

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Н. А. Евдокимова

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
15.03.02 Технологические машины и оборудование

Калининград
2024

Рецензент

доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» Минько В.М.

Евдокимова, Н.А. Безопасность жизнедеятельности: учеб.-метод. пособие по практическим занятиям для студ. бакалавриата по напр. подгот. 20.03.01 Техносферная безопасность / **Н.А. Евдокимова.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. – 63 с.

Учебно-методическое пособие содержит указания по подготовке к практическим занятиям по разделам дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», включающие методические рекомендации по выполнению заданий, примеры их выполнения, практические задания по каждой теме, тесты (вопросы) для самоконтроля, рекомендуемую литературу.

Табл. 5, рис. 2, список лит. – 2 наименования

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по практическим занятиям. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «28» августа 2024 г., протокол № 6.

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по практическим занятиям. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «8» сентября 2024 г., протокол № 8.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Практическое занятие 1. Введение.....	6
Практическое занятие 2, 3. Теоретические основы безопасности жизнедеятельности	9
Практическое занятие 4, 5. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности профессиональной деятельности: электробезопасность	16
Практическое занятие 6, 7. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности профессиональной деятельности: борьба с шумом, производственное освещение	23
Практическое занятие 8. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности профессиональной деятельности: обеспечение безопасности погрузочно-разгрузочных работ	30
Практическое занятие 9. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности профессиональной деятельности: обеспечение безопасности эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением.....	37
Практическое занятие 10, 11. Пожарная безопасность	43
Практическое занятие 12, 13. Защита в чрезвычайных ситуациях	49
Практическое занятие 14, 15. Организационно-правовые основы управления безопасностью жизнедеятельности.....	55
Текущий контроль.....	61
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» является приобретение целостного представления о теоретических и практических основах обеспечения таких условий жизни и деятельности человека, при которых с достаточно высокой вероятностью исключается возможность опасных и вредных воздействий на людей и окружающую среду, а в случае возникновения таких воздействий – успешной ликвидации их последствий.

Задачи дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»: изучение методов и средств анализа, проектирования, развития и управления техническими системами в соответствии с современными требованиями безопасности.

Целью практикума является приобретение практических умений и закрепление теоретических знаний, необходимых в последующей учебной, профессиональной деятельности и жизни.

Задачами практикума являются:

- изучение принципов, методов и средств обеспечения безопасности трудовой деятельности;
- изучение мер пожарной безопасности и правил безопасного поведения при пожарах;
- изучение принципов обеспечения устойчивости объектов экономики, прогнозирования развития событий и оценки последствий при техногенных чрезвычайных ситуациях и стихийных явлениях;
- овладение основами управления безопасностью жизнедеятельности.

В результате освоения заданий практикума студент должен

знать:

- основные техносферные опасности, их свойства и характеристики,
- характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них

уметь:

- оценивать уровень эффективности и безопасности применяемых технических средств и технологий

владеть:

- навыками создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.

Учебно-методическое пособие состоит из:

введения, где указаны: дисциплина учебного плана, для изучения которой оно предназначено; цели и задачи дисциплины; цели и задачи практикума; тре-

бования к знаниям, умениям и навыкам, которыми должен овладеть студент после выполнения заданий практикума;

основной части, которая содержит тему и цель каждого практического занятия, методические рекомендации по выполнению заданий, примеры выполнения заданий, практические задания по каждой теме, тесты (вопросы) для самоконтроля; виды текущего контроля, последовательности его проведения, критерии и нормы оценки (отметки) выполнения практических заданий; списка рекомендуемых источников.

Практическое занятие 1

Тема: Введение

Цель: овладение умениями, методами определения фактических и прогнозируемых значений рисков

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучить [1, с. 8-11].

Риск — это количественная характеристика действия опасностей, которая формируется определенной деятельностью человека, то есть это отношение числа неблагоприятных проявлений опасности к их возможному числу за определенный промежуток времени (частота реализации опасности):

$$R = n/N, \quad (1)$$

где R — риск (1/год);

n — число неблагоприятных проявлений опасности за год или иной период;

N — число возможных проявлений опасности за тот же период времени.

В практических целях, в частности для обоснования профилактических мероприятий, важно знать фактические и расчетные (прогнозируемые) значения рисков. Фактические значения различных рисков могут быть вычислены по статистическим данным о несчастных случаях, заболеваниях, авариях, пожарах, стихийных бедствиях. Если в какой-либо стране от всех видов опасностей погибло X человек, а все население составляло N , то индивидуальный риск гибели $R_{\text{общ}}$ от всех опасностей составит

$$R_{\text{общ}} = X / N. \quad (2)$$

Если рассматривать, только производственную деятельность, то риск гибели на производстве будет

$$R_{\text{пр}} = X_{\text{пр}} / P, \quad (3)$$

где $X_{\text{пр}}$ — число погибших во всех отраслях народного хозяйства; P — общее число работников.

Для отдельных отраслей экономики имеем

$$R_{\text{отр}} = X_{\text{отр}} / P_{\text{отр}}, \quad (4)$$

где $X_{\text{отр}}$ и $P_{\text{отр}}$ соответственно число погибших и число работников в рассматриваемой отрасли.

При действии повышенного шума возникает риск $R(L_A)$ стойкой утраты слуховой чувствительности. Он зависит от продолжительности воздействия повышенного шума и его уровня L_A , дБА. Для времени воздействия шума, соответствующем пяти годам, получено выражение

$$R(L_A) = 197,7 - 4,87 \cdot L_A + 0,03 \cdot L_A^2 (\%) . \quad (5)$$

2. Примеры выполнения заданий

Задача 1. Согласно статистическим данным ГИБДД России в 2021 г. в транспортных авариях и катастрофах погибло 30107 человек. Определим риск гибели человека в транспортной аварии или катастрофе, если численность населения России в 2009 г. составила 141900 тыс. чел.

Дано: $n=30107$ чел, $N=141900$ тыс. чел.

Найти: R

Решение

$$R = n/N$$

$$R = 30107/141900000 = 2,12 \cdot 10^{-4}$$

Задача 2. За текущий год в стране от всех видов опасностей погибло 2,4 млн человек, а все население составляло 145 млн человек. Рассчитать индивидуальный риск гибели $R_{\text{общ}}$ от всех опасностей.

Дано: $X = 2,4$ млн человек; $N = 145$ млн человек.

Найти: $R_{\text{общ}}$

Решение:

Индивидуальный риск гибели $R_{\text{общ}}$ от всех опасностей составит

$$R_{\text{общ}} = X / N.$$

$$R_{\text{общ}} = 2,4/145 = 0,017$$

Задача 3. Определить процент лиц со стойким снижением слуховой чувствительности, если на контингент работников воздействует шум с уровнем 100 дБА, продолжительность воздействия шума 5 лет.

Дано: $T = 5$ лет; $L = 100$ дБА.

Найти: $R(L_A)$

Решение:

Для времени воздействия шума, соответствующем пяти годам, процент лиц со стойким снижением слуховой чувствительности определяют

$$R(L_A) = 197,7 - 4,87 \cdot L_A + 0,03 \cdot L_A^2 (\%)$$

$$R(L_A) = 197,7 - 4,87 \cdot 100 + 0,03 \cdot 100^2 = 10,7 (\%)$$

3. Практические задания

Задача 1. За текущий год в организации в результате несчастных случаев на производстве погибло 3 человека, общее число работников составляло 750 человек. Рассчитать риск гибели $R_{\text{пр}}$ на производстве.

Задача 2. Численность населения России 140 млн человек. Индивидуальный риск гибели от употребления наркотиков $R = 2,4 \cdot 10^{-4}$ 1/чел·год. Рассчитать число жителей России, погибающих в год по этой причине.

Задача 3. За текущий год в стране от всех видов опасностей погибло 2,2 млн человек, а все население составляло 140 млн человек. Рассчитать индивидуальный риск гибели $R_{\text{общ}}$ от всех опасностей.

Задача 4. Определить возможное число работников со стойким снижением слуховой чувствительности, если в рабочей зоне с повышенной шумностью заняты 90 чел., продолжительность воздействия шума (стаж работы) – пять лет, уровень действующего шума – 95 дБА.

Задача 5. При каком уровне шума в контингенте из 50 работников возможно стойкое снижение слуховой чувствительности у 5 человек? Время воздействия шума 5 лет.

Задача 6. Построить график зависимости процента лиц со стойким снижением слуховой чувствительности от продолжительности воздействия повышенного шума, равного примерно 100 дБА.

Указание: при шуме, равном примерно 100 дБА, процент лиц $Q(T)$ со стойким снижением слуха в зависимости от времени воздействия T , лет, может быть определен по эмпирической формуле

$$Q(T) = -71,4 + 106,8 \cdot \lg T, \%$$

Используйте значения T : 5, 10, 15, 20 лет.

4. Тесты для самоконтроля

1. Как называется наука об обеспечении безопасного взаимодействия человека с окружающей средой?

- а) охрана труда
- б) техника безопасности
- в) безопасность жизнедеятельности
- г) гигиена труда
- д) эргономика

1. При какой величине риска гибели одного человека в течение года соответствующие условия деятельности можно отнести к безопасным?

- а) менее $1 \cdot 10^{-2}$
- б) менее $1 \cdot 10^{-3}$
- в) менее $1 \cdot 10^{-4}$
- г) менее $5 \cdot 10^{-4}$
- д) менее $5 \cdot 10^{-3}$

3. Укажите термин, соответствующий определению: «Характеризует реализацию опасности определенного вида деятельности для конкретного индивидуума»

- а) социальный риск;
- б) коллективный риск;
- в) индивидуальный риск;
- г) групповой риск;
- д) общественный риск.

4. Укажите термин, соответствующий определению: «Ожидаемое количество пострадавших в результате аварий на объекте за определенный период времени»

- а) социальный риск;
- б) коллективный риск;
- в) индивидуальный риск;
- г) групповой риск;
- д) общественный риск.

5. Укажите термин, соответствующий определению: «Зависимость между частотой происшествий (аварий, катастроф, стихийных бедствий) и числом пострадавших в них людей»

- а) социальный риск;
- б) коллективный риск;
- в) индивидуальный риск;
- г) групповой риск;
- д) общественный риск.

Практическое занятие 2, 3

Тема: Теоретические основы безопасности жизнедеятельности

Цель: освоение методики количественной оценки уровня безопасности производственной среды

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучить [1, с. 50-57].

Для оценки уровня безопасности производственной среды нужно определить фактические и знать нормативные (допустимые) значения факторов среды. Кроме того, нужно учесть, что безопасность рабочей среды формируется под влиянием одновременно нескольких факторов, которые могут иметь разную природу.

Для определения фактических значений факторов среды на рабочих местах может быть использован **расчетный** (аналитический) метод, который предполагает расчет фактических значений факторов среды по тем или иным методикам.

Предположим, что в цехе предполагается использование двух источников шума - электродвигателей с известными мощностями (кВт) и частотами вращения соответственно (мин^{-1}). Известны также расстояние от этих источников шума до производственного рабочего места (м). Нас интересует ожидаемый уровень шума на этом рабочем месте.

Сначала рассчитывают уровень звуковой мощности L_M каждого источника шума:

$$L_M = 10 \lg N + 20 \lg n + K, \quad (6)$$

где N - номинальная мощность электродвигателя, кВт;

n - частота вращения, мин^{-1} ;

$K = 5-8$ дБА - поправочный коэффициент.

Затем рассчитывают ожидаемый уровень звука от каждого источника шума на рабочем месте:

$$L = L_M - 20 \lg r - 10 \lg \Omega, \quad (7)$$

где r - расстояние от источника шума до рабочего места, м;

Ω - пространственный угол излучения, $\Omega = 2\pi$, если источник шума находится на полу.

На последнем этапе рассчитывают суммарный уровень шума L_Σ на рабочем месте:

$$L_\Sigma = 10 \lg \sum_{i=1}^m 10^{0,1L_i}, \quad (8)$$

где m - число учитываемых источников шума.

Для расчета прожекторного освещения используется метод удельной мощности, по которому число прожекторов n определяется как

$$n = (p \cdot S) / P_{л} = (mkES) / P_{л}, \quad (9)$$

где $p = mkE$ - удельная мощность, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

S - площадь освещаемой территории, м^2 ;

$P_{л}$ - электрическая мощность лампы прожектора, Вт;

m - коэффициент перехода;

k - коэффициент запаса, $k=1,5$;

E - освещенность, лк.

Зная число прожекторов и их характеристики, из формулы (9) можно выразить и рассчитать освещенность территории.

Для расчета освещения производственных помещений применяется метод коэффициента использования светового потока, по которому число светильников N находят по выражению

$$N = ESkz/n\Phi\eta, \quad (10)$$

где E - требуемая освещенность по нормам, лк;

S - освещаемая площадь, м^2 ;

k - коэффициент запаса освещенности, равный 1,15-1,8;

z - коэффициент неравномерности освещенности (отношение средней освещенности к минимальной), равный 1,1-1,2;

n - количество ламп в светильнике;

Φ - световой поток одной лампы, лм;

η - коэффициент использования осветительной установки, доли единицы.

Значение светового потока лампы Φ берется из таблиц электрических и светотехнических характеристик источников света. Число ламп в светильнике определяется типом светильника и указывается в его обозначении. Значения коэффициента использования η зависят от типа светильника, коэффициентов отражения внутренних поверхностей помещения (пола, стен, потолка) и от индекса помещения, характеризующего соотношения геометрических размеров помещения. Значения коэффициентов отражения ρ даны ниже в таблице 1.

Таблица 1 - Данные по коэффициенту отражения

Характер отражающей поверхности	Коэффициент отражения
Побеленный потолок, побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	0,7
Побеленные стены при незавешенных окнах, побеленный потолок в сырых помещениях, чистый бетонный потолок	0,5
Бетонный потолок в грязных помещениях, бетонные стены с окнами, стены, оклеенные светлыми обоями	0,3
Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли, сплошное остекление без штор, красный неоштукатуренный кирпич, стены с темными обоями	0,1

Зная число светильников и их характеристики, из формулы (10) можно выразить и рассчитать освещенность помещения.

Нормируемым параметром электростатических полей является напряженность электростатического поля E , кВ/м. Предельное значение этой величины $E_{\text{пред}} = 60$ кВ/м при условии пребывания в зоне воздействия поля не более 1 часа. В диапазоне напряженностей 20-60 кВ/м устанавливается допустимое время пребывания в поле без средств защиты $t_{\text{доп}}$

$$t_{\text{доп}} = (E_{\text{пред}} / E_{\text{факт}})^2, \text{ ч} \quad (11)$$

где $E_{\text{факт}}$ – фактическая напряженность электростатического поля, кВ/м.

При напряженности менее 20 кВ/м пребывание персонала в электростатическом поле не ограничивается.

Нормируемым параметром электрических полей токов промышленной частоты является напряженность электрического поля E , кВ/м. При напряженности 20 – 25кВ/м время пребывания в зоне воздействия поля не более 10 минут. В диапазоне напряженностей 5260 кВ/м устанавливается допустимое время пребывания в поле без средств защиты $t_{\text{доп}}$

$$t_{\text{доп}} = 50/ E_{\text{факт}} - 2, \text{ ч} \quad (12)$$

где $E_{\text{факт}}$ – фактическая напряженность электростатического поля, кВ/м.

При напряженности менее 5 кВ/м пребывание персонала в электрическом поле не ограничивается.

2. Примеры выполнения заданий

Задача 1. В цехе предполагается использование двух источников шума - электродвигателей мощностью 12 и 25 кВт с частотой вращения соответственно 1800 и 1500 мин⁻¹. Расстояние от этих источников шума до производственного рабочего места составляет соответственно 1,5 и 2,5 м. Пространственный угол излучения принять 2π, поправочный коэффициент 8 дБА. Определить ожидаемый уровень шума на этом рабочем месте.

Дано: N₁ = 12 кВт; N₂ = 25 кВт; n₁ = 1800 мин⁻¹; n₂ = 1500 мин⁻¹; Ω = 2π; r₁ = 1,5 м; r₂ = 2,5 м; K = 5-8 дБА

Найти: L_Σ

Решение:

Уровень звуковой мощности L_M каждого источника шума:

$$L_M = 10 \lg N + 20 \lg n + K$$

$$L_{M1} = 10 \lg 12 + 20 \lg 1800 + 8 = 83,9 \text{ (дБА)}$$

$$L_{M2} = 10 \lg 25 + 20 \lg 1500 + 8 = 85,5 \text{ (дБА)}$$

Ожидаемый уровень звука от каждого источника шума на рабочем месте:

$$L = L_M - 20 \lg r - 10 \lg \Omega$$

$$L_1 = 83,9 - 20 \lg 1,5 - 10 \lg 6,28 = 72,4 \text{ (дБА)}$$

$$L_2 = 85,5 - 20 \lg 2,5 - 10 \lg 6,28 = 69,6 \text{ (дБА)}$$

Суммарный уровень шума L_Σ на рабочем месте:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^m 10^{0,1 \cdot L_i}$$

$$L_{\Sigma} = 10 \lg (10^{0,1 \cdot 72,4} + 10^{0,1 \cdot 69,6}) = 74,2 \text{ (дБА)}$$

Задача 2. Требуется оценить освещенность территории предприятия, которая используется для стоянки автотранспорта. Необходимая величина освещенности 5 лк. Площадь территории 450 м², она освещена тремя прожекторами типа ПЗС-35 с лампами накаливания мощностью по 500 Вт. Коэффициент перехода принять равным 0,3, коэффициент запаса равным 1,5.

Дано: m = 0,3; k = 1,5; n = 3; S = 450 м²; P_л = 500 Вт

Найти: E_ф

Решение:

Воспользуемся методом удельной мощности, по которому число прожекторов n определяется как

$$n = (p \cdot S) / P_{л} = (mkES) / P_{л}$$

Из указанной формулы получаем

$$E_{ф} = (n \cdot P_{л}) / (mkS)$$

$$E_{\phi} = (3 \cdot 500) / (0,3 \cdot 1,5 \cdot 450) = 7,4 \text{ лк}$$

Фактическое значение освещенности E_{ϕ} оказалось выше нормативного значения - 5 лк.

Задача 3. Требуется оценить освещенность производственного помещения, которое освещается 20-ю двухламповыми светильниками типа ПВЛМ с газоразрядными лампами со световым потоком 3000 лм. Нормативная освещенность установлена для плоскости нормирования на высоте 0,8 м от уровня пола. Коэффициент запаса составляет 1,5, коэффициент неравномерности освещения – 1,1. Высота помещения 4 м, размеры в плане 15x25, м. Потолок, стены, пол имеют коэффициенты отражения соответственно 0,7, 0,5, 0,3.

Дано: $k = 1,5$; $z = 1,1$, $n = 2$; $A = 15$ м, $B = 25$ м; $\Phi = 3000$ лм, $N = 20$, $h_{н} = 0,8$ м, $H = 4$ м, $\rho_i = 0,7$; $0,5$; $0,3$

Найти: E_{ϕ}

Решение:

Применим метод коэффициента использования светового потока, по которому число светильников N находят по выражению

$$N = E S k z / n \Phi \eta$$

Из указанной формулы получаем

$$E_{\phi} = N n \Phi \eta / S k z$$

Рассчитаем индекс помещения i

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

где $A = 25$ м, $B = 15$ м – длина и ширина помещения;

h_p – высота размещения светильников над расчетной поверхностью, определяемая по формуле

$$h_p = H - 0,8 = 4 - 0,8 = 3,2 \text{ (м)}$$

В расчете 0,8 м – высота расчетной поверхности над полом.

Индекс помещения i будет

$$i = \frac{25 \cdot 15}{3,2(25 + 15)} = 2,80.$$

По светотехническому справочнику в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения поверхностей помещения, индекса помещения находим коэффициент использования светового потока $\eta = 0,64$.

Площадь помещения

$$S = A \cdot B = 15 \cdot 25 = 375 \text{ (м}^2\text{)}$$

Затем находим освещенность помещения

$$E_{\phi} = 20 \cdot 2 \cdot 3000 \cdot 0,64 / 375 \cdot 1,5 \cdot 1,1 = 124 \text{ (лк)}$$

3. Практические задания

Задача 1. Акустическая обстановка на рабочем месте токаря складывается под влиянием трех источников шума, которые создают на рабочем месте уровни шума соответственно 75 дБА, 78 дБА, 79 дБА. Превышается ли при этих условиях предельно допустимый уровень шума, если да, то на сколько дБА?

Задача 2. Акустическая обстановка на рабочем месте складывается под влиянием нескольких равногромких источников звука, каждый из которых создает на рабочем месте уровень шума, равный 75 дБА. Суммарный уровень шума на рабочем месте от всех источников составляет 82 дБА. Определите число источников звука.

Задача 3. В производственном помещении имеются два источника звука с уровнями звуковой мощности 105 дБА, размещенные на расстоянии 4 м от рабочего места, и два источника с уровнями 100 дБА, размещенные на расстоянии 3 м от рабочего места. Все источники шума размещены на полу. Влиянием поглощения и отражения звука допускается пренебречь. Превышается ли предельно допустимый уровень звука на этом рабочем месте?

Задача 4. Имеется источник звука с уровнем звуковой мощности $L_N = 110$ дБА. На каком расстоянии от него уровень шума составит 65 дБА?

Задача 5. Рассчитайте уровень шума от асинхронного электродвигателя мощностью 45 кВт и частотой вращения 1200 об/мин на расстоянии 2 м от двигателя.

Указание: 1) приближенную оценку уровня шума L серийных электрических машин защищенного или обдуваемого исполнения мощностью (1-100) кВт на удалении 0,5 м можно получить по формуле

$$L = 10 \lg N + 20 \lg n + \Delta L,$$

где N – мощность машины, кВт;

n – число оборотов в минуту;

ΔL - поправка, равная (8-10)дБА;

2) используйте формулы $L = 10 \lg (I/I_0)$, $I = W/(2\pi r^2)$, где I – интенсивность звука, Вт/м²; I_0 – пороговое значение интенсивности, равное 10^{-12} Вт/м², W – акустическая мощность источника, Вт.

Задача 6. В исследуемой рабочей зоне установлены три источника шума, которые создают на рабочем месте уровни звука 97 дБА, 97 дБА и 100 дБА. На сколько дБА необходимо снизить уровень шума на данном рабочем месте?

Задача 7. Обеспечивается ли нормативная освещенность промышленной палубы при следующих исходных данных: количество прожекторов – 5, площадь палубы – 150 м², электрическая мощность лампы прожектора – 500 Вт, коэффициент запаса – 1,5, коэффициент перехода – 0,25.

Задача 8. Оценить освещенность производственного помещения, которое освещается 20-ю двухламповыми светильниками типа ПВЛМ с газоразрядными лампами со световым потоком 2850 лм. Нормативная освещенность установлена для плоскости нормирования на высоте 0,8 м от уровня пола. Коэффициент запаса составляет 1,5, коэффициент неравномерности освещения – 1,1. Высота помещения 4 м, размеры в плане 20x25, м. Потолок, стены, пол имеют коэффициенты отражения соответственно 0,7, 0,5, 0,3.

Задача 9. Напряженность электростатического поля постоянного тока на рабочем месте составляет 35 кВ/м. Какова при этом допустимая продолжительность работы в таком поле без средств защиты?

Задача 10. Напряженность электрического поля тока промышленной частоты на рабочем месте составляет 17 кВ/м. Какова при этом допустимая продолжительность работы в таком поле без средств защиты?

4. Тесты для самоконтроля

1. Какие показатели нормируются для постоянного шума?

- а) доза шума и уровни звукового давления в октавных полосах частот
- б) эквивалентный уровень звука и доза шума
- в) уровень звука и эквивалентный уровень звука
- г) уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровень звука
- д) уровень звука и доза шума

2. В каких единицах измеряется концентрация вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны?

- а) мг/дм³
- б) г/см³
- в) мг/м³
- г) г/м³
- д) мг/см³

3. Опасный производственный фактор – это фактор, воздействие которого приводит к

- а) заболеванию
- б) снижению работоспособности
- в) травме
- г) заболеванию и травме
- д) снижению работоспособности и травме

2. Вредный производственный фактор – это фактор, воздействие которого приводит к

- а) заболеванию
- б) снижению работоспособности
- в) травме

- г) заболеванию и травме
- д) снижению работоспособности и травме

8. Нормируемыми параметрами электрического поля токов промышленной частоты являются

- а) напряженность электрического поля, время пребывания в нем
- б) напряженность электрического поля
- в) напряженность электромагнитного поля
- г) напряженность электромагнитного поля, время пребывания в нем
- д) напряженность электрического и электромагнитного полей

9. Нормируемыми параметрами микроклимата являются

- а) температура воздуха, скорость движения воздуха, относительная влажность воздуха, атмосферное давление
- б) температура воздуха, скорость движения воздуха, относительная влажность воздуха, атмосферное давление, интенсивность теплового облучения
- в) температура воздуха, скорость движения воздуха, относительная влажность воздуха
- г) температура воздуха, скорость движения воздуха, относительная влажность воздуха, интенсивность теплового облучения
- д) температура воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения

10. Нормируемыми параметрами освещения являются

- а) освещенность и коэффициент естественной освещенности
- б) коэффициент естественной освещенности и коэффициент неравномерности освещения
- в) освещенность и коэффициент неравномерности освещения
- г) освещенность и коэффициенты отражения поверхностей помещения
- д) коэффициент неравномерности освещения и коэффициенты отражения поверхностей помещения

11. Метод, с помощью которого фактические значения опасных и вредных производственных факторов получают путем измерений с помощью приборов, называется

- а) расчетный
- б) инструментальный
- в) аналитический
- г) весовой
- д) графический

Практическое занятие 4, 5

Тема: Принципы, методы и средства обеспечения безопасности профессиональной деятельности: электробезопасность

Цель: овладение умениями, методами расчета технических средств обеспечения электробезопасности

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучить [1, с. 73-87; 2].

Расчет общего сопротивления растеканию тока с заземляющего устройства (ЗУ) проводят в следующей последовательности.

1. Определяют сопротивление растеканию тока с одиночного заземлителя:

$$R_{\text{од}} = \frac{\rho}{2\pi l_T} \left(\ln \frac{2l_T}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l_T}{4t - l_T} \right), \quad (13)$$

где l_T , d – длина и диаметр трубы, м;

t – расстояние от середины трубы до поверхности грунта, м;

ρ – расчетное удельное сопротивление грунта в месте заложения ЗУ, Ом·м.

2. Определяют сопротивление растеканию тока R_n с соединительной полосой:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi l_n} \ln \frac{2l_n^2}{b \cdot H_0}, \quad (14)$$

где $l_n = (n - 1)a$ – длина соединительной полосы;

b – ширина горизонтальной соединительной полосы, м;

H_0 – расстояние от поверхности земли до соединительной полосы;

n – число трубчатых заземлителей;

a – расстояние между заземлителями, м.

3. Общее сопротивление растеканию тока $R_{\text{общ}}$ с ЗУ:

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_{\text{од}} \cdot R_n}{R_{\text{од}} \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_B \cdot n}, \quad (15)$$

где η_n – коэффициент использования горизонтальной соединительной полосы;

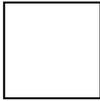
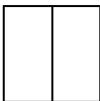
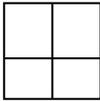
η_B – коэффициент использования вертикальных заземлителей.

Если заземлитель выполнен в виде горизонтальной прямоугольной решетки, то сопротивление растеканию тока с такого заземлителя рассчитывается по формуле

$$R = \frac{\rho}{2\pi l_T} \left(\ln \frac{l_T^2}{td} + m \right), \quad (16)$$

где m – конструктивный коэффициент, определяемый по нижеследующей таблице 2.

Таблица 2 - К определению значений коэффициента m

Конструкция решетки	Отношения сторон решетки				
	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
	1.71	1.76	1.86	2.10	2.34
	3.67	3.41	3.31	3.29	3.35
	4.95	5.16	5.44	6.00	6.52

Для обеспечения надежного срабатывания зануления необходимо выполнение условия

$$I_H \leq k \cdot I_{кз}, \quad (17)$$

где I_H – номинальная сила тока установленного плавкого предохранителя (вставки полуавтомата). А;

$I_{кз}$ – сила тока короткого замыкания, А;

K – коэффициент безопасности (для предохранителя равен 3, для полуавтомата равен 1,2 – 1,4).

Чтобы проверить выполнение указанного условия сначала рассчитывают активное сопротивление фазного и нулевого проводов по формуле

$$r = \frac{\rho \cdot l}{S}, \quad (18)$$

где ρ – удельное сопротивление провода, Ом·м/мм²;

l – длина провода, м;

S – площадь сечения провода, мм².

Затем рассчитывают силу тока короткого замыкания и проверяют выполнение условия (17)

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{r_{\phi} + r_o}, \quad (19)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение, В;

r_{ϕ} – активное сопротивление фазного провода, Ом;

r_o – активное сопротивление нулевого провода, Ом.

2. Примеры выполнения заданий

Задача 1. Рассчитать общее сопротивление растеканию тока с заземляющего устройства (ЗУ) питающего трансформатора при следующих технических характеристиках ЗУ: заземлители вертикальные трубчатые, размещены в ряд, длина труб 3,5 м, диаметр труб 0,05 м, расстояние между заземлителями 3,6 м, число трубчатых заземлителей 6, ширина горизонтальной соединительной полосы 0,05 м, расчетное удельное сопротивление грунта в месте заложения ЗУ 90 Ом·м, расстояние от середины трубы до поверхности грунта 2,55 м. Коэффициент использования горизонтальной соединительной полосы равен 0,72, коэффициент использования вертикальных заземлителей равен 0,65.

Дано: $l_T = 3,5$ м; $d = 0,05$ м; $a = 3,6$ м; $n = 6$; $b = 0,05$ м; $\rho = 90$ Ом·м; $t = 2,55$ м; $\eta_n = 0,72$; $\eta_B = 0,65$

Найти: $R_{общ}$

Решение:

1. Сопротивление растеканию тока с одиночного заземлителя:

$$R_{од} = \frac{\rho}{2\pi l_T} \left(\ln \frac{2l_T}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l_T}{4t - l_T} \right)$$

$$R_{од} = \frac{90}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 3,5}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,55 + 3,5}{4 \cdot 2,55 - 3,5} \right) = 21,7 \text{ (Ом)}$$

2. Сопротивление растеканию тока R_n с соединительной полосы:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi l_n} \ln \frac{2l_n^2}{b \cdot H_o}$$

Длина соединительной полосы: $l_n = (n - 1)a = 18$ (м)

$$R_n = \frac{90}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,5} \ln \frac{2 \cdot 18^2}{0,05 \cdot 0,8} = 7,7 \text{ (Ом)}$$

3. Общее сопротивление растеканию тока $R_{общ}$ с ЗУ:

$$R_{общ} = \frac{R_{од} \cdot R_n}{R_{од} \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_B \cdot n}$$

$$R_{общ} = \frac{21,7 \cdot 7,7}{21,7 \cdot 0,72 + 7,7 \cdot 0,65 \cdot 6} = 3,67 \text{ (Ом)}$$

Задача 2. Определить сопротивление растеканию тока с заземлителя в виде горизонтальной прямоугольной решетки, погруженной на глубину 1,0 м. Решетка размером 2×4 м выполнена из прутковой стали диаметром 1,6 см, число ячеек в решетке – четыре, размеры ячейки 1×2 м. Удельное электрическое сопротивление земли 80 Ом·м.

Дано: $t = 1,0$ м; $a = 4$ м; $b = 2$ м; $d = 1,6$ см = $0,016$ м; $\rho = 80$ Ом·м

Найти: R

Решение:

Находим суммарную длину проводников из прутковой стали $l_r = 3 \cdot 4 + 3 \cdot 2 = 18$ м.

Сопротивление R растеканию тока с рассматриваемого заземлителя определяют по формуле

$$R = \frac{\rho}{2\pi l_r} \left(\ln \frac{l_r^2}{td} + m \right).$$

Для решаемой задачи отношение сторон решетки равно двум ($a/b = 4/2 = 2$), решетка состоит из четырех ячеек, поэтому конструктивный коэффициент $m = 5,44$ (по таблице 2). Поэтому получаем

$$R = \frac{80}{2 \cdot 3,14 \cdot 18} \left(\ln \frac{18^2}{1 \cdot 0,016} + 5,44 \right) = 10,9 \text{ Ом}.$$

Задача 3. Проверить плавкую вставку в четырехпроводной сети длиной 300 м; площадь сечения фазного провода 25 мм², нулевого провода – 16 мм², провода алюминиевые с удельным сопротивлением $0,0295$ Ом·м/мм². Номинальная сила тока установленного плавкого предохранителя 60 А.

Дано: $l = 300$ м; $S_\phi = 25$ мм²; $S_0 = 16$ мм²; $\rho = 80$ Ом·м; $I_n = 60$ А

Найти: сработает надежно зануление?

Решение:

Находим активное сопротивление фазного и нулевого проводов по формуле

$$r = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

$$r_\phi = \frac{0,0295 \cdot 300}{25} = 0,35 \text{ (Ом)}$$

$$r_0 = \frac{0,0295 \cdot 300}{16} = 0,55 \text{ (Ом)}$$

Рассчитываем величину силы тока короткого замыкания по формуле (19)

$$I_{кз} = \frac{220}{0,35 + 0,55} \text{ (А)}$$

Проверяем выполнение условия (17). Поскольку используется полуавтомат с плавкой вставкой то $k = 3$

$$60 < 244/3 \text{ – верно}$$

Значит, зануление сработает надежно.

3. Практические задания

Задача 1. Рассчитать общее сопротивление растеканию тока с заземляющего устройства (ЗУ) питающего трансформатора при линейном напряжении 380 В и следующих технических характеристиках ЗУ: заземлители вертикальные трубчатые, размещены в ряд, длина труб $3,5$ м, диаметр труб $0,05$ м, рас-

стояние между заземлителями 3,6 м, число трубчатых заземлителей 6, ширина горизонтальной соединительной полосы 0,05 м, расчетное удельное сопротивление грунта в месте заложения ЗУ 90 Ом·м, расстояние от поверхности земли до соединительной полосы 0,8 м. Коэффициент использования горизонтальной соединительной полосы равен 0,78, коэффициент использования вертикальных заземлителей равен 0,68. Удовлетворяет ли данное ЗУ требованиям безопасности?

Задача 2. Оценить опасность прикосновения человека к одному из проводов трехфазной сети с заземленной нейтралью. Фазное напряжение в сети $U_{\phi} = 220$ В, неконтролируемые сопротивления (обуви, пола), а также сопротивление провода, при расчете не учитывать. Сопротивление заземления нейтрали питающего трансформатора составляет 4 Ом.

Примечание: сила тока $I_{\text{ч}}$, который может пройти через тело человека

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}} + R_{\text{з}} + R_{\text{об}} + R_{\text{п}} + R_{\text{пр}}}, \quad (20)$$

где $R_{\text{ч}}$, $R_{\text{з}}$, $R_{\text{об}}$, $R_{\text{п}}$, $R_{\text{пр}}$ – сопротивления соответственно человека, заземления, обуви, пола, провода.

С учетом условий задачи - $R_{\text{об}}$ и $R_{\text{п}}$ – не учитываются, т.к. не могут быть проконтролированы, а $R_{\text{пр}}$ не учитывается по причине малости. Сопротивления тела человека составляет 1000 Ом.

Задача 3. Оценить опасность прикосновения человека к проводу трехфазной сети с напряжением $U_{\phi} = 220$ В при условии, что сопротивление обуви и пола в совокупности составляет 80000 Ом, а сопротивление заземления нейтрали питающего трансформатора составляет 4 Ома. Сопротивлением фазного провода пренебречь.

Задача 4. Рассчитайте сопротивление растеканию тока с заземлителя в виде горизонтального прямоугольника с размерами 1,5×2 м, погруженного на глубину 1,5 м. Для изготовления заземлителя использована прутковая сталь диаметром 20 мм. Удельное электрическое сопротивление грунта 90 Ом·м.

Задача 5. Проверить плавкую вставку в четырехпроводной сети длиной 350 м; площадь сечения фазного провода 25 мм², нулевого провода – 16 мм², провода алюминиевые с удельным сопротивлением 0,0295 Ом·м/мм². Номинальная сила тока установленного плавкого предохранителя 70А.

Задача 6. Определите требуемое сопротивление растеканию тока с заземляющего устройства нейтрали питающего трансформатора при междуфазном напряжении 380 В и удельном сопротивлении грунта 150 Ом·м.

Задача 7. Электроустановка включена в сеть напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью, удельное сопротивление грунта – 600 Ом·м. Каково требуемое сопротивление растеканию тока с заземляющего устройства электроустановки?

Задача 8. Определить сопротивление растеканию тока с заземлителя в виде горизонтальной прямоугольной решетки, погруженной на глубину $t = 1,0$ м. Решетка размером 2×4 м выполнена из прутковой стали диаметром $d = 1,6$ см, число ячеек в решетке – четыре, размеры ячейки 1×2 м. Удельное электрическое сопротивление земли $\rho = 80$ Ом·м.

Указания:

1. Находим суммарную длину проводников из прутковой стали l_r
2. Сопротивление R растеканию тока с рассматриваемого заземлителя определяют по формуле

$$R = \frac{\rho}{2\pi l_r} \left(\ln \frac{l_r^2}{td} + m \right),$$

где m – конструктивный коэффициент, определяемый по таблице 2.

Задача 9. Каково будет общее сопротивление растеканию тока с заземляющего устройства, состоящего из 10 вертикальных труб с сопротивлением растеканию тока каждой из них 35 Ом и горизонтальной заглубленной соединительной полосы с сопротивлением растеканию тока 25 Ом. Коэффициенты использования для труб и полосы составляют соответственно 0,65 и 0,80.

Задача 10. В рыбодобывающей организации используется электроловильное устройство, установленное на плавсредстве и требующее заземления. Допустимое сопротивление растеканию тока с заземления $R_{\text{доп}} = 10$ Ом. Определить длину и ширину металлической пластины, которую можно использовать для целей заземления, опустив ее с борта плавсредства на дно водоема. Удельное сопротивление ρ воды равно 20 Ом·м. Отношение длины к ширине заземляющей пластины примите равным 1,2.

Указание: используйте формулу

$$R_{\text{пл}} = \frac{\rho}{\pi \cdot a} \ln \frac{4 \cdot a}{b},$$

где $R_{\text{пл}}$ – сопротивление растеканию тока с пластины, Ом;
 a и b – длина и ширина пластины.

4. Вопросы для самоконтроля

1. Каково определение термина «электробезопасность»?
2. Назовите признаки особой опасности поражения током?
3. Что такое защитное заземление и когда ООЗ применяется?
4. Каков порядок расчета защитного заземления?

5. Как определяется сопротивление растеканию тока с заземлителя в виде горизонтальной прямоугольной решетки?
6. Что такое зануление и когда оно применяется?
7. Как выполняется зануление?
8. При выполнении какого условия зануление работает быстро и надежно?

Практическое занятие 6, 7

Тема: Принципы, методы и средства обеспечения безопасности профессиональной деятельности: борьба с шумом, производственное освещение

Цель: овладение умениями, методами расчета мероприятий по обеспечению шумобезопасности, расчета производственного освещения

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучить [1, с. 124-136; с. 101-111; 2].

Уменьшение шума ΔL_3 за счет звукопоглощения (в зоне отраженного звука) ориентировочно можно оценить по формуле

$$\Delta L_3 = 10 \lg \left(1 + \frac{\Delta A}{A_1} \right), \quad (21)$$

где $A_1 = aS_{\text{п}}$ - эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении до применения специальных средств звукопоглощения (облицовки, штучных поглотителей), м^2 ;

α – средний коэффициент звукопоглощения ограждающих поверхностей помещения общей площадью $S_{\text{п}}$;

ΔA – добавочная эквивалентная площадь звукопоглощения, образуемая облицовкой и штучными поглотителями, м^2 .

$$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} S_{\text{обл}} + A_{\text{шт}} \Pi, \quad (22)$$

где $\alpha_{\text{обл}}$ – коэффициент звукопоглощения облицовки;

$S_{\text{обл}}$ – площадь облицовки, м^2 ;

$A_{\text{шт}}$ – эквивалентная площадь звукопоглощения одного штучного поглотителя, м^2 ;

Π - число штучных поглотителей.

В качестве средств снижения шума на пути его распространения наиболее эффективны звукоизолирующие преграды (стены, звукоизолирующие оболочки

вокруг машин, экраны, звукоизолирующие оболочки вокруг рабочего места – звукоизолирующие кабины и посты управления). О звукоизолирующей способности преград судят по величине R (в дБ), которая по существу равна снижению уровня шума при прохождении его через преграду.

Для расчета средней звукоизоляции используют формулу

$$R_{\text{ср}} = 20 \lg m + 12,37, \quad (23)$$

где m – поверхностная масса 1 м^2 преграды, $\text{кг}/\text{м}^2$.

Целью расчетов искусственного освещения является определение числа светильников, выбор типа электропроводки, составление спецификаций, смет и пояснительной записки. Используемые для освещения источники света и светильники должны соответствовать условиям эксплуатации, характеру среды освещаемого помещения, быть экономически целесообразными. Во взрыво- и пожароопасных помещениях должны применяться закрытые светильники типа ВЗГ и др.

При расчете общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей может применяться метод коэффициента использования светового потока. В соответствии с ним количество светильников N находят по выражению

$$N = E_n S k z / n \Phi \eta, \quad (24)$$

где E - требуемая освещенность по нормам, лк;

S - освещаемая площадь, м^2 ;

k – коэффициент запаса освещенности, равный 1,15-1,8;

z - коэффициент неравномерности освещенности (отношение средней освещенности к минимальной), равный 1,1-1,2;

n – количество ламп в светильнике;

Φ – световой поток одной лампы, лм;

η – коэффициент использования осветительной установки, доли единицы.

Значение светового потока лампы Φ берется из таблиц электрических и светотехнических характеристик источников света. Число ламп в светильнике определяется типом светильника и указывается в его обозначении. Значения коэффициента использования η зависят от типа светильника, коэффициентов отражения внутренних поверхностей помещения (пола, стен, потолка) и от индекса помещения, характеризующего соотношения геометрических размеров помещения. Значения коэффициентов отражения ρ_i даны ниже в таблице 1.

Индекс помещения i находят по выражению

$$i = A \cdot B [h_p(A + B)], \quad (25)$$

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

h_p – высота светильника над расчетной поверхностью, м.

Упрощенной формой метода коэффициента использования является метод удельной мощности. По этому методу, используя специальные таблицы, составленные для разных светильников, в зависимости от высоты h_p , коэффициентов отражения ρ_i , площади помещения S и требуемой освещенности находят удельную мощность w (в Вт/м²) по светотехническим справочникам, а затем и общую потребляемую мощность P :

$$P = wS. \quad (26)$$

Требуемое число светильников N определяют следующим образом:

$$N = P/(nP_{л}), \quad (27)$$

где $P_{л}$ – мощность одной лампы, Вт;

n – число ламп в светильнике.

2. Примеры выполнения заданий

Задача 1. Уровень шума в производственном помещении (в зоне отраженного звука) составляет 87 дБА. Определить площадь звукопоглощающей облицовки в помещении для снижения шума до нормативного уровня 80 дБА. Размеры помещения 5×9×3 м, средний коэффициент звукопоглощения ограждающих поверхностей помещения – 0,1. Коэффициент звукопоглощения облицовки – 0,8.

Дано: $L = 87$ дБА; $L_{доп} = 80$ дБА; $a = 5$ м; $b = 9$ м; $h = 3$ м; $\alpha = 0,1$; $\alpha_{обл} = 0,8$

Найти: $S_{обл}$

Решение:

Уменьшение шума ΔL_3 за счет звукопоглощения можно оценить по формуле

$$\Delta L_3 = 10 \lg \left(1 + \frac{\Delta A}{A_1} \right)$$

Так как в помещении не используются штучные (объемные) звукопоглотители, то с приведенной формулы выразим площадь облицовки:

$$S_{обл} = \frac{A_1}{\alpha_{обл}} (10^{\Delta L_3/10} - 1)$$

$A_1 = aS_{п}$ - эквивалентная площадь звукопоглощения в помещения до применения специальных средств звукопоглощения.

$S_{\text{п}}$ - общая площадь ограждающих поверхностей помещения.

$$S_{\text{п}} = 2 \cdot a \cdot b + 2 \cdot b \cdot h + 2 \cdot a \cdot h = 2 \cdot 5 \cdot 9 + 2 \cdot 9 \cdot 3 + 2 \cdot 5 \cdot 3 = 174 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$A_1 = 0,1 \cdot 174 = 17,4 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Поскольку необходимо снизить уровень звука до нормативного, т.е. с 87 дБА до 80 дБА, значит $\Delta L_3 = 87 - 80 = 7$ (дБА).

$$\text{В итоге получаем, что } S_{\text{обл}} = \frac{17,4}{0,8} (10^{7/10} - 1) = 87,2 \text{ (м}^2\text{)}$$

Задача 2. Определить толщину силикатного стекла плотностью 2500 кг/м³ для изготовления передней стенки звукоизолированной кабины управления, если общий уровень воздействующего внешнего шума равен 94 дБА, а предельно допустимый общий уровень звука внутри кабины равен 65 дБА?

Дано: $L = 94$ дБА; $L_{\text{доп}} = 65$ дБА; $\rho = 2500$ кг/м³

Найти: h

Решение:

Для расчета средней звукоизоляции используют формулу

$$R_{\text{ср}} = 20 \lg m + 12,37.$$

Поскольку величина звукоизоляции равна снижению уровня шума при прохождении его через преграду, то $R_{\text{ср}} = L - L_{\text{доп}} = 94 - 65 = 29$ (дБА).

Поверхностная масса 1 м² преграды рассчитывается как $m = \rho \cdot h$.

Подставим в исходную формулу известные переменные

$$29 = 20 \lg 2500 \cdot h + 12,37$$

Выразим из полученного выражения неизвестную величину h и получим, что $h = 0,003$ м.

Задача 3. Рассчитать требуемое число светильников для освещения производственного помещения с размерами 25×15 м, высота 4 м. Потолок и стены побеленные, окна – незавешенные. Высота рабочей поверхности – 0,8 м. Содержание пыли в воздухе помещения менее 5 мг/м³. Естественное освещение – одностороннее боковое, окна размещены вдоль продольной оси помещения. Нормативная освещенность – 200 лк. Предпочтительно использование люминесцентных источников света.

Дано: $A = 25$ м; $B = 15$ м; $H = 4$ м; $h_p = 0,8$ м; $E_n = 200$ лк

Найти: N

Решение:

Необходимое число светильников может быть определено по методу коэффициента использования светового потока. Поскольку содержание пыли небольшое, то коэффициент запаса освещенности при использовании газоразрядных ламп может быть принят равным $k = 1,5$. Коэффициент неравномерности освещения для люминесцентных ламп можно принять равным $z = 1,1$.

С учетом данных, приведенных в условиях задачи, коэффициент отражения от потолка равен 70%, от стен – 50%, пола – 10%.

Для освещения выберем люминесцентные лампы типа ЛБ 40-4 с расчетным значением светового потока 2850 лм, в качестве светильников используем ЛСП 04 - 2×40, полностью пыленепроницаемый светильник.

Рассчитаем сначала высоту светильника над расчетной поверхностью по формуле

$$h_p = H - h_n = 4 - 0,8 = 3,2 \text{ (м)}$$

Затем рассчитаем индекс помещения i по формуле (25)

$$i = 15 \cdot 25 [3,2(15 + 25)] = 2,8$$

Принимая полученные и приведенные выше исходные данные, находим коэффициент использования светового потока для светильника типа ЛСП 04 - 2×40 (светильник относится к 1-й группе по усредненным светотехническим характеристикам), равный $\eta = 0,64$.

Число светильников N определяем по формуле (24)

$$N = \frac{200 \cdot 375 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 2850 \cdot 0,64} \cong 34.$$

3. Практические задания

Задача 1. Уровень шума в производственном помещении (в зоне отраженного звука) составляет 86 дБА. Определить площадь звукопоглощающей облицовки в помещении для снижения уровня шума до предельно допустимого уровня. Размеры помещения 3,3×6×12 м, средний коэффициент звукопоглощения ограждающих поверхностей помещения – 0,2. Коэффициент звукопоглощения облицовки – 0,8.

Задача 2. Определить толщину силикатного стекла плотностью 2500 кг/м³ для изготовления передней стенки звукоизолированной кабины управления, если общий уровень воздействующего внешнего шума равен 91 дБА, а предельно допустимый общий уровень звука внутри кабины равен 75 дБА?

Задача 3. Можно ли использовать силикатное стекло с плотностью 2500 кг/м³ и толщиной 5 мм для изготовления стенки звукоизолированной кабины управления, если общий уровень воздействующего внешнего шума равен 95 дБА, а предельно допустимый общий уровень звука внутри кабины равен 65 дБА?

Задача 4. Определите требуемую звукоизоляцию кабины управления $R_{тр}$ при следующих условиях: звуковая мощность источника шума $L_p = 102$ дБА, коэффициент звукопоглощения внутри кабины $\alpha_k = 0,4$, акустическая постоянная помещения $Q_n = 200$ м².

Указания: величина $R_{тр}$ может быть в первом приближении определена по формуле

$$R_{тр} = L_p - 10 \left[1 + 10 \lg \frac{4(1 - \alpha_k)}{Q_n \alpha_k} \right] - L_{пду}.$$

Задача 5. Определите требуемую звукоизоляцию кожуха для источника шума с учетом следующих данных: уровень излучаемой источником звуковой мощности $L_p = 98$ дБА, расстояние от источника шума до рабочего места $r = 4$ м, средний коэффициент звукопоглощения $\alpha_{cp} = 0,2$, допустимый уровень звука на рабочем месте $L_{пду} = 65$ дБА, размеры помещения $3,5 \times 10 \times 12$ м. Рассчитайте также требуемую толщину звукоизолирующего кожуха в предположении, что он будет изготовлен из листовой стали.

Указания: ориентировочно требуемая звукоизоляция $R_{тр}$ оболочки (кожуха) источника шума может быть определена по формуле

$$R_{тр} \geq L_p + 10 - 10 \lg \alpha + 10 \lg \left(\frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{Q} \right) - L_{пду},$$

где Q – акустическая постоянная помещения, в котором находится источник шума, m^2 .

Если звукоизолирующий кожух изготавливается из листовой стали, то величина звукоизоляции связана с толщиной материала следующим образом

$$R = 22 + 9 \lg h,$$

где h – толщина, мм.

Задача 6. Определите величину требуемой звукоизоляции $R_{тр}$ для стены, разделяющей помещение с источниками шума и «тихое» помещение, в котором $L_{пду} = 60$ дБА. Расстояние от источника шума до стены $r = 6$ м, площадь стены $S_{ст} = 40$ m^2 . Уровень звуковой мощности источника шума $L_p = 95$ дБА. Размеры помещения с источником шума составляют $4 \times 10 \times 10$ м, размеры «тихого» помещения - $4 \times 10 \times 8$ м. Средний коэффициент звукопоглощения в шумном помещении $\alpha_{cp1} = 0,4$, в «тихом» - $0,5$. Предполагая, что стена будет выполнена из кирпича, найдите минимальную толщину стены, которая обеспечит требуемую звукоизоляцию. Плотность кирпича $\rho = 1500$ $кг/м^3$.

Указания: требуемая звукоизоляция определяется по формуле

$$R_{тр} \geq L_p + 10 + 10 \lg \left[\left(\frac{1}{2\pi r^2} + \frac{1}{Q_1} \right) \left(\frac{4S_{ст}}{Q_2} \right) \right] - L_{пду},$$

где Q_1 и Q_2 – акустические постоянные соответственно для шумного и «тихого» помещений.

Задача 7. Обеспечивается ли нормативная освещенность (200 лк) в производственном помещении с небольшой запыленностью и оптимальным отношением расстояния между светильниками к расчетной высоте подвеса, если

помещение освещается 20-ю двухламповыми светильниками типа ПВЛП с газоразрядными лампами со световым потоком 2950 лм. Размеры помещения 18×30м, коэффициент использования осветительной установки – 0,48.

Задача 8. Рассчитать требуемое число светильников для освещения производственного помещения с размерами 20×12 м, высота 3,2 м. Потолок и стены побеленные, окна – незавешенные. Высота рабочей поверхности – 0,8 м. Содержание пыли в воздухе помещения менее 5 мг/м³. Естественное освещение – одностороннее боковое, окна размещены вдоль продольной оси помещения. Нормативная освещенность – 200 лк. Предпочтительно использование люминесцентных источников света.

Задача 9. Определить площадь боковых световых проемов (остекления), количество и размеры окон, их размещение в аппаратном цехе предприятия, расположенного в г. Калининграде. Размеры цеха (25×12) м, высота 4 м, освещение – боковое одностороннее, здание цеха – одноэтажное. Высота расположения подоконников аппаратного зала над землей 2,0 м, высота окон – 2,5 м. Высота рабочей поверхности – 1,2 м. Стены зала окрашены светло-голубой краской, потолок – побеленный, пол покрыт зеленой плиткой. Рядом со зданием аппаратного цеха на расстоянии 22 м соседствует 4-этажное здание, высота карниза которого 11 м. Работы в аппаратном зале относятся к точным работам. Предусмотрены деревянные сдвоенные оконные переплеты. Нижний край окон возвышается над полом на 0,8 м.

Указания: необходимую площадь остекления S_0 находят по формуле

$$S = \frac{S_n \cdot e_{\min} \cdot \eta_0 \cdot k}{100\tau_0 r_1}, \text{ м}^2$$

где S_n – площадь пола;

e_{\min} – минимальный (по СанПиН 1.2.3685-21) коэффициент естественной освещенности, %;

η_0 – световая характеристика окна, которая находится по СП 52.13330.2016;

k – коэффициент затенения окон противостоящими зданиями, находится по СП 52.13330.2016;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания светового проема, находится по СП 52.13330.2016;

r_1 – коэффициент, учитывающий влияние отраженного света при боковом освещении.

4. Вопросы для самоконтроля

1. Какие мероприятия используют для снижения шума в его источнике?

2. Каковы возможные способы звукоизоляции?
3. Как определить требуемую площадь звукопоглощающей облицовки?
4. Как рассчитать толщину звукоизолирующей преграды?
5. Назовите методы расчета искусственного освещения.
6. Как определяется необходимое количество светильников при применении метода коэффициента использования светового потока?
7. От каких факторов зависит коэффициент использования светового потока?
8. В зависимости от каких факторов выбирается тип светильника при проектировании производственного освещения?

Практическое занятие 8

Тема: Принципы, методы и средства обеспечения безопасности профессиональной деятельности: обеспечение безопасности погрузочно-разгрузочных работ

Цель: овладение умениями, методами расчета мероприятий по обеспечению безопасности проведения погрузочно-разгрузочных работ

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучить [1, с. 162-176].

Грузоподъемный кран – это грузоподъемная машина, оснащенная стационарно установленными грузоподъемными механизмами. По конструкции краны могут быть мостового, козлового, кабельного, стрелового, порталного, башенного и иных типов. По виду грузозахватного органа краны делят на крюковые, рейферные, магнитные и другие. По виду ходового устройства различают краны на гусеничном ходу, колесном ходу, автомобильные краны, устанавливаемые на автомобильном шасси.

Грузозахватные приспособления (органы) делят на съемные и несъемные. Съемное грузозахватное приспособление (СГП) служит для соединения подъемного устройства (крюка грузоподъемной машины) с грузом. Оно должно легко сниматься с подъемного устройства и отсоединяться от груза. Несъемное грузозахватное приспособление (НГП) – это устройство, к которому можно подвешивать груз и которое постоянно закреплено на нижнем конце подъемного устройства. НГП является частью крана.

Грузоподъемная машина – это техническое устройство циклического действия для подъема и перемещения грузов.

Требования безопасности к грузоподъемным кранам, не являющихся судовыми, изложены в Правилах безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения (утв. Приказом Ростехнадзора от 26.11.2020 г. № 461).

Грузоподъемные краны должны быть оборудованы приборами и устройствами безопасности, к которым относятся: 1) ограничители грузоподъемности (грузового момента), которые должны автоматически отключать механизм подъема груза, масса которого превышает допустимую величину более чем на 25 % для мостовых кранов, на 15 % для башенных кранов и на 10 % для остальных кранов; 2) ограничители вылета стрелы; 3) ограничители высоты подъема крюка; 4) ограничители других рабочих движений и перемещений крана; 5) устройства учета наработки в моточасах; 6) звуковые сигнальные устройства; 7) защита от падения стрелы и груза при обрыве любой фазы питающей электрической сети; 8) анемометры, автоматически включающие звуковой сигнал при достижении предельной скорости ветра; 9) указатели угла наклона стреловых кранов; 10) противоугонные устройства, например, рельсовые захваты; 11) буферные устройства; 12) выносные опоры (выдвижные балки или откидные кронштейны); 13) сигнализаторы опасного напряжения, например типа АСОН-1; 14) ограждения подвижных частей механизма крана; 15) системы освещения, заземления. Приборы безопасности должны быть опломбированы. Все приборы и устройства безопасности в процессе эксплуатации кранов должны быть в исправном состоянии.

Расчетную нагрузку P в отдельной ветви многоветвевых стропов (см. рисунок 1) находят по формуле

$$P = \frac{Q}{n_p} \frac{1}{\cos \alpha}, \quad (28)$$

где Q – вес груза, Н;

n_p – расчетное число ветвей стропа. Если строп состоит из более чем трех ветвей, то $n_p = 3$;

α – угол между вертикалью и направлением стропа, который не должен превышать 90° .

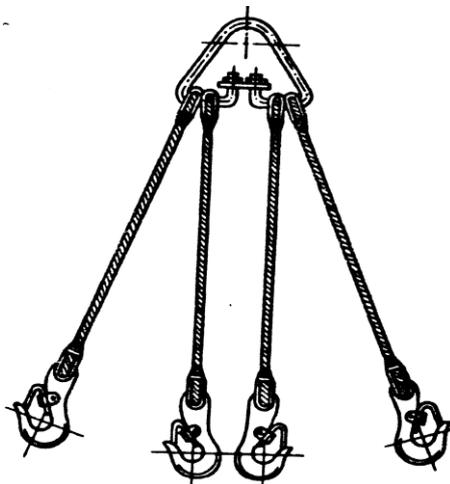


Рисунок 1 - Многоветвевой строп с крюками, снабженными предохранительными замками

Полученную нагрузку P умножают на запас прочности, определяя таким образом требуемую разрывную нагрузку каната для изготовления стропа. По разрывной нагрузке находят диаметр каната. Для изготовления канатных стропов должны использоваться канаты крестовой свивки. Запас прочности при использовании стальных канатов для изготовления стропов должен быть не менее 6, при использовании цепных стропов – 4, а при использовании пеньковых, синтетических канатов или лент – 8.

Все краны до пуска в работу должны быть подвергнуты полному техническому освидетельствованию (ТО), которое проводят согласно руководству по эксплуатации кранов. ТО делят на частичные, проводимые не реже одного раза в 12 месяцев и полные, проводимые не реже одного раза в 3 года, за исключением редко используемых кранов. Редко используемые краны подвергаются полному ТО не реже одного раза в пять лет. При полном ТО краны подвергают осмотру, а потом статическому и динамическому испытаниям. При частичном ТО проводят только осмотр кранов. Статическое испытание крана проводится нагрузкой, на 25 % превышающей его паспортную грузоподъемность. Контрольный груз приподнимают на 100-200 мм и выдерживают 10 мин. По истечении этого времени груз опускают и проверяют отсутствие остаточных деформаций. Статические испытания стреловых кранов проводят в положении, соответствующем наибольшей грузоподъемности крана и/или наибольшему грузовому моменту.

Кран считается выдержавшим испытания, если в течение 10 мин груз не опустился на землю и не обнаружено трещин, остаточных деформаций и других повреждений.

Динамические испытания кранов проводят грузом, масса которого должна на 10 % превышать паспортную грузоподъемность крана. При этих испытаниях производят многократные (не менее трех раз) подъем и опускание контрольного груза, проверку действия всех других механизмов крана.

2. Примеры выполнения заданий

Задача 1. Рассчитать монтажную треногу для подъема компрессора весом 50 кН и высотой 1,4 м для установки на фундамент высотой 0,3 м. Усилие в сбегавшей ветви полиспаста, идущей вдоль ноги треноги, определено при расчете полиспаста и составляет 0,15 кН. Угол наклона ноги треноги к вертикали примите равным $\delta = 15^\circ$.

Дано: $h_f = 0,3$ м; $h_0 = 1,4$ м; $G_0 = 50$ кН; $\delta = 15^\circ$; $S_n = 0,15$ кН

Найти: рассчитать размеры монтажной треноги

Решение:

Определяем высоту H ноги треноги

$$H = (h_{\phi} + h_3 + h_0 + h_c + h_{\Pi}) \cdot \cos \delta,$$

где h_3 – запас высоты над фундаментом. Принимают $h_3 = 0,3$ м;

h_c – высота стропа (определяется в зависимости от поперечных размеров поднимаемого оборудования, способа строповки и угла между ветвями стропа, который не должен превышать 90°). Примем $h_c = 1,2$ м;

h_{Π} – высота полиспаста в стянутом виде. Примем $h_{\Pi} = 0,9$ м.

Получаем

$$H = (0,3 + 0,3 + 1,4 + 1,2 + 0,9) \cdot \cos 15^\circ = 3,96 \text{ (м)}.$$

Длина ноги треноги H_T будет

$$H_T = H / \cos \delta = 3,96 / \cos 15^\circ = 4,1 \text{ (м)}.$$

Находим сжимающее усилие N в каждой ноге треноги

$$N = (G_0 k_n k_d \cos \delta + G_n k_n \cos \delta) / 3 + 3 G_n k_n \cos \delta + S_n,$$

где G_n – вес полиспаста (в задаче не учитывается);

G_n – вес ноги треноги (в задаче не учитывается);

k_n – коэффициент перегрузки, принимают равным 1,1;

k_d – коэффициент динамичности, принимают равным 1,1;

Имеем

$$N = (50 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot \cos 15^\circ) / 3 + 0,15 = 15,5 \text{ (кН)}.$$

Определяем требуемую площадь $F_{\text{тр}}$ поперечного сечения ноги треноги (см^2):

$$F_{\text{тр}} = \frac{N}{(\varphi_0 m 0,1 R)},$$

где φ_0 – коэффициент продольного изгиба, для стальных уголков $\varphi_0 = 0,4$;

m – коэффициент условий работы, для монтажных треног $m = 0,9$;

R – расчетное сопротивление для прокатной стали на растяжение, сжатие, изгиб. Для стали класса С38/23 $R = 210$ Мпа.

Получаем

$$F_{\text{тр}} = 15,5 / (0,4 \cdot 0,9 \cdot 0,1 \cdot 210) = 2,05 \text{ (см}^2\text{)}.$$

Находим расчетную длину ноги треноги

$$H_p = \mu \cdot H_T,$$

где μ – коэффициент приведения расчетной длины элемента (ноги треноги), учитывающий условия закрепления его концов и приложения нагрузки. Для треног $\mu = 1$. Получаем

$$H_p = 1 \cdot 4,1 = 4,1 \text{ (м)}.$$

Выбираем для изготовления треноги равнополочный стальной уголок по ГОСТ 8509. Находим необходимую площадь сечения уголка F^{yt} исходя из условия $F^{yt} \geq F_{\text{тр}} = 2,05 \text{ см}^2$. Этому условию соответствует уголок профиля № 4 с размерами 40×3 мм и радиусом инерции $r^{yt} = 1,23 \text{ см}$.

Определяем гибкость λ ноги треноги, которая не должна превышать допустимого значения $[\lambda] = 180$.

$$\lambda = \frac{H_p}{r^{yt}} = 410/1,23 = 333,3.$$

Поскольку значение λ превышает допустимое значение, то по ГОСТ 8509 для изготовления треноги выбираем уголок профиля № 7,5 с площадью сечения $F^{yt} = 7,39 \text{ см}^2$ и размерами 75×5 мм, для которого $r^{yt} = 2,31 \text{ см}$.

Находим значение гибкости λ

$$\lambda = 410/2,31 = 177 < [\lambda] = 180.$$

Полученное сечение уголка проверяем на устойчивость по условию

$$\frac{N}{(F^{yt} \cdot \varphi)} \leq mR,$$

где φ - коэффициент продольного изгиба. При $\lambda = 177$ по справочной таблице для стали марки Ст.3 находим $\varphi = 0,239$.

Имеем

$$15,5 / (7,39 \cdot 0,239) = 8,8 \text{ кН/см}^2 = 88 \text{ МПа} < 0,9 \cdot 210 = 189 \text{ МПа}.$$

Таким образом, треногу следует изготовить из уголка профиля № 7,5 с размерами 75×5 мм.

Задача 2. Рассчитать параметры траверсы, включая канатную подвеску, работающей на сжатие, длиной 3 м, используемой для подъема удлиненного груза весом 80 кН. Канатные элементы изготовлены из стального троса по ГОСТ 7668, траверса – из стальной трубы по ГОСТ 8732. Схема подъема изображена на рисунке 2. Угол между направлением ветвей 1 стропа и вертикалью составляет 40°.

Дано: $l = 3$ м; $Q = 80$ кН; $\alpha = 40^\circ$

Найти: рассчитать параметры траверсы

Решение:

Находим натяжение N в ветвях 1 стропа, соединяющего траверсу и грузовой канат

$$N = \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \frac{Q}{2} = \frac{1}{\cos 40^\circ} \cdot \frac{80}{2} = 52 \text{ (кН)}$$

Требуемое разрывное усилие R_1 каната, который можно использовать для изготовления стропа, будет

$$R_1 = k \cdot N,$$

где k – коэффициент запаса прочности, принимаем $k=6$.

$$R_1 = 6 \cdot 52 = 312 \text{ (кН)}.$$

По ГОСТ 8732 подбираем канат диаметром $d = 27,0$ мм при маркировочной группе 1372 МПа, либо $d = 25,5$ мм при маркировочной группе 1568 МПа.

Натяжение N_1 в канатах 2, очевидно, будет

$$N_1 = Q/2 = 80/2 = 40 \text{ (кН)}.$$

Требуемое разрывное усилие каната $R_2 = k \cdot N = 6 \cdot 40 = 240$ (кН). Принимая канат по ГОСТ 7668, находим, что найденному разрывному усилию соответствует канат диаметром $d = 23,5$ мм при маркировочной группе 1372 МПа.

Находим сжимающее усилие N_1 в траверсе

$$N_1 = Qk_n k_d \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2},$$

где k_n, k_d – коэффициенты перегрузки и динамичности, равные 1,1.

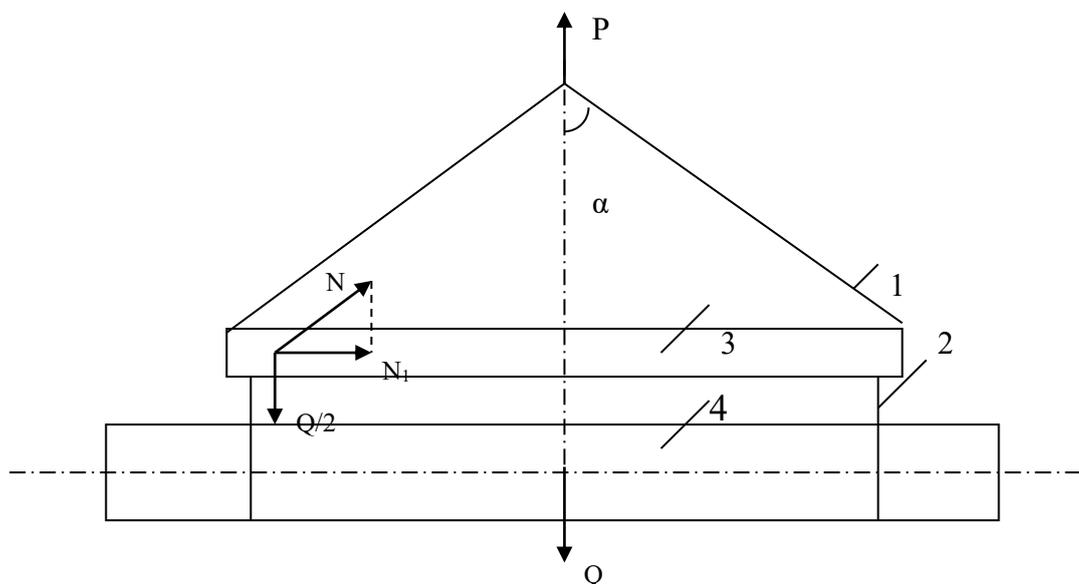


Рисунок 2 - Траверса с канатной подвеской.
 1 – ветвь двухветвевго стропа, 2 – канат, 3 – траверса,
 4 - поднимаемый груз

$$N_1 = 80 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot \frac{\operatorname{tg}40^\circ}{2} = 48,4 \text{ (кН)}.$$

Определяем площадь $F_{\text{тр}}$ поперечного сечения трубы, принимая коэффициент продольного изгиба $\varphi_0 = 0,4$ (для швеллеров, уголков, двутавров $\varphi_0 = 0,7-0,9$)

$$F_{\text{тр}} = \frac{N_1}{\varphi_0 m R \cdot 0,1} = \frac{48,4}{0,4 \cdot 0,85 \cdot 210 \cdot 0,1} = 6,78 \text{ см}^2,$$

где m – коэффициент условий работы для грузозахватных приспособлений, $m = 0,85$;

R – расчетное сопротивление прокатной стали, МПа. При напряженных состояниях в виде растяжения, сжатия, изгиба для сталей класса С 38/23 $R = 210$ МПа, для сталей классов С 44/29 $R = 260$ МПа.

По ГОСТ 8732 для изготовления траверсы может использоваться стальная бесшовная горячедеформированная труба наружным диаметром 102 мм, внутренним 94 мм, толщиной стенки 4 мм, для которой площадь сечения составляет $F = 12,3 \text{ см}^2$, а радиус инерции $r = 3,47 \text{ см}$.

Находим гибкость траверсы λ

$$\lambda = l/r = 300/3,47 = 86 < [\lambda] = 180,$$

где $[\lambda]$ – предельная гибкость сжатого элемента; для мачт, стрел, стоек, траверс, изготовленных из труб $[\lambda] = 180$.

Определяем коэффициент φ продольного изгиба. Поскольку $\lambda = 86$, то по справочным данным $\varphi = 0,714$.

Проверяем траверсу на устойчивость по условию

$$\frac{N_1}{F \cdot \varphi} \leq m \cdot R$$

$$\frac{48,4}{12,3 \cdot 0,714} = 5,5 \text{ кН/см}^2 = 55 \text{ МПа}$$

$$0,85 \cdot 210 = 178 \text{ МПа.}$$

Так как $55 < 178$, то условие устойчивости соблюдается.

3. Практические задания

Задача 1. Рассчитать монтажную треногу для подъема компрессора весом 50 кН и высотой 1,7 м для установки на фундамент высотой 0,3 м. Усилие в сбегающей ветви полиспаста, идущей вдоль ноги треноги, определено при расчете полиспаста и составляет 0,15 кН. Угол наклона ноги треноги к вертикали примите равным $\delta = 15^\circ$.

Задача 2. Рассчитать параметры траверсы, включая канатную подвеску, работающей на сжатие, длиной 3 м, используемой для подъема удлиненного груза весом 80 кН. Канатные элементы изготовлены из стального троса по ГОСТ 7668, траверса – из стальной трубы по ГОСТ 8732. Схема подъема изображена на рисунке 2. Угол между направлением ветвей 1 стропа и вертикалью составляет 60° .

Задача 3. Рассчитать необходимые разрывные усилия растительных канатов, которые можно использовать для изготовления поворотных оттяжек и топрика двух спаренных судовых стрел. Грузоподъемность каждой из двух стрел составляет 50 кН.

Указания: расчетная нагрузка в поворотных оттяжках принимается равной 25 % от грузоподъемности стрелы, в топрике – 10 % от грузоподъемности стрелы. Запас прочности для растительных канатов равен 7.

Практическое занятие 9

Тема: Принципы, методы и средства обеспечения безопасности профессиональной деятельности: обеспечение безопасности эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением

Цель: овладение умениями, методами расчета мероприятий по обеспечению безопасности эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучить [4, с. 140-161].

Причинами аварий и взрывов сосудов, работающих под давлением, являются нарушения требований безопасности при проектировании и изготовлении сосудов, нарушения установленного технологического режима и правил эксплуатации, неисправности арматуры и контрольно-измерительных приборов, коррозия, ведущая к уменьшению толщины стенок сосудов.

После изготовления все сосуды подлежат гидравлическому испытанию пробным давлением $P_{пр}$. Величина пробного давления при гидравлических испытаниях сосудов, за исключением литых, определяется по формуле

$$P_{пр} = 1,25 \cdot P \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}, \quad (29)$$

где P – расчетное давление сосуда, МПа (кгс/см^2);

$[\sigma]_{20}$, $[\sigma]_t$ – допускаемые напряжения для материала сосуда или его элементов соответственно при $20\text{ }^\circ\text{C}$ и при расчетной температуре, МПа (кгс/см^2). Расчетное давление – это давление, на которое производится расчет сосуда на прочность.

Гидравлическое испытание деталей сосудов, изготовленных из литья, проводится пробным давлением, рассчитываемым по формуле

$$P_{пр} = 1,5 \cdot P \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}. \quad (30)$$

Если сосуды и их детали изготовлены из неметаллических материалов, то для расчета пробного давления используются другие формулы, приведенные в Правилах промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением (утв. приказом Ростехнадзора от 15.12.2020 г. № 536).

Для обеспечения управления работой и безопасных условий эксплуатации сосуды в зависимости от их назначения должны быть оснащены:

- запорной или запорно-регулирующей аппаратурой;
- приборами для измерения давления;
- приборами для измерения температуры;

- предохранительными устройствами;
- указателями уровня жидкости.

На маховиках запорной арматуры указывают направления их вращения при открывании или закрывании арматуры.

Каждый сосуд и его самостоятельные полости с разными давлениями должны быть снабжены манометрами прямого действия. Они устанавливаются на штуцере сосуда или на трубопроводе между сосудом и запорной арматурой. Согласно Правилам при рабочем давлении сосуда до 2,5 МПа (25 кгс/см²) класс точности манометров должен быть не ниже 2,5, если рабочее давление выше 2,5 МПа, то класс точности этих приборов должен быть не ниже 1,5.

Манометры должны подбираться с такой шкалой, чтобы предел измерения рабочего давления находился во второй трети шкалы прибора. Например, рабочее давление в сосуде 4 кгс/см². В этом случае могут использоваться манометры с пределом шкалы который должен быть между $(3.4=12)/2$ и $(3.4=12)$ кгс/см², т.е. можно использовать манометры с пределами шкал между (0-6) и (0-12) кгс/см². Можно взять манометр со шкалой (0-8) кгс/см² и при рабочем давлении стрелка прибора будет в середине второй трети этой шкалы.

Владелец сосуда должен нанести на шкалу манометра красную черту, обозначающую рабочее давление. Можно взамен красной черты прикрепить к корпусу манометра металлическую пластинку, окрашенную в красный цвет и плотно прилегающую к стеклу манометра.

Правила устанавливают требования к номинальному диаметру корпуса манометров. Если они устанавливаются на высоте до 2 м от уровня площадки наблюдения, то этот диаметр должен быть не менее 100 мм, от 2 до 3 м – не менее 160 мм. Установка же манометров на высоте более 3 м не разрешается.

Проверка манометров с их опломбированием или клеймением должна производиться не реже одного раза в 12 месяцев. Дополнительно не реже одного раза в 6 месяцев владелец сосуда должен провести проверку рабочих манометров контрольным манометром с записью результатов в журнал контрольных проверок. При отсутствии контрольного манометра допускается использовать проверенный рабочий манометр, имеющий одинаковую с проверяемым прибором шкалу и класс точности.

На каждом указателе уровня жидкости отмечаются допустимые верхний и нижний уровни. Они устанавливаются проектной организацией. Высота прозрачного указателя уровня жидкости должна быть не менее чем на 25 мм соответственно ниже нижнего и выше верхнего допустимых уровней жидкости.

Указатели должны быть снабжены арматурой (краны, вентили) для их отключения от сосуда и продувки с отводом рабочей среды в безопасное место.

Все сосуды, работающие под повышенным давлением, должны быть снабжены предохранительными устройствами от повышения давления. Для этого используются:

- 1) пружинные предохранительные клапаны (ПК);
- 2) рычажно-грузовые ПК;
- 3) импульсные предохранительные устройства, состоящие из главного ПК и управляющего импульсного клапана прямого действия;
- 4) предохранительные устройства с разрушающимися мембранами;
- 5) другие предохранительные устройства, применение которых согласовано с Госгортехнадзором России.

Рычажно-грузовые ПК не допускаются к использованию на передвижных сосудах.

2. Примеры выполнения заданий

Задача 1. Рассчитайте диаметр и толщину предохранительной медной мембраны для защиты от разрушения сосуда емкостью 5 м^3 , работающего под давлением $1,2 \text{ МПа}$. Удельное пропускное сечение мембраны примите равным $1,3 \cdot 10^5 \text{ мм}^2/\text{м}^3$.

Дано: $V = 5 \text{ м}^3$; $P = 1,2 \text{ МПа}$; $f = 1,3 \cdot 10^5 \text{ мм}^2/\text{м}^3$

Найти: d, q

Решение:

Площадь сбросного отверстия, закрываемого мембраной, определяется по формуле

$$F = f \cdot V.$$

$$F = 1,3 \cdot 10^5 \cdot 5 = 6,5 \cdot 10^5 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Известно, что площадь круга равна $F = \pi d^2/4$. Следовательно, диаметр предохранительной мембраны можно рассчитать

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,5 \cdot 10^5}{3,14}} = 910 \text{ (мм)}$$

Толщина предохранительной медной мембраны определяется по формуле

$$q = 10^{-3} \cdot k \cdot P \cdot d,$$

где $k = 0,15-0,18$ – коэффициент, учитывающий материал мембраны, принимаем $k = 0,16$.

$$q = 10^{-3} \cdot 0,16 \cdot 1,2 \cdot 910 = 0,17 \text{ (мм)}$$

Задача 2. Определить требуемую толщину цилиндрического тонкостенного сосуда, содержащего некорродирующую среду под повышенным давлени-

ем 2 МПа, изготовленного из прокатной стали класса С 44/29 с расчетным сопротивлением на растяжение 260 МПа. Сосуд имеет закрепляемые болтами плоские торцевые днище и крышку с диаметром окружности по центрам отверстий для болтов 700 мм. Внутренний диаметр сосуда 800 мм.

Дано: $P = 2$ МПа; $R = 260$ МПа; $d = 700$ мм; $D = 800$ мм

Найти: толщину S_1 , мм, стенки цилиндрической части сосуда; толщину плоских днищ и крышки S_2 , мм

Решение:

Требуемую толщину S , мм, стенки цилиндрической части сосуда определяют по формуле

$$S_1 = \frac{PD}{(200R \varphi)n - P} + C;$$

где φ – коэффициент прочности сварных швов цилиндрических элементов сосудов в продольном направлении, $\varphi = 0,7-0,9$, принимаем $\varphi = 0,8$;

C – прибавка к расчетной толщине стенки на коррозию; для корродирующей среды $C = (2-6)$ мм, для некорродирующей $C = (0,5-1,0)$ мм;

n – запас прочности, равный 3,5-4,5, принимаем $n=4,0$.

$$S_1 = \frac{2 \cdot 800}{200 \cdot 260 \cdot 0,8 \cdot 4 - 2} + 0,75 = 0,76 \text{ (мм)}$$

Требуемую толщину плоских днищ и крышки находят по формуле

$$S_2 = 0,1d \sqrt{\frac{\mu P}{R}} + C,$$

где μ – поправочный коэффициент, для болтовых соединений $\mu = 0,18$, для привариваемых в стык днищ $\mu = 0,25$, для заглушек $\mu = 0,3$.

$$S_2 = 0,1 \cdot 700 \sqrt{\frac{0,18 \cdot 2}{260}} + 0,75 = 3,4 \text{ (мм)}$$

3. Практические задания

Задача 1. По условиям рассмотренной задачи 2 определить толщину S днища и крышки сосуда, принимая их сферическими. Высота выпуклой части днища и крышки $h = 400$ мм, наружный диаметр $D_n = 800$ мм.

Указание: используйте формулу

$$S = \frac{D_n \cdot P \cdot \Phi}{200R} + E, \text{ мм},$$

где Φ – коэффициент, учитывающий форму днищ и крышек и изменяющийся от 0,75 при $h/D_n = 0,5$ до 3,1 при $h/D_n = 0,2$;

E – поправка к расчетной толщине, которая равна (2 мм + C).

Задача 2. Можно ли использовать одноступенчатый воздушный компрессор при следующих условиях: начальная температура воздуха $t_n = 20^\circ\text{C}$, начальное давление $P_1 = 1 \text{ кгс/см}^2$, конечное $P_2 = 5 \text{ кгс/см}^2$. Существует ли опасность взрыва?

Указание: используйте формулу

$$T_k = T_n \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k},$$

где T_k и T_n – конечная и начальная температура воздуха, $^\circ\text{K}$;

k – показатель адиабаты, $k = 1,41$.

Задача 3. Определить мощность взрыва при разрыве сосуда, находящегося под давлением $P_1 = 15 \text{ кгс/см}^2$, конечное давление (после разрыва) равно атмосферному ($P_2 = 1 \text{ кгс/см}^2$), начальный объем газа $V = 3 \text{ м}^3$.

Указание: определите работу A , совершаемую воздухом при разрушении сосуда, а затем мощность N взрыва:

$$A = \frac{P_1 V}{k-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k} \right], \text{ кгм}$$

$$N = \frac{A}{(102 \cdot \tau)},$$

где k – показатель адиабаты;

$\tau = 0,1 \text{ с}$ – время взрыва.

Давление перевести в кгс/м^2 .

Задача 4. Сравнить уровни опасности гидравлических и пневматических испытаний сосуда, работающего под повышенным давлением. Объем сосуда $1,5 \text{ м}^3$, давление при проведении испытаний $P = 650 \text{ кгс/см}^2 = 650 \cdot 10^4 \text{ кгс/м}^2$.

Указание: необходимо рассчитать и сравнить мощности взрыва для обоих вариантов проведения испытаний. При емкости сосуда $1,5 \text{ м}^3$ и давлении $P = 650 \text{ кгс/см}^2$ вода сжимается на $\Delta V = 38,4 \text{ л}$. Очевидно, что работа A , затрачиваемая на сжатие воды, освобождается при взрыве, т.е. имеем

$$A = \frac{(P \cdot \Delta V)}{2},$$

где ΔV – уменьшение объема воды за счет сжатия, м³;

P – давление сжатия, кгс/м².

Практическое занятие 10, 11

Тема: Пожарная безопасность

Цель: овладение умениями, методами расчета мероприятий по обеспечению пожаробезопасности

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучить [1, с. 189-194; с. 194-198].

Категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяют на категории А, Б, В1-В4, Г и Д. Степень опасности растет от категории А к категории Д.

Методика определения категорий приведена в Правилах противопожарного режима в РФ. Для этого необходимо рассчитать общую пожарную нагрузку Q помещения по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^n M_i q_i, \quad (31)$$

где M_i – масса i -го горючего материала, кг;

q_i – теплота сгорания этого же материала, МДж/кг.

Затем находят удельную пожарную нагрузку

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (32)$$

где S – площадь помещения, м².

В итоге по Правилам противопожарного режима в РФ определяют категорию помещения по пожарной опасности.

При пожарах и взрывах факторы, опасные для жизни и здоровья людей, быстро нарастают. Поэтому процесс эвакуации людей должен быть достаточно кратковременным. Безопасность людей в процессе эвакуации достигается, если расчетное время эвакуации из зданий и сооружений в целом равно или меньше необходимого (безопасного) времени эвакуации.

Допустимое время эвакуации при круговом развитии пожара определяется по формуле:

$$\tau_{\text{доп}} = \sqrt[3]{\frac{3WC_{\text{в}}(t_{\text{кр}} - t_{\text{н}})}{(1-\varphi)nq\pi V^2}} \quad (\text{с}), \quad (33)$$

где W - объем помещения, м³;

$C_{\text{в}}$ - Теплоемкость воздуха, Дж/кг·К;

$t_{\text{кр}}$ - критическая для человека температура окружающей среды, °С;

$t_{\text{н}}$ - начальная температура, °С;

φ - коэффициент, учитывающий потери тепла на нагрев конструкций и оборудования;

n - массовая скорость выгорания вещества, кг/м²;

q - удельная теплота сгорания сухой древесины, Дж/кг;

V - скорость перемещения границы пожара, м/с.

Для предотвращения возникновения пожаров применяют молниезащиту зданий и сооружений. Молниезащитное устройство обычно включает в себя следующие элементы - молниеуловитель, непосредственно воспринимающий удар молнии; токоотвод, соединяющий молниеуловитель с заземлителем; сам заземлитель; несущую опору. Молниеуловители могут быть стержневыми, тросовыми или сетчатыми. Пространство вокруг молниезащитного устройства называют зоной защиты. Если вероятность попадания молнии в находящийся внутри нее объект составляет не более 0,5 %, то зона защиты относится к типу А; если вероятность равна не более 5 %, то зона защиты относится к типу Б. Форма зоны защиты зависит от типа молниезащитного устройства. Для стержневого молниеотвода она соответствует круговому конусу. Его геометрические параметры (размеры зоны защиты) находят по формулам:

$$\begin{aligned} & \text{для зоны типа А} \\ & h_0 = 0,85h; \\ & R_0 = (1,1 - 0,002h)h; \\ & R_x = (1,1 - 0,002h) \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right); \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} & \text{для зоны типа Б} \\ & h_0 = 0,92; \\ & R_0 = 1,5 h; \\ & R_x = 1,5 \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right); \end{aligned} \quad (35)$$

где R_x – радиус зоны защиты на высоте h_x , м;

h_0 – высота несущей опоры, м;

R_0 - радиус зоны защиты на поверхности земли, м;

h - высота молниеотвода, м.

При заданных габаритах защищаемого объекта (ими могут быть h_x и R_x) необходимую высоту h молниеотвода определяют по формуле (для зоны защиты Б):

$$h = (R_x + 1,63h_x) / 1,5. \quad (36)$$

2. Примеры выполнения заданий

Задача 1. Определить категорию пожарной опасности помещения, в котором находятся твердые горючие вещества в следующих количествах: древесина – 1500 кг, бумага – 100 кг, резина – 20 кг, ткань синтетическая – 15 кг. Теплота сгорания для древесины – 16,3 МДж/кг, бумаги – 13,4 МДж/кг, резины – 33,5 МДж/кг, ткани синтетической – 27,5 МДж/кг. Площадь помещения $S = 1200 \text{ м}^2$.

Дано: $M_1=1500 \text{ кг}$; $M_2=100 \text{ кг}$; $M_3=20 \text{ кг}$; $M_4=15 \text{ кг}$; $q_1=16,3 \text{ МДж/кг}$; $q_2=13,4 \text{ МДж/кг}$; $q_3=33,5 \text{ МДж/кг}$; $q_4=27,5 \text{ МДж/кг}$; $S = 1200 \text{ м}^2$

Найти: категорию пожарной опасности помещения

Решение:

Рассчитаем общую пожарную нагрузку Q помещения по формуле

$$Q = \sum_i^n M_i q_i = 1500 \cdot 16,3 + 100 \cdot 13,4 + 20 \cdot 33,5 + 15 \cdot 27,5 = 26872,5 \text{ (МДж)}$$

Находим удельную пожарную нагрузку g

$$g = \frac{Q}{S} = \frac{26872,5}{1200} = 22,4 \text{ (МДж/м}^2\text{)}$$

Согласно Правилам противопожарного режима в РФ рассмотренное помещение должно быть отнесено к категории В 4 – пожароопасные помещения.

Задача 2. Определить допустимое время эвакуации при круговом развитии пожара, если горит сухая древесина, объем помещения составляет 2800 м^3 , критическая для человека температура окружающей среды $70 \text{ }^\circ\text{C}$, начальная температура $20 \text{ }^\circ\text{C}$, коэффициент, учитывающий потери тепла на нагрев конструкций и оборудования $0,2$, массовая скорость выгорания вещества 20 кг/м^2 , удельная теплота сгорания сухой древесины $6,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$; скорость перемещения границы пожара $0,04 \text{ м/с}$. Теплоемкость воздуха $1,01 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$.

Дано: $W = 2800 \text{ м}^3$; $t_{кр} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_H = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varphi = 0,2$; $n = 20 \text{ кг/м}^2$; $q = 6,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$; $V = 0,04 \text{ м/с}$; $C_v = 1,01 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$

Найти: $\tau_{доп}$

Решение:

Расчет следует вести по формуле:

$$\tau_{доп} = \sqrt[3]{\frac{3WC_v(t_{кр}-t_H)}{(1-\varphi)nqV^2}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 2800 \cdot 10^6 (70-20)}{(1-0,2)20 \cdot 6,3 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 0,04^2}} = 9100 \text{ (с)}.$$

Задача 3. Рассчитать высоту одиночного стержневого молниеотвода для защиты здания с размерами в плане 10×12 м и высотой 6 м. Расстояние от молниеотвода до торцевой стены здания по осевой линии 4,5 м. Принять зону защиты типа Б, т.е., вероятность прорыва молнии к объекту не должно превышать 0,05.

Дано: $A = 10$ м; $B = 12$ м; $h_x = 6$ м; $L = 4,5$ м

Найти: h

Решение:

Исходя из расположения молниеотвода относительно защищаемого здания, радиус защитной зоны R_x на высоте h_x определяется

$$R_x = \sqrt{(L + B)^2 + \left(\frac{A}{2}\right)^2} = \sqrt{(4,5 + 12)^2 + \left(\frac{10}{2}\right)^2} = 17,24 \text{ (м)}$$

Для зоны защиты типа Б радиус защитной зоны R_x стержневого молниеотвода на высоте от земли h_x определяется

$$R_x = 1,5 \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right)$$

Выразим из этой формулы высоту одиночного стержневого молниеотвода h

$$h = (R_x + 1,63h_x)/1,5 = (17,24 + 1,63 \cdot 6)/1,5 = 18 \text{ (м)}$$

3. Практические задания

Задача 1. Какую категорию пожарной опасности будет иметь помещение, в котором одновременно находятся древесина – 18000 кг, бумага – 200 кг, ткань синтетическая – 40 кг. Площадь помещения – 1100 м².

Задача 2. Определить категорию пожарной опасности помещения, в котором находятся твердые горючие вещества в следующих количествах: древесина – 1300 кг, бумага – 120 кг, резина – 10 кг, ткань синтетическая – 20 кг. Теплота сгорания для древесины – 16,3 МДж/кг, бумаги – 13,4 МДж/кг, резины – 33,5 МДж/кг, ткани синтетической – 27,5 МДж/кг. Площадь помещения $S = 1500$ м².

Задача 3. Известно, что вероятность воздействия на людей опасных факторов пожара Q_b не должна превышать 10^{-6} в год. Соблюдается ли это требование применительно к 15-этажной гостинице, если вероятность пожара на объекте равна $Q_n = 0,0003$, вероятность эффективной работы систем противопожарной защиты (имеется оповещение и противодымная защита) $P_n = 0,9975$, вероятность своевременной эвакуации людей $P_s = 0,999$.

Указание: используйте формулу

$$Q_b = Q_n (1 - P_n)(1 - P_s).$$

Задача 4. Рассчитать высоту одиночного стержневого молниеотвода для защиты здания с размерами в плане 10×12 м и высотой 7 м. Расстояние от молниеотвода до торцевой стены здания по осевой линии 3,5 м. Принять зону защиты типа Б, т.е., вероятность прорыва молнии к объекту не должно превышать 0,05.

Задача 5. Рассчитать ожидаемое число N поражений молнией в год здания прямоугольной формы. Длина здания – 25 м, ширина – 20 м, высота – 7 м. Удельную плотность ударов молнии принять равной $3 \text{ (км}^2 \cdot \text{год)}^{-1}$.

Указание: число N определяют по формуле

$$N = [(L + 6 \cdot h)(B + 6 \cdot h) - 7,7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10^{-6},$$

где L, B, h – длина, ширина и высота здания соответственно, м;

n – удельная плотность ударов молнии в 1 км^2 территории в течение одного года. Определяется по специальным таблицам в зависимости от среднегодовой продолжительности гроз в регионе.

Задача 6. Определить стехиометрическое содержание (концентрацию) ацетилена (C_2H_2) для реакции горения.

Указание: используйте формулу

$$C_{\text{стх}} = \frac{100}{1 + 4,84 \beta}, \% \text{ об.}$$

где $C_{\text{стх}}$ – стехиометрическое содержание горючего вещества, % об.;

β – коэффициент, рассчитываемый по формуле

$$\beta = n_{\text{c}} + \frac{n_{\text{H}}}{4} - \frac{n_{\text{O}}}{2},$$

$n_{\text{c}}, n_{\text{H}}, n_{\text{O}}$ – число атомов углерода (C), водорода (H) и кислорода (O) соответственно.

Задача 7. Известно, что вероятность воздействия на людей опасных факторов пожара $Q_{\text{в}}$ не должна превышать 10^{-6} в год. Соблюдается ли это требование применительно к 15-этажной гостинице, если вероятность пожара на объекте равна $Q_{\text{п}} = 0,0003$, вероятность эффективной работы систем противопожарной защиты (имеется оповещение и противодымная защита) $P_{\text{н}} = 0,9975$, вероятность своевременной эвакуации людей $P_{\text{э}} = 0,999$.

Указание: используйте формулу

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{п}} (1 - P_{\text{н}})(1 - P_{\text{э}}).$$

Задача 8. Высота одиночного стержневого молниеотвода равна 20 м. На каком максимальном расстоянии по оси от здания с размерами в плане 12×12 м и высотой 6 м он может быть установлен с учетом обеспечения зоны защиты типа Б.

4. Тесты для самоконтроля

1. Укажите термин, соответствующий определению: «Химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением большого количества теплоты и обычно свечением»

- а) пожар
- б) горение
- в) взрыв
- г) самовозгорание
- д) самовоспламенение

2. По горючести строительные материалы делятся на негорючие и горючие. Как в свою очередь подразделяются горючие строительные материалы по горючести?

- а) слабогорючие и сильногорючие
- б) слабогорючие, умеренногорючие, нормальногорючие, сильногорючие
- в) слабогорючие, нормальногорючие, сильногорючие
- г) умеренногорючие, нормальногорючие, сильногорючие
- д) слабогорючие, умеренногорючие, нормальногорючие

3. К какому направлению обеспечения пожарной безопасности относится изоляция горючей среды?

- а) системы противопожарной защиты
- б) организационно-технические мероприятия
- в) системы предотвращения пожаров
- г) системы тушения пожара
- д) системы пожарной сигнализации

4. На сколько классов подразделяются строительные конструкции по пожарной опасности?

- а) два
- б) три
- в) четыре
- г) пять
- д) шесть

5. К какому направлению обеспечения пожарной безопасности относятся эвакуационные мероприятия?

- а) системы противопожарной защиты
- б) организационно-технические мероприятия

- в) системы предотвращения пожаров
- г) системы тушения пожара
- д) системы пожарной сигнализации

6. От чего зависит ожидаемое количество поражений молнией зданий и сооружений?

- а) от высоты зданий и сооружений
- б) от длины, ширины и высоты зданий и сооружений
- в) от высоты зданий и сооружений и числа ударов молнии в земную поверхность
- г) от длины, ширины, высоты зданий и сооружений и числа ударов молнии в земную поверхность

д) от числа ударов молнии в земную поверхность в месте расположения зданий и сооружений

7. Как называется комплекс мер, направленных на исключение условий возникновения пожара?

- а) система противопожарной защиты
- б) система предотвращения пожара
- в) пожарная безопасность
- г) пожарная профилактика
- д) системы тушения пожара

8. Что представляет собой зона защиты одиночного стержневого молниеотвода?

- а) полусферу
- б) шар
- в) куб
- г) круговой конус
- д) пирамиду

9. Как называется метод тушения пожара, при котором применяется изоляция очага горения от кислорода воздуха?

- а) метод охлаждения
- б) объемный метод
- в) поверхностный метод
- г) метод химического торможения

Практическое занятие 12, 13

Тема: Защита в чрезвычайных ситуациях

Цель: овладение умениями, методами расчета мероприятий по обеспечению устойчивости объектов экономики в условиях чрезвычайных ситуаций

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к ответу на вопрос рекомендуется изучить [1, с. 276-300].

Проникающая радиация, проходя через различные среды (материалы), ослабляется. Степень ослабления зависит от свойств материалов и толщины защитного слоя.

Защитные свойства материала характеризуются слоем половинного ослабления, при прохождении которого интенсивность гамма-лучей или нейтронов уменьшается в 2 раза.

Противорадиационные укрытия ослабляют действие радиации и, следовательно, дозу облучения людей.

Коэффициент ослабления K_i для каждого материала определяется по формуле:

$$K_i = 2^{h_i/d_{пол_i}}, \quad (37)$$

где h_i - толщина i -го материала, см;

$d_{пол_i}$ - слой половинного ослабления для i -го материала. см.

Общий коэффициент ослабления будет:

$$K_{общ} = \prod_{i=1}^n K_i. \quad (38)$$

При взрыве емкости с аварийно-химическим опасным веществом возникает ударная волна. Избыточное давление ударной волны находят по формуле:

$$P_{\Phi} = \frac{700}{3(\sqrt{I + 29,8K^3} - I)} \text{ (кПа)}, \quad (39)$$

где K - коэффициент избыточного давления, определяемый по формуле:

$$K = 0,24 \frac{R}{17,5\sqrt[3]{Q}}, \quad (40)$$

где R – расстояние от здания до места взрыва, м;

Q – количество аварийно-химического опасного вещества, т.

Если работники после заражения территории радиоактивными веществами находятся в каком-либо здании, то экспозиционную дозу облучения, которую они получат в цехе, можно определить по формуле

$$D = \frac{P \cdot T}{K_{\text{осл}}} (P), \quad (41)$$

где P – уровень радиации на местности, Р/ч;

$K_{\text{осл}}$ – коэффициент защиты (ослабления) здания;

T – время, ч.

2. Примеры выполнения заданий

Задача 1. Рассчитать общий коэффициент ослабления проникающей радиации защитной конструкцией, при изготовлении которой использованы бетон (толщина 10 см), дерево (толщина 15 см) и грунт (толщина 30 см). Слой половинного ослабления для бетона составляет 10 см, дерева 25 см, грунта – 14 см.

Дано: $h_1 = 10$ см; $h_2 = 15$ см; $h_3 = 30$ см; $d_{\text{пол}_1} = 10$ см; $d_{\text{пол}_2} = 25$ см; $d_{\text{пол}_3} = 14$ см

Найти: $K_{\text{общ}}$

Решение:

Сначала рассчитываем коэффициент ослабления K_i для каждого материала, используя формулу (34).

$$K_1 = 2^{10/10} = 2$$

$$K_2 = 2^{15/25} = 1,5$$

$$K_3 = 2^{30/14} = 4,4$$

Затем рассчитываем общий коэффициент ослабления

$$K_{\text{общ}} = \prod_{i=1}^n K_i = 2 \cdot 1,5 \cdot 4,4 = 13,2$$

Задача 2. Определить избыточное давление ударной волны в районе механического цеха при взрыве емкости с пропаном в количестве 100 т, находящейся на удалении 600 м от цеха.

Дано: $Q = 100$ т; $R = 600$ м

Найти: $P_{\text{ф}}$

Решение:

Сначала рассчитываем коэффициент избыточного давления

$$K = 0,24 \frac{R}{17,5 \sqrt[3]{Q}} = 0,24 \frac{600}{17,5 \sqrt[3]{100}} = 1,77$$

Затем рассчитываем избыточное давление ударной волны в районе механического цеха

$$P_{\Phi} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8K^3} - 1)} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8 \cdot 1,77^3} - 1)} = 19,6 \text{ (кПа)}$$

3. Практические задания

Задача 1. Рассчитать общий коэффициент ослабления проникающей радиации защитной конструкцией, при изготовлении которой использованы бетон (толщина 15 см), дерево (толщина 25 см) и грунт (толщина 40 см). Слой половинного ослабления для бетона составляет 10 см, дерева 25 см, грунта – 14 см.

Задача 2. Определить избыточное давление ударной волны в районе механического цеха при взрыве емкости с пропаном в количестве 150 т, находящейся на удалении 500 м от цеха.

Задача 3. Рабочие прибыли из укрытия в цех, расположенный в одноэтажном производственном здании, после заражения территории завода радиоактивными веществами (РВ). Уровень радиации на территории в момент прибытия рабочих составлял $P_n = 87$ Р/ч, а через 6 ч снизился до $P_k = 23,6$ Р/ч. Определить экспозиционную дозу облучения, которую рабочие получают в цехе, если работа продолжалась 4 ч.

Указание: сначала находят средний уровень радиации:

$$P_{cp} = \frac{P_n + P_k}{2}. \quad (42)$$

Значение коэффициента защиты для одноэтажного производственного здания, $K_{осл} = 7$ – см. таблицу 3.

Таблица 3 - Значение коэффициентов ослабления

Наименование укрытий и транспортных средств или условия действия населения	$K_{осл}$
Открытое расположение на местности	1
Транспортные средства	
автомобили, автобусы	2
пассажирские вагоны	3
Промышленные и административные здания	
производственные одноэтажные здания (цеха)	7
производственные и административные трехэтажные здания	6
Жилые каменные дома	
одноэтажные	10
подвал	40
двухэтажные	15
подвал	100
пятиэтажные	27
подвал	400

Жилые деревянные дома	
одноэтажные	2
подвал	7
двухэтажные	8
подвал	12

Затем по формуле (38) находят экспозиционную дозу облучения.

Задача 4. Определить возможное число пораженных людей в населенном пункте, оказавшемся в сложном очаге поражения при одновременном воздействии ударной волны (вероятность поражения = 0,5), светового излучения (вероятность поражения = 0,4), и проникающей радиации (вероятность поражения = 0,2). В населенном пункте проживает $N = 50000$ чел.

Указание: 1) используйте формулу для расчета результирующей вероятности P поражения в сложных или комбинированных очагах поражения:

$$P = 1 - \left[\prod_{i=1}^n (1 - P_i) \right], \quad (43)$$

где P_i – вероятность поражения людей при воздействии i -го поражающего фактора;

2) возможное число пораженных людей n определяется по формуле

$$n = N \cdot P. \quad (44)$$

Задача 5. Во время работ по тушению пожара на АЭС уровень радиации был равен 1500 Р/ч. Пожарные участвовали в тушении пожара 30 мин, работая открыто. Определить дозу облучения пожарных и последствия облучения.

Задача 6. Рассчитать параметры зоны поражения (площадь разлива S_p , площадь зоны химического заражения S_3) при разрушении необвалованной емкости с 10 т хлора в населенном пункте со сплошной застройкой. Скорость ветра – 4 м/с, степень вертикальной устойчивости атмосферы – инверсия.

Указание: возможная площадь разлива аварийно химически опасного вещества (АХОВ) определяется по формуле

$$S_p = M / (\rho \cdot t), \quad (45)$$

где M – масса АХОВ;

ρ – плотность АХОВ, для хлора $\rho = 1,55$ т/м³;

t – толщина слоя разлившегося АХОВ, принимают в расчетах 0,05 м.

Площадь зоны химического загорания, обусловленной движением облака испарившегося АХОВ, находят по формуле

$$S_3 = \frac{1}{2} \Gamma \cdot \Pi, \text{ км}^2 \quad (46)$$

где Γ и Π – глубина и ширина распространения облака зараженного воздуха, км.

Глубину Γ определяют по таблицам 4, 5 с учетом примечаний.

Ширина Π , км, зоны химического заражения определяется с учетом степени вертикальной устойчивости атмосферы: при инверсии $\Pi = 0,03\Gamma$, при изотермии $\Pi = 0,15\Gamma$, при конвекции $\Pi = 0,8\Gamma$.

Таблица 4 - Глубина Γ , км, распространения зараженного облака воздуха на открытой местности при изотермии, скорость приземного ветра 1 м/с, емкости не обвалованы

Наименование АХОВ	Количество АХОВ в емкостях, т					
	5	10	25	50	75	100
Хлор	4,6	7	11,5	16	19	21
Аммиак	0,7	0,9	1,3	1,9	2,4	3
Сероводород	1,1	1,5	2,5	4	5	8,8
Сернистый ангидрид	0,8	0,9	1,4	2	2,5	3,5

Примечания: 1) глубина распространения облака при инверсии примерно в 5 раз больше, а при конвекции в 5 раз меньше, чем при изотермии; 2) глубина распространения воздуха в населенных пунктах со сплошной застройкой, в лесных массивах в 3,5 раза меньше, чем на открытой местности при той же степени вертикальной устойчивости атмосферы и скорости приземного ветра; 3) для обвалованных емкостей с АХОВ глубина распространения облака уменьшается в 1,5 раза; 4) при скорости приземного ветра более 1 м/с вводятся поправочные коэффициенты согласно таблице 5

Таблица 5 – Поправочные коэффициенты

Степень вертикальной устойчивости атмосферы	Скорость ветра, м/с						
	1	2	3	4	5	6	7
Инверсия	1	0,6	0,45	0,38	-	-	-
Изотермия	1	0,7	0,55	0,5	0,41	0,41	0,38
Конвекция	1	0,7	0,62	0,55	-	-	-

Задача 7. Во время работ по тушению пожара на АЭС уровень радиации был равен 1500 Р/ч. Пожарные участвовали в тушении пожара 30 мин, работая открыто. Определить дозу облучения пожарных и последствия облучения.

Задача 8. Определить площадь зоны химического заражения и время подхода зараженного облака воздуха к населенному пункту, расположенному в 7 км от аварийного объекта, на котором произошла утечка 50 т аммиака из необвалованных технологических аппаратов на открытой местности. Скорость ветра – 2,5 м/с, состояние вертикальной устойчивости атмосферы – изотермия.

Указание: скорость подхода облака $V_{cp} = (1,5 - 2,0)V$, где V – скорость ветра.

Задача 9. На каком расстоянии от эпицентра воздушного ядерного взрыва мощностью 200 кт возможно воспламенение деревянных строений, для которых величина светового импульса, вызывающего воспламенение составляет (420-672) кДж/м². Состояние атмосферы – очень ясно, дальность видимости – до 100 км.

Указание: необходимо использовать формулу для расчета светового импульса U , кДж/м²

$$U = \frac{E}{4\pi R^2} K, \quad (47)$$

где E – энергия светового излучения ядерного взрыва, равная 35% полной энергии взрыва. Полная энергия взрыва при мощности 1 кт равна $4,18 \cdot 10^9$ кДж;

R – расстояние от центра взрыва, м;

K – коэффициент пропускания, зависящий от дальности видимости и состояния атмосферы. При дальности видимости до 100 км и состоянии атмосферы – очень ясно $K = 0,96$.

4. Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под устойчивостью работы объекта экономики?
2. Какие мероприятия используют для повышения устойчивости системы водоснабжения? Электроснабжения?
3. Как рассчитывается избыточное давление, которое может причинить повреждения различной степени тяжести промышленным зданиям?
4. Как рассчитывается доза облучения при заражении территории радиоактивными веществами?
5. Как рассчитывается коэффициент ослабления проникающей радиации защитной конструкцией?
6. Как организуются АС и ДНР?
7. Что входит в содержание спасательных работ?
8. Что входит в содержание неотложных работ?

Практическое занятие 14, 15

Тема: Организационно-правовые основы управления безопасностью жизнедеятельности

Цель: освоение организационно-правовых основ управления безопасностью жизнедеятельности

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучить [1, с. 12-14; с. 358-363].

Формулы для расчета показателей состояние производственного травматизма:

коэффициентом частоты $K_{\text{ч}}$ несчастных случаев

$$K_{\text{ч}} = \frac{(HC)}{P} \cdot 1000, \quad (48)$$

коэффициентом тяжести $K_{\text{т}}$ несчастных случаев

$$K_{\text{т}} = \frac{\sum D}{(HC)}, \quad (49)$$

коэффициентом потерь $K_{\text{п}}$

$$K_{\text{п}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}} = \frac{\sum D}{P} \cdot 1000, \quad (50)$$

коэффициентом частоты несчастных случаев со смертельным исходом (коэффициент смертности) $K_{\text{см}}$

$$K_{\text{см}} = \frac{(HC)_{\text{см}}}{P} \cdot 1000, \quad (51)$$

коэффициентом обобщенных трудовых потерь $K_{\text{об}}$

$$K_{\text{об}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}} + K_{\text{см}} \cdot 6000, \quad (52)$$

где (НС) - число несчастных случаев за анализируемый период (обычно один календарный год);

P - среднесписочная численность работников в рассматриваемом периоде;

ΣD - суммарное число дней временной нетрудоспособности, вызванных всеми несчастными случаями за отчетный период;

$(НС)_{см}$ - число несчастных случаев со смертельным исходом;

6000 - условные трудовые потери в днях на один несчастный случай со смертельным исходом.

Важным положением Федеральным законом «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» является то, что страхование работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний осуществляется за счет средств работодателя, который обязан осуществлять ежемесячные обязательные страховые платежи страховщику. Размер этих платежей рассчитывается исходя из ставки страхового тарифа, скидки (надбавки) к страховому тарифу и начисленной оплаты труда. Для определения ставок страховых тарифов все предприятия и организации разделены на 32 класса профессионального риска.

В общем случае застрахованные имеют право на следующие виды обеспечения по страхованию (страховые выплаты):

- пособие по временной нетрудоспособности, выплачиваемое за весь период в размере 100 % среднего заработка;

- единовременная страховая выплата застрахованному либо лицам, имеющим право на получение этой выплаты в случае его смерти;

- ежемесячные страховые выплаты застрахованному либо лицам, имеющим право на их получение в случае его смерти; размер ежемесячной страховой выплаты (B) определяется как доля среднего месячного заработка ($СМЗ$) застрахованного до несчастного случая или профзаболевания, исчисленная в соответствии со степенью утраты им профессиональной трудоспособности и с учетом вины застрахованного, а именно:

$$B = \frac{\Delta T}{100} (СМЗ) \left(1 - \frac{\Delta B}{100} \right), \quad (53)$$

где ΔB – уменьшение размера ежемесячных выплат, %, с учетом вины застрахованного в возникновении вреда, причиненного его здоровью ($\Delta B \leq 25$ %, степень вины застрахованного должна быть указана в акте о несчастном случае или в акте о профзаболевании);

ΔT – степень утраты профессиональной трудоспособности, %;

- оплата дополнительных расходов, связанных с повреждением здоровья застрахованного, его медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию.

Если известны месячный фонд оплаты труда (ФОТ), страховой тариф T , стоимость работ по специальной оценке условий труда (СОУТ) C , затраты на

мероприятия по оздоровлению и улучшению условий труда по итогам аттестации рабочих мест Z , годовые эксплуатационные затраты по этим мероприятиям $Z_{\text{э}}$, ожидаемое уменьшение страхового тарифа ΔT , предполагаемый экономический результат в результате увеличения производительности труда вследствие улучшения условий труда P , то экономическую целесообразность мероприятий по СОУТ в организации можно определить по формуле

$$\mathcal{E}_T = P_{\text{общ}} - (Z_{\text{общ}} + E_n \cdot Z), \quad (54)$$

где $P_{\text{общ}}$ – общий экономический результат, тыс.руб.;

$Z_{\text{общ}}$ – общие годовые затраты, тыс.руб.;

$E_n = 0,08$ – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений в улучшение условий и охраны труда.

Величину $P_{\text{общ}}$ рассчитывают как

$$P_{\text{общ}} = P + 12 \left(\frac{T}{100} \right) \left(\frac{\Delta T}{100} \right) (\text{ФОТ}), \quad (55)$$

где 12 – число месяцев в году.

Величина общих годовых затрат $Z_{\text{общ}}$ определяется как

$$Z_{\text{общ}} = Z_{\text{э}} + \frac{1}{t} \cdot C, \quad (56)$$

где $t = 5$ лет – срок действия документов по СОУТ.

2. Примеры выполнения заданий

Задача 1. Рассчитайте все количественные показатели производственного травматизма при следующих исходных данных: среднесписочная численность работников – 650, общее число несчастных случаев – 4, число смертельных несчастных случаев – 1, общее число дней временной нетрудоспособности, вызванной несчастными случаями – 90.

Дано: $P = 650$ чел.; $HC = 4$; $HC_{\text{см}} = 1$; $\Sigma D = 90$

Найти: $K_{\text{ч}}$; $K_{\text{т}}$; $K_{\text{п}}$; $K_{\text{см}}$; $K_{\text{об}}$

Решение:

По формуле (48) рассчитываем коэффициент частоты $K_{\text{ч}}$ несчастных случаев

$$K_{\text{ч}} = \frac{4}{650} \cdot 1000 = 6,2$$

По формуле (49) рассчитываем коэффициент тяжести $K_{\text{т}}$ несчастных случаев

$$K_T = \frac{90}{4} = 22,5$$

По формуле (50) рассчитываем коэффициент потерь K_{Π}

$$K_{\Pi} = 6,2 \cdot 22,5 = 139,5$$

По формуле (51) рассчитываем коэффициент частоты несчастных случаев со смертельным исходом (коэффициент смертности) $K_{\text{см}}$

$$K_{\text{см}} = \frac{1}{650} \cdot 1000 = 1,5$$

По формуле (52) рассчитываем коэффициент обобщенных трудовых потерь $K_{\text{об}}$

$$K_{\text{об}} = 6,2 \cdot 22,5 + 1,5 \cdot 6000 = 9139,5$$

Задача 2. Рассчитать ежемесячную страховую выплату пострадавшему, если в результате несчастного случая, связанного с производством, пострадавший утратил профессиональную трудоспособность на 60%, степень вины пострадавшего в несчастном случае определена в 20%. Средний заработок пострадавшего до несчастного случая составлял 42500 руб.

Дано: $\Delta T = 20\%$; $\Delta B = 20\%$; $\text{СМЗ} = 42500$ руб.

Найти: B

Решение:

Ежемесячную страховую выплату пострадавшему рассчитываем по формуле (53)

$$B = \frac{20}{100} \cdot 42500 \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 6800 \text{ (руб.)}$$

3. Практические задания

Задача 1. Определить экономическую целесообразность мероприятий по СОУТ в организации при следующих исходных данных: месячный фонд оплаты труда (ФОТ) 750 тыс. руб., страховой тариф 1,2%, стоимость работ по СОУТ 26 тыс. руб., затраты на мероприятия по оздоровлению и улучшению условий труда по итогам аттестации рабочих мест 150 тыс.руб., годовые эксплуатационные затраты по этим мероприятиям 12 тыс.руб., ожидаемое уменьшение страхового тарифа 30%, предполагаемый экономический результат в результате увеличения производительности труда вследствие улучшения условий труда 290 тыс.руб.

Задача 2. Рассчитать ежемесячную страховую выплату пострадавшему, если в результате несчастного случая, связанного с производством, пострадавший утратил профессиональную трудоспособность на 70%, степень вины пострадавшего в несчастном случае определена в 10%. Средний заработок пострадавшего до несчастного случая составлял 35500 руб.

Задача 3. Рассчитайте все количественные показатели производственного травматизма при следующих исходных данных: среднесписочная численность работников – 450, общее число несчастных случаев – 3, число смертельных

несчастных случаев – 1, общее число дней временной нетрудоспособности, вызванной несчастными случаями – 75.

Задача 4. Определить экономическую целесообразность мероприятий по СОУТ, если повышения производительности труда не ожидается, однако возможно снижение страхового тарифа $t = 40\%$ в течение времени $M = 3$ года. Страховой тариф для предприятия $T = 1,1\%$, годовой фонд оплаты труда в расчете на одно рабочее место $a_1 = 290$ тыс.руб., затраты на аттестацию одного рабочего места $m = 2360$ руб, затраты a_2 на проведение сертификации, отнесенные к одному рабочему месту $a_2 = 300$ руб., число рабочих мест $N = 200$. Предприятие получило право на частичное финансирование мероприятий по СОУТ из средств фонда социального страхования – в пределах 20% средств, перечисленных фонду социального страхования в предыдущем году. При решении задачи допускается пренебречь изменениями в фонде оплаты труда.

Указание: экономическая целесообразность мероприятий по СОУТ очевидна, если затраты Q меньше ожидаемой экономии на страховых взносах \mathcal{E}_c , т.е. имеется прямой экономический эффект \mathcal{E}

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_c - Q > 0,$$

$$\text{где } \mathcal{E}_c = M \frac{T}{100} Y \frac{t}{100},$$

$$Q = (m \cdot N + C) - 0,2 Y,$$

$$Y = \frac{T}{100} a_1 N,$$

где Y – годовой страховой взнос предприятия, руб.

Задача 5. Технологическая операция состоит из трех действий. Вероятность появления травмоопасной ситуации в этих действиях равна соответственно: $0,4 \cdot 10^{-9}$; $0,3 \cdot 10^{-8}$; $0,6 \cdot 10^{-9}$; вероятность нахождения работника в опасной зоне составляет для этих действий: $0,1 \cdot 10^{-8}$; $0,3 \cdot 10^{-7}$; $0,2 \cdot 10^{-8}$; вероятность попадания травмирующего фактора равна: $0,9 \cdot 10^{-4}$; $0,6 \cdot 10^{-5}$; $0,3 \cdot 10^{-6}$; вероятность отказа средств индивидуальной защиты составляет по справочным данным: $0,5 \cdot 10^{-5}$; $0,3 \cdot 10^{-6}$; $0,2 \cdot 10^{-5}$. Какова величина профессионального риска на рассматриваемой технологической операции?

4. Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под управлением охраной труда?
2. Каковы основные задачи службы охраны труда?

3. Кто выполняет функции страховщика в системе страхования от несчастных случаев и профессиональных заболеваний в Российской Федерации?

4. От чего зависит размер страхового тарифа?

5. Каков размер скидок и надбавок к страховым тарифам?

6. Как рассчитывается экономическая эффективность мероприятий по БЖД?

7. Каков порядок аттестации рабочих мест по условиям труда?

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется после рассмотрения на практических занятиях соответствующих тем в форме тестовых заданий по отдельным темам в начале следующего практического занятия и занимает не более 7 – 10 минут.

Оценивание осуществляется по следующим критериям:

«Отлично» - 90-100 % правильных ответов в тесте;

«Хорошо» - 70-90 % правильных ответов в тесте;

«Удовлетворительно» - 50-70 % правильных ответов в тесте;

«Неудовлетворительно» - менее 50 % правильных ответов в тесте.

Кроме того, к началу следующего занятия студенты должны самостоятельно решить задачи из предложенных в учебно-методическом пособии практических заданий после изучения соответствующей темы. Оценка «зачтено» выставляется студенту, если количество правильных ответов составляет 50 и более %; оценка «незачтено» выставляется студенту, если количество правильных ответов менее 50 %.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся в бакалавриате и специалитете / В. М. Минько, [и др.], под общ. ред. В. М. Минько. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. - 381 с.

2. Минько, В.М. Производственное освещение и основы электробезопасности: учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся в бакалавриате по всем напр. подгот. / В.М. Минько. - Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. - 108 с.

Учебное издание

Евдокимова Наталья Анатольевна

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Редактор И. Голубева

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 4,6. Печ. л. 3,9.

Издательство федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
236022, Калининград, Советский проспект, 1