

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

В. М. Минько

**РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОСТИ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины и практическим  
занятиям для студентов магистратуры по направлению  
20.04.01 Техносферная безопасность

Калининград  
2023

Рецензент

кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Калининградский  
государственный технический университет» Н.А. Евдокимова

**Минько, В. М.** Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины и практическим занятиям для студентов магистратуры по напр. подгот. 20.04.01 Техносферная безопасность / **В. М. Минько.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 53 с.

Учебно-методическое пособие является руководством по изучению дисциплины и практическим занятиям «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность. В пособии представлены методические материалы по освоению тем теоретического (лекционного) курса, включающие методические указания по каждой теме, рекомендуемую литературу. По каждому практическому занятию приведены цель, задачи, задания, изучаемые вопросы, литература, методические указания по подготовке к занятию, вопросы для самоконтроля. Приведены также методические указания по подготовке к экзамену. Изложены также указания по самостоятельной работе по дисциплине, а также библиография.

Библиография – 14 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» 30 июня 2023 г., протокол № 15

УДК 658.382.3

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. Методические указания по изучению лекционного (теоретического) материала по дисциплине.....	5
2. Методические указания по выполнению практических заданий по дисциплине.....	15
3. Методические указания по подготовке к текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.....	42
4. Методические указания по самостоятельной работе студентов по изучению дисциплины.....	50
Заключение.....	51
Библиография.....	52

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности» предназначена для студентов магистратуры, обучающихся по направлению 20.04.01 «Техносферная безопасность», профиль «Охрана труда и пожарная безопасность». Дисциплина включает лекционные, практические (семинарские) занятия и подготовку курсовой работы.

Цель освоения дисциплины состоит в получении необходимых общих знаний в области расчета и проектирования мероприятий, направленных на обеспечение и повышение уровня безопасности в конкретной отрасли экономики.

Планируемые результаты освоения дисциплины состоят в приобретении способности к проведению расчетов и проектированию технических и организационно-управленческих мероприятий, относящихся к системе обеспечения производственной безопасности.

Дисциплина входит в состав Блока 1. Дисциплины (модули). Части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.06).

Предусмотрен текущий контроль знаний на практических (семинарских) занятиях. Форма промежуточной аттестации – экзамен, оценка за который выставляется в том числе с учетом результатов текущего контроля знаний на практических (семинарских) занятиях.

В ходе освоения дисциплины студент должен получить представление об актуальности, роли и значении расчетов и проектирования в области обеспечения, а также:

**знать** - методы расчета и проектирования систем обеспечения безопасности на различных объектах экономики в техносфере;

**уметь** - ставить цели, задачи, определять мероприятия, направленные на создание и обеспечение функционирования систем безопасности на объектах техносферы;

**владеть** – методиками расчета и проектирования систем обеспечения безопасности применительно к различным видам возможных рисков на объектах экономики в техносфере.

Выставляемые оценки являются экспертными и зависят от уровня освоения дисциплины:

- оценка «отлично» - ответ полный, правильный, понимание материала глубокое, основные умения сформированы и устойчивы; изложение логично, доказательно, выводы и обобщения точны и связаны с областью будущей специальности;

- оценка «хорошо» - ответ удовлетворяет вышеназванным требованиям, но изложение недостаточно систематизировано, отдельные умения недостаточно

устойчивы в определении понятий, в выводах и обобщениях имеются неточности, легко исправимые с помощью дополнительных вопросов преподавателя;

- оценка «удовлетворительно» - ответ обнаруживает понимание основных положений излагаемого материала, однако наблюдается значительная неполнота знаний; определение понятий нечеткое, умения сформированы недостаточно, выводы и обобщения аргументированы слабо, в них допускаются ошибки;

- оценка «неудовлетворительно» - ответ неправильный, показывает незнание основного материала, грубые ошибки в определении понятий, неумение работать с источниками. Ставится также при отказе студента отвечать по билету

Учебно-методическое пособие состоит из четырех разделов.

В первом разделе приводятся указания по изучению лекционного материала. Эти указания даны отдельно по темам.

Во втором разделе приводятся указания по темам практических занятий.

В третьем разделе даны указания по подготовке к текущей проверке знаний, и к промежуточной аттестации – экзамену.

В четвертом разделе даны указания по самостоятельной работе студентов по изучению дисциплины.

## **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЛЕКЦИОННОГО (ТЕОРЕТИЧЕСКОГО) МАТЕРИАЛА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Общие указания**

В ходе изучения дисциплины студенты должны обращать внимание на следующие обстоятельства:

1) В основу практически всех технических мероприятий закладываются результаты расчетов и проектирования;

2) Уровни профессиональных рисков и соответственно необходимость профилактических мероприятий могут быть получены только расчетным путем;

3) В ходе расчетов и проектирования необходимо использовать методы оптимизации с целью получения решений, обеспечивающих максимальный уровень безопасности.

### **Тема 1. Понятие безопасности и общая характеристика систем обеспечения безопасности**

#### **Методические указания**

Форма проведения занятия – лекция и семинарское занятие.

Студентам следует обратить внимание на понятие безопасности. Безопасность – это состояние защищенности личности, общества и государства от

внутренних и внешних угроз. Можно выделить следующие важнейшие направления обеспечения безопасности:

- производственная (или профессиональная) безопасность (охрана труда);
- пожарная безопасность;
- экологическая безопасность (охрана окружающей природной среды).

В эти направления не включены защита в ЧС, поскольку она рассматривается в других учебных дисциплинах.

Студентам рекомендуется составить перечень основных вопросов (тем, проблем), которые рассматриваются в производственной и пожарной безопасности.

В ходе обучения рекомендуется использовать учебные пособия:

1. Минько В.М. Производственная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 296 с.
2. Минько В.М. Пожарная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2015. – 158 с.
3. Беляков Г.И. Пожарная безопасность: учебное пособие / Г.И. Беляков. – М.: Изд-во Юрайт, 2023. – 143 с.

## **Тема 2. Система производственной безопасности**

### Методические указания

Форма проведения занятия: лекция и семинар.

Система производственной безопасности по своему основному назначению должна обеспечить защиту от опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ). Соответственно должны быть выстроены необходимые мероприятия. В ГОСТ 12.0.003 выделен опасный физический фактор – разрушающиеся конструкции. Таких конструкций на разных производствах, конечно, множество. Ведь практически любая конструкция может разрушиться. В целях обеспечения безопасности, конечно, должны быть выполнены соответствующие расчеты, выполнены нормативные требования в отношении коэффициентов запаса прочности, правильно определены технические характеристики необходимых комплектующих изделий.

Общий порядок обеспечения производственной безопасности заключается в выявлении возможных ОАПФ. Далее по каждому виду ОВПФ определяются необходимые мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию объектов, безопасное ведение технологических процессов, обучение и инструктирование работников, контроль и надзор.

Рекомендуется использовать учебное пособие под номером 1 к теме 1, а также: Правдин Б.А. Производственная безопасность оборудования и высокотемпературных технологических процессов: учеб. пособие / Б.А. Правдин, Е.Е. Минликаева, Н.В. Якшина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2020. – 76 с.;

### Тема 3. Система пожарной безопасности

#### Методические указания

Форма проведения занятий: лекция и семинар.

Система пожарной безопасности должна обеспечить предотвращение пожаров, защиту людей от опасных факторов пожаров, сохранение материальных ценностей. Кроме указанного, система пожарной безопасности включает ещё и комплекс организационно-технических мероприятий.

Ряд мероприятий пожарной безопасности носит технический характер, требуются необходимые расчеты и проектирование: системы тушения, молниезащита, обеспечение эвакуации, локализация пожаров.

Рекомендуется использовать учебные пособия под номерами 2 и 3 к теме 1.

### Тема 4. Оптимальная последовательность реализации мероприятий в системе обеспечения безопасности

#### Методические указания

Форма проведения занятий: лекция и семинар.

Обеспечение безопасности достаточно часто связано с необходимостью реализации определенной программы, включающей ряд конкретных мероприятий. При этом могут быть известны причины несчастных случаев, необходимые предупредительные мероприятия, стоимость мероприятий, ожидаемое уменьшение числа пострадавших (несчастных случаев) при условии реализации мероприятия. Возникает важный вопрос о том, в каком порядке, в какой последовательности должны осуществляться предупредительные мероприятия, чтобы суммарный результат как итог реализации всей программы в направлении повышения безопасности был бы максимальным.

Необходимые расчеты могут быть выполнены в табличной форме – см. таблицу 1. В первоочередном порядке должны проводиться мероприятия,

Таблица 1- Оформление оптимальной программы снижения травмоопасности

Выявленные причины несчастных случаев	Мероприятия по устранению причины несчастных случаев (ij)	Ожидаемое уменьшение числа несчастных случаев $W_{ij}$	Стоимость мероприятия $S_{ij}$	Отношение $A_{ij} = \frac{W_{ij}}{S_{ij}}$	Оптимальная последовательность реализации мероприятий	Затраты нарастающим итогом
1	11	$W_{11}$	$S_{11}$	$A_{11}$	Указываются номера и названия мероприятий	$S_1$
	12	$W_{12}$	$S_{12}$	$A_{12}$		$S_2$
	...	...	...	...		$S_3$
2	21	$W_{21}$	$S_{21}$	$A_{21}$		$S_4$

Выявленные причины несчастных случаев	Мероприятия по устранению причины несчастных случаев (ij)	Ожидаемое уменьшение числа несчастных случаев $W_{ij}$	Стоимость мероприятия $S_{ij}$	Отношение $A_{ij} = \frac{W_{ij}}{S_{ij}}$	Оптимальная последовательность реализации мероприятий	Затраты нарастающим итогом
	22	$W_{22}$	$S_{22}$	$A_{22}$	Указываются номера и названия мероприятий	$S_5$
	...	...	...	...		$S_6$
3	31	$W_{31}$	$S_{31}$	$A_{31}$		$S_7$
...	32	$W_{32}$	$S_{32}$	$A_{32}$		$S_8$
m	...	...	...	...		...

имеющие большие значения отношения  $A_{ij}$ . Далее по отношению уже к этим мероприятиям должны быть проведены необходимые расчеты и проектирование.

Рекомендуется использовать следующие источники: Минько В.М. Математическое моделирование в охране труда. Монография. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 248 с.; Минько В.М. Численные методы в охране труда / В.М. Минько, Н.А. Евдокимова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 200 с.

## Тема 5. Расчет и проектирование системы защитного заземления

### Методические указания

Форма проведения занятий: лекция, семинары и решение задач.

Системы защитного заземления должна иметь малое сопротивление растеканию тока в землю – при междуфазном напряжении 380 В не более 4 Ом, если нет оснований вводить повышающий коэффициент. Только в этом случае обеспечивается защита от поражения током человека, прикоснувшегося к корпусу электроустановки, оказавшемуся под напряжением.

Расчет и проектирование заземляющих устройств (ЗУ) необходимо вести в следующей последовательности:

1. Определяют место заложения и материалы для изготовления ЗУ – трубы, прутки, уголки, полосы.

2. Выполняют замеры не менее чем в трех точках сопротивления  $R$  растеканию тока с контрольного зонда, длина которого должна примерно соответствовать длине выбранных к использованию вертикальных заземляющих электродов.

3. Находят среднее арифметическое значение сопротивления  $R$ .

4. Определяют измеренное удельное электрическое сопротивление  $\rho_{\text{изм}}$  грунта в месте заложения ЗУ по формуле

$$\rho_{\text{изм}} = R \frac{2\pi l}{\ln\left(\frac{4l}{d}\right)}, \text{ Ом}\cdot\text{м} \quad (1)$$



где  $l$  – длина контрольного зонда, м ;

$d$  – диаметр зонда, м.

5. Определяют по справочникам коэффициент сезонности для вертикальных электродов  $\psi_v$  и для горизонтальной соединительной полосы  $\psi_r$ .

6. Находят расчетные удельные электрические сопротивления для вертикальных электродов  $\rho_{расч_v}$  и для горизонтальной соединительной полосы  $\rho_{расч_r}$ .

$$\rho_{расч_v} = \psi_v \cdot \rho_{изм} \quad (2)$$

$$\rho_{расч_r} = \psi_r \cdot \rho_{изм} \quad (3)$$

7. Определяют сопротивление одиночного заземлителя. Для трубчатого заглубленного вертикального заземлителя это сопротивление  $R_{од}$  будет составлять:

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

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

$t$  – расстояние от середины трубы до поверхности грунта, м.

Если найденное  $R_{од} \leq R_n$  – нормативные требования к сопротивлению заземления, то расчет прекращают. В противном случае переходят к следующему этапу.

8. Определяют предварительное количество  $n$  заземлителей:

$$n = R_{од}/R_n, \quad (5)$$

9. Определяем длину  $l_n$  – горизонтальной соединительной полосы и сопротивление  $R_n$  растеканию тока с этой полосы:

$$l_n = (n - 1)a \quad (6)$$

$$R_n = \frac{\rho_{расч}}{2\pi l_n} \ln \frac{2l_n^2}{bt_0}, \quad (7)$$

где  $l_n, b$  – длина и ширина полосы;

$t_0$  – заглубление полосы, м.

$a$  – принятое расстояние между вертикальными электродами, м, которое должно быть не меньше длины электрода.

10. Находим коэффициент использования вертикальных электродов  $\eta_v$  и горизонтальной соединительной полосы  $\eta_r$  – см. таблицы 2 и 3.

Таблица 2. Коэффициент использования  $\eta_v$  вертикальных электродов без учета влияния полосы связи

Число заземлителей	Отношение расстояний между электродами к их длине $a/l$					
	1	2	3	1	2	3
	Электроды размещены в ряд			Электроды размещены по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85

Число заземлителей	Отношение расстояний между электродами к их длине a/l					
	1	2	3	1	2	3
	Электроды размещены в ряд			Электроды размещены по контуру		
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	-	-	-	0,41	0,58	0,66
60	-	-	-	0,39	0,55	0,64

Таблица 3. Коэффициент использования  $\eta_r$  горизонтального полосового заземлителя, соединяющего вертикальные электроды

Число заземлителей	Отношение расстояний между электродами к их длине a/l					
	1	2	3	1	2	3
	Электроды размещены в ряд			Электроды размещены по контуру		
2	0,85	0,94	0,96	-	-	-
4	0,77	0,84	0,92	0,45	0,55	0,70
6	0,72	0,80	0,88	0,40	0,48	0,64
10	0,62	0,75	0,82	0,34	0,40	0,56
20	0,42	0,56	0,68	0,27	0,32	0,45
40	-	-	-	0,22	0,29	0,39
60	-	-	-	0,20	0,27	0,36

11. Находят общее сопротивление  $R_0$  растеканию тока с заземляющего устройства:

$$R_0 = \frac{R_{од} \cdot R_n}{R_n \cdot \eta_n \cdot n + R_{од} \cdot \eta_n}, \quad (8)$$

Если  $R_0$  меньше или равно  $R_n$ , то расчет заканчивается, если это условие не достигнуто, то увеличивают  $n$  на одну-две единицы и расчет повторяют.

Изложенная выше методика основана на том, что удельное электрическое сопротивление земли не меняется с глубиной («однородная» по электрической структуре земли). Учет неоднородности электрической структуры земли («двухслойная» и «многослойная» земля) приводит к весьма сложным и громоздким формулам для расчета заземления, выполнить который можно при помощи ЭВМ.

Если параллельно с искусственными можно использовать и естественные заземлители (что понижает общие затраты на сооружение заземляющего устройства), то допустимое сопротивление искусственного заземлителя  $R_{идоп}$ , будет составлять:

$$R_{идоп} = \frac{R_e R_n}{R_e - R_n} \quad (9)$$

где  $R_e$  – сопротивление естественных заземлителей.

Тогда расчет ведут с п. 8, принимая  $R_n \leq R_{\text{идоп}}$ . Если же  $R_e \leq R_n$ , то искусственное ЗУ не требуется.

В ходе изучения темы рекомендуется использовать учебное пособие под номером 1 к теме 1, а также: Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.

## **Тема 6. Расчет и проектирование съемных грузозахватных приспособлений**

### Методические указания

Форма проведения занятий: лекция и решение задач.

Съемные грузозахватные приспособления (СГП) не являются частью ни груза, ни подъемного сооружения (крана) и служат только для соединения груза с подъемным сооружением. Следует иметь в виду интенсивную изнашиваемость СГП и вытекающие из этого требования к их расчету и проектированию.

Достаточно часто используются грузовые многоветвевые канатные (или цепные) стропы, а для подъема длинномерных грузов (трубы, колонны, бревна, доски) – траверсы.

Расчет грузового стропа состоит в определении длины ветви стропа, натяжения в ветви, диаметра каната, из которого строп может быть изготовлен. Необходимо также подобрать съемные детали – скобы, крюки. Диаметр стального каната должен определяться исходя из коэффициента запаса прочности не менее 6, при использовании цепных стропов 4. Выполненные исследования показали, что наименьшая общая масса канатных стропов обеспечивается при прочих равных условиях при угле между противоположными ветвями, составляющем  $90^\circ$ . Отклонения от этого угла в большую или меньшую сторону ведет к увеличению общей массы стропа.

Основным элементом СГП в виде траверсы является сама траверса – прочная труба, швеллер, рельс, к которым крепятся верхние и нижние канатные элементы траверсы. Канатные элементы траверсы рассчитываются обычным образом. Расчет траверсы, работающей на сжатие в процессе подъема длинномерных грузов, состоит в определении площади её поперечного сечения и проверке соблюдения условия устойчивости.

При работе над темой рекомендуется использовать учебное пособие под номером 1 к теме 1, а также: Минько В.М. Охрана труда и промышленная безопасность в строительстве: учебное пособие / В.М. Минько, А. Басараб. – М.: Образовательно-издательский центр «Академия», 2023. – 240 с.

## **Тема 7. Расчет и проектирование элементов систем, работающих под избыточным давлением**

### Методические указания

Форма проведения занятия: лекция и решение задач.

Системы, работающие под избыточным давлением (котлы, компрессоры, ресиверы, автоклавы, баллоны, трубопроводы), широко используются в различных отраслях экономики. При этом необходимо иметь в виду, что наиболее часто ведет к несчастным случаям разрушение конструкций указанного оборудования, выброс высокотемпературной среды, находящейся внутри сосуда.

В целях обеспечения безопасности используется расчет толщины стенок цилиндрической части сосудов, расчет толщины крышек и днищ сосудов по формулам, одобренным Ростехнадзором. Важное значение имеет также расчет предохранительных устройств – клапанов или мембран. Эти устройства должны предотвращать неуправляемое превышение давления над рабочим или разрешенным. Должен обеспечиваться также контроль работоспособности предохранительных клапанов. Они должны быть оттарированы таким образом, чтобы в сосуде не создавалось давление, превышающее рабочее более чем на 10% для сосудов с давлением выше 6 МПа, на 15% для сосудов с давлением 0,3-6 МПа, на 0,05 МПа для сосудов с давлением до 0,3 МПа.

Для изучения темы рекомендуется использовать учебное пособие под номером 1 к теме 1, а также: Минько В.М. Охрана труда в машиностроении: учебник / В.М. Минько, Н.А. Евдокимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2022. – 256 с.

## **Тема 8. Расчет и проектирование систем наружного освещения**

### **Методические указания**

Форма проведения занятия: лекция и решение задач.

Системами наружного освещения должны быть обеспечены улицы, площади, дороги, территории строительства, парковки автотранспорта, открытые палубы на морских и речных судах. Применяемые в этих системах световые приборы дальнего действия (достаточно часто это прожекторы) должны соответствовать требованиям для работы на открытом воздухе.

Если для наружного освещения используются прожекторы, то расчет нужно вести следующим образом.

Находят требуемый световой поток  $\Phi_{\text{тр}}$  для освещения

$$\Phi_{\text{тр}} = E_{\text{н}} \cdot F \cdot k_{\text{з}} k_{\text{п}}, \text{ лм}, \quad (10)$$

где  $E_{\text{н}}$  – нормативная освещенность, лк;  $F$  – площадь освещаемой поверхности, м<sup>2</sup>;  $k_{\text{з}}$  – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2-1,5;  $k_{\text{п}}$  – коэффициент потерь, учитывающий потери светового потока в зависимости от конфигурации освещаемой площади; его можно принять равным 1,3.

Определяют необходимое число  $N$  прожекторов

$$N = \Phi_{\text{тр}} / (\Phi_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{пр}}), \quad (11)$$

где  $\Phi_{\text{л}}$  – световой поток лампы прожектора; для ламп типа НГ 220-1000 световой поток  $\Phi_{\text{л}} = 16180$  лм, для лампы НГ 220-500  $\Phi_{\text{л}} = 8500$  лм;  $\eta_{\text{пр}}$  – КПД прожектора. Для прожектора типа ПЗС-45  $\eta_{\text{пр}} = 0,35$ .

Рассчитывают минимальную высоту  $h$  установки прожектора

$$h = \sqrt{I_{\text{max}}/300}, \text{ м}, \quad (12)$$

где  $I_{\text{max}}$  – максимальная (осевая) сила света прожектора; для прожекторов типа ПЗС-35 с лампой НГ 220-500  $I_{\text{max}} = 50000$  кд, для прожекторов типа ПЗС-45 с лампой НГ 220-1000  $I_{\text{max}} = 130000$  кд.

Находят оптимальный угол  $\Theta$  наклона оптической оси прожектора, при котором обеспечивается максимальная площадь светового эллипса в горизонтальной плоскости

$$\Theta = \arcsin \sqrt{m + nE_{\text{усл}}^{\frac{2}{3}}}, \quad (13)$$

где  $m$  и  $n$  – коэффициенты углов расстояния соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях; для прожектора ПЗС-35 с лампой НГ 220-500  $m=0,038$ ,  $n=0,00161$ , для прожектора ПЗС-45 с лампой НГ 220-1000  $m=0,0302$ ,  $n=0,000769$ ;  $E_{\text{усл}}$  – условная средняя освещенность светового эллипса при высоте установки прожектора  $h$ . Её находят по формуле:

$$E_{\text{усл}} = \frac{1}{2k_3} \cdot E_{\text{н}} \cdot h^2, \text{ лк}. \quad (14)$$

Следует отметить, что имеются и упрощенные формулы для расчета числа прожекторов  $N$ , в частности

$$N = mE_{\text{н}}k_3F/P_{\text{л}}, \quad (15)$$

где  $m$  – интегральный коэффициент, учитывающий световую отдачу лампы прожектора, коэффициент полезного действия прожектора, коэффициент использования светового потока. Для ламп накаливания  $m = 0,2 - 0,25$ , для ламп типа ДРЛ и ГЛ  $m = 0,12 - 0,16$ ;  $E_{\text{н}}$ ,  $k_3$ ,  $F$  – то же, что и в формуле (1);  $P_{\text{л}}$  – мощность лампы прожектора, Вт.

Оптимальный угол наклона оптической оси прожектора к горизонтальной поверхности  $\Theta$  может быть определен также по формуле

$$\Theta = \arcsin \sqrt{\sin^2 \beta_{\text{в}} + \left( \pi h^2 E_{\text{н}} k \frac{\sin 2\beta_{\text{в}} \cos \beta_{\text{в}} \operatorname{tg} \beta_{\text{г}}}{2\Phi_{\text{л}}} \right)^{0,75}}, \quad (16)$$

где  $\beta_{\text{в}}$ ,  $\beta_{\text{г}}$  – коэффициенты углов рассеяния светового потока соответственно в вертикальной и горизонтальной плоскостях: для прожекторов ПЗС-45  $\beta_{\text{в}} = 19 - 24^\circ$ ;  $\beta_{\text{г}} = 22 - 26^\circ$ , для ПЗС-35  $\beta_{\text{в}} = 9,5^\circ$ ,  $\beta_{\text{г}} = 10,5^\circ$ ;  $h$ ,  $\Phi_{\text{л}}$  – то же, что и в формулах (12), (11).

При работе над темой рекомендуется использовать учебные пособия, рекомендованные к теме 6.

## Тема 9. Расчет и проектирование молниезащитных устройств

Форма проведения занятия: лекция и решение задач.

Молниезащитные устройства (МЗУ) являются важным элементом в системе предотвращения пожаров. Нужно иметь в виду, что МЗУ не требуют больших затрат, а стоимость защищаемых ими зданий, сооружений, нефтебаз, автозаправочных станций и комплексов может быть очень высокой. Кроме того, применение МЗУ входит в число нормативных требований пожарной безопасности.

Защищаемые объекты по отношению к устройству молниезащиты подразделяются на обычные и специальные. Обычные – это здания и сооружения высотой не более 60 м, предназначенные для промышленного производства, торговли, сельского хозяйства, театры, школы. Специальные – это нефтеперерабатывающие предприятия, АЭС, электростанции, включая атомные, химические заводы, строения высотой более 60 м. Для обычных объектов установлены четыре уровня защиты от прямых ударов молнии (ПУМ): I, II, III, IV с соответствующей надежностью защиты от ПУМ: 0,98; 0,95; 0,90; 0,80. Для специальных объектов уровень защиты от ПУМ установлен в пределах 0,9-0,999. Требуемые уровни защиты и соответственно надежность защиты от ПУМ определяются в зависимости от возможных параметров тока молнии: пикового значения тока, полного заряда и заряда в импульсе, удельной энергии. Если значения этих параметров соответственно будут 100 кА, 150 Кл, 50 Кл и 2500 кДж/Ом, то уровень защиты - III или IV, а надежность защиты от ПУМ – 0,90 или 0,80.

Важно знать плотность  $N$  ударов молнии в землю, то есть число прорывов молнии в течение года в 1 км<sup>2</sup> земной поверхности. Для расчета  $N$  используют формулу

$$N = 6,7 \cdot T / 100, \quad (17)$$

где  $T$  – средняя годовая продолжительность грозовой деятельности в часах. Для западных районов РФ и Прибалтики  $T=40-60$  ч.

В общем случае МЗУ состоит из молниеприемника, токоотвода, заземлителя и несущей опоры. Если используется одиночное стержневое МЗУ, то его расчет состоит в определении его требуемой высоты и параметров кругового защитного конуса, внутри которого находятся защищаемые объекты.

При изучении темы рекомендуется использовать:

1. Минько В.М. Пожарная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 158 с.
2. Минько В.М. Пожарная безопасность. Учебно-методическое пособие по подготовке к практическим (семинарским) занятиям / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 45 с.

3. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. Утв. приказом Минэнерго России от 30.06.2003г. №280.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **Введение**

Практические занятия по дисциплине «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности» проводятся в форме семинаров и в форме решения задач. В обоих случаях студенты должны готовиться, используя указанные выше учебные пособия, учебники, а также нормативные правовые акты.

На семинарских занятиях студенты выступают по заранее указанной им теме (темам). При этом должны быть раскрыты вопросы, которые по каждой теме приведены ниже в настоящих методических указаниях

К практическим занятиям студенты должны быть подготовленными. Для такой подготовки в методических указаниях содержится перечень литературы и нормативных правовых актов. Эти перечни даны для всех тем, также как и указания по подготовке.

Выпускники магистратуры технических университетов, завершившие обучение по направлению «Техносферная безопасность», как правило, трудоустраиваются в службах охраны труда предприятий, учреждений и организаций, т.е. им нужно быть хорошо подготовленными по вопросам расчета и проектирования мероприятий по охране труда и промышленной безопасности. При этом по отдельным мероприятиям может потребоваться научно-исследовательская проработка.

Выступление студентов по указанному вопросу (вопросам) темы не должно превышать 5-6 мин. После этого выступления преподаватель может предложить студенту ответить на некоторые дополнительные, уточняющие вопросы, ответы студента оцениваются по пятибалльной шкале. При неудовлетворительной оценке требуется передача соответствующей темы в часы консультаций преподавателя.

Рекомендуется следующая последовательность подготовки к семинарскому занятию. Используя указанные к каждой теме источники, в том числе нормативные правовые акты, студент составляет общий конспект по теме занятия. Затем готовятся частные конспекты (записи) по вопросам темы, перечисленным в настоящих методических указаниях. Степень своей подготовленности студент проверяет по контрольным вопросам, приведённым в конце каждой темы.

Необходимо накапливать опыт устных выступлений, не прибегать к чтению на семинарских занятиях. Из практики работы специалистов служб охраны труда, промышленной и пожарной безопасности следует, что умение устных выступлений имеет большое значение в их профессиональной деятельности. Устно проводятся вводные инструктажи по охране труда, пожарной безопасности, оценивается качество инструктажей на рабочих местах, проводится обучение по охране труда, промышленной и пожарной безопасности, объявляются замечания при выявлении каких-либо нарушений и недостатков. Имеются и ряд других видов деятельности служб охраны труда и пожарной безопасности, при которых потребуются умение выступать, аргументировать свою точку зрения, отстаивать свои предложения.

Отдельные практические занятия направлены на развитие навыков решения различных задач, возникающих при разработке мероприятий, относящихся к системам обеспечения безопасности. При подготовке к таким занятиям нужно изучить соответствующие расчётные формулы и примеры решения задач из разных источников.

### ***Тема 1. Терминология и общая характеристика систем обеспечения безопасности***

#### **Цель занятия:**

Получить четкие представления о терминологии в сфере обеспечения безопасности и основных направлениях обеспечения безопасности.

Форма проведения занятия – семинар.

#### **Практические задания к семинарскому занятию**

1. Понятия опасности, ОВПФ, безопасности, охраны труда.
2. Основные направления обеспечения безопасности.
3. Классификация мероприятий, направленных на обеспечение безопасности.
4. Система производственной безопасности.
5. Система пожарной безопасности.

#### **Л И Т Е Р А Т У Р А**

1. Минько В.М. Производственная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 296 с.
2. Минько В.М. Пожарная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2015. – 158 с.
3. Беляков Г.И. Пожарная безопасность: учебное пособие / Г.И. Беляков. – М.: Изд-во Юрайт, 2023. – 143 с.



## **Методические указания по выполнению заданий**

Терминология в сфере обеспечения безопасности достаточно обстоятельно изложена в приведенных выше трех источниках. Могут быть использованы и другие опубликованные материалы, а также ТК РФ. Рекомендуется выписать определения опасности, ОВПФ, безопасности, риска, охраны труда. Далее следует изучить общее содержание систем производственной и пожарной безопасности. Входящие в эти направления обеспечения безопасности мероприятия могут быть разделены на технические, организационно-управленческие и реагирующие по фактам несчастных случаев. В общем случае расчет и проектирование могут потребоваться по всем видам мероприятий.

### **Список вопросов для самоконтроля**

1. Дайте определения терминам опасность, безопасность, охрана труда.
2. Как подразделяются в общем случае мероприятия по обеспечению безопасности? В чем состоят различия между ними?
3. Дайте определение производственной безопасности.
4. Что понимается под пожарной безопасностью?
5. Какие направления по своему основному содержанию по Вашему мнению входят в систему обеспечения безопасности?

## ***Тема 2. Система обеспечения производственной безопасности***

### **Цель занятия:**

Изучить систему мероприятий, которые в совокупности обеспечивают производственную безопасность.

Форма проведения занятия – семинар.

### **Практические задания к семинарскому занятию**

1. Общая технология (порядок) обеспечения производственной безопасности.
2. Переход от реальных опасностей, ОВПФ к разработке требований безопасности в нормативных правовых актах по охране труда и промышленной безопасности.
3. Конструктивное обеспечение производственной безопасности.
4. Технологическое обеспечение производственной безопасности.
5. Примеры конкретных мероприятий системы обеспечения производственной безопасности, в отношении которых обязательно потребуются расчет и проектирование.
6. Общее содержание расчетов и проектирования мероприятий по обеспечению безопасности погрузочно-разгрузочных работ.
7. Общее содержание расчетов и проектирования мероприятий по обеспечению безопасности систем, работающих под избыточным давлением.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Минько В.М. Производственная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 296 с.
2. Правдин Б.А. Производственная безопасность оборудования и высокотемпературных технологических процессов: учеб. пособие / Б.А. Правдин, Е.Е. Минликаева, Н.В. Якшина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2020. – 76 с.;
3. Попов А.А. Производственная безопасность: учеб. пособие / А.А. Попов. – С.-П.: Изд-во «Лань», 2021. – 432 с.

### **Методические указания по выполнению заданий**

Приведенная к данной теме литература содержит всю необходимую информацию по пунктам семинарского занятия. Следует иметь в виду, что требования производственной безопасности должны разрабатываться после выявления реальных опасностей, ОВПФ, относящихся к каким-либо конкретным объектам или процессам. Для лучшего понимания этих требований, оценки их полноты в нормативных правовых актах по охране труда и промышленной безопасности должны быть приведены возможно более полные перечни опасностей и ОВПФ.

Мероприятия по конструктивному обеспечению безопасности (конструктивные мероприятия) приведены в ГОСТ 12.2.003 и в других стандартах второй подсистемы ССБТ. Мероприятия по технологическому обеспечению безопасности приведены в ГОСТ 12.3.002 и в других стандартах третьей подсистемы ССБТ.

### **Список вопросов для самоконтроля**

1. В чем заключается общая технология обеспечения производственной безопасности?
2. В каких документах должны быть приведены перечни опасностей и ОВПФ?
3. В каких документах сосредоточены конструктивные мероприятия по обеспечению производственной безопасности?
4. Приведите примеры технологических мероприятий по производственной безопасности.
5. Какие конкретные расчеты должны выполняться для обеспечения безопасности погрузочно-разгрузочных работ?
6. Укажите содержания расчетов, связанных с обеспечением безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением.
7. На какое давление открытия тарируются предохранительные клапаны?

### **Тема 3. Система обеспечения пожарной безопасности**

#### **Цель занятия:**

Изучить общее содержание мероприятий, относящихся к системе пожарной безопасности.

Форма проведения занятия – семинар.

#### **Практические задания к семинарскому занятию**

1. Номенклатура и общее содержание мероприятий по предотвращению пожаров.
2. Номенклатура и общее содержание мероприятий по противопожарной защите.
3. Примеры конкретных мероприятий по пожарной безопасности, по которым необходимы расчеты и проектирование.
4. Содержание расчетов по молниезащитным устройствам.
5. Содержание расчетов по системе тушения водой.
6. Содержание расчетов по воздушно-механическому пожаротушению.
7. Содержание расчетов по системе автоматической пожарной сигнализации.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Минько В.М. Пожарная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2015. – 158 с.
2. Беляков Г.И. Пожарная безопасность: учебное пособие / Г.И. Беляков. – М.: Изд-во Юрайт, 2023. – 143 с.

#### **Методические указания по выполнению заданий**

Технические мероприятия по пожарной безопасности, требующие расчетов и проектирования, включены в систему предотвращения пожаров и в систему противопожарной защиты. Они и должны быть изучены в первоочередном порядке. В частности, молниезащита, тушение водой, воздушно-механическое и порошковое пожаротушение, объемное тушение, устройство автоматической пожарной сигнализации.

#### **Список вопросов для самоконтроля**

1. Какие мероприятия входят в систему предотвращения пожаров? В отношении каких из этих мероприятий требуется проведение расчетов и проектирование?
2. Какие мероприятия расчетного характера входят в систему противопожарной защиты?
3. Каков порядок расчета системы тушения водой?
4. Что входит в расчет воздушно-механического пожаротушения?
5. Что входит в расчет системы автоматической пожарной сигнализации?

## **Тема 4. Оптимальная последовательность реализации мероприятий по снижению травмоопасности**

### **Цель занятия:**

Изучить порядок построения оптимальной программы снижения травмоопасности.

Форма проведения занятия – семинар.

### **Практические задания к семинарскому занятию**

1. Порядок расчета ожидаемого уменьшения числа несчастных случаев с помощью реализации  $i$ -го мероприятия.
2. Определение отношения  $W_{ij}/S_{ij}$ .
3. Порядок расчета затрат нарастающим итогом.
4. Определение оптимальной последовательности реализации предупредительно-профилактических мероприятий (месяц, квартал)

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Минько В.М. Математическое моделирование в охране труда. Монография. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 248 с.;
2. Минько В.М. Численные методы в охране труда / В.М. Минько, Н.А. Евдокимова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 200 с.

### **Методические указания по выполнению заданий**

Нужно учитывать, что мероприятия программы по снижению травмоопасности не могут быть выполнены все сразу, в одно и то же время. Поэтому необходимо определение оптимальной последовательности реализации мероприятий. Если программа рассчитана, например, на год, то необходимо указать хотя бы квартал, в который планируется реализация мероприятия. При этом необходимо ориентироваться на численное значение отношения  $A_{ij} = W_{ij}/S_{ij}$ . По существу это эффект в виде снижения числа несчастных случаев на единицу затрат. Мероприятия, характеризующиеся большими значениями  $A_{ij}$ , должны выполняться в приоритетном порядке. По сумме затрат нарастающим итогом, если она становится примерно равной объему квартального финансирования, формируется программы первого квартала. Аналогично второго и последующих кварталов.

### **Список вопросов для самоконтроля**

1. Обоснуйте целесообразность разработки оптимальной программы снижения травмоопасности.
2. Исходя из каких источников могут быть получены причины несчастных случаев?

3. Как определяется ожидаемое снижение числа несчастных случаев с помощью  $i$ -го мероприятия?

4. Из чего складывается общая стоимость предупредительных мероприятий?

5. Как определяются затраты на предупредительные мероприятия нарастающим итогом?

## **Тема 5. Порядок расчетов и проектирования системы защитного заземления**

### **Цель занятия:**

Изучить методику расчета и проектирования защитного заземления исходя из теории двухслойной земли.

Форма проведения занятия – семинар, решение задач.

### **Практические задания к семинарскому занятию и к решению задач**

1. Порядок определения нормативных требований к величине сопротивления растеканию тока с защитных заземлений в землю.

2. Последовательность действий при проектировании системы защитного заземления электроустановок.

3. Определение расчетных удельных электрических сопротивлений для вертикальных заземляющих электродов и горизонтальной соединительной полосы.

4. Определение сопротивления растеканию тока с вертикального заземляющего электрода.

5. Порядок расчета необходимой длины и сопротивления растеканию тока с горизонтальной соединительной полосы.

6. Порядок расчета общего сопротивления растеканию тока с заземляющего устройства.

7. Необходимые материалы и порядок изготовления защитного заземления.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Минько В.М. Производственная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 296 с.

2. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.

### **Методические указания по выполнению заданий и примеры решения задач**

Нужно учитывать, что нормативные требования к заземляющим устройствам (ЗУ) и величине сопротивления растеканию тока с ЗУ в землю установ-

лены с учетом вида сети электроснабжения, напряжения в сети и значения удельного электрического сопротивления земли в месте заложения ЗУ.

Последовательность действий при проектировании ЗУ подробно изложена в настоящих методических указаниях (тема 5).

Расчетные удельные электрические сопротивления земли определяются умножением измеренного значения этого показателя на коэффициенты сезонности. Значения этих коэффициентов для вертикальных электродов и горизонтальной соединительной полосы могут быть определены по таблицам, приведенным в учебном пособии П.А. Долина (раздел 3.7) – см. список литературы. Для вертикальных электродов длиной 3 м и нормальной влажности земли во время измерений коэффициент сезонности может изменяться в зависимости от климатической зоны от 1,1 до 1,7, а для горизонтальной полосы длиной 10 м – от 1,5 до 5,5, длиной 50 м – от 1,4 до 4,5.

Сопротивление растеканию тока с элементов ЗУ определяют по формулам, приведенным в настоящих методических указаниях (тема 5). Там же приведена и формула для определения общего сопротивления растеканию тока с ЗУ.

## ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### Задача 1

Предполагается выполнить заземляющее устройство в зоне со следующими климатическими характеристиками: средняя многолетняя низшая температура в январе от 0 до (-10)°С, средняя многолетняя высшая температура в июле от 22 до 24°С, среднегодовое количество осадков – примерно 50 см, продолжительность замерзания воды в течение года – примерно 100 дней. Заземление будет выполнено из труб длиной 3 м, погруженных в землю вертикально на глубину 0,8 м от верхнего конца. Концы труб будут соединены горизонтальным полосовым заземлителем длиной 20 м. Определить удельные электрические сопротивления однородной земли – измеренное  $\rho_{\text{изм}}$  и расчетные для вертикальных заземлителей  $\rho_{\text{расч.в}}$  и горизонтального  $\rho_{\text{расч.г}}$ , необходимые для расчета заземляющего устройства. Измерение электрических сопротивлений растеканию тока с контрольного зонда проводилось в трех точках площадки для заложения заземления со следующими результатами:  $R_1 = 18$  Ом,  $R_2 = 22$  Ома,  $R_3 = 20$  Ом. Для измерений использовался зонд в виде стержневого электрода диаметром 0,03 м длиной 3,5 м (что примерно соответствует глубине погружения вертикальных заземлителей). Измерению предшествовало выпадение небольшого количества осадков, близкого к норме.

### Решение

Находим среднее арифметическое значение измеренного сопротивления растеканию тока с зонда  $R_{\text{изм}}$

$$R_{\text{изм}} = \sum_{i=1}^n R_{\text{изм}_i} = (18 + 22 + 20)/3 = 20 \text{ Ом},$$

где  $n=3$  – число измерений.

Находим измеренное удельное сопротивление грунта  $\rho_{\text{изм}}$  по формуле

$$\rho_{\text{изм}} = R_{\text{изм}} \frac{2\pi l}{\ln(4l/d)},$$

где  $l$  – длина контрольного зонда, м;

$d$  – его диаметр, м.

Получим

$$\rho_{\text{изм}} = 20 \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3,5}{\ln(4 \cdot 3,5/0,03)} = 71,5 \text{ Ом},$$

Расчетное удельное электрическое сопротивление грунта находим по формуле

$$\rho_{\text{расч}} = \psi \cdot \rho_{\text{изм}},$$

где  $\psi$  – коэффициент сезонности.

При определении коэффициента  $\psi$  учитывают номер климатической зоны, влажность земли во время измерений, длину вертикальных и горизонтальных электродов. При этом можно использовать таблицы, приведенные в учебном пособии (П.А. Долин. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 1984). Для исходных данных, приведенных в условиях задачи, предполагается разместить заземляющее устройство, в климатической зоне III, влажность земли во время измерений – нормальная. При длине вертикальных электродов 3 м и для указанных климатической зоны и влажности находим по таблице 3.12 указанного выше пособия  $\psi_{\text{в}} = 1,3$ . Для горизонтального электрода при тех же исходных данных  $\psi_{\text{г}} = 2,5$ . Поэтому для вертикальных электродов

$$\rho_{\text{расч}_\text{в}} = 1,3 \cdot 71,5 = 93 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

для горизонтального электрода

$$\rho_{\text{расч}_\text{г}} = 2,5 \cdot 71,5 = 179 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Полученные расчетные значения удельных сопротивлений грунта должны использоваться при расчетах заземляющего устройства, по формулам, приведенным в настоящем пособии по теме 5.

## Задача 2

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

### Решение


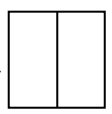
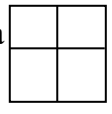
Находим суммарную длину проводников из прутковой стали  $l_r = 3 \cdot 4 + 3 \cdot 2 = 18$  м.

Сопротивление  $R$  растеканию тока с рассматриваемого заземлителя определяют по формуле

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

где  $m$  – конструктивный коэффициент, определяемый по нижеследующей таблице 4:

Таблица 4 - 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 решаемой задачи отношение сторон решетки равно двум, решетка состоит из четырех ячеек, отсюда конструктивный коэффициент  $m=5,44$ . 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

Рассчитать общее сопротивление растеканию тока с заземляющего устройства (ЗУ) питающего трансформатора при линейном напряжении 380 В и следующих технических характеристиках ЗУ: заземлители вертикальные труб-



чатые, размещены в ряд, длина труб  $l_T = 3,5$  м, диаметр труб  $d = 0,05$  м, расстояние между заземлителями  $a = 3,6$  м, число трубчатых заземлителей  $n = 6$ , ширина горизонтальной соединительной полосы  $b = 0,05$  м, расчетное удельное сопротивление грунта в месте заложения ЗУ  $\rho_p = 90$  Ом·м, расстояние от поверхности земли до соединительной полосы  $H_o = 0,8$  м. Коэффициент использования горизонтальной соединительной полосы  $\eta_n$  определите самостоятельно по приведенной ниже таблице. Удовлетворяет ли данное ЗУ требованиям безопасности?

Указания: допустимое сопротивление ЗУ для условий задачи  $R_{доп} = 4$  Ома. Задачу решают в следующем порядке. Определяют сопротивление растеканию тока  $R_T$  одиночного трубчатого заземлителя.

$$R_T = \frac{\rho_p}{2\pi l_T} \left( \ln \frac{2l_T}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l_T}{4t - l_T} \right),$$

где  $t = H_o + l_T/2$  - расстояние от поверхности земли до середины трубчатого заземлителя.

Определяют сопротивление растеканию тока  $R_n$  соединительной полосы.

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

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

Общее сопротивление растеканию тока  $R_{общ}$  ЗУ находят по формуле

$$R_{общ} = \frac{R_T \cdot R_n}{R_T \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_T \cdot n}.$$

Ответ:  $R_{общ} = 3,67$  Ома  $< R_{доп} = 4$  Ома, следовательно, данное ЗУ удовлетворяет требованиям безопасности.

### **Список вопросов для самоконтроля**

1. Как определяются нормативные требования к сопротивлению растеканию тока с ЗУ?
2. Какова требуемая информация для расчета сопротивления растеканию тока с одиночного вертикального электрода?
3. Как определяется длина горизонтальной соединительной полосы ЗУ?
4. Как определяется расчетное удельное электрическое сопротивление грунта в месте заложения ЗУ?
5. На какой глубине обычно закладывается ЗУ?
6. Перечислите металлоконструкции, обычно используемые для изготовления ЗУ.

### **Тема 6. Порядок расчета и проектирования съемных грузозахватных приспособлений**

#### **Цель занятия:**

Изучить последовательность расчетов и проектирования съемных грузозахватных приспособлений (СГП) в виде многоветвевых стропов и траверс.

Форма проведения занятия – решение задач.

#### **Практические задания по теме занятия и к решению задач**

1. Определить требуемые типы СГП в зависимости от вида и габаритов перемещаемых грузов.
2. Определить необходимые длину и диаметр стальных канатов для изготовления грузовых канатных стропов.
3. Определить из условий прочности площадь сечения траверс, используемых для подъема и перемещения длинномерных грузов.
4. Определение допустимой нагрузки скоб, крюков, используемых для грузовых канатных или цепных стропов.
5. Организация безопасной эксплуатации СГП.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Минько В.М. Производственная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 296 с.
2. Минько В.М. Безопасность жизнедеятельности: сборник задач к практическим занятиям. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТ», 2009. – 100 с.

### **Методические указания по выполнению заданий и примеры решения задач**

Съемные грузозахватные приспособления – важная составляющая в обеспечении безопасности работ по подъему и перемещению различных грузов. По-

этому их расчет и проектирование с учетом требований безопасности имеют большое значение.

Виды СГП, их подбор определяются с учетом характеристик перемещаемых грузов. Длинномерные грузы (обычно по длине это грузы равные или более 6 м) поднимаются и перемещаются с помощью СГП в виде траверс. При расчете и проектировании важно правильно определить натяжение в ветвях многоветвевых грузовых канатных стропов, сжимающие нагрузки в траверсах, используемых для перемещения длинномерных грузов. Важно также осуществлять текущий надзор и контроль за использованием СГП и своевременно выводить неисправные СГП из эксплуатации.

## ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### 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 сбегающей ветви полиспаста, идущей вдоль ноги треноги, определено при расчете полиспаста и составляет 0,15 кН. Угол наклона ноги треноги к вертикали примите равным  $\delta=15^\circ$ .

### Решение

Определяем высоту  $H$  ноги треноги

$$h = (h_\phi + h_3 + h_0 + h_c + h_\pi) \cdot \cos \delta ,$$

где  $h_\phi$  - запас высоты над фундаментом,  $h_\phi = 0,3$  м;

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

$h_0$  - расстояние от основания компрессора до места строповки. В задаче  $h_0 = 1,4$  м;

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

$h_\pi$  - высота полиспаста в стянутом виде. Примем  $h_\pi = 0,9$  м.

Получаем

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

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

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

где  $G_0$  - вес поднимаемого оборудования (компрессора),  $G_0 = 50$  кН;

$G_n$  - вес полиспаста (в задаче не учитывается);

$G_H$  - вес ноги треноги (в задаче не учитывается);

$k_n$  - коэффициент перегрузки, принимают равным 1,1;

$k_d$  - коэффициент динамичности, принимают равным 1,1;

$S_n$  - усилие в сбегающей ветви полиспаста. В задаче  $S_n = 0,15$  кН.

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<sup>2</sup>)

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

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

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

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

Получаем

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

Находим расчетную длину ноги треноги

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

где  $\mu$  - 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 равнопрочный стальной уголок по ГОСТ 8509. Находим необходимую площадь сечения уголка  $F^{yg}$  исходя из условия  $F^{yg} \geq F_{\text{тр}} = 2,05 \text{ см}^2$ . Этому условию соответствует уголок профиля №4 с размерами 40x3 мм и радиусом инерции  $r^{yg}=1,23 \text{ см}$ .

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

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

Поскольку значение  $\lambda$  превышает допустимое значение, то по ГОСТ 8509 для изготовления треноги выбираем уголок профиля №7,5 с площадью сечения  $F^{yg}=7,39 \text{ см}^2$  и размерами 75x5 мм, для которого  $r^{yg}=2,31 \text{ см}$ .

Находим значение гибкости  $\lambda$

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

Полученное сечение уголка проверяем на устойчивость по условию

$$N / (F^{yg} \cdot \varphi) \leq mR,$$

где  $\varphi$  - 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 75x5 мм.

### Задача 2

Рассчитать параметры траверсы, включая канатную подвесу, работающей на сжатие, длиной  $l=3$  м, используемой для подъема удлиненного груза весом  $G=880$  кН. Канатные элементы изготовлены из стального троса по ГОСТ 7668, траверса - из стальной трубы по ГОСТ 8732. Схема подъема изображена на рисунке 1. Угол между направлением ветвей 1 стропа и вертикалью составляет  $40^\circ$ .

### 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

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

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.

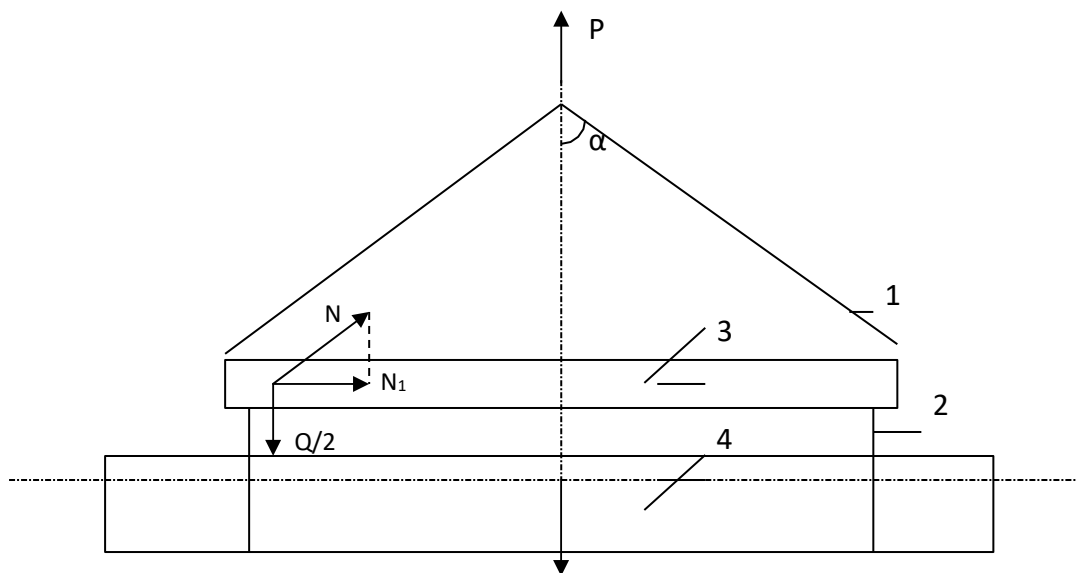


Рис 1. Траверса с канатной подвеской:

1-ветвь двухветвевой стропа, 2 – канат, 3 – траверса, 4 –поднимаемый груз

Натяжение  $N_1$  в канатах 2, очевидно, будет

$$N_1 = Q/2 = 80/2 = 40 \text{ кН.}$$

Требуемое разрывное усилие каната  $R_2 = 6 \cdot 40 = 240$  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

$$N_1 = Qk_n k_d \frac{tg\alpha}{2} = 80 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot \frac{tg45^\circ}{2} = 48,4 \text{ кН,}$$

где  $k_n k_d$  - коэффициенты перегрузки и динамичности, равные 1,1.

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

$$F_{тр} = \frac{N_1}{\varphi_0 m R \cdot 0,1} = \frac{48,4}{0,4 \cdot 0,85210 \cdot 0,1} = 6,78 \text{ см}^2,$$

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  $r=3,47$  см.

Находим гибкость траверсы  $\lambda$

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

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

Определяем коэффициент  $\varphi$  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.

### Задача 3

Рассчитайте характеристики четырехветвевое стропа (минимальную длину и диаметр каната для изготовления стропа), используемого для подъема

прямоугольной плиты весом 50 кН и с размерами (1,2×6) м. Ветви стропа крепятся при подъеме в углах плиты. Используйте стальной канат по ГОСТ 3077 – см. таблицу 5:

Таблица 5- Извлечения из ГОСТ 3077

Диаметр каната, мм	10,5	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,5	17,5	19,5	20,5	22,0	23,0	25,5
Разрывное усилие, кН	53,7	66,2	72,0	81,1	97,8	115,5	135,0	156,0	183,0	210,5	236,5	264,5	324,5

### Список вопросов для самоконтроля

1. С учетом каких исходных условий определяются типы СГП?
2. Какой коэффициент запаса прочности используется при расчете и проектировании канатных и цепных элементов СГП?
3. Как определяется натяжение в ветви многоветвевое канатного грузового стропа?
4. Как определяются типы требуемых съемных грузозахватных приспособлений для оснащения СГП?
5. Укажите требования, относящиеся к организации эксплуатации СГП?

### *Тема 7. Защита систем, работающих под избыточным давлением от разрушения.*

#### Цель занятия:

Изучить мероприятия и соответствующие расчеты, предотвращающие системы, работающие под избыточным давлением, от разрушения.

Форма проведения занятия – решение задач.

#### Практические задания по теме занятия и к решению задач

1. Назначение и общие характеристики производственных объектов, работающих под избыточным давлением.
2. Зависимости возможной мощности взрыва и параметров сосудов, работающих под избыточным давлением.
3. Порядок расчетов толщины стенок цилиндрической части, днищ и крышек сосудов, работающих под избыточным давлением.
4. Расчеты характеристик предохранительных клапанов.
5. Расчеты параметров мембранных предохранительных устройств для сосудов, работающих под избыточным давлением.

6. Требования к контрольно-измерительным приборам для сосудов, работающих под избыточным давлением.
7. Тарировка предохранительных клапанов.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Минько В.М. Производственная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 296 с.
2. Минько В.М. Безопасность жизнедеятельности: сборник задач к практическим занятиям. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТ», 2009. – 100 с.
3. Минько В.М. Охрана труда в машиностроении: учебник / В.М. Минько, Н.А. Евдокимова. – М.: Издательский центр “Академия”, 2022г.-256с.

### **Методические указания по выполнению заданий и примеры решения задач**

Необходимо изучить виды сосудов и систем, работающих под избыточным давлением (СРД), их назначение и требования к эксплуатации. После этого изучаются мероприятия, направленные на защиту СРД от разрушения, так как любое разрушение этих объектов создает угрозу несчастных случаев. Следует изучить методики расчетов толщины корпусов СРД, расчетов и подбора предохранительных устройств, их тарировки на требуемое давление открытия. Важное значение имеет такое оснащение СРД контрольно-измерительными приборами – манометры, термометры, указатели уровня. Рекомендуется изучить требования к выбору типов и технических характеристик этих приборов.

## ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### Задача 1

Определить требуемую толщину цилиндрического тонкостенного сосуда, содержащего некорродирующую среду под повышенным давлением  $P = 2$  МПа, изготовленного из прокатной стали класса С 44/29 с расчетным сопротивлением на растяжение  $R = 260$  МПа. Сосуд имеет закрепляемые болтами плоские торцевые днище и крышку с диаметром окружности по центрам отверстий для болтов  $d = 800$  мм. Внутренний диаметр сосуда  $D = 700$  мм.

Указание: требуемую толщину  $S$ , мм, стенки цилиндрической части сосуда определяют по формуле

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

толщину плоских днищ и крышки находят по формуле



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

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

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

$d$  – диаметр окружности по центрам отверстий для болтов или внутренний диаметр плоской части днища или крышки сосуда, мм;

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

Подставляя численные значения величин в приведенные выше формулы, получаем:

Для стенки цилиндрической части сосуда

$$S = \frac{2 * 700}{(200 * 260 * 0,8) - 2} + 1 = 0,03 + 1 = 1,03 \text{ мм}$$

Для днища и крышки

$$S = 0,1 * 800 \sqrt{\frac{0,18 * 2}{260}} + C = 2,97 + 1 = 3,97 \text{ мм}$$

## Задача 2

Определить требуемую толщину сферического тонкостенного сосуда, содержащего некорродирующую среду под повышенным давлением  $P = 2$  МПа, изготовленного из прокатной стали класса С 44/29 с расчетным сопротивлением на растяжение  $R = 260$  МПа. Сосуд имеет закрепляемые болтами плоские торцевые днище и крышку с диаметром окружности по центрам отверстий для болтов  $d = 400$  мм. Внутренний диаметр сосуда  $D = 800$  мм.

Для решения может быть использована формула

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

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

$E$  – поправка к расчетной толщине, которая равна  $(2 \text{ мм} + C)$ .

Подставляя численные значения в приведенную формулу и принимая  $\Phi = 0,75$ , так как  $h/D_H = 0,5$ , получим

$$S = \frac{800 * 2 * 0,75}{200 * 260} + (2 + 1) = 0,02 + 3 = 3,02 \text{ мм}$$

### Задача 3

Определить число и наименьшую площадь сечения предохранительных клапанов для парового котла с паропроизводительностью  $G = 1800$  кг/ч и избыточным рабочим давлением перед клапаном  $P = 6$  кгс/см<sup>2</sup>. Коэффициент расхода  $\alpha$  для высокоподъемных предохранительных клапанов равен 0,16-0,17.

Указание: наименьшую площадь  $F$  сечения в проточной части предохранительных клапанов можно определить по формуле

$$F = G / [B_1 B_2 \alpha (P_1 + 1)] \text{ мм}^2,$$

где  $B_1 = 1,59 \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{\frac{k}{k+1} \frac{1}{\sqrt{(P_1+1)V_1}}}$  - коэффициент, учитывающий физико-химические свойства водяного пара при рабочих параметрах перед предохранительным клапаном;

$k$  - показатель адиабаты, для перегретого водяного пара  $k=1,31$ , а для насыщенного - 1,13; в задаче примем  $k=1,13$ ;

$P_1$  - допустимое давление в котле перед предохранительным клапаном, кгс/см<sup>2</sup>;

$V_1$  - удельный объем пара перед клапаном при параметрах  $P_1$  и  $T_1$ , м<sup>3</sup>/кг; примем  $V_1 = 0,32$  м<sup>3</sup>/кг;

$T_1$  - температура среды перед клапаном при давлении  $P_1$ . °С; примем  $T_1=150$  °С.

$B_2$  - коэффициент, изменяющийся от 0,6 до 1,0 и учитывающий соотношения давлений перед и за предохранительным клапаном. Его выбирают по специальной таблице ГОСТ 12.2.085 в зависимости от  $k$  и  $\beta$ ; коэффициент  $B_2 =$

$$1, \text{ если } \beta \leq \beta_{кр} = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}};$$

$\beta_{кр}$  - критическое отношение давлений.

Величину  $\beta$  определяют по формуле

$$\beta = \frac{P_2 + 1}{P_1 + 1},$$

где  $P_2$  - максимальное избыточное давление за предохранительным клапаном, в задаче можно принять  $P_2 = 0,5$  кгс/см<sup>2</sup>.

Рекомендуется самостоятельно выполнить решение с использованием указанных исходных данных.

#### Список вопросов для самоконтроля

1. Дайте определение СРД – баллона.
2. Что учитывается при расчете толщины стенки цилиндрической части СРД?
3. В чем особенности расчета толщины плоских и сферических днищ и крышек СРД?

4. Как ведется расчет предохранительных клапанов для СРД?
5. Как ведется расчет предохранительных мембран для СРД?
6. Как определяется давление открытия предохранительных клапанов?
7. Рабочее давление в сосуде 7 МПа. Укажите давление срабатывания предохранительного клапана.

## **Тема 8. Расчет и проектирование системы прожекторного освещения**

### **Цель занятия:**

Освоить методику расчета числа прожекторов, их установку для конкретных условий.

Форма проведения занятия – семинар, решение задач.

### **Практические задания к семинарскому занятию и к решению задач**

1. Порядок определения необходимого светового потока прожекторов для наружного освещения.
2. Определение уровня освещенности от прожекторов.
3. Определение оптимального угла наклона оптической оси прожекторов.
4. Защита от слепящего действия при проектировании прожекторного освещения.
5. Общая характеристика наиболее распространенных отечественных типов световых приборов дальнего действия – прожекторов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Минько В.М. Производственная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 296 с.
2. Минько В.М. Безопасность жизнедеятельности: сборник задач к практическим занятиям. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТ», 2009. – 100 с.
3. Минько В.М. Охрана труда в машиностроении: учебник / В.М. Минько, Н.А. Евдокимова. – М.: Издательский центр “Академия”, 2022г.-256с.

### **Методические указания по выполнению заданий и примеры решения задач**

Прожекторы достаточно часто используются для наружного освещения. Поэтому они должны иметь конструктивное исполнение, относящееся к электрооборудованию, используемому на открытом воздухе, например IP22, IP33, IP52 и др.

Важными составляющими расчета прожекторного освещения является определение необходимого общего светового потока, числа прожекторов, высоты размещения прожекторов во избежание слепящего действия, оптимально-

го угла наклона оптической оси прожекторов, рассредоточения прожекторов по периметру освещаемой территории.

Обслуживание системы прожекторного освещения, наличие средств доступа должно быть обеспечено с учетом требований безопасности.

## ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### Задача 1

Определить необходимое число прожекторов типа ПЗС – 35 для освещения строительной площадки размерами 110×60 м, высоту их установки и оптимальный угол наклона оптической оси прожекторов. Требуемая освещенность  $E_n = 5$  лк, что соответствует каменным работам. Напряжение осветительной сети – 220 В. В прожекторе использована лампа НГ 220-500 мощностью 500 Вт. Максимальная осевая сила света  $I$  этой лампы – 50000 кд, световой поток  $\Phi_l = 8500$  лм. Коэффициенты углов рассеяния для прожектора ПЗС – 35 с лампой НГ 220-500 в горизонтальной плоскости  $m = 0,038$ , а в вертикальной –  $n = 0,00161$  (по справочным данным для указанного типа лампы и прожектора).

### Решение

Находим требуемый общий световой поток  $\Phi_{\text{общ}}$  для освещения территории предприятия

$$\Phi_{\text{общ}} = E_n \cdot S \cdot k_z \cdot k_n, \quad (18)$$

где  $S$  – площадь территории, м<sup>2</sup>;

$k_z$  – коэффициент запаса, его можно принять равным 1,5;

$k_n$  – коэффициент потерь света, учитывающий конфигурацию территории, он может быть принят 1,3.

Имеем по формуле (1)

$$\Phi_{\text{общ}} = 5 \cdot (110 \cdot 60) \cdot 1,5 \cdot 1,3 = 64350 \text{ лм.}$$

Рассчитываем число прожекторов  $N$

$$N = \frac{\Phi_{\text{общ}}}{\Phi_l \cdot \eta_{\text{пр}}} \quad (19)$$

где  $\eta_{\text{пр}}$  – коэффициент полезного действия прожектора, равный 0,35.

Получаем по формуле (2)

$$N = \frac{64350}{8500 \cdot 0,35} = 21,6.$$

Принимаем  $N = 22$  прожектора.

Определяем высоту  $h$  установки прожекторов

$$h = \sqrt{\frac{I}{300}} = \sqrt{\frac{50000}{300}} = 12,9 \text{ м.} \quad (20)$$

Принимаем  $h = 13$  м.

Находим оптимальный угол наклона  $\Theta$  оптической оси прожекторов, который обеспечивает наибольшую площадь светового эллипса в горизонтальной плоскости

$$\Theta = \arcsin \sqrt{m + nE_0^{2/3}}, \quad (21)$$

где  $E_0$  – условная средняя освещенность светового эллипса при высоте установки прожекторов  $h$ . Она рассчитывается по формуле

$$E_0 = 0,5k_3E_n h^2 = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 5 \cdot 13^2 = 633,8 \text{ лк.} \quad (22)$$

Оптимальный угол наклона будет

$$\Theta = \arcsin \sqrt{0,038 + 0,00161 \cdot 633,8^{2/3}} = \arcsin 0,399 = 23^\circ.$$

### Задача 2

Рассчитать параметры прожекторной осветительной установки, если при условиях предыдущей задачи для освещения будут использованы прожекторы ПЗС – 45 с лампой НГ 220-1000 мощностью 1000 Вт при световом потоке  $\Phi_{\text{л}} = 16180$  лм, силе света  $I = 130000$  кд,  $m = 0,0302$ ,  $n = 0,000769$ .

Рекомендуется самостоятельно выполнить решение, используя указанные исходные данные.

### Задача 3

Определить оптимальный угол наклона оптической оси прожектора ПЗС-35 к горизонтальной поверхности  $\Theta$  с использованием формулы

$$\Theta = \arcsin \sqrt{\sin^2 \beta_{\text{в}} + \left( \pi h^2 E_n k \frac{\sin 2\beta_2 \cos \beta_{\text{в}} \operatorname{tg} \beta_{\text{г}}}{2\Phi_{\text{л}}} \right)^{0,75}},$$

где  $\beta_{\text{в}}$ ,  $\beta_{\text{г}}$  - коэффициенты углов рассеяния светового потока соответственно в вертикальной и горизонтальной плоскостях: для прожекторов ПЗС-45  $\beta_{\text{в}} = 19 - 24^\circ$ ;  $\beta_{\text{г}} = 22 - 26^\circ$ , для ПЗС-35  $\beta_{\text{в}} = 9,5^\circ$ ,  $\beta_{\text{г}} = 10,5^\circ$ ;  $h$ ,  $\Phi_{\text{л}}$  взять те же, что и в задаче 1.

### Список вопросов для самоконтроля

1. Что учитывают при расчете угла наклона оптической оси прожектора?
2. Как определяется высота размещения прожекторов?
3. Какие типы прожекторов наиболее часто используются для освещения строительных площадок?
4. Какие средства доступа могут быть использованы для замены перегоревших источников света в прожекторах?
5. Укажите уточняющие коэффициенты, используемые при расчете общего светового потока прожекторов.

## **Тема 9. Расчет и проектирование молниезащитных устройств**

### **Цель занятия:**

Освоить порядок расчета и проектирования стержневых молниезащитных устройств.

Форма проведения занятия – решение задач.

### **Практические задания к практическому занятию, включая решение задач**

1. Классификация и особенности защищаемых объектов по отношению к устройству молниезащиты.
2. Порядок определения надежности защиты от прямых ударов молнии.
3. Порядок определения плотности ударов молнии в 1 км<sup>2</sup> территории.
4. Основные конструктивные элементы молниезащитного устройства (МЗУ).
5. Определение параметров кругового защитного конуса, внутри которого должны находиться защищаемые объекты.

### **Л И Т Е Р А Т У Р А**

1. Минько В.М. Пожарная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 158 с.
2. Минько В.М. Пожарная безопасность. Учебно-методическое пособие по подготовке к практическим (семинарским) занятиям / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 45 с.
3. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. Утв. приказом Минэнерго России от 30.06.2003 г. №280.

### **Методические указания по выполнению заданий и примеры решения задач**

Прежде всего нужно изучить порядок определения требуемого уровня защиты и требуемого уровня надежности защиты от прямых ударов молнии, которая может иметь значения от 0,80 до 0,999. Важно отметить, что уровень и надежность защиты установлены в зависимости от возможных параметров тока молнии. После этого должны быть изучены расчетные формулы, которые в зависимости от принятой надежности позволяют определить геометрические характеристики кругового защитного конуса, в пределах которого должны размещаться защищаемые объекты.

Стержневые МЗУ считаются двойными, если расстояние между ними не превышает предельной величины  $L_{\max}$ , которая определяется по формулам, приведенным в Инструкции. В частности, если надежность принята 0,9, а  $h$  не превышает 30 м, то  $L_{\max}=5,75 h$ . Проектирование двойных МЗУ ведется по формулам, приведенным в Инструкции.

## ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### Задача 1

Принимая надежность молниезащиты равной 0,9, определить требуемую высоту одиночного стержневого молниеотвода для объекта высотой 20, длиной 18, шириной 16 м. Молниеотвод предполагается установить по осевой линии объекта на расстоянии 5 м от торцевой стены.

*Указание к решению задачи:* в Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций (утв. Приказом Минэнерго России от 30.06.2003 г. № 280) приводится формула, связывающая радиус горизонтального  $r_x$  защитного конуса на высоте  $h_x$

$$r_x = \frac{[r_0(h_0 - h_x)]}{h_0}, \quad (23)$$

где  $r_0$  – радиус защитного конуса на уровне земли, м;

$h_0$  – высота конуса, м.

В этой же Инструкции при высоте молниеотвода  $h$  до 100 м и надежности защиты 0,9 указаны следующие зависимости:

$$h_0 = 0,85h, r_0 = 1,2h. \quad (24)$$

Подставим зависимости (2) в формулу (1). Получаем после преобразований важную расчетную формулу для определения высоты молниеотвода

$$h = (0,85r_x + 1,2h_x)/1,02. \quad (25)$$

Высота  $h_x$ , очевидно, равна высоте защищаемого объекта, т.е.  $h_x=20$  м. Что касается радиуса  $r_x$ , то он равен расстоянию от места установки молниеотвода до наиболее удаленной точки объекта. Очевидно, что наиболее удалена угловая часть объекта и расстояние  $r_x$  представляет гипотенузу прямоугольного треугольника, одним катетом которого является половина ширины  $B$  объекта, а вторым – длина  $L$  объекта, сложенная с расстоянием  $l$  от места установки молниеотвода до стены объекта. С учетом изложенного имеем

$$r_x = \sqrt{(L + l)^2 + (B/2)^2}. \quad (26)$$

В рассматриваемой задаче  $L=18$ м,  $l=5$ м,  $B=16$ м. С учетом этих значений по формуле (4) получаем

$$r_x = \sqrt{(18 + 5)^2 + (16/2)^2} = 24,3 \text{ м}$$

По формуле (3) находим требуемую высоту молниеотвода

$$h = (0,85 \cdot 24,3 + 1,2 \cdot 20_x)/1,02 = 43,8 \text{ м}$$

### Задача 2

Какой должна быть требуемая высота молниеотвода для защиты объекта с размерами, указанными в предыдущей задаче, если надежность молниезащиты принять равной 0,99, а предполагаемая высота молниеотвода не превысит 100м.

*Указание к решению задачи:* при надежности защиты 0,99 и высоте мол-

ниеотвода от 30 до 100 м высота защитного конуса  $h_0=0,8h$ , а защитный радиус  $r_0$  на уровне земли определяется по выражению

$$r_0 = [0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$$

### Задача 3

Имеется молниеотвод высотой  $h = 25$  м. Требуемая надежность молниезащиты  $K = 0,9$ . Расстояние от места установки молниеотвода до наиболее удаленной конструктивной части здания  $R = 12$  м. Высота здания составляет 14 м. Можно ли использовать указанный молниеотвод для защиты от удара молнии?

В ходе решения используются данные таблицы 6.

Таблица 6 - К расчетам зон защиты одиночных стержневых молниеотводов

Надежность защиты $K$	Высота молниеотвода $h$ , м	Высота конуса $h_0$ , м	Радиус конуса $R_0$ , м
0,9	От 0 до 100	$0,85h$	$1,2h$
	От 100 до 150	$0,85h$	$[1,2 - 10^{-3}(h-100)]h$
0,99	От 0 до 30	$0,8h$	$0,8h$
	От 30 до 100	$0,8h$	$[0,8 - 1,43 \times 10^{-3}(h-30)]h$
	От 100 до 150	$[0,8 - 10^{-3}(h-100)]h$	$0,7h$
0,999	От 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
	От 30 до 100	$[0,7 - 7,14 \times 10^{-4}(h-30)]h$	$[0,6 - 1,43 \times 10^{-3}(h-30)]h$
	От 100 до 150	$[0,65 - 10^{-3}(h-100)]h$	$[0,5 - 2 \times 10^{-3}(h-100)]h$

### Решение

По формулам в приведенной таблице 6 находим  $h_0 = 0,85 \times h = 0,85 \times 25 = 21,25$  м. Радиус защитного конуса на уровне земли  $R_0 = 1,2 \times h = 30$  м. По формуле (1) находим

$$R_x = R_0(h_0 - h_x)/h_0. \quad (27)$$

$$R_x = 30 (21,25 - 14) / 21,25 = 10,2 \text{ м.}$$



Значение защитного радиуса (10,2 м) оказалось меньше  $R_\phi = 12$  м. Поэтому какая-то часть здания окажется вне зоны защиты и, следовательно, имеющийся молниеотвод не соответствует объекту защиты.

Формула (1) может быть преобразована относительно  $h_0$ . После преобразования получаем

$$h_0 = \frac{R_0 h_x}{R_0 - R_x} \quad (28)$$

Однако согласно таблице 6 величины  $h_0$  и  $R_0$  определяются по своим формулам. Подставляя эти формулы для  $K = 0,9$  и высоты молниеотвода до 100 м в формулу (2) находим

$$h = \frac{1,2h_x + 0,85 R_x}{1,2 * 0,85} \quad (29)$$

Формула (3) позволяет определить требуемую высоту  $h$  молниеотвода, если из фактических данных по объекту защиты известны  $h_x$  и  $R_x$ .

Используя приведенные числовые значения получаем по формуле (30)

$$h = \frac{1,2 * 14 + 0,85 * 12}{1,2 * 0,85} = 26,47 \text{ м.}$$

Таким образом для защиты указанного в задаче объекта с надежностью 0,9 необходим молниеотвод высотой 26,47 м.

При надежности 0,99 и высоте молниеотвода до 30 м с учетом данных таблицы получаем

$$h = (R_x + h_x)/0,8 \quad (31)$$

При высоте молниеотвода от 30 до 100 м, надежности 0,99, используя те же формулы, после преобразований получаем расчетную формулу

$$h = A\sqrt{A^2 - B} \quad (32)$$

где  $A = \frac{0,674 + 0,00143h_x}{0,00228};$

$$B = \frac{0,8 R_x + 0,843h_x}{0,00114};$$

Если использовать значения  $h_x$  и  $R_x$ , указанные в рассмотренной задаче, то по формулу (5) получаем  $h = 32,6$  м. Таким образом, повышение надежности защиты с 0,9 до 0,99 потребовало увеличения высоты молниеотвода с 26,47 м до 32,6

### Список вопросов для самоконтроля

1. Какие элементы входят в конструкцию МЗУ?
2. Как определяется надежность защиты от прямых ударов молнии?
3. Как влияет уровень надежности МЗУ на высоту одиночного стержневого молниеотвода?

4. Как рассчитываются характеристики кругового защитного конуса?
5. При каком условии стержневые МЗУ считаются двойными и требуется другая методика расчета МЗУ?

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Проверка знаний по дисциплине проводится в форме тестирования и в ходе промежуточной аттестации – экзамен.

К тестированию (его дата объявляется преподавателем заранее) необходимо тщательно готовиться. При этом нужно иметь в виду, что в тестовые вопросы включается только тот учебный материал, который уже изложен на лекционных занятиях.

Готовиться нужно последовательно, раздел за разделом. После повторения каждого раздела необходимо выписать числовые данные, конкретные определения, формулировки, относящиеся к содержанию раздела. Нужно учитывать, что именно такие материалы используются при формировании тестовых вопросов. Например: При каком условии стержневые МЗУ считаются двойными? Под какой нагрузкой должны испытываться изготовленные СГП?

Примеры тестов приведены ниже.

Что касается подготовки к экзамену, то нужно учитывать, что экзаменационные вопросы могут охватывать все содержание дисциплины. Поэтому необходимо повторить весь материал учебного пособия, а также материалы практических занятий. Нужно иметь в виду, что преподаватель может не ограничиваться только теми вопросами, которые были выданы заранее на занятии, а предложить ответить и на другие вопросы из программы дисциплины. Именно поэтому нужно повторить весь учебный материал. Отвечая на поставленный вопрос, нужно не ограничиваться в своем ответе только этим вопросом, но использовать свои знания и по смежным вопросам, стараясь при этом продемонстрировать свой кругозор, свою подготовленность.

Примеры экзаменационных вопросов приведены ниже.

#### **ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ**

##### **ТЕСТ 1**

1. Укажите требуемое сопротивление растеканию тока с защитного заземления при междуфазном напряжении 380 В.

- 1) 2 Ом
- 2) 3 Ом
- 3) 4 Ом
- 4) 6 Ом
- 5) 8 Ом

2. Заземляющие электроды могут размещаться следующим образом ...
- 1) Только в линию
  - 2) Только по контуру
  - 3) В линию или по контуру
  - 4) Только по окружности
3. Зона защиты стержневого молниезащитного устройства имеет форму ...
- 1) шара
  - 2) круга
  - 3) куба
  - 4) призмы
  - 5) прямого кругового конуса
4. Обеспечение требований безопасности при проектировании объектов начинается с составления
- 1) технический проект
  - 2) техническое задание
  - 3) эскизные проекты
  - 4) техническое предложение
5. Максимальный допустимый угол между противоположными ветвями грузовых стропов составляет
- 1)  $120^\circ$
  - 2)  $100^\circ$
  - 3)  $90^\circ$
  - 4)  $60^\circ$
  - 5)  $45^\circ$

## ТЕСТ 2

1. Сколько основных направлений включает система обеспечения безопасности?
- 1) Три
  - 2) Четыре
  - 3) Пять
  - 4) Шесть
2. Максимальное число проводов в современной системе электроснабжения предприятия составляет ...
- 1) пять

- 2) шесть
- 3) три
- 4) четыре
- 5) восемь

3. Запас прочности при проектировании грузовых стропов принимается не менее ...

- 1) восьми
- 2) семи
- 3) шести
- 4) пяти
- 5) четырех

4. Электроустановка размещена под навесом. По условиям размещения она относится к...

- 1) Закрытая
- 2) Открытая
- 3) Защищенная
- 4) Не защищенная

5. Толщина стенки СРД до 50 мм. Укажите время выдержки такого сосуда под пробным давлением при гидравлических испытаниях

- 1) 5 мин
- 2) 10 мин
- 3) 15 мин
- 4) 20 мин
- 5) 30 мин

### ТЕСТ 3

1. Каков начальный этап общего порядка системы обеспечения безопасности?

- 1) Собрать статистику несчастных случаев
- 2) Выявление возможных ОВПФ
- 3) Выявление допущенных нарушений
- 4) Проведение спецоценки условий труда

2. Грузовые стропы, изготавливаемые из стальных канатов, должны проектироваться с запасом прочности

- 1) Шесть
- 2) Пять

- 3) Четыре
- 4) Три
- 5) Два

3. Зажимы при изготовлении петель на стальных канатах методом наложения зажимов, если  $d$ -диаметр каната, должны устанавливаться с шагом

- 1)  $6 d$
- 2)  $5 d$
- 3)  $4 d$
- 4)  $3 d$
- 5)  $2 d$

4. Стрелка манометра при рабочем давлении должна находиться в ... трети шкалы прибора

- 1) В первой
- 2) Во второй
- 3) В третьей
- 4) Определяется в зависимости от назначения СРД

5. При этом напряжении электроустановки переменного тока должны иметь защитное заземление во всех случаях

- 1)  $\geq 127 \text{ В}$
- 2)  $\geq 220 \text{ В}$
- 3)  $\geq 380 \text{ В}$
- 4)  $\geq 440 \text{ В}$
- 5)  $\geq 42 \text{ В}$

#### ТЕСТ 4

1. К какому направлению обеспечения пожарной безопасности относится молниезащита?

- 1) Предотвращение пожаров
- 2) Противопожарная защита
- 3) К организационным мероприятиям
- 4) К системе пожарной охраны

2. Предохранительные мембраны должны разрываться при давлении в защищаемом сосуде более чем на ... от рабочего давления

- 1) 10 %
- 2) 15 %
- 3) 20 %

- 4) 25 %
- 5) 50 %

3. При проектировании предохранительных мембран определяют следующие их параметры:

- 1) Диаметр сбросного отверстия
- 2) Диаметр или диагональ сбросного отверстия
- 3) Диаметр или диагональ сбросного отверстия и толщину мембраны
- 4) Толщину мембраны и разрушающее давление

4. На все предохранительные устройства, используемые на СРД должны быть подготовлены

- 1) Производственные инструкции (ПИ) и паспорта (П)
- 2) Инструкции по эксплуатации (ИЭ) и ПИ
- 3) П и ИЭ
- 4) ПИ, П и ИЭ

5. В этом документе указывается скорость подъема давления при испытаниях СРД

- 1) В паспорте
- 2) В инструкции по монтажу и эксплуатации СРД
- 3) В проекте СРД
- 4) В инструкции по охране труда

## ТЕСТ 5

1. Какова основная цель разработки оптимальной программы снижения травмоопасности?

- 1) Обоснование объема финансирования
- 2) Установление причин несчастных случаев
- 3) Обоснование оптимальной последовательности реализации мероприятий
- 4) Составление общего перечня предупредительных мероприятий

2. Объясните причину запрещения замены гидравлического испытания СРД на пневматическое

- 1) Увеличивается время испытаний
- 2) Увеличивается скорость коррозии
- 3) При сжатии воздуха накапливается потенциальная энергия
- 4) При сжатии воздуха возрастает температура
- 5) Усложняется обнаружение мест негерметичности СРД

3. Размер опасной зоны от опор молниезащиты при грозе составляет ...

- 1) 2 м
- 2) 3 м
- 3) 4 м
- 4) 5 м
- 5) 6 м

4. Относительная влажность воздуха в помещении длительно превышает 75 %. По возможности поражения током данное помещение имеет класс опасности

- 1) Без повышенной опасности
- 2) С повышенной опасностью
- 3) Особо опасное
- 4) Чрезвычайно опасное

5. Электроустановка размещена под навесом. По условиям размещения она относится к

- 1) Закрытая
- 2) Открытая
- 3) Защищенная
- 4) Не защищенная

#### ТЕСТ 6

1. На какую нагрузку рассчитывается площадь поперечного сечения траверсы?

- 1) На растяжение
- 2) На изгиб
- 3) На сжатие
- 4) На растяжение и изгиб

2. Манометры должны подвергаться проверке с периодичностью ...

- 1) Один раз в месяц
- 2) Один раз в квартал
- 3) Один раз в год
- 4) Один раз в два года
- 5) Один раз в три года

3. Оси продольных сварных швов на смежных элементах СРД должны быть смещены не менее чем ...

- 1) 200 мм
- 2) 150 мм

- 3) 100 мм
- 4) 75 мм
- 5) 50 мм

4. На табличке, прикрепляемой к СРД, должны быть указаны значения следующих давлений

- 1) Рабочего
- 2) Расчетного
- 3) Пробного
- 4) Рабочего и пробного
- 5) Рабочего, расчетного и пробного

5. Проводник, применяемый для защиты людей от поражения током, обозначается

- 1) PEN
- 2) PE
- 3) N
- 4) PN

#### ТЕСТ 7

1. Как определяется требуемый уровень защиты при проектировании молниезащиты?

- 1) Учитывается плотность ударов молнии
- 2) Учитывается длина и ширина защищаемых объектов
- 3) Учитываются возможные параметры тока молнии
- 4) Учитывается число защищаемых объектов

2. Безопасная величина тока  $i$  (мА) и время его протекания  $t$  (с) связаны соотношением...

- 1)  $i \cdot t \leq 50$
- 2)  $i \cdot t \leq 40$
- 3)  $i \cdot t \leq 30$
- 4)  $i \cdot t \leq 20$
- 5)  $i \cdot t \leq 10$

3. Сопротивление растеканию тока с соединительной полосы заземляющего устройства зависит от её следующих характеристик:

- 1) Длины полосы
- 2) Ширины полосы
- 3) Толщины полосы и её ширины
- 4) Длины полосы и глубины заложения



5) Длины полосы, её ширины и глубины заложения

4. Расчет и проектирование многоветвевых грузовых стропов состоит в определении ...

1) Длины ветвей стропы

2) Длины и диаметра каната для изготовления стропы

3) Диаметра каната, используемого для изготовления стропы

4) Длины, диаметра и числа прядей в канате, используемом для изготовления стропы

5. Какие параметры СРД учитываются при расчете толщины их плоских днищ и крышек?

1) Только диаметр СРД

2) Только давление в СРД

3) Давление и диаметр СРД

4) Давление, диаметр и длительность использования СРД

5) Давление, диаметр, длительность использования СРД и скорость нарастания давления

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ» для студентов направления 20.04.01 «Техносферная безопасность»

1. Понятия безопасности, безопасности труда, охраны труда, опасности и риска.

2. Общая характеристика основных направлений системы обеспечения безопасности.

3. Общий порядок обеспечения производственной безопасности.

4. Определение оптимальной последовательности реализации мероприятий в системе обеспечения безопасности.

5. Общая характеристика технических мероприятий по обеспечению электробезопасности.

6. Порядок расчета и проектирования системы защитного заземления.

7. Принципиальная схема зануления. Роль заземлений в системе зануления.

8. Материалы и порядок устройства защитных заземлений.

9. Преимущества использования естественных заземлителей при устройстве защитных заземлений.

10. Промышленная вентиляция как одно из технических мероприятий в системе обеспечения безопасности.

11. Требования безопасности, учитываемые при расчете и проектировании искусственного освещения.
12. Определение длины ветвей многоветвевых грузовых канатных стропов.
13. Определение диаметра стальных канатов и соединительных деталей при расчете и проектировании СГП.
14. Содержание расчета и проектирования траверс как разновидностей СГП.
15. Особенности расчета и проектирования цепных грузовых стропов.
16. Расчет и проектирование контрольных грузов для проведения технических освидетельствований подъемных сооружений.
17. Виды оборудования и систем, работающих под избыточным давлением. Особенности обеспечения их безопасного использования.
18. Общая характеристика технических мероприятий по защите СРД от разрушения.
19. Определение толщины стенок цилиндрической части СРД.
20. Определение толщины стенок плоских и сферических днищ и крышек СРД.
21. Общая характеристика предохранительных устройств при использовании СРД.
22. Расчеты предохранительных мембран.
23. Расчеты предохранительных клапанов.
24. Тарировка предохранительных клапанов.
25. Требования безопасности, учитываемые при расчете и проектировании прожекторного освещения.
26. Общая характеристика основных направлений обеспечения пожарной безопасности.
27. Расчет и проектирование стержневых молниезащитных устройств.
28. Системы противопожарной защиты. Особенности расчета и проектирования отдельных мероприятий

#### **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Самостоятельная работа студентов заключается в повторении теоретического материала, подготовке к практическим занятиям (семинарам), подготовке к тестированию, к экзамену по дисциплине, подготовке курсовой работы.

Что касается повторения теоретического материала, то необходимо выделять на это время перед очередной лекцией, не допускать накопления материалов, по отношению к которым никакого повторения, самостоятельной работы не проводилось. Ни одну учебную дисциплину нельзя изучить наскоком, без

систематической по ней работы, тем более по дисциплинам, относящимся к техносферной безопасности. Студенту рекомендуется расширять свой кругозор, знакомиться с рядом смежных вопросов. Мимоходом, без систематической работы, достичь этого нельзя.

При подготовке к практическим занятиям (семинарским) нужно ориентироваться на те задания, которые разработаны и приведены по каждой теме. Целесообразно в ходе подготовки делать соответствующие записи и попытаться вслух дать ответ на один-два задания. Подобная «репетиция» имеет большое практическое значение, обеспечивает чувство уверенности на предстоящем семинаре.

При подготовке курсовой работы нужно использовать отдельное учебно-методическое пособие.

Подготовка к экзамену заключается в рассмотрении именно всех вопросов. Если же имеется какой-либо резерв времени, то необходимо перейти к более детальному рассмотрению экзаменационных вопросов. Нельзя создавать ситуацию, при которой какой-либо вопрос остался полностью нерассмотренным.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В дисциплине «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности» рассматриваются, кроме общих вопросов, и те технические задачи, решения которых должен обеспечить специалист по охране труда. В этом состоит практическое значение дисциплины.

Студенты должны учитывать, что в нормативные правовые акты в сфере техносферной безопасности, пожарной безопасности постоянно вносятся изменения и дополнения. Поэтому в работе нужно использовать только действующие нормативные правовые акты в новейшей редакции.

В конце ещё прошлого века в стране был провозглашен известный лозунг: От техники безопасности к безопасной технике. То есть, не правила, не их наращивание должно быть основным в стране, а создание именно безопасной техники (морских и речных судов, тракторов и комбайнов, станков, подъемных сооружений, атомных реакторов и т.п.), для которой громоздкие правила не нужны. Именно поэтому дисциплина «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности», имеющая целью обеспечение безопасности технических систем, получает важное значение в подготовке магистров по направлению «Техносферная безопасность».

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. Минько В.М. Производственная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 296 с.
2. Минько В.М. Пожарная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2015. – 158 с.
3. Беляков Г.И. Пожарная безопасность: учебное пособие / Г.И. Беляков. – М.: Изд-во Юрайт, 2023. – 143 с.
4. Правдин Б.А. Производственная безопасность оборудования и высокотемпературных технологических процессов: учеб. пособие / Б.А. Правдин, Е.Е. Минликаева, Н.В. Якшина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2020. – 76 с.
5. Попов А.А. Производственная безопасность: учеб. пособие / А.А. Попов. – С.-П.: Изд-во «Лань», 2021. – 432 с.
6. Минько В.М. Математическое моделирование в охране труда. Монография. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 248 с.
7. Минько В.М. Численные методы в охране труда / В.М. Минько, Н.А. Евдокимова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 200 с.
8. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
9. Минько В.М. Безопасность жизнедеятельности: сборник задач к практическим занятиям. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТ», 2009. – 100 с.
10. Минько В.М. Охрана труда в машиностроении: учебник / В.М. Минько, Н.А. Евдокимова. – М.: Издательский центр “Академия”, 2022. – 256 с.
11. Минько В.М. Пожарная безопасность. Учебно-методическое пособие по подготовке к практическим (семинарским) занятиям / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 45 с.
12. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. Утв. приказом Минэнерго России от 30.06.2003г. № 280

Локальный электронный методический материал

Виктор Михайлович Минько

РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОСТИ

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 3,5. Печ. л. 3,3.

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1