%-ным раствором лимонной кислоты.

Экстренная эвакуация планируется заблаговременно по данным предварительного прогноза.

На основании полученных расчетных данных по оценке химической обстановки студент рекомендует необходимые меры по защите персонала и населения и меры по ликвидации очага химического заражения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балашова Л.Г. Словарь терминов по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов направления 080100.62 «Экономика» 080200.62 «Менеджмент» - Пятигорск: КМВИС ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2013 -70 с.
2. Русак О.Н., Малаян К.Р., Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности – Москва: Лань, 2016 – 448 с.
3. Колосов Ю.В., Красильщикова С.В. Физиологические основы охраны труда: учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006 – 58 с.
4. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах (Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.3359-16). – Новосибирск: Норматика, 2018. – 68 стр.
5. Естественное и искусственное освещение. Свод правил СП 52.13330.2016. Актуализированная редакция. СНиП 23-05-95. – М.: МИЭЭ, 2019. – 168 с.
6. Клюев С.А. Освещение производственных помещений. – М.: Энергия, 1979 – 152 с.
7. Колосов Ю.В., Барановский В.В., Марковкина Н.Н. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания по выполнению лабораторных работ [Часть I]: учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2004. – 67 с.
8. Колосов Ю.В., Красильщикова С.В., Проценко А.Н. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания по выполнению лабораторных работ [Часть II]: учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2005. – 40 с.
9. Новиков Б.Ю., Колосов Ю.В. Проектирование и расчет систем и средств обеспечения безопасности труда: учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012 – 74 с.
10. Колосов Ю.В., Барановский В. В. Защита от вибраций и шума на производстве: учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 38 с.
11. Колосов Ю.В., Барановский В.В., Рождественская Е.М. Общие вопросы электробезопасности. Безопасность труда пользователей ПЭВМ: учебное пособие. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2003 – 72 с.
12. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Энергия, 1985 – 51 с.
13. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергия, 1989. – 448 с.
14. Широков Ю.А. Защита в чрезвычайных ситуациях и гражданская оборона: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2019 – 488 с.
15. Контузоров Ф.Ф., Петров Д.В. Классификация и краткая характеристика чрезвычайных ситуаций. Основы защиты населения и

территорий от ЧС техногенного, природного и экологического характера: учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008 – 83 с.

16. Маркитанова Л.И., Кисс В.В., Маркитанова А.А. Оценка химической обстановки: учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 119 с.

17. Маркитанова, Л.И., Кисс В.В., Маркитанова А.А. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях и гражданская оборона: методические указания для студентов всех спец. заочной формы обучения. – СПб.: НИУ ИТМО, 2010. – 31 с.

18. Шурыгина Ю.Ю. Научно-практические основы здоровья: учебное пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2009. – 220 с

19. Карауш С.А. Расчет параметров процессов горения: учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. – 120 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Санитарные нормы шума на рабочих местах [3]

На основе общих требований трудового законодательства каждый наниматель обязан обеспечить санитарные нормы шума на рабочих местах. Для этой цели нормы шума в рабочих помещениях устанавливает СанПиН 2.2.4.3359-16 под названием «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». Он утверждён постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 года № 81 и действует с 01 января 2017 года. Его Раздел III посвящен нормам производственного шума.

При укороченном трудовом дне – до 40 ч в неделю – действуют эти же нормативы шума на рабочем месте.

#### Предельно допустимые эквивалентные уровни звука, дБА

Категории напряженности трудового процесса	Категории тяжести трудового процесса		
	легкая и средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени
Напряженность легкой и средней степени	80	75	75
Напряженный труд 1 степени	70	65	65
Напряженный труд 2 степени	60	-	-
Напряженный труд 3 степени	50	-	-

Уровень шума на рабочих местах в отдельных сферах экономики может быть от 80 до 85 дБА.

Условия:

- подтвержден приемлемый риск для здоровья рабочих;
- приняты меры снижения этого риска.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Общие вопросы проектирования осветительных установок [8]

При проектировании осветительной установки производственного помещения необходимо выбрать систему искусственного освещения, тип источников света, тип светильников, высоту их установки и размещение в помещении, определить число светильников и мощность ламп, обеспечивающих на рабочих местах требуемое значение освещенности, установленное строительными нормами и правилами СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

В практике проектирования системы общего освещения производственных помещений руководствуются следующими рекомендациями.

При определении высоты установки светильников общего освещения над уровнем пола для предупреждения их раскачивания рекомендуется расстояние от светильника до места его крепления (потолка)  $h_{св}$  выбирать с учетом высоты помещения  $H$  и оборудования (станков, верстаков, рабочих столов и т. п.), но не более двух метров ( $h_{св} \leq 2$  м). В производственных помещениях в целях обеспечения безопасности эксплуатации осветительной установки светильники рекомендуется устанавливать на высоте не менее 2,5 м до пола.

Для обеспечения равномерного распределения освещенности по всему помещению светильники рекомендуется размещать так, чтобы отношение расстояния между соседними светильниками или рядами светильников  $L$  (см. рис. 1, а, д) к высоте их подвеса над рабочей поверхностью  $h$  находилось в интервале пределов отношения  $L/h$ , указанном в справочных данных выбранного типа светильника.

Расстояние от крайних светильников или крайних рядов светильников до стен  $l$  (рис. 1, а, в) рекомендуется принимать примерно втрое меньше расстояния между рядами светильников  $L$ .

Светильники с люминесцентными лампами следует размещать в ряду без разрывов (рис. 1, в) или с небольшими разрывами (рис. 1, г) при условии, что расстояние между концами соседних светильников  $d$  не превысит одной трети высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью  $h$ .

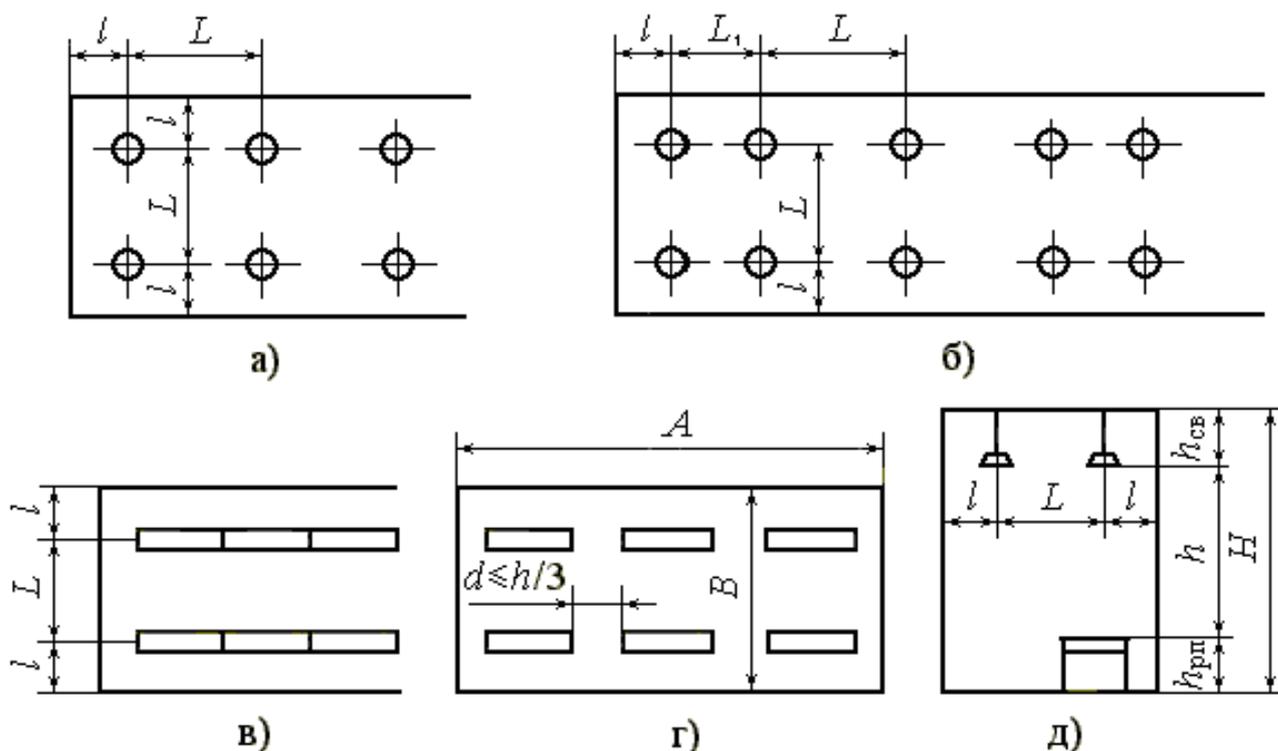


Рис. 2. Размещение светильников общего освещения в помещении: а, б – в плане – с лампами накаливания; в, г – в плане – с люминесцентными лампами; д – в разрезе (по высоте помещения)

### Нормы освещенности помещений в зданиях управления, проектных и конструкторских организаций, научно-исследовательских учреждений

Помещения	Освещенность рабочих поверхностей, лк
1. Кабинеты и рабочие комнаты	300
2. Конструкторские чертежные бюро	500
3. Машинописные и машиносчетные бюро	400
4. Помещения для электрофотографирования и микрофотографирования, ксерокопирования	200
5. Лаборатории органической и неорганической химии	300
6. Вычислительный центр: помещения подготовки и обработки информации, машинный зал; помещения для программистов	400 400 300
7. Аналитические лаборатории	400
8. Термостатные лаборатории: термические, физические, спектрографические, фотометрические, микроскопные	300

### Значения коэффициента запаса $K_3$

Помещения и территории	Примеры помещений	Коэффициент запаса $K_3$	
		газоразрядных ламп	ламп накаливания
1. Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне:  а) от 1 до 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти;  б) менее 1 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти;  в) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов	Цехи кузнечные, литейные, мартеновские, сварочные	1,8	1,5
	Цехи сборочные, механические, механо-сборочные, КБ, ВЦ	1,5	1,3
	Цехи гальванических покрытий и гальванопластики	1,8	1,5
2. Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха	Цехи герметизированные, сборки точных приборов	1,4	1,2
3. Помещения общественных и жилых зданий	Кабинеты и рабочие помещения общественных зданий, лаборатории	1,5	1,3

**Характеристики светильников общего освещения  
с люминесцентными лампами**

Тип светильника	Число ламп в светильнике, (шт) х мощность лампы (Вт)	Длина светильника $L_{св}$ , мм	Вид установки	Условия эксплуатации	Класс светильников по светораспределению	$\lambda_{нв} = \frac{L}{h}$	Область применения
ЛСП 01	2x65; 2x80	1536	Подвесной	для нормальных условий среды	Р	1,6 ÷ 1,8	Для производственных зданий
ЛСП 02	2x40	1240		для нормальных условий среды	Н	1,4 ÷ 1,6	
	2x65	1536					
	2x80	1536					
ПВЛМ	1x40; 2x40	1330		для тяжелых условий среды	Н	1,4 ÷ 1,6	
	1x80; 2x80	1630					
ЛД	2x40	1240	для тяжелых условий среды	Н	1,4 ÷ 1,6		
	2x65	1536					
	2x80	1536					
ЛОУ 1П	2x40; 2x80	1240 1536	для нормальных условий среды	Н	1,4 ÷ 1,6		
ЛПО 01	2x40; 4x40	1320	Потолочный	для нормальных условий среды	Р	1,6 ÷ 1,8	Для общественных зданий
	2x65; 4x65	1536					
	1x20; 2x20	675					
	4x20; 1x40	1295					
ЛПО 02	2x65	1565					
Л 201Б	2x20	675					
	4x20						
УСП	2x40	1275					
	4x40						
	6x40	1575					
	2x80						

Примечание: Классы светильников по светораспределению:

П – светильники прямого света; Н – светильники преимущественно прямого света; Р – светильники рассеянного света; В – светильники преимущественно отраженного света; 0 – светильники отраженного света.

### Значения коэффициентов отражения потолка $\rho_{п}$ и стен $\rho_{ст}$ помещений

Характер отражающей поверхности	Коэффициент отражения $\rho$ , %
Побеленный потолок, побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные стены при незакрытых шторами окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный кирпич неоштукатуренный; стены с темными обоями	10

Примечание: Коэффициент отражения расчетной поверхности  $\rho_{рп}$  (рабочей поверхности или поверхности пола) принимается, как правило, равным 10 % и только при применении покрытий с высоким коэффициентом отражения, например, белой бумаги, кафельной плитки и т.п., равным 30 %.

### Коэффициент использования светового потока $\eta$

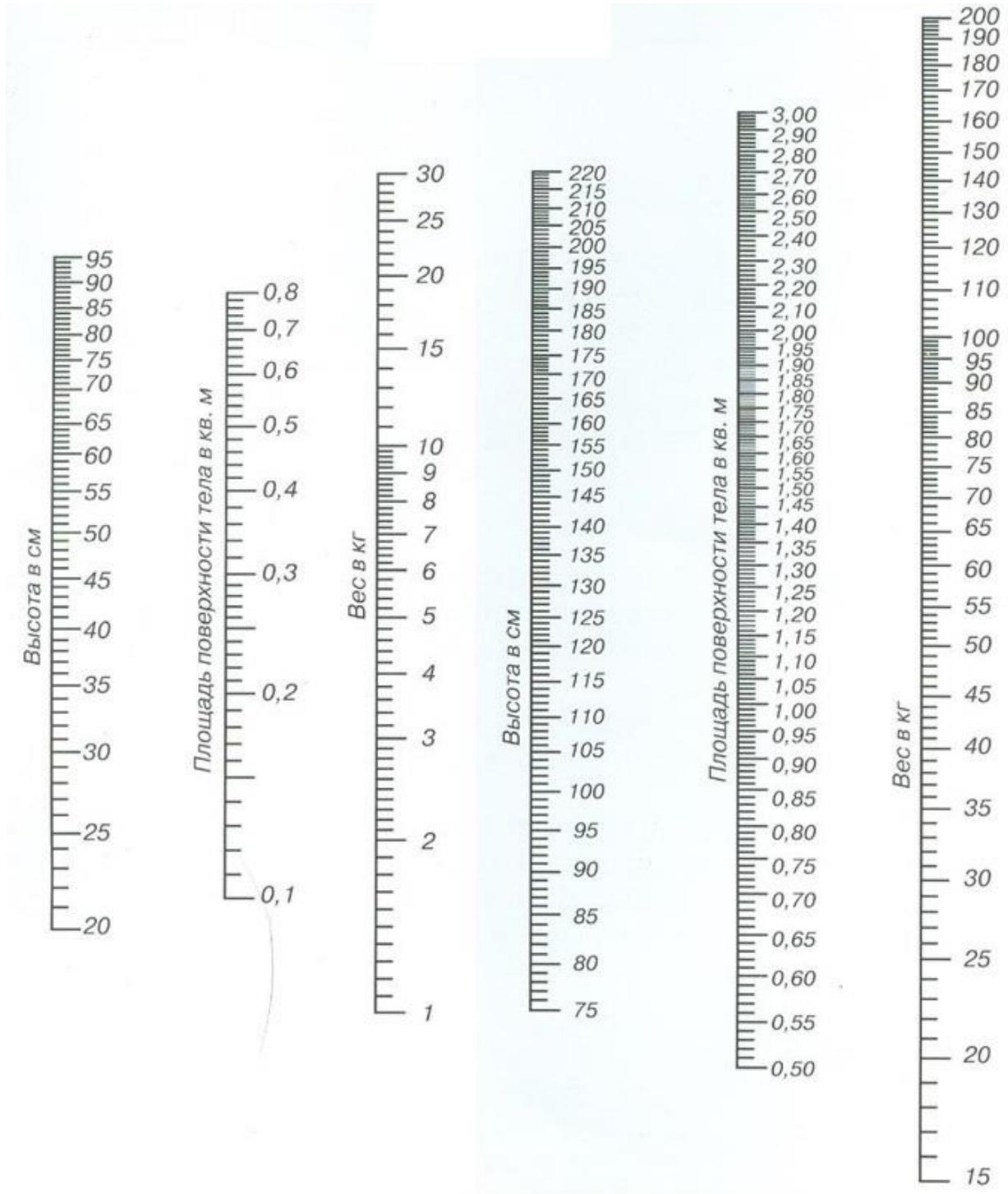
Коэффициент отражения	Тип светильника														
	ЛСП 01					ЛОУ 1П					ЛСП 02				
$\rho_{п}$ , %	70	70	50	50	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
$\rho_{ст}$ , %	50	50	50	30	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_{рп}$ , %	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
Индекс помещения $i$	Коэффициент использования светового потока $\eta$ , %														
0,5	28	26	25	22	19	28	26	19	17	14	28	27	21	18	16
0,6	32	30	30	26	23	31	29	23	20	18	33	32	25	22	20
0,7	36	34	33	30	26	36	34	28	24	22	38	36	30	26	24
0,8	39	36	36	32	29	39	37	30	26	24	42	39	33	29	28
0,9	42	39	38	35	31	43	40	34	29	27	46	42	37	32	31
1,0	44	41	40	37	33	46	42	36	32	30	49	45	40	35	34
1,1	46	42	42	39	35	48	44	38	34	31	52	48	42	38	36
1,25	48	44	43	41	37	51	47	41	36	34	55	50	45	40	39
1,5	51	47	46	44	40	55	50	45	40	37	60	54	49	45	44
1,75	54	49	48	46	42	58	53	48	42	40	63	57	52	48	47
2,0	55	50	49	47	44	60	55	49	44	41	65	59	55	51	49
2,5	58	53	52	50	46	65	58	52	48	46	70	63	58	55	54
3,0	60	54	53	51	48	67	60	54	50	46	73	65	61	58	56
4,0	62	56	54	53	50	70	62	57	53	49	77	68	64	61	59

### Параметры люминесцентных ламп для общего освещения

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм, после 100 ч горения	Длина лампы, мм
ЛДЦ 20	20	820	604,0
ЛД 20		870	
ЛХБ 20		890	
ЛТБ 20		925	
ЛБ 20		1120	
ЛДЦ 30	30	1500	908,8
ЛД 30		1800	
ЛХБ 30		1940	
ЛТБ 30		2020	
ЛБ 30		2180	
ЛДЦ 40	40	2200	1213,5
ЛД 40		2500	
ЛХБ 40		3000	
ЛТБ 40		3100	
ЛБ 40		3200	
ЛДЦ 65	65	3150	1514,2
ЛД 65		4000	
ЛХБ 65		4400	
ЛТБ 65		4850	
ЛБ 65		4800	
ЛДЦ 80	80	3800	1514,2
ЛД 80		4300	
ЛХБ 80		5040	
ЛТБ 80		5200	
ЛБ 80		5400	

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Номограмма для вычисления площади поверхности тела по высоте и весу



Примечание: Номограмма для вычисления площади поверхности тела по высоте и весу (по Графорду, Терри и Рурку) приведена согласно методическим указаниям МУ 2.3.7.1064-01 «Контроль программы профилактики йоддефицитных заболеваний путем всеобщего йодирования соли» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24 июля 2001 г.)

**Энергетические затраты организма  
при различной интенсивности физической работы [17]**

Группа труда	Вид деятельности	Расход энергии
I	Преимущественно умственный труд (научные работники, студенты, операторы ЭВМ, контролеры, педагоги, диспетчеры, работники учета, секретари и др.)	1800- 2450 ккал
II	Легкий труд (водители транспорта, работники конвейеров, весовщицы, упаковщицы, швейники, работники радиоэлектронной промышленности, агрономы, медсестры, санитарки, работники связи, сферы обслуживания, продавцы промтоваров и др.)	2100- 2800 ккал
III	Средняя тяжесть труда (слесари, наладчики, настройщики, станочники, буровики, водители экскаваторов, бульдозеров, угольных комбайнов, автобусов, врачи-хирурги, текстильщики, обувщики, железнодорожники, продавцы продтоваров, металлурги-доменщики, работники химзаводов, работники общественного питания и др.)	2500- 3300 ккал
IV	Тяжелый физический труд (строители, помощники буровиков, проходчики, хлопкоробы, сельхозрабочие, механизаторы, доярки, овощеводы, деревообработчики, металлурги, литейщики и др.)	2850- 3850 ккал
V	Особо тяжелый физический труд (механизаторы и сельхозрабочие в посевной и уборочный периоды, горнорабочие, вальщики леса, бетонщики, каменщики, землекопы, грузчики немеханизированного труда, оленеводы и др.)	3750- 4200 ккал

Примечание: данные получены в Институте питания АМН

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Регулирование норм вентиляции

Регулирование норм вентиляции и влажности в офисных помещениях регулируется на законодательном уровне такими документами:

- Трудовой кодекс РФ.
- СанПиН 2.2.4.548-96, в котором указаны требования к организации микроклимата в производственных помещениях.
- СанПиН 2.2.4.3359-16, включающий в себя санитарные требования к физическим факторам в офисных помещениях.
- Нормативы и правила СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.
- СНиП 2.09.04-87, в котором перечислены правила и рекомендации к административным, а также бытовым сооружениям.
- СП336.1325800.2017 «Системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила эксплуатации».
- СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные.

### Кратность воздухообмена в помещениях по СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные

Помещение	Кратность или величина воздухообмена, м <sup>3</sup> в час, не менее	
	в нерабочем режиме	в режиме обслуживания
Спальная, общая, детская комнаты	0,2	1,0
Библиотека, кабинет	0,2	0,5
Кладовая, бельевая, гардеробная	0,2	0,2
Тренажерный зал, бильярдная	0,2	80 м <sup>3</sup>
Постирочная, гладильная, сушильная	0,5	90 м <sup>3</sup>
Кухня с электроплитой	0,5	60 м <sup>3</sup>
Помещение с газоиспользующим оборудованием	1,0	1,0+100 м <sup>3</sup> на плиту
Помещение с теплогенераторами и печами на твердом топливе	0,5	1,0+100 м <sup>3</sup> на плиту
Ванная, душевая, уборная, совмещенный санузел	0,5	25 м <sup>3</sup>
Сауна	0,5	10 м <sup>3</sup> на 1 человека
Машинное отделение лифта	-	по расчету
Автостоянка	1,0	по расчету
Мусоросборная камера	1,0	1,0
Библиотека, кабинет	0,2	0,5
Кладовая, бельевая, гардеробная	0,2	0,2
Тренажерный зал, бильярдная	0,2	80 м <sup>3</sup>
Постирочная, гладильная, сушильная	0,5	90 м <sup>3</sup>
Кухня с электроплитой	0,5	60 м <sup>3</sup>
Помещение с газоиспользующим оборудованием	1,0	1,0+100 м <sup>3</sup> на плиту

### Классификация электротравм [1]

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Проходя через организм человека, электроток производит термическое, электролитическое, механическое и биологическое действия. Термическое действие тока проявляется ожогами отдельных участков тела, нагревом до высокой температуры органов, расположенных на пути тока, вызывая в них значительные функциональные расстройства. Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, в том числе крови, в нарушении ее физико-химического состава. Механическое действие тока приводит к расслоению, разрыву тканей организма в результате электродинамического эффекта, а также многовещного взрывоподобного образования пара из тканевой жидкости и крови. Биологическое действие тока проявляется раздражением и возбуждением живых тканей организма, а также нарушением внутренних биологических процессов.

Электротравмы условно разделяют на общие и местные. К общим относят электрический удар, при котором процесс возбуждения различных групп мышц может привести к судорогам, остановке дыхания и сердечной деятельности. Остановка сердца связана с фибрилляцией – хаотическим сокращением отдельных волокон сердечной мышцы (фибрилл). Выделяют 4 степени электрического удара:

**1 степень** – судороги при сохранении сознания

**2 степень** – судороги с потерей сознания

**3 степень** – судороги с потерей сознания, нарушением деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой системы

**4 степень** – клиническая смерть (при своевременной реанимации пострадавших удается вернуть к жизни)

К местным травмам относят ожоги, металлизацию кожи, механические повреждения, электроофтальмии.

При электротравме возникают ожоги следующей степени тяжести:

1 степень – небольшие очаги коагуляции эпидермиса без образования пузырей;

2 степень – тотальное поражение эпидермиса с образованием пузырей;

3 степень – поражение всей толщи кожи, включая дерму, с развитием поверхностного некроза;

4 степень – поражение не только кожи, но и подлежащих тканей (клетчатки, мышц и т. д.) с развитием глубокого некроза.

Глубокие ожоги (3 и 4 степени) при электротравме встречаются чаще поверхностных. В тяжелых случаях возможно разрушение обширных участков тканей, в том числе – обугливание конечностей.

Металлизация кожи связана с поражением кожи частицами металла, расплавленного под влиянием мощного электрического тока.

Электроофтальмия – это поражение глаз, вызванное интенсивным свечением электрической дуги. Кроме того, возможно попадание в глаза брызг расплавленного металла.

### **Симптомы поражения током**

- В момент повреждения пострадавший может чувствовать толчок, жгучий удар или спазм мышц. После прекращения действия тока возможна общая слабость, потеря или помутнение сознания. Возникает головная боль и головокружение, пострадавший вялый, заторможенный, безразличный к окружающему. Реже при электротравме отмечается возбуждение, покраснение кожи и двигательное беспокойство.
- Со стороны сердечно-сосудистой системы наблюдается сначала повышение, а затем понижение артериального давления, учащение пульса и аритмии. Нередко происходит расширение границ сердца. В легких могут появляться хрипы, обнаруживаются признаки эмфиземы. Возможен кашель, в некоторых случаях отмечаются признаки острой дыхательной недостаточности. У некоторых пострадавших возникает тошнота и рвота.
- В местах вхождения и выхода тока обычно образуются электроожоги. Из-за судорожного сокращения мышц иногда образуются переломы и вывихи. Чаще всего выявляется компрессионный перелом позвоночника и вывих плеча. Из-за термического и механического поражения кость в зоне прохождения петли тока становится более хрупкой, поэтому после электротравмы повышается вероятность перелома пострадавшего сегмента конечности.

**Защитное заземление [8]**

При эксплуатации электрооборудования напряжением до 1000 В одна из возможных причин поражения током – появление напряжения на металлических конструктивных частях электроустановок, вследствие повреждения изоляции и замыкания токоведущей части установки на корпус. Например, при замыкании фазного провода на корпус, если корпус установки изолирован от земли, то прикосновение к нему в этом случае будет так же опасно, как и к фазе сети. Человек попадает под напряжение прикосновения, практически равное фазному напряжению  $U_{пр} \approx 220$  В.

Одной из основных мер защиты человека от поражения током при случайном появлении напряжения на металлических нетоковедущих частях электроустановок является защитное заземление.

**Назначение, принцип действия, область применения**

*Защитное заземление* – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения током в случае прикосновения человека к корпусу и другим металлическим нетоковедущим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением, вследствие повреждения изоляции токоведущих частей.

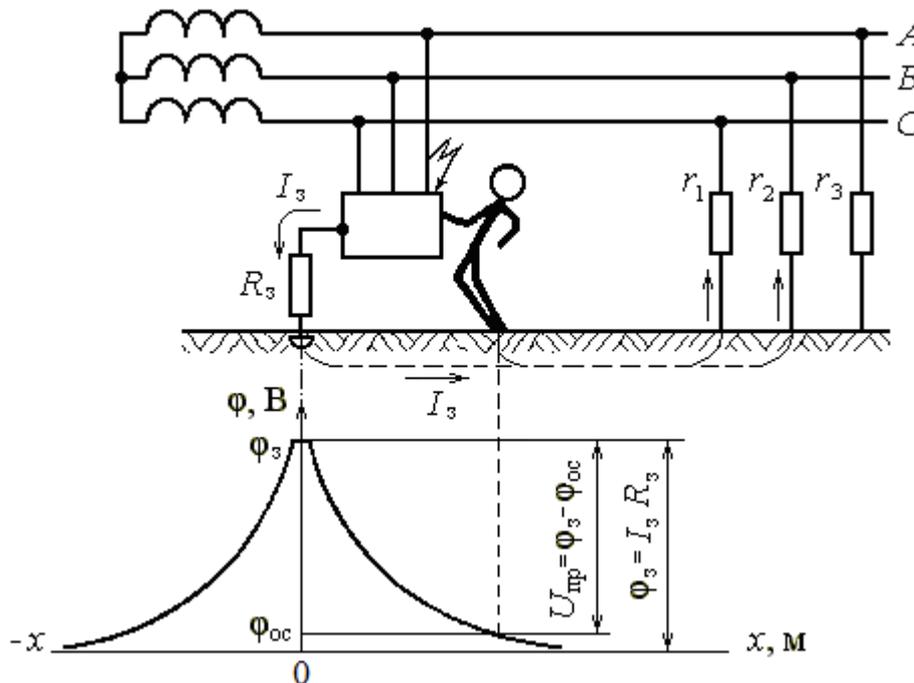


Рис. 3. Схема защитного заземления и распределение потенциала на поверхности земли вокруг полушарового заземлителя

Конструктивными элементами защитного заземления, схема которого представлена на рис. 6.1, являются *заземлитель* – проводник или группа соединенных проводников, размещаемых в земле, и *заземляющие проводники*, соединяющие заземляемые части оборудования с заземлителем.

Область применения защитного заземления – трехфазные сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной или с глухозаземленной нейтралью.

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), защитное заземление следует выполнять: при напряжении 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока во всех случаях; в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также в наружных установках при напряжении 42 В и выше переменного и 110 В и выше постоянного тока.

Рассмотрим принцип действия защитного заземления. При замыкании токоведущей части на заземленный корпус электроустановки происходит стекание тока  $I_3$  через заземлитель в землю (см. рис. 5.1), что приводит к резкому снижению потенциала заземлившейся токоведущей части и потенциала корпуса установки  $\varphi_3$  (В) до значения

$$\varphi_3 = I_3 R_3,$$

где  $I_3$  – ток, проходящий через заземлитель в землю, А;  $R_3$  – сопротивление заземлителя растеканию тока, Ом.

Кроме того, вследствие стекания тока в землю на поверхности грунта вокруг заземлителя также появится потенциал  $\varphi$  (В), изменяющийся по кривой, зависящей от формы заземлителя. Например, вокруг полушарового заземлителя потенциал на поверхности земли изменяется по закону гиперболы (см. рис. 6.1):

$$\varphi = \frac{I_3 \rho}{2\pi \cdot x},$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м;  $x$  – расстояние на поверхности земли от заземлителя, м.

Из сказанного следует, что при замыкании токоведущей части на заземленный корпус электроустановки в случае прикосновения человека к корпусу величина напряжения прикосновения  $U_{пр}$  будет определяться разностью потенциалов корпуса и поверхности земли (см. рис. 6.1):

$$U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_{ос},$$

где  $\varphi_3$  – потенциал заземленного корпуса электроустановки, В;  $\varphi_{oc}$  – потенциал основания (земли) в том месте, где стоит человек, В.

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжения прикосновения в случае замыкания на корпус. Это достигается путем уменьшения потенциала корпуса заземленной установки (уменьшением сопротивления заземлителя), а также выравниванием потенциалов корпуса и основания за счет повышения потенциала земли в месте, где стоит человек. В результате при замыкании, например, фазного провода на заземленную электроустановку человек, прикасаясь к корпусу, окажется под напряжением прикосновения значительно меньшим фазного напряжения – не более 40 В.

Однако при заземлении электроустановок возникает и отрицательное явление: при стекании тока с одиночного заземлителя (рис. 6.2) на поверхности земли образуется опасная зона радиусом 20 м от заземлителя, в которой возможно поражение человека напряжением шага, так как удаленные на разные расстояния от заземлителя точки земли имеют разные потенциалы.

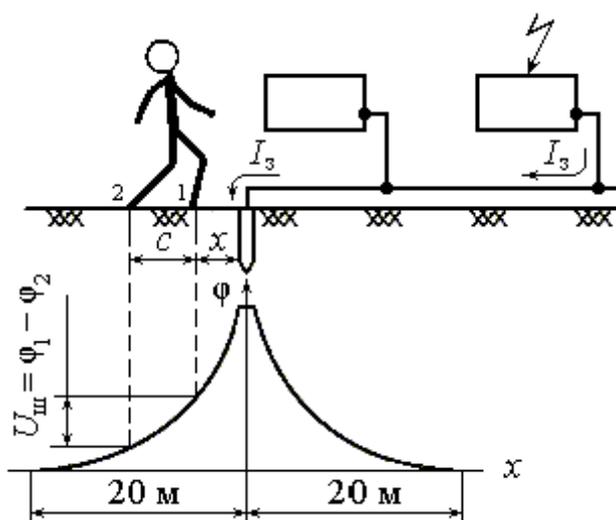


Рис.4. Напряжение шага и потенциальная кривая одиночного заземлителя

При движении человека в зоне растекания тока в земле ступни его ног оказываются в точках с разными потенциалами  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ , следствием чего и является возникновение напряжения шага  $U_{ш}$ , В:

$$U_{ш} = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{I_3 \rho}{2\pi \cdot x} - \frac{I_3 \rho}{2\pi(x+c)} = \frac{I_3 \rho c}{2\pi \cdot x(x+c)},$$

где  $c$  – длина шага, принимаемая равной 0,8 м.

При напряжении шага порядка 100 В и выше наступают судороги ног, человек может упасть на землю, что приводит к увеличению разности потенциалов и более опасному прохождению тока вдоль тела.

В целях уменьшения опасности поражения напряжением шага на практике при устройстве защитного заземления применяют, как правило, не одиночный, а групповой заземлитель. При стекании тока с группового заземлителя, как видно из рис. 6.3, распределение потенциала на поверхности земли между соседними заземлителями происходит по суммарной потенциальной кривой 3, получаемой при сложении потенциальных кривых 1 и 2 одиночных заземлителей. В результате напряжение шага уменьшается от значения  $U_{ш1}$  при одиночном заземлителе до  $U_{ш2}$  при двух заземлителях и не будет превышать допустимых значений.

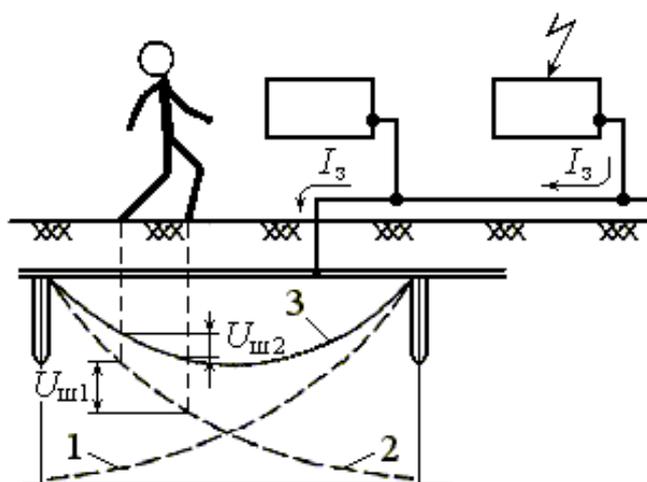


Рис. 5. Напряжение шага при одиночном и групповом заземлителе:  
 1, 2 – потенциальные кривые при одиночном заземлителе;  
 3 – потенциальная кривая при групповом заземлителе

### Типы заземляющих устройств

Для заземления электроустановок используется *заземляющее устройство* (рис. 6.4), состоящее из заземлителя – одиночного или группы заземлителей 1, конструктивно объединенных соединительной полосой 2, размещаемых в земле, и заземляющего проводника 3, соединяющего заземляемую установку 4 через проложенную по стенам помещения магистраль заземления 5 с заземлителем.

Для присоединения заземляющего проводника на корпусе установки должен быть предусмотрен элемент для заземления – болт 6 (винт, шпилька), выполненный из металла, стойкого к коррозии. Возле болта должен быть нанесен нестираемый при эксплуатации знак заземления 7.

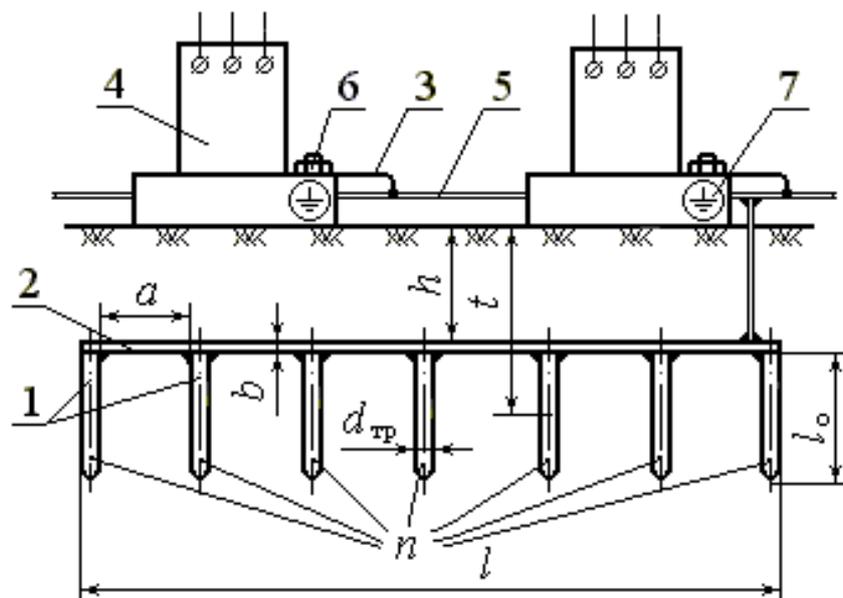


Рис. 7. Устройство защитного заземления

В качестве искусственных заземлителей, располагаемых в земле чаще всего вертикально, используются стальные трубы диаметром 5 – 6 см с толщиной стенки не менее 3,5 мм или уголки с толщиной полок не менее 4 мм и размерами от 40x40 мм до 60x60 мм длиной 2,5 – 3 м.

Различают два типа заземляющих устройств: *выносное* и *контурное*.

В выносном заземляющем устройстве заземлитель вынесен за пределы площадки, на которой размещено заземляемое электрооборудование. Такой тип заземляющего устройства применяют только при малых значениях тока замыкания на землю.

В контурном заземляющем устройстве одиночные вертикальные заземлители располагают по контуру (периметру) площадки, на которой находится заземляемое оборудование (см. рис. 6.5), или заземлители распределяют по всей площадке по возможности равномерно.

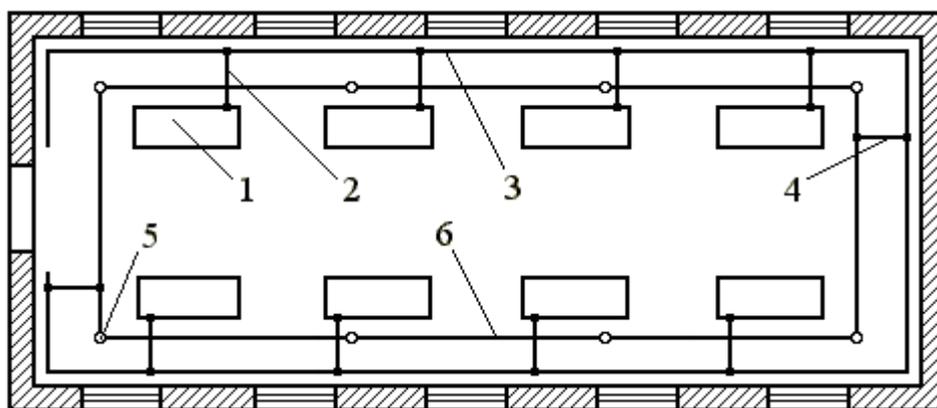


Рис. 8. Схема контурного заземляющего устройства (в плане):  
1 – электроустановка; 2 – заземляющий проводник; 3 – магистраль заземления; 4 – переключатель; 5 – заземлитель; 6 – соединительная полоса

Безопасность при использовании контурного заземляющего устройства обеспечивается не только уменьшением потенциала заземленного оборудования, но и выравниванием и повышением потенциала на поверхности защищаемой территории путем размещения одиночных заземлителей на определенном расстоянии друг от друга (менее 40 м).

Расчет контурного заземляющего устройства сводится к определению количества заземлителей, длины соединительной полосы и схемы размещения заземлителей в земле на защищаемой территории, при которых сопротивление заземляющего устройства и напряжение прикосновения не превысят допустимых значений.

**Пределы воспламенения газов в воздушных смесях при атмосферном давлении и температуре 20 °С [18]**

Горючий газ	Химическая формула	Концентрационные пределы воспламенения в воздушных смесях, % газа по объему	
		нижний	верхний
Аммиак	$\text{NH}_3$	15,0	28,0
Ацетальдегид	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	4,0	55,0
Ацетилен	$\text{C}_2\text{H}_2$	2,3	81,0
Ацетон	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	2,2	13,0
Бензол	$\text{C}_6\text{H}_6$	1,4	7,1
н-Бутан	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	1,8	9,1
1-Бутен (Бутилен)	$\text{C}_4\text{H}_8$	1,6	9,4
Водород	$\text{H}_2$	4,1	96,0
Гексан	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	1,2	7,5
Гептан	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	1,1	6,7
Дихлорэтан	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$	6,2	16,0
Изобутан	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	1,8	8,4
Изобутилен	$\text{C}_4\text{H}_8$	1,8	9,6
Изопентан	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	1,3	7,6
Изопропиловый спирт	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	2,0	12,0
н-Пентан	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	1,4	7,8
Толуол	$\text{C}_7\text{H}_8$	1,3	6,0
Этиленгликоль	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$	3,8	6,4
Этиловый спирт	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	3,6	19,0
Этилен	$\text{C}_2\text{H}_4$	3,0	32,0

## ПРИМЕР РАСЧЕТА

«Оценка химической обстановки. Прогнозирование масштабов заражения аммиаком, хранящимся под давлением, при аварии на мясокомбинате»

Цель: оценить максимальные масштабы химического заражения в случае аварии на мясокомбинате при разрушении емкости с 75 т. аммиака, хранящегося под давлением.

Метеорологические условия: авария произошла при самых неблагоприятных для ее ликвидации условиях - в ночную смену. Состояние атмосферы - инверсия; скорость ветра  $V = 1$  м/с; азимут ветра  $\alpha = 270$ , т. е. ветер западный; температура воздуха  $+40$  С.

Местоположение мясокомбината: г. Санкт -Петербург.

Расстояние до жилых домов  $X = 2,0$  км.

Условия разлива аммиака: в поддон,  $h = 0,8$  м.

Обеспеченность персонала противогазами  $\omega = 40$  %.

Количество людей, находящихся:

на открытой местности  $N_1 = 5$  чел.;

в жилых и промышленных зданиях  $N_2 = 45$  чел.

Требуется: провести оценку химической обстановки.

### РЕШЕНИЕ

Максимальное количество аммиака задано условиями аварии:  $Q_0 = 75$  т.

Рассчитаем эквивалентное количество аммиака по первичному облаку:

$$Q_{\text{э1}} = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_0$$

где  $K_1 = 0,18$ ;  $K_3 = 0,04$ ;  $K_5 = 1,0$ ;  $K_7 = 1,4$  (табл.12) при температуре воздуха  $t = +40^\circ$  С (по условию).

$$Q_{\text{э1}} = 0,18 * 0,04 * 1,0 * 1,4 * 75 = 0,76 \text{ т}$$

Рассчитаем время испарения аммиака в результате образования первичного и вторичного ОЗВ:

$$T = h d / (K_2 K_4 K_7),$$

где  $h = 0,8$  м (по условию); плотность  $d = 0,681$  т/м<sup>3</sup>;  $K_2 = 0,025$ ;  $K_4 = 1$ ;  $K_7 = 1$  (табл. 12).

$$T = (0,8 * 0,681) / (0,025 * 1,0 * 1,0) = 21,79 \text{ ч}$$

Рассчитаем эквивалентное количество аммиака по вторичному облаку:

$$Q_{\text{э2}} = (1 - K_1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 Q_0 / (h d)$$

где  $K_1 = 0,18$ ;  $K_2 = 0,025$ ;  $K_3 = 0,04$ ;  $K_4 = 1,0$ ;  $K_5 = 1,0$ ;  $K_7 = 1,0$  (табл.12)

Так как время испарения  $T = 21,79$  ч,  $B = 4$  ч,

$K_6 = B^{0,8} = 4^{0,8} = 3,04$  (табл. 13).

$$Q_{\text{э2}} = (1 - 0,18) 0,025 * 0,04 * 1,0 * 1,0 * 3,04 * 1,0 * 75 / (0,8 * 0,681) = 0,34 \text{ т}$$

Определение глубины зоны заражения;

а) первичным облаком, если  $Q_{\text{э1}} = 0,76$  т.

По данным табл. 14 вычисляем:

если  $Q = 0,5$  т, то  $\Gamma = 3,16$  км;

если  $Q = 0,76$  т, то  $\Gamma = \Gamma_1$  км;

если  $Q = 1,0$  т, то  $\Gamma = 4,75$  км;

$\Gamma_1 = 3,16 + [(0,76 - 0,5)(4,75 - 3,16)/(1,0 - 0,5)] = 3,16 + 0,83 = 3,99$  км;

б) вторичным облаком, если  $Q_{\text{э2}} = 0,34$  т.

По данным табл. 14 вычисляем:

если  $Q = 0,1$  т, то  $\Gamma = 1,25$  км;

если  $Q = 0,34$  т, то  $\Gamma = \Gamma_2$  км;

если  $Q = 0,5$  т, то  $\Gamma = 3,16$  км;

$\Gamma_2 = 1,25 + [(0,34 - 0,1)(3,16 - 1,25)/(0,5 - 0,1)] = 1,25 + 1,15 = 2,40$  км;

Расчет полной глубины зоны химического заражения:

$$\Gamma_{\text{пол}} = \Gamma^1 + 0,5 \Gamma^{11}$$

где  $\Gamma^1$  - наибольший, а  $\Gamma^{11}$  - наименьший из размеров  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$

В данном примере  $\Gamma_1 = 3,99$  км;  $\Gamma_2 = 2,40$  км;

Тогда  $\Gamma^1 = 3,99$  км;  $\Gamma^{11} = 2,40$  км;

$\Gamma_{\text{пол}} = 3,99 + 0,5 * 2,40 = 5,19$  км;

Расчет предельно возможной глубины переноса:

$$\Gamma_{\text{пр}} = V * v,$$

где  $V = 4$  ч (по расчету);  $v = 5$  км/ч (табл. 15), потому что скорость ветра в приземном слое  $V = 1$  м/с (по условию). Состояние атмосферы - инверсия (по условию). Предельно возможная глубина переноса облака, зараженного аммиаком:

$$\Gamma_{\text{пр}} = 4 * 5 = 20 \text{ км}$$

Определение окончательной расчетной глубины зоны заражения  $\Gamma$ , км.

Глубина зоны заражения - это минимальное значение из сравнения двух величин - полной и предельной глубины заражения;

$$\Gamma = \min\{\Gamma_{\text{пол}} \text{ или } \Gamma_{\text{пр}}\}$$

$\Gamma_{\text{пол}} = 5,19$  км;  $\Gamma_{\text{пр}} = 20$  км; Тогда  $\Gamma = 5,19$  км.

Определение времени (t, ч) перемещения ОЗВ на расстояние X, км, от места аварии:

$$t = X/v;$$

$$t = 2/5 = 0,4 \text{ ч} = 24 \text{ мин.}$$

Расчет площади:

а) возможного заражения  $S_{\text{в}}$ , км<sup>2</sup>:

$$S_{\text{в}} = 8,72 * 10^{-3} * \Gamma^2 \phi,$$

$$S_{\text{в}} = 8,72 * 10^{-3} * 5,19^2 * 180 = 42,28 \text{ км}^2;$$

б) фактического заражения  $S_{\text{ф}}$ , км<sup>2</sup>:

$$S_{\phi} = K_8 \Gamma^2 B^{0,2}$$

где  $K_8 = 0,081$  для инверсии (по условию)

$$S_{\phi} = 0,081 * 5,19^2 * 4^{0,2} = 0,081 * 26,94 * 1,32 = 2,88 \text{ км}^2;$$

Построение схемы зоны возможного заражения аммиаком.

Учитывая, что азимут ветра = 270, т. е. ветер западный, начертим схему возможного химического заражения (рис.1). Пунктиром показана площадь фактического заражения, при условии сохранения неизменного направления ветра.

$$V = 1 \text{ м/с}$$

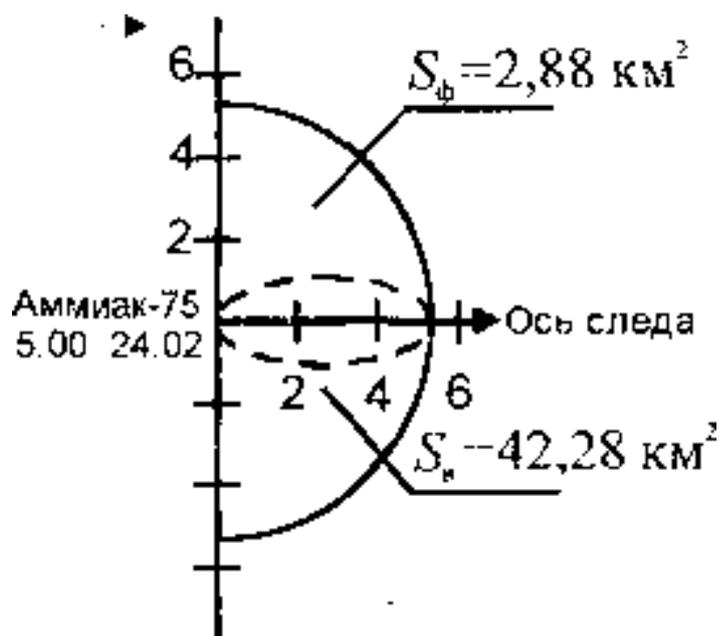


Рис. 1. Схема зоны возможного заражения аммиаком

Расчет возможного количества и структуры потерь персонала мясокомбината.

По условию:

количество людей, находящихся:

на открытой местности  $N_1 = 5$  чел.;

в жилых и промышленных зданиях  $N_2 = 45$  чел.

Всего количество персонала

$$N = N_1 + N_2 = 5 + 45 = 50 \text{ чел}$$

Обеспеченность персонала противогазами - 40 % (по условию)

По данным табл. 18 при обеспеченности противогазами 40 %:

на открытой местности потери составят 58 % или

$$N_{1пор} = 5 * 0,58 = 3 \text{ чел (округляем до целых);}$$

в простейших укрытиях (цехах) потери составят 30 % или

$$N_{2пор} = 45 * 0,30 = 14 \text{ чел (округляем до целых);}$$

Общее число потерь составит:

$$N_{\text{нор}} = N_{1\text{нор}} + N_{2\text{нор}}$$

$$N_{\text{нор}} = 3 + 14 = 17 \text{ чел}$$

Структура потерь персонала мясокомбината:

- безвозвратные потери с летальным исходом  $0,35 * 17 = 6$  чел;

потери тяжелой и средней тяжести составят  $0,4 * 17 = 7$  чел;

-санитарные потери легкой степени поражения  $0,25 * 17 = 4$  чел.

Расчет возможного количества и структуры потерь населения, оказавшегося в зоне возможного заражения.

Количество населения при расположении мясокомбината в черте города рассчитаем по формуле:

$$N = \rho * S_{\text{ф}},$$

где  $\rho = 2800$  чел/км<sup>2</sup>,  $S_{\text{ф}} = 2,88$  км<sup>2</sup> (по расчету).

$$N = 2800 * 2,88 = 8064 \text{ чел.}$$

Население противогАЗами не обеспечено. Жилые дома находятся на расстоянии 2 км от мясокомбината (по условию).

ОЗВ подойдет к домам через 0,4 ч (по расчету).

Для оповещения населения времени достаточно.

а) Экстренный вывоз (вывод) или эвакуацию населения за границы распространения АХОВ проводят, если облако зараженного воздуха имеет концентрацию, соответствующую пороговой токсодозе. Для аммиака 15 г мин/м<sup>3</sup>. Коэффициент защиты  $K_{\text{защ}} = 1$  (табл.17) при эвакуации до подхода ОЗВ. В этом случае потерь нет.

б) Население укрывается и проводит герметизацию помещений на нижних этажах жилых или производственных зданий при аварии с выбросом аммиака. Кратность воздухообмена минимальна (табл.17).

Рассчитаем время ( $\tau$ , ч) пребывания людей в очаге химического поражения, считая, что метеоусловия неизменны, а длина жилого здания, расположенного вдоль оси следа ОЗВ составляет 0,4 км.

$$\tau = 0,4 / 5 = 0,08 \text{ ч} < 0,25 \text{ ч.}$$

Значение коэффициента защищенности при укрытии в жилых и промышленных зданиях  $K_i = 0,97$  (табл. 17). Вычислим коэффициент защиты населения по формуле:

$$K_{\text{защ}} = \sum \omega_i * K_i ,.$$

где  $\omega_i$ , - доля населения, укрывшаяся в помещениях, равна 1, так как для своевременного оповещения и укрытия времени достаточно. Тогда  $K_{\text{защ}} = 1 * 0,97 = 0,97$ ;

Количество потерь среди населения составит:

$$N_{\text{нор}} = N(1 - K_{\text{защ}}),$$

$$N_{\text{нор}} = 8064 (1 - 0,97) = 8064 * 0,03 = 242 \text{ чел.}$$

Структура потерь населения при аварии с разливом 75 т аммиака составит:

– потери с летальным исходом  $0,35 * 242 = 85$  чел;

– потери тяжелой и средней тяжести составят  $0,4 * 242 = 97$  чел;

– потери легкой степени поражения  $0,25 * 242 = 60$  чел.

Результаты оценки химической обстановки.

Количество выброшенного аммиака  $Q_0 = 75$  т.

Эквивалентное количество аммиака, образовавшегося:

- первичное облако  $Q_1 = 0,76$  т;
- вторичное облако  $Q_2 = 0,34$  т.

Время испарения аммиака  $T = 21,79$  ч.

Время подхода облака зараженного аммиаком воздуха к жилым домам  $t = 0,4$  ч = 24 мин.

Глубина заражения:

- первичным облаком  $\Gamma_1 = 3,99$  км;
- вторичным облаком  $\Gamma_2 = 2,4$  км;
- полная глубина заражения  $\Gamma_{пол} = 5,19$  км;
- предельная глубина заражения  $\Gamma_{пр} = 20$  км;
- окончательная расчетная глубина заражения  $\Gamma = 5,19$  км.

Зона химического заражения:

- возможного  $S_g = 42,28$  км<sup>2</sup>;
- фактического  $S_\phi = 2,88$  км<sup>2</sup>

Количество потерь среди персонала:

- с летальным исходом 6 чел;
- средней и тяжелой степени поражения 7 чел;
- легкой степени поражения 4 чел;
- общее количество потерь 17 чел; \*

Количество потерь среди населения:

- с летальным исходом 85 чел;
- средней и тяжелой степени поражения 97 чел;
- легкой степени поражения 60 чел;
- общее количество потерь 242 чел.
- 

Выводы: результаты прогнозирования химического заражения аммиаком показали, что времени 0,4 ч достаточно для своевременного оповещения населения об аварии. При данной обеспеченности персонала противогазами люди защищены недостаточно.

Рекомендации:

- мясокомбинат должен иметь убежища с режимом регенерации воздуха, что обеспечит защиту персонала на 100 %.
- население должны экстренно эвакуировать, снабдить противогазами и/или укрыть в убежищах.

Кисс В.В., Румянцева О.Н., Новиков Б.Ю.

Безопасность жизнедеятельности

**Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов  
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»**

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж 25 экз.

Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел**  
**Университета ИТМО**  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49