

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Институт рыболовства и аквакультуры

В. М. Минько

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Учебно-методическое пособие по лабораторным занятиям для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

Калининград
2023

УДК 658.382.3

Рецензент

кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Калининградский
государственный технический университет»

Н.А. Евдокимова

Минько, В. М. Производственная безопасность: учеб.-методич. пособие по лаб. занятиям для студ. бакалавриата по напр. подгот. 20.03.01 Техноферная безопасность / **В. М. Минько.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 105 с.

В учебно-методическом пособии содержатся указания по выполнению лабораторных работ по разделам дисциплины «Производственная безопасность», включающие цель проведения работы, материальное обеспечение, методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, требования к содержанию отчетов, вопросы для самоконтроля, рекомендуемая литература.

Рис. 13, табл. 32, список лит. - 11 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «28» августа 2023 г., протокол № 16

УДК 658.382.3

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет»
© Минько В. М., 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа №1: Исследование безопасности и эффективности искусственного освещения	7
Лабораторная работа №2: Исследование взрывозащищенности электрического оборудования взрывонепроницаемого исполнения.....	23
Лабораторная работа №3: Определение концентрационных пределов распространения пламени (воспламенения) газозодушных смесей	34
Лабораторная работа №4: Специальная оценка условий труда в промышленности	49
Лабораторная работа №5: Исследование опасности поражения человека электрическим током в трехфазных электрических сетях.....	68
Лабораторная работа №6: Оценка текущего состояния и определение пригодности съёмных грузозахватных приспособлений к использованию.....	79
Лабораторная работа №7: Исследование систем автоматической пожарной сигнализации.....	91
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ.....	104

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Производственная безопасность» является формирование у студентов необходимых знаний и умений по обеспечению безопасности трудовой деятельности.

Задачами дисциплины являются изучение и освоение технологии обеспечения безопасности труда, методов и среды обеспечения безопасности погрузочно-разгрузочных работ, электробезопасности, газовой безопасности, безопасности систем, работающих под избыточным давлением, безопасности сварочных работ, строительного производства, работ на высоте.

Целью лабораторного практикума является практическое изучение порядка использования различных приборов контроля факторов производственной среды, нормирования этих факторов и обеспечения их допустимых значений, включая использование различных технических средств.

Задачи лабораторного практикума включают исследование безопасности и эффективности производственного освещения, исследование взрывозащищённости электрооборудования, взрывоопасности газозооных смесей, уровня опасности трехфазных электрических сетей, пригодности съемных грузозахватных приспособлений к использованию.

Согласно действующим учебным планам по дисциплине «Производственная безопасность» для студентов бакалавриата по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность» предусмотрены лабораторные работы. Они включают изучение приборов контроля факторов производственной и окружающей природной среды, порядка производства инструментальных замеров, обработки их результатов. Изучается также содержание нормирования факторов производственной среды и трудовых процессов.

Настоящий лабораторный практикум разработан с учетом требований государственной системы стандартов безопасности труда (ССБТ), строительных норм и правил (СНиП), санитарных правил и норм (СанПиН), других современных норм и правил в области промышленной безопасности и охраны труда. Для каждой лабораторной работы указаны цель ее проведения, материальное обеспечение, общие сведения, порядок проведения, требования к содержанию отчетов, вопросы для программированного контроля степени готовности к выполнению работы, контрольные вопросы для самопроверки готовности к защите работы. В конце практикума приведен общий список литературы.

При подготовке практикума использованы материалы ОАО «ИНТОС» и НПО «РОСУЧПРИБОР».

Перед началом проведения лабораторных занятий преподаватель проводит инструктаж по охране (безопасности) труда с учетом конкретных опасных и вредных производственных факторов, возникающих при проведении

экспериментов, излагает безопасные приемы работы с отдельными установками и контрольно-измерительными приборами, меры пожарной безопасности. По окончании инструктажа студенты расписываются в журнале инструктажей или в учетной карточке посещаемости с указанием даты его проведения.

Помещение для выполнения лабораторных работ, размещение оборудования должны соответствовать ГОСТ 12.4.113 «ССБТ. Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности».

К выполнению лабораторных работ студенты должны готовиться заблаговременно (за один – два дня). При этом необходимо изучить соответствующие разделы по учебникам [1], [2], настоящее учебно-методическое пособие, устройство соответствующей лабораторной установки, порядок включения приборов, подготовить таблицы для записи экспериментальных данных.

Перед выполнением работы в лаборатории студенты должны повторить учебный материал по соответствующей работе, затем с разрешения преподавателя необходимо ответить на программированные вопросы для контроля готовности к выполнению работы и при положительных результатах контроля приступить к работе.

В процессе работы в целях безопасности запрещается:

разбирать или ремонтировать лабораторные установки;

снимать ограждения, проникать внутрь корпуса установок;

включать электропитание через розетки, не предназначенные для данной установки;

ослаблять запорную арматуру на газовой сети, оставлять включенными установки с применением газа без надзора;

прикасаться к нагретым частям установок.

При появлении нехарактерного шума, напряжения на корпусе, дыма, запаха необходимо обесточить установку и доложить инженеру или преподавателю.

В процессе выполнения работы нужно пользоваться только приборами и приспособлениями, предназначенными для данной установки. После проведения работы все установки и приборы необходимо отключить от сети. В конце занятия рабочие места, лабораторные установки, приборы приводят в исходное состояние и сдают инженеру или лаборанту.

Отчеты по выполненным лабораторным работам готовятся индивидуально каждым студентом. Для их написания рекомендуется использовать двойные тетрадные листы школьного формата. На титульной стороне листа указываются наименование учебного заведения, кафедры, фамилия и инициалы студента, номер группы, номер и наименование выполненной лабораторной работы, номер варианта, дата. Первоначально отчет готовится в виде черновика, который предъявляется на подпись преподавателю

сразу после выполнения работы. К защите предъявляется чистовой вариант вместе с черновиком.

Содержание отчета должно соответствовать указаниям к выполненной лабораторной работе.

При защите студент должен дать пояснения по результатам работы и ответить на контрольные вопросы в объеме теоретической части соответствующих методических указаний.

В результате основания заданий по лабораторному практикуму студент должен

ЗНАТЬ:

- требования безопасности при выполнении работ;
- номенклатуру и устройство приборов контроля, используемых в практике обеспечения производственной безопасности;
- содержание нормирования искусственного освещения, взрывозащиты, характеристик съемных грузозахватных приспособлений (СГП);
- требования к системам автоматической пожарной сигнализации;
- требования к порядку проведения специальной оценки условий труда (СОУТ).

УМЕТЬ:

- пользоваться приборами контроля факторов производственной среды;
- оценить пригодность способа взрывозащиты, характеристик СГП, системы освещения, системы пожарной сигнализации к применению и использованию.

ВЛАДЕТЬ:

- нормативно-правовыми актами в области производственной безопасности, к которым относится настоящий лабораторный практикум;
- навыками использования приборов контроля, лабораторных установок и оборудования;
- навыками формулировки выводов по результатам выполненной работы, оформления отчета по выполненной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ТЕМА: ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1.1. Цель: изучить количественные и качественные характеристики освещения, пульсации освещенности, условия возникновения стробоскопического эффекта, оценить влияние типов источников света и светильников, а также цветового оформления интерьеров помещений на освещенность и коэффициент использования светового потока.

1.2. Материальное обеспечение: макет производственного помещения, оборудованного различными источниками искусственного освещения, люксметр-пульсметр.

1.3. Теоретическая часть.

Рациональное освещение помещений и рабочих мест – одно из важнейших условий создания благоприятных и безопасных условий труда. Около 80 % из общего объема информации человек получает через зрительный аппарат. Качество получаемой информации во многом зависит от освещения: неудовлетворительное в количественном или качественном отношении освещение не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Нерационально организованное освещение может, кроме того, явиться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации освещенности ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта.

В зависимости от источников света освещение может быть трех видов: естественное, искусственное и совмещенное (смешанное).

Для гигиенической оценки освещения используют светотехнические характеристики, принятые в физике.

Видимое излучение – участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длин волн от 380 до 770 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$), регистрируемых человеческим глазом.

Световой поток F – мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею зрительному ощущению. За единицу светового потока принят люмен (лм).

Сила света I_α – пространственная плотность светового потока:

$$I_\alpha = dF/d\omega, \quad (1)$$

где dF – световой поток (лм), равномерно распределяющийся в пределах телесного угла $d\omega$. Единица измерения силы света – кандела (кд), равная световому потоку 1 лм (люмен), распространяющемуся внутри телесного угла в 1 стерадиан.

Освещенность – поверхностная плотность светового потока, люкс (лк):

$$E = dF/dS, \quad (2)$$

где dS – площадь поверхности (m^2), на которую падает световой поток dF .

Яркость B – поверхностная плотность силы света в заданном направлении. Яркость, являющаяся характеристикой светящегося тела или участка его поверхности, равна отношению силы света в каком-либо направлении к площади проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению. Единицей измерения яркости является $кд/m^2$, это яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света в 1 кд с площади $1 m^2$.

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых испытывается недостаток естественного света, а также для освещения помещения в те часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

По принципу организации искусственное освещение можно разделить на два вида: общее и комбинированное.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным или локализованным. *Общее равномерное* освещение создает условия для выполнения работ в любом месте освещаемого пространства. При *общем локализованном* освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создавать повышенную освещенность на рабочих местах.

Комбинированное освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, а также при необходимости создания в процессе работы определенной направленности светового потока. *Местное* освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним участках. Оно может быть стационарным и переносным. Применение только местного освещения в производственных помещениях запрещается.

По функциональному назначению освещение подразделяется на *рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, ремонтное*.

Рабочее освещение предусматривается для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей, стоянки и движения транспорта.

Аварийное освещение в помещениях и на местах производства работ необходимо предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования может привести к

взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса или работы важных объектов жизнеобеспечения. Наименьшая освещенности, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

Эвакуационное освещение следует предусматривать в местах, отведенных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей в количестве более 50 человек. Это освещение должно обеспечивать на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц освещенность не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытой территории.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территории, охраняемой в ночное время. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли.

В качестве источников искусственного освещения применяются лампы *накаливания, газоразрядные лампы*, светодиодные источники света.

В *лампах накаливания* источником света является раскаленная вольфрамовая проволока. Эти лампы дают непрерывный спектр излучения с повышенной (по сравнению с естественным светом) интенсивностью в желто-красной области спектра. По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные, газонаполненные, бесспиральные (галогенные).

Общим недостатком ламп накаливания является сравнительно небольшой срок службы (менее 2000 часов) и малая световая отдача (отношение создаваемого лампой светового потока к потребляемой электрической мощности) (8 – 20 лм/Вт). В промышленности они находят применение для организации местного освещения.

Наибольшее применение в промышленности находят *газоразрядные лампы* низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления, называемые *люминесцентными*, содержат стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором, наполненную дозированным количеством ртути (30-80 мг) и смесью инертных газов под давлением около 400 Па. На противоположных концах внутри трубки размещаются электроды, между которыми, при включении лампы в сеть, возникает газовый разряд, сопровождающийся излучением преимущественно в ультрафиолетовой области спектра. Это излучение, в свою очередь, преобразуется люминофором в видимое световое излучение. В зависимости от состава люминофора люминесцентные лампы обладают различной цветностью.

В последние годы появились газоразрядные лампы низкого давления со встроенным высокочастотным преобразователем. Газовый разряд в таких лампах (называемый *вихревым*) возбуждается на высоких частотах (десятки кГц) за счет чего обеспечивается очень высокая светоотдача.

К газоразрядным лампам высокого давления (0,03 – 0,08 МПа) относят *дуговые ртутные лампы* (ДРЛ). В спектре излучения этих ламп преобладают составляющие зелено-голубой области спектра.

Основными достоинствами газоразрядных ламп является их долговечность (свыше 10000 часов), экономичность, малая себестоимость изготовления, благоприятный спектр излучения, обеспечивающий высокое качество цветопередачи, низкая температура поверхности. Светоотдача этих ламп колеблется в пределах от 30 до 105 лм/Вт, что в несколько раз превышает светоотдачу ламп накаливания.

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливается в зависимости от характеристики зрительной работы и регламентируется сводом правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение», а также различными отраслевыми и межотраслевыми правилами охраны труда и стандартами ССБТ.

Характеристика зрительной работы определяется минимальным размером объекта различения, контрастом объекта различения с фоном и свойствами фона.

Объект различения – рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые следует контролировать в процессе работы.

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается: светлым при коэффициенте отражения ρ светового потока поверхностью более 0,4; средне-светлым – при коэффициенте отражения от 0,2 до 0,4; темным – при коэффициенте отражения менее 0,2.

Контраст объекта различения с фоном (K) определяется отношением абсолютной величины разности яркостей объекта V_o и фона V_f к наибольшей из этих двух яркостей. Контраст считается большим при значениях K более 0,5; средним – при значениях K от 0,2 до 0,5; малым – при значениях K менее 0,2.

Все зрительные работы делятся на 8 разрядов в зависимости от размера объекта различения и условий зрительной работы. Допустимые значения наименьшей освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях в соответствии с СП 52.13330 приведены в Приложении 1.

Кроме цветности источников света и цветовой отделки интерьера, влияющих на субъективную оценку освещения, важным параметром, характеризующим качество освещения, является коэффициент пульсации освещенности $K_{п}$:

$$K_{п} = (E_{\max} - E_{\min}) / 2E_{\text{ср}} \cdot 100\% , \quad (3)$$

где E_{\max} – максимальное значение пульсирующей освещенности на рабочей поверхности;

E_{\min} – минимальное значение пульсирующей освещенности;

$E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности.

Пульсации освещенности на рабочей поверхности не только утомляют зрение, но и могут вызывать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта за счет появления стробоскопического эффекта. *Стробоскопический эффект* – кажущееся изменение или прекращение движения объекта, освещаемого светом, периодически изменяющимся с определенной частотой. Например, если вращающийся белый диск с черным сектором освещать пульсирующим световым потоком (вспышками), то сектор будет казаться неподвижным при частоте $f_{\text{всп}} = f_{\text{вращ}}$, медленно вращающимся в обратную сторону при $f_{\text{всп}} > f_{\text{вращ}}$, медленно вращающимся в ту же сторону при $f_{\text{всп}} < f_{\text{вращ}}$, где $f_{\text{всп}}$ и $f_{\text{вращ}}$ – соответственно частоты вспышек и вращения диска. Пульсации освещенности на вращающихся объектах могут создавать видимость их неподвижности, что в свою очередь, может явиться причиной травматизма. Таким образом, стробоскопический эффект – это явление искажения зрительного восприятия вращающихся, движущихся или сменяющихся объектов в мелькающем свете.

Значение $K_{\text{п}}$ меняется от нескольких процентов (для ламп накаливания) до нескольких десятков процентов (для люминесцентных ламп). Малое значение $K_{\text{п}}$ для ламп накаливания объясняется большой тепловой инерцией нити накала, препятствующей заметному уменьшению светового потока $F_{\text{лн}}$ ламп в момент перехода мгновенного значения переменного напряжения сети через 0. В то же время газоразрядные лампы обладают малой инерцией и меняют свой световой поток $F_{\text{лн}}$ почти пропорционально амплитуде сетевого напряжения.

Для уменьшения коэффициента пульсации освещенности $K_{\text{п}}$ люминесцентные лампы включаются в разные фазы трехфазной электрической сети.

В соответствии СП 52.13330 коэффициент пульсации освещенности $K_{\text{п}}$ нормируется в зависимости от разряда зрительных работ в сочетании с показателем ослепленности P

$$P = (Q - I) \cdot 10^3, \quad (4)$$

где Q – коэффициент ослепленности, определяемый как

$$Q = (\Delta V_{\text{пор}})_Q / \Delta V_{\text{пор}}, \quad (5)$$

где $\Delta V_{\text{пор}}$ – пороговая разность яркости объекта и фона при обнаружении объекта на фоне равномерной яркости, $(\Delta V_{\text{пор}})_Q$ – то же при наличии в поле зрения блеского (яркого) источника света.

В реальных условиях на освещенность рабочих поверхностей в производственном помещении влияют такие факторы как отражение и поглощение света стенами, потолком и другими поверхностями, расстояние от светильника до рабочей поверхности, состояние излучающей поверхности

светильника, наличие рассеивателя света и т.д. Вследствие этого полезно используется лишь часть светового потока, излучаемого источником света.

Величина, характеризующая эффективность использования источников света, называется *коэффициентом использования светового потока или коэффициентом использования осветительной установки* (η) и определяется как отношение фактического светового потока ($F_{\text{факт}}$) к суммарному световому потоку ($F_{\text{лампы}}$) используемых источников света, определенному по их номинальной мощности в соответствии с нормативной документацией, т.е. имеем

$$\eta = F_{\text{факт}}/F_{\text{лампы}} , \quad (6)$$

Значение фактического светового потока $F_{\text{факт}}$ определяется по результатам измерений в помещении средней освещенности $E_{\text{ср}}$ по формуле

$$F_{\text{факт}} = E_{\text{ср}} \cdot S , \quad (7)$$

где S – площадь помещения, м^2 .

На практике необходимо учитывать, что реальный световой поток $F_{\text{лампы}}$ меньше нормативного за счет старения ламп, запыления и загрязнения светильников. В связи с этим при расчете мощности и количества светильников, которые должны обеспечить необходимую освещенность помещения, необходимо вводить некоторый коэффициент запаса k , больший единицы. Кроме того, расчетную суммарную мощность светильников необходимо дополнительно увеличить в Z раз, где Z – коэффициент неравномерности освещения, равный отношению средней освещенности помещения к минимальной (обычно $Z = 1,1 - 1,2$).

Отражающие свойства поверхностей помещения можно учесть с помощью коэффициента отражения светового потока ρ . В случае равномерно диффузного отражения, когда отраженный световой поток рассеивается с одинаковой яркостью во всех направлениях, яркость участка равномерно диффузно отражающей поверхности равна

$$B_{\text{отр}} = E \cdot \rho / \pi , \quad (8)$$

где E – освещенность поверхности, лк.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

2.1. В процессе выполнения работы необходимо измерить освещенность, создаваемую различными источниками света и сравнить с нормативными значениями. По измеренным значениям освещенности определить коэффициент использования осветительной установки. Измерить и сравнить коэффициенты пульсаций освещенности, создаваемой различными источниками света, оценить зависимость коэффициента пульсаций освещенности от способа подключения ламп к фазам трехфазной сети.

2.2. Работа выполняется на лабораторной установке, которая состоит из макета производственного помещения, оборудованного различными источниками искусственного освещения, и люксметра-пульсметра для измерения значений освещенности и коэффициента её пульсаций. Макет и люксметр-пульсметр устанавливаются на стол лабораторный.

Внешний вид макета представлен на рис. 1. Макет имеет каркас 1 из алюминиевого профиля, пол 2, потолок 3, боковые стенки 4, заднюю стенку и переднюю стенку 5. Задняя и боковые стенки являются съемными и могут устанавливаться любой из двух сторон внутрь макета помещения, фиксируясь в проемах каркаса с помощью магнитных защелок. Одна сторона стенок окрашена в светлые тона, другая – в темные тона, при этом нижняя окрашенная половина стенки темнее верхней.

Передняя стенка 5 жестко вмонтирована в каркас и выполнена из тонированного прозрачного стекла.

В передней нижней части каркаса 1 предусмотрено окно для установки измерительной головки 6 люксметра-пульсметра 7 внутри каркаса, на полу 2 размещен вентилятор 8 для наблюдения стробоскопического эффекта и охлаждения ламп в процессе работы.

На потолке 3 размещены семь патронов, в которых установлены две лампы накаливания 9, три люминесцентные лампы 10 типа КЛ9, галогенная лампа 11 и люминесцентная лампа 12 типа СКЛЭН с высокочастотным преобразователем. Вертикальная проекция ламп отмечена на полу 2 кружками с цифрами, соответствующими номерам ламп на лицевой панели макета.

Включение электропитания установки производится автоматом защиты, находящимся на задней панели каркаса, и регистрируется сигнальной лампой, расположенной на передней панели каркаса.

На передней панели каркаса (рис. 2) расположены органы управления и контроля, в том числе:

- лампа индикации включения напряжения сети (расположена справа);
- переключатель для включения вентилятора (расположен вторым слева);
- ручка регулирования частоты вращения вентилятора (расположена справа);
- переключатели (1 – 7) для включения ламп.

определяется насадками. В положении 100 переключателя 4 диапазона измерения с насадками К и М измеряется освещенность до 1000 лк, с насадками К и Р – до 10000 лк и с насадками К и Т – до 100000 лк. В положении 30 переключателя диапазона измерения с этими же насадками измеряется освещенность до 300 лк, 3000 лк и 30000 лк соответственно.

При включении питания прибор позволяет измерять коэффициент пульсации освещенности в диапазоне от 0 до 30 % или от 0 до 100 % в зависимости от положения переключателя диапазона измерения. Следует обратить внимание на то, чтобы измерение коэффициента пульсации производилось при тех же насадках, что и измерение освещенности.

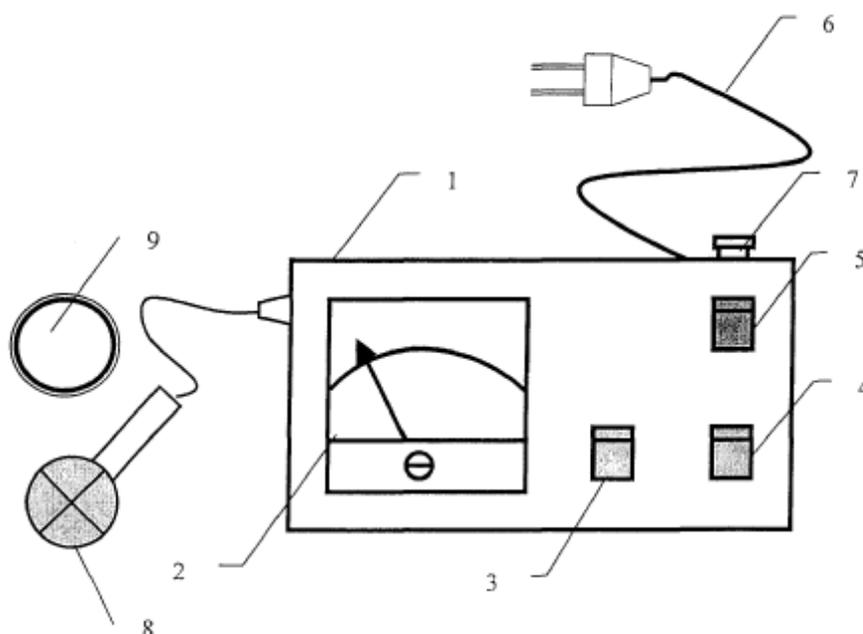


Рис. 3

2.3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

2.3.1. Установить стенки (заднюю и боковые) макета производственного помещения таким образом, чтобы стороны, окрашенные в темные тона, были обращены внутрь помещения (для удобства установки в стенках предусмотрены по два отверстия).

2.3.2. Включить установку с помощью автомата защиты, находящегося на задней панели каркаса (с разрешения преподавателя).

2.3.3. Включить исследуемую лампу – см. варианты выполнения лабораторной работы, приведенные в табл. 1.

Таблица 1 - Варианты выполнения лабораторной работы

№ варианта	Разряд и подразряд зрительной работы	Исследуемые типы ламп
1	IIб	Лампа накаливания Лампа галогенная
2	IIг	Лампа накаливания криптоновая Лампа люминесцентная
3	IIIг	Лампа люминесцентная Лампа накаливания
4	IVа	Лампа накаливания Лампа люминесцентная СКЛЭН
5	IVг	Лампа люминесцентная Лампа люминесцентная СКЛЭН
6	Vа	Лампа накаливания криптоновая Лампа люминесцентная СКЛЭН
7	Vб	Лампа накаливания Лампа накаливания криптоновая
8	VI	Лампа галогенная Лампа накаливания криптоновая

2.3.4. Произвести измерение освещенности E_i с помощью люксметра-пульсметра в пяти точках макета производственного помещения (в центре и углах пола), определить среднее арифметическое значение E_{cp} . Результаты измерений и расчетов оформить в виде табл. 2. Выключить лампу. Включить вторую исследуемую лампу, произвести аналогичные измерения и занести в табл. 2.

Таблица 2 - Форма записи результатов выполнения лабораторной работы

Название исследованных типов ламп	Окраска стен	Результаты измерений освещенности E_i в пяти точках					Среднее значение освещенности E_{cp}	Нормативное значение e общей освещенности	Вывод о соответствии (несоответствии) средней освещенности нормативному значению	Фактическое значение светового потока $F_{факт}$	Номинальный световой поток лампы (по табл.3)	Коэффициент использования по формуле (6)
		1	2	3	4	5						
	светлая											
	темная											
	светлая											
	темная											

2.3.5. Установить стенки макета производственного помещения таким образом, чтобы стороны, окрашенные в светлые тона, были обращены внутрь помещения.

2.3.6. Последовательно по обоим лампам произвести измерения освещенности в пяти точках макета производственного помещения, определить среднее значение освещенности и занести в табл. 2

2.3.7. Сравнить полученные в результате измерений по пп. 2.3.4 и 2.3.6 значения освещенности с допустимыми значениями общей освещенности, приведенными в табл. 5, размещенный в конце работы (разряд и подразряд зрительных работ принять по своему варианту).

2.3.8. По результатам измерений освещенности для варианта с темной и светлой окраской стен вычислить значение фактического светового потока $F_{\text{факт}}$ по формуле (7) и занести в табл. 2. В расчетах принять площадь пола макета $S = 0,55 \times 0,75 = 0,41 \text{ м}^2$.

2.3.9. Вычислить и занести в табл. 2 коэффициент использования осветительной установки η для варианта с темной и светлой окраской стен по формуле (6). Световой поток $F_{\text{ламп}}$ выбирать по номинальной мощности для каждого типа ламп по табл. 3 Результаты расчетов внести в табл. 2.

Таблица 3 - Мощность и световой поток исследуемых ламп

Тип лампы	Номинальная мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм
Лампа накаливания	60	730
Лампа накаливания криптоновая	60	800
Лампа люминесцентная КЛ9	9	600 (465)*
Лампа люминесцентная СКЛЭН	11	700
Лампа галогенная	50	850

* После минимальной продолжительности горения (2000 часов)

2.3.10. Сравнить значения коэффициентов использования осветительных установок, полученные для случаев с использованием различных источников света и различной окраской стен.

2.3.11. Переключателем 3 перевести люксметр в режим пульсметра. Включить прибор в сеть. При той же насадке, при которой измерялась освещенность, измерить коэффициент пульсации освещенности при включении одной лампы накаливания, а затем – при включении одной люминесцентной лампы типа КЛ9. Сравнить полученные значения. Данные представить в виде табл. 4.

Таблица 4 - Форма записи результатов измерения коэффициентов пульсации освещенности

Исследуемые лампы	Коэффициент пульсации освещенности, %
лампа накаливания одна люминесцентная лампа КЛ9 две люминесцентные лампы КЛ9 три люминесцентные лампы КЛ9	

Согласно СП 52.13330 для разряда и подразряда зрительных работ II а, б, в, г коэффициент пульсации $K_{п} = 10$, III а, б, в, г – 15. Для разрядов выше III коэффициент пульсации не нормируется.

2.3.12. Измерить и сравнить между собой коэффициенты пульсации освещенности при включении двух и наконец, при включении трех люминесцентных ламп типа КЛ9. (Следует учесть, что люминесцентные лампы включены в три различные фазы трехфазной сети, поэтому измерительную головку люксметра-пульсметра необходимо располагать в геометрическом центре системы включенных ламп). Данные представить в виде табл. 4. Сравнить полученные значения коэффициентов пульсации с нормативными значениями, приведенными в примечании к табл. 4. Выключить все лампы

2.3.13. Включить люминесцентную лампу типа КЛ9 в центре установки и вентилятор. Вращая ручку «Частота», регулируемую скорость вращения лопастей вентилятора, подобрать такую частоту, при которой возникает стробоскопический эффект (лопасти кажутся неподвижными).

1.3.14. Выключить стенд.

2.4. Указания по подготовке отчета.

Отчет должен содержать целевую установку, перечень используемых оборудования и приборов, номер варианта работы и его описание, расчеты, заполненные таблицы 2 и 4, выводы по итогам работы.

3. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1. К работе допускаются студенты, полностью изучившие указания к выполнению работы, устройство лабораторной установки, принцип её действия и меры безопасности при проведении лабораторной работы.

3.2. Для предотвращения перегрева установки при длительной работе ламп необходимо включить вентилятор.

3.3. После проведения лабораторной работы отключить электропитание стенда и люксметра-пульсметра.

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОГРАМИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ГОТОВНОСТИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Какие приборы измерения используются в данной лабораторной работе?

- 1.1. Яркомер
- 1.2. Люксметр-пульсметр
- 1.3. Психрометр
- 1.4. Виброметр
- 1.5. Люксметр

2. Что необходимо знать для определения нормы освещенности согласно СП 52.13330?

- 2.1. Разряд и подразряд зрительной работы
- 2.2. Только разряд зрительной работы
- 2.3. Разряд, подразряд зрительной работы и контраст объекта различения с фоном
- 2.4. Только контраст объекта различения с фоном
- 2.5. Наименование объекта обслуживания

3. При каких источниках света больше коэффициент пульсации?

- 3.1. При лампах накаливания
- 3.2. При люминесцентных лампах

4. Каким образом можно уменьшить коэффициент пульсации?

- 4.1. Увеличить мощность ламп?
- 4.2. Повысить напряжение?
- 4.3 Включить лампы в разные фазы трехфазной сети?

5. Что представляет собой лабораторная установка?

- 5.1. Макет здания
- 5.2. Макет производственного помещения
- 5.3. План цеха

6. Сколько люминесцентных ламп используется в лабораторной установке?

- 6.1. Одна
- 6.2. Две
- 6.3. Три
- 6.4. Пять
- 6.5. Семь

7. В скольких точках следует измерить освещенность?

7.1. В одной

7.2. В двух

7.3. В трех

7.4. В четырех

7.5. В пяти

8. Какой стороной внутрь макета помещения устанавливаются боковые и задняя стенки лабораторной установки перед началом работы?

8.1. Темной

8.2. Светлой

8.3. По указанию преподавателя

9. Как вычисляется фактический световой поток $F_{\text{факт}}$?

9.1. $F_{\text{факт}} = \sqrt{E_{\text{ср}} \cdot S}$

9.2. $F_{\text{факт}} = E_{\text{ср}} \cdot S$

9.3. $E_{\text{факт}} = E_{\text{ср}} / S$

10. Как определяется коэффициент пульсации освещенности в данной лабораторной работе?

10.1. Расчетом

10.2. Измерением

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ГОТОВНОСТИ К ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. В чем отличие общего освещения от комбинированного?

2. Как делится искусственное освещение по функциональному назначению?

3. Как можно уменьшить пульсации освещенности?

4. В каких пределах изменяется коэффициент пульсации?

5. Как рассчитывается коэффициент пульсации?

6. В чем заключается сущность стробоскопического эффекта?

7. Как оценивается в данной лабораторной работе коэффициент использования осветительной установки?

8. Как влияет окраска стен на коэффициент использования осветительной установки?

Таблица 5 - Допустимая наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях (по СП 52.13330)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различия	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Освещенность, лк			Сочетание нормируемых значений Р и К _п
					Характеристика фона	Комбинированное освещение	Общее освещение	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	малый	темный	5000	-	20 и 10
			б	малый средний	средний темный	4000* 3000	1250 1000	20 и 10 10 и 10
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2500* 2000	750 600	20 и 10 10 и 10
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	1500 1000	400 300	20 и 10 10 и 10
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	а	малый	темный	4000*	-	20 и 10
			б	малый средний	средний темный	3000*	750	20 и 10
			в	малый средний большой	светлый средний темный	2000*	500	20 и 10
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	1000	300	20 и 10
Высокой точности	Свыше 0,3 до 0,5	III	а	малы	темный	2000	500	40 и 15
			б	малый средний	средний темный	1500 1000	400 300	20 и 15 40 и 15
			в	малый средний большой	светлый средний темный	750 750 600	200 300 200	20 и 10 40 и 15 20 и 15
			г	средний средний большой	светлый светлый средний	400	200	

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Средней точности	Свыше 0,5 До 1,0	IV	а	малый	темный	750	300	
			б	малый средний	средний темный	500	200	
			в	малый средний большой	светлый светлый темный	400	200	
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	300	150	
Малой точности	Свыше 1,0 до 5,0	V	а	малый	темный	750	300	
			б	малый средний	средний темный	500	200	
			в	малый средний большой	светлый средний темный	400	200	
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	300	150	
Грубая (очень малой точности)	Более 5,0	VI	-	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном	-	150	
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах		VII	-	То же	То же	-	200	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное		VIII	а	То же	То же	-	75	
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б	то же	то же	-	50	
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении			в	то же	то же	-	50	
общее наблюдение за инженерным и коммуникациями			г	то же	то же	-	20	

* Для зрительных работ с трехмерными объектами различия при проектировании местного освещения освещенность следует снижать на одну ступень шкалы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ТЕМА: ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВЗРЫВОНЕПРОНИЦАЕМОГО ИСПОЛНЕНИЯ

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1.1. Цель: ознакомиться с назначением и видами взрывозащиты электрооборудования с подробным изучением такого вида, как взрывонепроницаемая оболочка; изучить классификацию взрывоопасных смесей, на основании которой производится выбор взрывозащищенного электрооборудования; определить величину безопасного экспериментального

максимального зазора – БЭМЗ – для исследуемой взрывоопасной смеси; определить категорию и группу исследуемой взрывоопасной смеси по величине БЭМЗ и температуре самовоспламенения; дать рекомендации относительно вида взрывозащиты электрооборудования, используемого в условиях исследованной взрывоопасной смеси.

1.2. Материальное обеспечение: стенд для исследования процесса тушения пламени в зазоре, легковоспламеняющаяся жидкость (спирт, ацетон, бензин), мерная пипетка.

1.3. Теоретическая часть. Если электрооборудование эксплуатируется в помещениях или на открытых площадках, где по условиям технологического процесса могут образовываться взрывоопасные газо- или паровоздушные смеси, то оно может стать инициатором взрыва. Иницировать взрыв может электрическая искра, электрическая дуга, высокотемпературный нагрев элементов электроустановки, возгорание изоляционных материалов.

Во избежание взрыва электрооборудование, предназначенное для работы во взрывоопасных зонах¹ должно иметь тот или иной вид взрывозащиты. Согласно ГОСТ 18311 взрывозащищенным называется электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры с целью устранения или затруднения возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды.

В зависимости от степени взрывоопасности взрывоопасных смесей установлены различные группы, подгруппы, классы взрывозащищенного электрооборудования. Классификацию взрывоопасных смесей по категориям и группам устанавливает ГОСТ 12.1.011. ССБТ. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний.

Согласно этому документу все взрывоопасные смеси подразделяются на две категории: I – метан на подземных горных работах, II - газы и пары за исключением метана на подземных горных работах. Соответственно этому взрывозащищенное электрооборудование также делится на две большие группы. К I-й группе относится рудничное взрывозащищенное оборудование, предназначенное для эксплуатации на подземных горных работах, где возникновение взрывоопасной смеси определяется наличием рудничного газа – метана. Ко II-й группе относится взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в условиях возможного появления промышленных взрывоопасных газо- и паровоздушных смесей за исключением рудничного газа.

По ГОСТ 12.1.011 взрывоопасные смеси категории II подразделяются на подгруппы в зависимости от величины безопасного экспериментального максимального зазора (БЭМЗ).

¹ Определение и классификация взрывоопасных зон подробно изложены в МУ к лабораторной работе № 3

БЭМЗ – это максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не происходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации горючего газа в воздухе. На этом основана так называемая «щелевая защита» взрывозащищенного электрооборудования со взрывонепроницаемой оболочкой. Суть её в том, чтобы при наличии небольшого зазора в корпусе электрооборудования в случае вспышки взрывоопасной смеси внутри этого корпуса раскаленный газ, под давлением выходя наружу через зазор между фланцами, не передавал взрыв в помещение, опасное «по взрыву».

По величине БЭМЗ взрывоопасные смеси категории II подразделяются на три подгруппы – ПА, ПВ и ПС. Соответственно этому взрывозащищенное электрооборудование группы II, имеющее взрывонепроницаемую оболочку, делится на подгруппы: ПА, ПВ и ПС, - см. табл. 1.

Таблица 1- Характеристики подгрупп взрывоопасных смесей

Подгруппы взрывоопасных смесей категории II	Величина БЭМЗ, мм	Подгруппа взрывозащищенного электрооборудования II-й группы	Примеры взрывоопасных смесей
ПА	0,9 и более	ПА	Ацетон, уксусная кислота, растворители Р-4, Р-5, 651, РС-1, бензин Б-95/130, уайт-спирит, скипидар, керосин, дизтопливо, этиловый спирт
ПВ	Свыше 0,5, но менее 0,9	ПВ	Растворитель АМР-3, АКР, этилен, акролеин, коксовый газ
ПС	0,5 и менее	ПС	Ацетилен, водород, сероуглерод, этилнитрат

Кроме того, взрывоопасные смеси подразделяются в зависимости от величины температуры самовоспламенения², соответственно чему

² Температурой самовоспламенения называется та наименьшая температура горючего вещества, при которой резко увеличивается скорость экзотермических реакций, заканчивающихся возникновением пламенного горения.

взрывозащищенное электрооборудование группы II классифицируется по температурным классам: T1, T2, T3, T4 и T6 - см. табл. 2. Чтобы исключить воспламенение горючего пара или газозооушной смеси при соприкосновении с наружными поверхностями электрооборудования, температуры этих поверхностей должны быть меньше температуры самовоспламенения горючей смеси не только при нормальном режиме работы электрооборудования, но и при перегрузках.

На основании вышеизложенного можно заключить, что одним из конструктивных приемов взрывозащиты электрооборудования является исполнение его во взрывонепроницаемой оболочке.

Кроме такого вида взрывозащиты ГОСТ 12.2.020 устанавливает и другие конструктивные виды взрывозащиты электрооборудования группы II:

a – взрывонепроницаемая оболочка (щелевая защита, рассмотренная выше;

Таблица 2 - Характеристики категорий взрывоопасных смесей и классов электрооборудования

Категория взрывоопасных смесей	Температура самовоспламенения, °C	Температурный класс электрооборудования
T1	Свыше 450	T1
T2	Более 300 до 450 включительно	T2
T3	Более 200 до 300 включительно	T3
T4	Более 135 до 200 включительно	T4
T5	Более 100 до 135 включительно	T5
T6	Более 85 до 100 включительно	T6

e – защита вида «e» (в электрооборудовании, не имеющем нормально искрящих частей, принят ряд мер дополнительно к используемым в электрооборудовании общего назначения, затрудняющих появление опасных нагревов, электрических искр и дуг);

p – заполнение и продувка оболочки под избыточным давлением;

o – масляное заполнение оболочки;

q – кварцевое заполнение оболочки;

s – специальный вид взрывозащиты.

Маркировка взрывозащиты электрооборудования группы II содержит следующие условные знаки – см. табл. 3:

знак уровня взрывозащиты – цифра 2 для электрооборудования повышенной надежности против взрыва, цифра I для взрывобезопасного

электрооборудования, цифра 0 для особо взрывобезопасного электрооборудования;

знак *Ex*, указывающий, что электрооборудование соответствует стандартам на виды взрывозащиты;

знак вида взрывозащиты: d – взрывонепроницаемая оболочка; i – искробезопасная электрическая цепь; e – защита вида «е»; o – масляное заполнение оболочки; p – заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением; q – кварцевое заполнение оболочки; s – специальный вид взрывозащиты;

знак группы или подгруппы электрооборудования: II – для электрооборудования, не подразделяющегося на подгруппы; IIA, IIB и IIC – для электрооборудования, подразделяющегося на подгруппы (при этом указывается один из знаков IIA, IIB и IIC).

Маркировка должна выполняться в виде цельного, не разделенного на части знака, расположенного в прямоугольнике.

В табл. 3 показаны примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования группы II по ГОСТ 12.2.020

Таблица 3 – Примеры маркировки взрывозащиты

Наименование электрооборудования	Вид взрывозащиты	Группа (подгруппа), взрывозащищенного электрооборудования, температурный класс	Маркировка взрывозащиты
Электрооборудование повышенной надежности	Защита вида «е»	II, T6	2Exe IIT6
	Защита вида «е» и взрывонепроницаемая оболочка	(IIB), T3	2Exed IIBT3
	Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	(IIB), T5	2Exdi IIBT5
Взрывобезопасное электрооборудование	Взрывонепроницаемая оболочка	(IIA), T3	1Exd IIAT3
	Масляное заполнение оболочки	II, T6	1Exo IIT6
Особо взрывобезопасное электрооборудование	Искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка	(IIA), T4	0Exid IIAT4

Руководством для правильного выбора электрооборудования требуемого уровня и вида взрывозащиты в зависимости от класса взрывоопасной зоны и характера взрывоопасной смеси служат Правила устройства электроустановок (ПУЭ), Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования (ПИБРЭ), ГОСТЫ ССБТ.

1.4. Описание экспериментальной установки.

Основным содержанием экспериментальной части лабораторной работы является определение безопасного экспериментального максимального зазора – БЭМЗ. Для этой цели используется стенд, предназначенный для исследования процесса тушения пламени в зазоре. На рис. 1 показана принципиальная схема стенда.

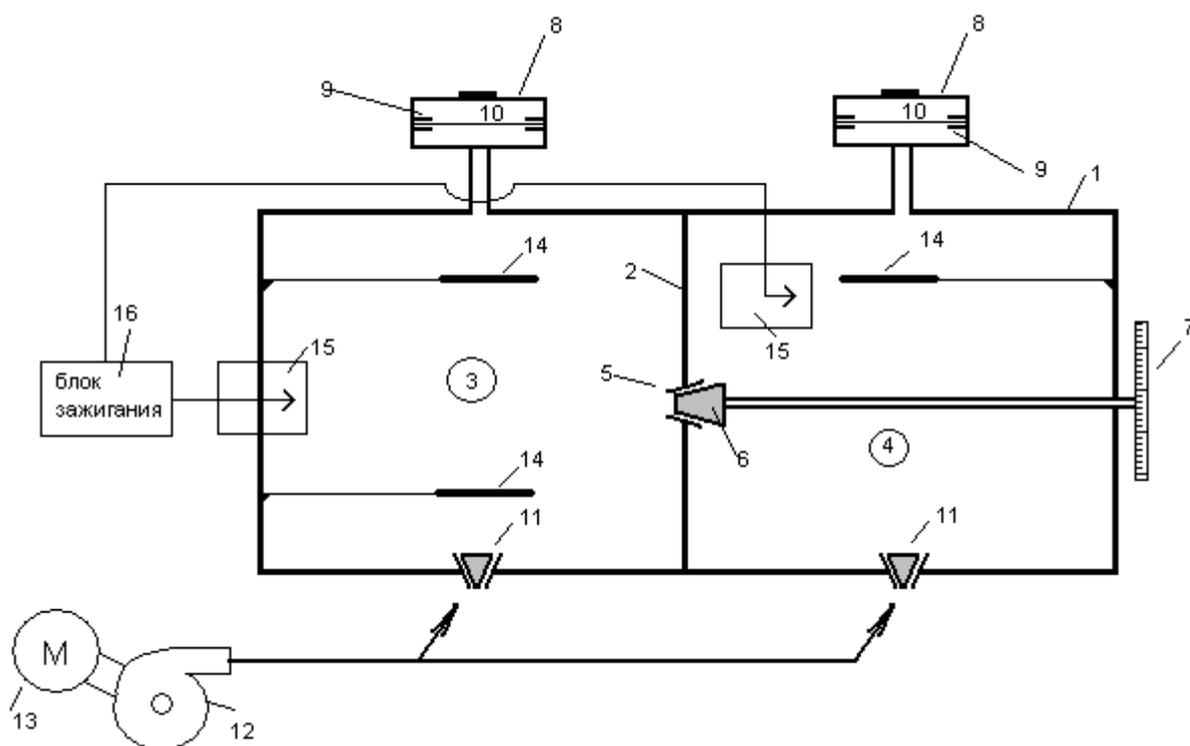


Рис. 1

- 1 – толстостенный сосуд; 2 – перегородка; 3,4 – левая и правая камеры;
 5 – коническое отверстие; 6 – коническая пробка; 7 – диск для установки зазора; 8 – выхлопной штуцер; 9 – пластина для укрепления разрывной мембраны; 10 – разрывная мембрана; 11 – клапаны для продувки камер 3 и 4;
 12 – вентилятор; 13 – мотор; 14 – выступы для испарения жидкости;
 15 – свеча зажигания; 16 – блок зажигания

Стенд состоит из толстостенного сосуда – бомбы 1, рассчитанного на давление 100 кгс/см^2 , который перегородкой 2 разделен на две камеры 3 и 4, каждая объемом в 1 л (дм^3). В перегородке 2, разделяющей сосуд, установлена втулка 5 с коническим отверстием, в которое входит коническая пробка 6,

соединенная с диском 7. С помощью диска 7, расположенного на наружной стороне сосуда, можно регулировать величину зазора между отверстием 5 и пробкой 6. В верхней части обеих камер расположены выхлопные штуцеры 8, имеющие пластину 9 для закрепления разрывной мембраны 10, в качестве которой можно использовать плотный, но не прочный материал (бумагу, кальку). Обе камеры внизу имеют клапаны 11 для продувки объема камер воздухом с помощью вентилятора 12, приводимого в действие мотором 13.

Камера 3 имеет два выступа 14, а камера 4 – один выступ 14, назначение которых – увеличить поверхность испарения взрывоопасной жидкости.

Система зажигания состоит из блока 16 и свечей зажигания 15.

В целях безопасности стенд имеет в верхней части прозрачный защитный щиток, при подъеме которого стенд обесточивается.

На рис. 2. показана лицевая панель стенда с элементами управления.

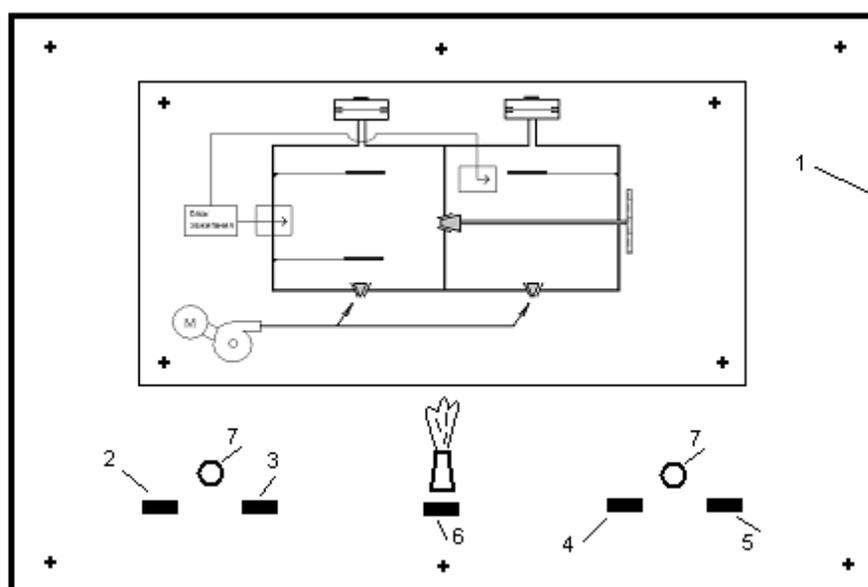


Рис. 2.

- 1 – панель; 2 – включение питания; 3 – отключение питания;
 4 – зажигание смеси в левой камере; 5 – зажигание смеси в правой камере; 6 – продувка камер; 7 – сигнальные лампы

Стенд работает следующим образом. Через отверстия выхлопных штуцеров 8 (см. рис. 1) *внутрь взрывных камер* с помощью мерной пипетки закапывается расчетное количество легковоспламеняющейся жидкости (эфир, ацетон, бензин или др.). Защитный щиток предварительно откидывается, и система зажигания при этом автоматически обесточивается.

Жидкость, попадая на выступы 14, растекается и интенсивно испаряется. Через 2 – 5 минут пары испытуемой жидкости заполняют камеры. С помощью

диска 7 между конической пробкой 6 и отверстием 5 устанавливается определенный зазор. Величину зазора читают на поверхности диска 7.

С помощью кнопки 4 (рис. 2) производится зажигание паровоздушной смеси в левой камере. Если концентрация паров была достаточной, то в камере происходит взрыв, который контролируется звуковым эффектом (разрывается мембрана из бумаги или кальки, заложенная предварительно под пластину 9 в выхлопном штуцере 8 – см. рис. 1).

При большом зазоре взрыв из левой камеры самостоятельно передается в правую. Взрыв в правой камере также фиксируется по звуковому эффекту разрыва мембраны.

Если величина зазора между камерами была мала, то взрыв не передается и смесь в правой камере нужно воспламенить с помощью кнопки зажигания 5 (рис. 2).

После взрывов в обеих камерах нужно произвести их вентиляцию с помощью кнопки 6 (рис. 2). Время вентиляции соответствует времени нажатия на кнопку.

После вентиляции приступают к следующему испытанию.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

2.1. Определение безопасного экспериментального максимального зазора – БЭМЗ.

2.1.1. Проведение расчетов.

Для проведения опытов с жидким горючим веществом следует задаться концентрацией этого вещества в воздухе. При этом можно руководствоваться значениями объемных концентраций с наибольшей опасностью воспламенения для некоторых паров легковоспламеняющихся жидкостей - ЛВЖ (приведены ниже) – см. табл. 4.:

Таблица 4 – Данные по парам отдельных ЛВЖ

Наименование паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	Молекулярный вес	Объемная концентрация с наибольшей опасностью воспламенения, %об	Температура самовоспламенения, °С
1	2	3	4
1. Уксусная кислота	-	12,6	454
2. Ацетон	58,08	5,1	500
3. Уайт-спирит	-	50	270
4. Этиловый спирт	46,07	5,5	404
5. Скипидар	-	0,8	300
6. Диэтиловый эфир	-	3,5	-
7. Бензин	114,2	4,7	255-370

Количество жидкости в миллилитрах (мл), необходимое для одного испытания, рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{C_{\text{ст}} \cdot M \cdot 10 \cdot V_{\text{п}}}{V_t \cdot \rho}$$

где $C_{\text{ст}}$ – стехиометрическая концентрация, определяемая из реакции горения (для ацетона – 4,99, для этилового спирта – 6,54); в расчетах можно использовать данные из графы 3 в табл. 4;

M – молекулярный вес (для ацетона – 58,08, для этилового спирта – 46,07) – см. табл.4;

$V_{\text{п}}$ - объем каждой полости – ($V_{\text{п}} = 1$ л);

V_t – объем грамм-молекул, л (принять $V_t = 24,05$ л);

ρ – удельная плотность исследуемой горючей жидкости или ЛВЖ, г/л (для ацетона – 790,8 г/л, для этилового спирта – 798,5 г/л, для бензина – 720 г/л).

2.1.2. Порядок работы со стендом.

Перед началом работы продуваются обе камеры сосуда. Устанавливается минимальная величина зазора между камерами. Определенное расчетом количество легковоспламеняющейся жидкости с помощью мерной пипетки вводят через отверстия выхлопных штуцеров в обе камеры сосуда. Через 3 - 5 минут, когда жидкость испарится, образовавшаяся паровоздушная смесь поджигается в левой камере. Если взрыв из левой камеры при этом передается через зазор и воспламеняется паровоздушная смесь в правой камере, считают, что произошла «передача взрыва»; если взрыв из левой камеры не передается в правую, то фиксируют «непередачу взрыва». При «непередаче взрыва» смесь в правой камере поджигают с помощью искры зажигания. После проведения опыта обе камеры продувают воздухом и приступают к следующему испытанию.

Определение величины БЭМЗ проводят в два этапа: предварительные и подтверждающие испытания. При предварительных испытаниях проводят не менее двух испытаний на воспламенение смеси в камерах на каждом из зазоров с интервалом в 0,02 мм с целью нахождения наибольшего зазора S_0 , при котором вероятность передачи взрыва равна нулю, и наименьшего зазора S_{100} , при котором вероятность передачи взрыва равна 100 %. Студенты проводят только предварительные испытания, начиная с зазора 0,4 мм и увеличивая зазор через 0,2 мм.

При подтверждающих испытаниях результаты проверяют повторением испытаний на каждой установке зазора в интервале $S_0 - S_{100}$, полученном на первом этапе. Количество опытов на каждой установке зазора определяется преподавателем.

Максимальная разность между величинами S_o , полученными при двух сериях испытаний, не должна превышать 0,04 мм. Если полученные величины $(S_o)_1$ и $(S_o)_2$ лежат в указанном диапазоне, то за величину БЭМЗ для исследуемой жидкости принимается такая величина S_o , для которой разность $S_{100} - S_o$ наименьшая³.

2.2. Определение подгруппы исследуемой взрывоопасной смеси и выбор взрывозащиты электрооборудования.

Подгруппа взрывоопасной смеси определяется в зависимости от величины БЭМЗ по табл. 1. Категория взрывоопасной смеси по температуре самовоспламенения определяется в зависимости от вида исследуемых паров по табл. 4. В данной лабораторной работе температура самовоспламенения исследуемой паровоздушной смеси экспериментально не определяется, а принимается в соответствии с табл. 4.

На основании определенных подгрупп взрывоопасной смеси и температуры самовоспламенения с помощью табл. 3 выбирается и маркируется взрывозащита вида d, то есть со взрывонепроницаемой оболочкой.

2.3. Указание по подготовке отчета.

Запишите целевую установку, опишите ход выполнения работы, оформите таблицу с результатами исследования – см. табл. 5.

Таблица 5 – Форма таблицы с результатами исследования

Наименование исследуемой горючей жидкости или ЛВЖ	Категория смеси по температуре воспламенения, °С	Величина зазора, мм	Поведение взрывоопасной смеси	Требуемый вид взрывозащиты
		0,4		
		0,6		
		0,8		
		1,0		
		1,2		

3. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1. Соблюдайте изложенную в методических рекомендациях последовательность проведения опытов.

3.2. Не забывайте продувать камеры воздухом после каждого взрыва.

Осторожно обращайтесь с исследуемой легковоспламеняющейся жидкостью. Соблюдайте меры пожарной безопасности.

³ Если разность между величинами $(S_o)_1$ и $(S_o)_2$, полученными при различных сериях испытаний, превышает 0,04 мм, необходимо провести контрольные испытания прибора. Эту работу студенты не выполняют.

3.3. При любых неполадках в экспериментальной установке обращайтесь к руководителю или лаборанту.

3.4. По окончании работы приведите в порядок рабочее место.

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. На сколько категорий делятся все взрывоопасные смеси и соответственно взрывозащищаемое электрооборудование?

2. На сколько подгрупп по величине БЭМЗ подразделяется взрывозащищенное электрооборудование II-й категории?

3. К какой подгруппе II-й категории относится взрывозащищенное электрооборудование при величине БЭМЗ 0,9 мм и более?

4. На сколько групп делятся взрывоопасные смеси (соответственно на сколько температурных классов делится взрывозащищенное электрооборудование II-й категории) в зависимости от температуры самовоспламенения?

5. К какому температурному классу относится взрывозащищенное электрооборудование, если температура самовоспламенения взрывоопасной смеси более 200 и до 300 °С включительно?

6. Сколько видов взрывозащиты установлено для электрооборудования?

7. Каким индексом обозначается вид взрывозащиты электрооборудования, исполненный как масляное заполнение оболочки?

8. Какой вид электрозащиты обозначается индексом «р»?

9. Каким индексом вида взрывозащиты обозначается взрывонепроницаемая оболочка?

10. На что указывает знак «Ех» при маркировке электрооборудования?

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ГОТОВНОСТИ К ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТ

1. Что может послужить инициатором взрыва при эксплуатации электрооборудования во взрывоопасных зонах?

2. Как классифицируются взрывоопасные промышленные зоны?

3. Какое электрооборудование называется взрывозащищенным?

4. На какие две категории подразделяются все взрывоопасные смеси и соответственно этому как подразделяется взрывозащищенное электрооборудование?

5. Что такое БЭМЗ?

6. Как классифицируется взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от величины БЭМЗ?

7. Как классифицируется взрывозащищенное электрооборудование по температурным классам?

8. Что называется температурой самовоспламенения взрывоопасной смеси?

9. Назовите все конструктивные виды взрывозащиты электрооборудования.

10. Как маркируется вид взрывозащиты электрооборудования?

11. Какие документы служат руководством при выборе уровня и вида взрывозащиты?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ТЕМА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПРЕДЕЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ (ВОСПЛАМЕНЕНИЯ) ГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1.1. Цель: Изучить методы определения нижних и верхних концентрационных пределов распространения пламени (воспламенения) газозвудушных смесей, освоить применение полученных знаний для предупреждения взрывов и пожаров на производстве и в быту. Ознакомиться с классификацией помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, классификацией взрывоопасных зон по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ).

1.2. Материальное обеспечение. Лабораторная установка для определения нижних и верхних концентрационных пределов распространения пламени (воспламенения) газозвудушных смесей, емкость для хранения исследуемого газа, измеритель концентраций CO_2 и метана (CH_4) – шахтный интерферометр ши-12.

1.3. Теоретическая часть. Разработка систем обеспечения пожарной безопасности и взрывобезопасности основывается на различных исходных данных, в число которых входят и показатели пожаровзрывоопасности. Набор этих показателей установлен с учетом агрегатного состояния веществ и материалов. В соответствии с гост 12.1.044 для газов установлены следующие показатели пожаровзрывоопасности:

- группа горючести;
- температура самовоспламенения;

- концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения);
- минимальная энергия зажигания;
- способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами;
- нормальная скорость распространения пламени;
- минимальное взрывоопасное содержание кислорода;
- минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора;
- максимальное давление взрыва;
- скорость нарастания давления взрыва.

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов – это совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Горение – это процесс взаимодействия вещества с кислородом, сопровождающийся выделением тепла и(или) дыма, появлением пламени и(или) тлением. В зависимости от скорости распространения пламени горение может быть дефлаграционным (в пределах нескольких м/с), взрывным (скорость пламени до сотен м/с), детонационным (скорость порядка тысяч м/с).

Согласно гост 12.1.010 взрыв – это быстрое экзотермическое химическое превращение взрывоопасной среды, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных выполнять работу. Взрывоопасная среда может возникать в ходе различных производственных процессов, связанных с добычей, транспортировкой, хранением углеводородного сырья (нефти, горючих газов, угля), при использовании баллонов, содержащих горючие газы, при разливах и последующих испарениях горючих и легковоспламеняющихся жидкостей. Взрывоопасная среда – это химически активная среда, находящаяся при таких условиях, когда может возникнуть взрыв.

Взрывоопасную среду могут образовать:

А) смеси веществ (газов, паров, пылей) с воздухом или другими окислителями (кислород, озон, хлор, окислы азота и др.);

Б) вещества, склонные к взрывчатому превращению (ацетилен, озон, гидразин и др.).

Источниками инициирования взрывов являются:

А) открытое пламя, горящие и раскаленные тела;

Б) электрические разряды;

В) тепловые проявления химических реакций и механических воздействий;

Г) искры от удара и трения;

Д) ударные волны;

Е) электромагнитные и другие излучения.

Для предупреждения взрывов необходимо исключать:

1) образование взрывоопасной среды;

2) возникновение указанных выше источников инициирования взрывов.

Исключение образования горючей среды может быть достигнуто с помощью применения герметичного производственного оборудования, рабочей и аварийной вентиляции, контроля состава воздушной среды. Все эти мероприятия должны быть направлены на то, чтобы содержание взрывоопасных веществ не достигало нижнего концентрационного предела распространения пламени.

Для предотвращения возникновения источников инициирования взрывов применяют: регламентацию огневых работ; исключение нагрева оборудования до температуры самовоспламенения взрывоопасной среды; материалы, не создающие при соударении искр; средства, понижающие давление во фронте ударной волны; взрывозащищенное оборудование; средства защиты от атмосферного и статического электричества, токов замыкания на землю; быстродействующие средства защитного отключения возможных электрических источников инициирования взрыва; устранение опасных тепловых проявлений химических реакций и механических воздействий.

Отмечено, что горючие газы, пары, пыли могут воспламеняться и взрываться только при определенных соотношениях с воздухом (окислительной средой). Именно поэтому в число стандартных показателей пожаровзрывоопасности для газов включены концентрационные пределы распространения пламени (нижний – НКПР и верхний – ВКПР). НКПР и ВКПР – это минимальное (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания. Значения НКПР и ВКПР используются при определении категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, при расчетах вентиляционных систем, при расчете взрывобезопасных концентраций газов, паров внутри технологического оборудования и трубопроводов, а также в воздухе рабочей зоны.

Из всего изложенного следует, что определение НКПР и ВКПР имеет большое практическое значение. Если для каких-либо газов, паров, пылей характерны малые значения НКПР, либо большая разница между ВКПР и НКПР, то эти газы, пары, пыли являются более опасными в отношении воспламенения и взрыва.

Значения НКПР и ВКПР, а также других показателей пожаровзрывоопасности для некоторых газов приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Концентрационные пределы распространения пламени и другие показатели пожаровзрывоопасности для некоторых газов

Наименование газов и пылей	Нкпр, % объемн.	Вкпр, % объемн.	Температура самовоспламенения, °с	Максимальная энергия зажигания, мДж	Максимальное давление взрыва, па (кгс/см ²)
Аммиак	16,0	27,0	650	680	59·10 ⁴ (6)
Ацетилен	3,0	82,0	335	30 ДЖ	101·10 ⁴ (10,3)
Ацетон	2,2	13,0	-	-	-
Бутан	1,8	9,1	405	0,25	84·10 ⁴ (8,6)
Водород	4,15	75,0	510	0,017	72·10 ⁴ (7,39)
Метан	5,35	15,0	537	0,28	71·10 ⁴ (7,2)
Окись углерода	12,5	75,0	610	-	72·10 ⁴ (7,3)
Пропан	2,3	9,5	466	0,25	84·10 ⁴ (8,6)
Этан	2,9	15,0	-	-	-
Сероводород	4,3	46,0	246	-	-
Скипидар	0,8	-	300	-	-
Уайт-спирит	33,0	68,0	227	-	-
Уксусная кислота	3,3	22,0	454-	-	-

Приведенные в этой таблице концентрационные пределы распространения (КПР) переводятся из объемных единиц измерения (% об.) В массовые (г/м³) по формулам

$$\text{КПР(г/м}^3) = \frac{273\text{М} \cdot \text{КПР(\% об.)}}{2,24 \text{Т}}, \quad (1)$$

$$\text{КПР(\%, об.)} = \frac{2,24\text{Т} \cdot \text{КПР(г/м}^3)}{273\text{М}}, \quad (2)$$

где М – молярная масса горючего газа или пара; для нефтяных паров м=50, паров бензина – 65;

т - температура, °К.

Важно подчеркнуть, что значения НКПР и ВКПР могут несколько изменяться в зависимости от давления, мощности источника зажигания, наличия примеси инертных газов, начальной температуры газовой смеси.

Для наглядности НКПР и ВКПР показаны на схеме, изображенной на рис.1. Упомянутый на этой схеме специальный термин «стехиометрическое

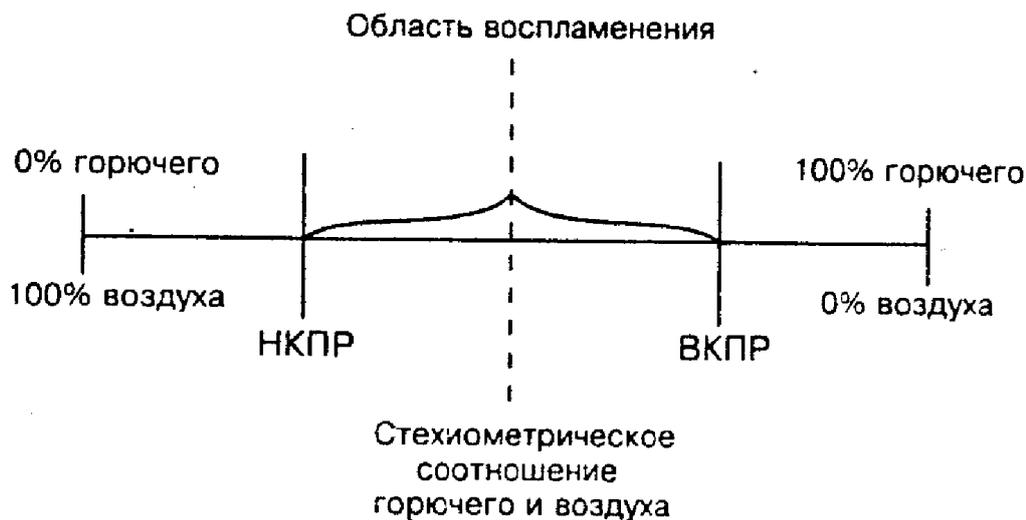


Рис. 1. Схема концентрационных пределов распространения пламени

соотношение» означает такое исходное соотношение компонентов горючей смеси, при сгорании которой ни один из этих компонентов не остается в избытке в продуктах реакции горения. Например, стехиометрическое содержание метана в воздухе – 9,5 % об. В общем случае для углеводородов расчет их стехиометрического содержания $c_{ст}$ осуществляют по формуле

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (3)$$

$$\text{где } \beta = n_c + \frac{n_H}{4} - \frac{n_o}{2},$$

N_C , N_H , N_O – число атомов с (углерод), н (водород) и о (кислород) в молекуле горючего вещества.

По ГОСТ 12.1.044 НКПР и ВКПР могут быть получены как экспериментальным, так и расчетным путем. Сущность экспериментального метода заключается в зажигании газозадушной или пылевоздушной смеси заданной концентрации исследуемого вещества в специальном сосуде и установлении факта наличия или отсутствия распространения пламени (воспламенения). Изменяя исследуемую концентрацию горючего газа или пыли в смеси устанавливают значения НКПР и ВКПР.

Расчетное приближенное определение НКПР для газов и паров может быть выполнено по формуле

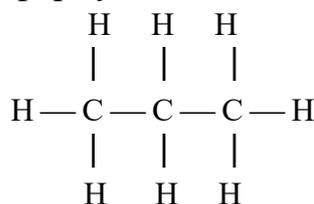
$$\text{НКПР} = \frac{C_{\text{ст}}}{2}, \% \text{ об.} \quad (4)$$

Более точно значение НКПР для начальной температуры 25 °C может быть рассчитано по выражению

$$\text{НКПР} = \frac{100}{\sum_{i=1}^q h_i m_i}, \quad (5)$$

Где q – число видов структурных групп в молекуле горючего вещества;
 h_i – коэффициент, характеризующий вклад i -х структурных групп в НКПР;
 m_i – число структурных групп в молекуле горючего вещества.

Для пропана структурная формула имеет вид:



Из нее следует, что для пропана число структурных групп вида с-с равно $m_1 = 2$, вида с - н равно $m_2 = 8$. Общее их число $q = 10$. Для структурных групп с - с коэффициент $h_1 = 3,75$, для с - н коэффициент $h_2 = 4,47$.

В специальной литературе приводятся также методики и для расчета ВКПР.

Для смеси горючих веществ, состоящей из n компонент, расчет НКПР осуществляют по формуле

$$\text{НКПР} = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{НКПР}_i}}, \quad (6)$$

Где C_i - содержание i -ого горючего компонента в смеси, % об.;

НКПР_i – нижний концентрационный предел распространения пламени для i -го горючего компонента.

Уже указывалось, что при повышенных температурах значения НКПР и ВКПР изменяются. При увеличении температуры t в диапазоне от 25 до 150 °C НКПР может быть определен по формуле

$$\text{НКПР}_t = \text{НКПР}_{25} \left(1 - \frac{t - 25}{1250} \right). \quad (7)$$

Из этой формулы следует, что НКПР при повышении температуры снижается, что увеличивает опасность горючего вещества.

Значения НКПР используются при расчетах, связанных с определением категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности – см. Табл. 2, при определении требуемой производительности аварийной вентиляции – она должна обеспечивать условия, при которых содержание горючих газов и паров не достигало бы 0,1 НКПР.

Таблица 2 - Классификация помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (образующихся) в помещении
А взрывопожаро- опасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
Б взрывопожаро- опасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °с, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1 – В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям а и б.
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Примечание. Разделение помещений по категории В1 – В4 регламентируется Федеральным законом №120-ФЗ

Согласно табл. 2 при определении категории помещений по взрывопожарной опасности (А, Б) необходимо знать расчетное избыточное

давление взрыва ΔP в помещении. Для ряда горючих веществ оно может быть определено по выражению

$$\Delta P = (P_{\max} - P_o) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho C_{\text{ст}}} \frac{100}{K}, \quad (8)$$

Где P_{\max} – максимальное давление взрыва, его можно принимать равным 900 кПа;

P_o – начальное давление, его допускается принимать равным 101 кПа;

m – масса горючего вещества (газа или пара), выделившегося в результате расчетной аварии в помещении, кг;

Z – коэффициент участия горючего вещества во взрыве;

$V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м³;

ρ – плотность пара или газа при расчетной температуре t_p , кг/м³, вычисляемая по формуле

$$\rho = \frac{M}{V_o (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (9)$$

где M – молярная масса, кг·кмоль⁻¹;

V_o – мольный объем, равный 22,413 м³/кмоль;

t_p – расчетная температура, в качестве t_p принимается максимально возможная температура в помещении с учетом в том числе и аварийной ситуации; если такого значения определить не удастся, допускается принимать её равной 61 °С;

$C_{\text{ст}}$ – стехиометрическое содержание горючих газов, определяется по формуле (3);

K_n – коэффициент, характеризующий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать $K = 3$.

при значительном распространении горючих газов по помещению (более половины помещения) и уровне значимости 0,05 коэффициент Z может быть определен как

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{m} \rho \left(C_o + \frac{\text{НКПР}}{1,38} \right) F \cdot Z_{\text{НКПР}}, \quad (10)$$

где C_o – предэкспоненциальный множитель, который при отсутствии подвижности воздушной среды для горючих газов равен

$$C_o = 3,77 \cdot 10^3 \frac{m}{\rho V_{\text{св}}}, \% \text{ об.} \quad (11)$$

где F – площадь помещения, м²;

$Z_{\text{НКПР}}$ – расстояние по вертикали от источника выделения горючего газа, ограниченное НКПР и определяемое по формуле

$$Z_{\text{НКПР}} = 0,0253 \cdot H \left(\ln \frac{1,38 \cdot C_o}{\text{НКПР}} \right)^{0,5}, \text{ м.} \quad (12)$$

Где H – высота помещения, м.

При отрицательных значениях логарифма в формуле (12) $Z_{\text{НКПР}} = 0$.

Если в помещении обращаются горючие газы и расчет по формуле (8) показал, что ΔP превышает 5 кПа, то это помещение должно быть отнесено к категории А – взрывопожароопасной.

Категорирование зданий (установлены категории А, Б, В, Г и Д) осуществляется в соответствии с ФЗ-123 следующим образом. Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5 % площади всех помещений или 200 м². Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²), и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены два условия: 1) здание не относится к категории А; 2) суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5 % суммарной площади всех помещений или 200 м². Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории В, если оно не относится к категории А или Б и суммарная площадь помещений категорий А, Б и В не превышает 5 % (10 %, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений. Допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Г, если оно не относится к категориям А, Б или В и суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г не превышает 5 % суммарной площади всех помещений. Допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м²) и помещения категорий А, Б, В оборудуются установками пожаротушения.

Здание относится к категории Д, если оно не относится к категориям А, Б, В или Г.

Наружные установки по пожарной опасности в соответствии с ФЗ-123 делятся на категории А_н, Б_н, В_н, Г_н и Д_н.

Знание категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности позволяет обоснованно выбрать меры пожарной безопасности при их проектировании и строительстве (степень огнестойкости, этажность здания, оснащение средствами пожаротушения).

Известно, что наиболее распространенным и опасным потенциальным источником зажигания являются электроустановки, поэтому при их подбore необходимо учитывать степень взрывоопасности производственной среды. Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), а также ФЗ-123, взрывоопасные зоны делятся на несколько классов.

Зоны класса В-1 расположены в помещениях, где используются горючие и взрывоопасные газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), которые могут образовывать взрывоопасные смеси с воздухом при нормальных режимах работы оборудования и проведения технологических процессов (например, при хранении или переливании ЛВЖ в открытые емкости, при загрузке или разгрузке технологического оборудования и т.п.).

Зоны классов В-1а характеризуются тем, что при нормальном проведении технологических процессов взрывоопасные смеси горючих газов и паров ЛВЖ не образуются, а возможны только при авариях или неисправностях оборудования.

Зоны класса В-1б подобны зонам класса В-1а, но имеют следующие особенности:

а) горючие газы в этих зонах имеют высокий концентрационный предел распространения пламени (15 % и более), обладают явно выраженным запахом при предельно допустимых концентрациях по ГОСТ 12.1.005;

б) возможно образование небольших объемов взрывоопасных смесей, но не во всем объеме помещения.

Зоны класса В-1г. К этой зоне относятся наружные установки, содержащие горючие газы или ЛВЖ или пространства снаружи у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

Зоны класса В-П расположены в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна во взвешенном состоянии и в таком количестве, которые способны образовывать взрывоопасные смеси с воздухом при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологического оборудования).

Зоны класса В-Па расположены в помещениях с выделением или применением горючих пылей и волокон, которые могут образовывать взрывоопасные смеси в результате аварии или неисправности оборудования.

Таким образом, знание концентрационных пределов распространения пламени позволяет более обоснованно определять классы взрывоопасных зон.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

2.1. Лабораторную работу выполняет группа студентов в количестве не более двух человек.

2.2. Перед началом работы необходимо изучить настоящие методические указания, устройство лабораторной установки, порядок и последовательность работы по ней, меры безопасности при выполнении работы.

Следует подготовить для записей табл. 3, её форма указана ниже.

При определении концентрационных пределов воспламенения взрывоопасной смеси используется специальная лабораторная установка (рис. 2). Газ отбирается из специального баллона с пропаном, который соединен шлангом с мерным цилиндром 5 – см. рис. 2.

Таблица 3 Результаты определения концентрационных пределов распространения пламени по газозудушной смеси

Концентрация пропана в исследуемой газозудушной смеси, % об.	Описание поведения газозудушной смеси при зажигании: - Нет взрыва - есть взрыв	НКПР, % ОБ			ВКПР, % ОБ
		В эксперименте	По расчету при $T=25^{\circ}\text{C}$ формулы (4) и (5)	По расчету при $T=T_p$	
1. 2 – 3					
2. 5					
3. 7 – 8					
4. 10					
5. 15					
После первого взрыва концентрация газа в каждом эксперименте увеличивается на 5 %					

Лабораторная установка состоит из мерного цилиндра 5, в котором приготавливается газозудушная смесь, и взрывной камеры 6. Мерный цилиндр (смеситель) 5 проградуирован на длину 100 мм и представляет прозрачный цилиндр закрытый плотно резиновой пробкой.

Через пробку проходит трубка, соединенная с вентилями II и IV. Вентиль II предназначен для выпуска и впуска воздуха в смеситель, а вентиль IV – для впуска исследуемого газа – пропана. Для вытеснения из мерного цилиндра приготовленной газовой смеси служит емкость с водой (расположена за панелью), которая при плавном повороте ручки 7 (справа) поднимается вверх до упора. При этом вода, вытекая из емкости в мерный цилиндр, вытесняет из него газоздушную смесь во взрывную камеру.

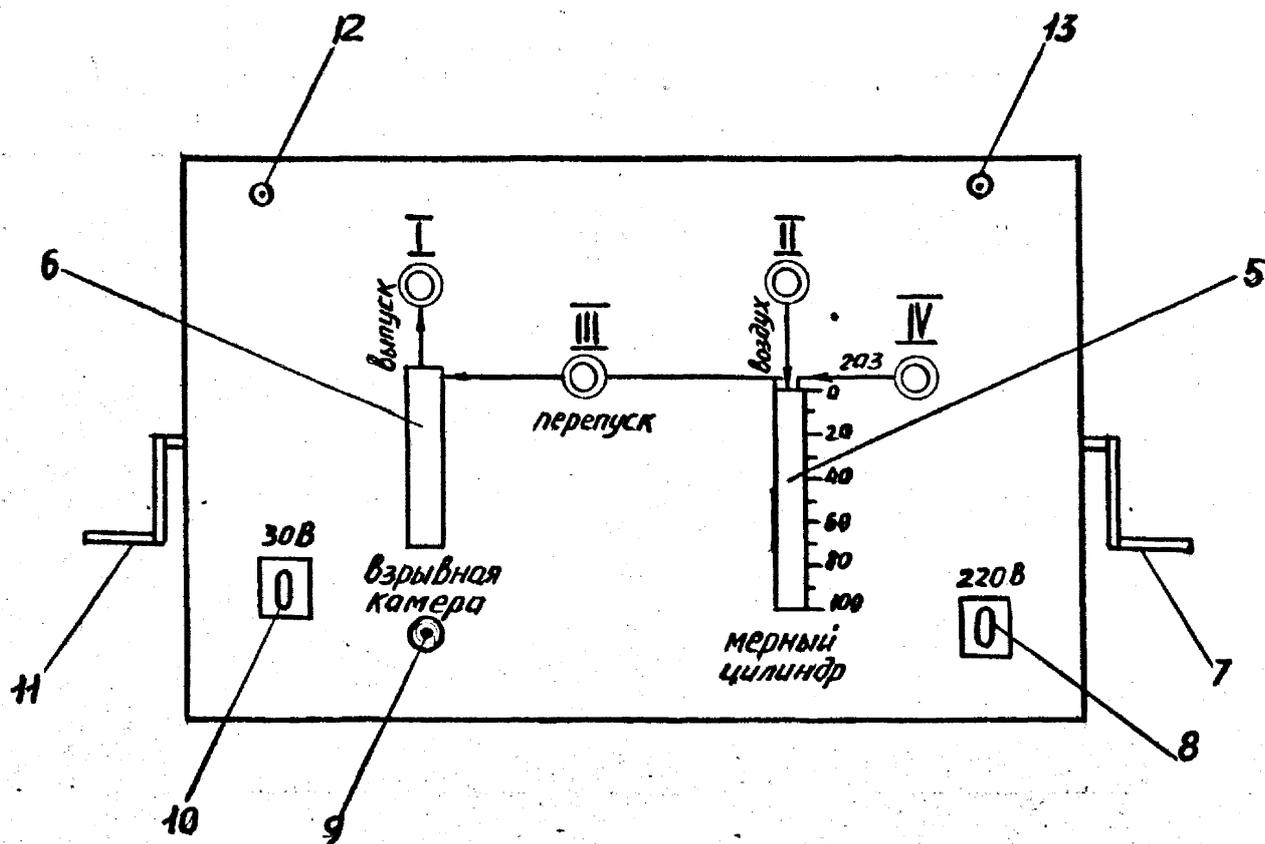


Рис. 2. Лицевая сторона панели установки для определения концентрационных пределов распространения пламени по газоздушной смеси:

I – воздушный вентиль взрывной камеры; II- воздушный вентиль мерного цилиндра; III– вентиль перепуска газоздушной смеси из мерного цилиндра во взрывную камеру; IV – вентиль для впуска исследуемого газа в мерный цилиндр; 5 – мерный цилиндр; 6 – взрывная камера; 7 и 11 рукоятки для перемещения емкостей с водой; 8 и 10 – выключатели электрической сети 220 В и 30 В; 9 – тумблер подачи напряжения на электроды; 2 и 13 – лампочки индикаторов положения рукояток 7 и 11.

Взрывная камера 6 снабжена электрическим искровым источником зажигания, включаемым тумблером 9 и двумя вентилями III и I для подачи газоздушной смеси и выпуска воздуха из неё. Взрывная камера цилиндрической формы изготовлена из толстостенного органического стекла. На верхней крышке

камеры смонтирован предохранительный клапан для предотвращения разрыва камеры.

В нижней крышке взрывной камеры имеется отверстие, через которое камера соединена с емкостью с водой посредством резинового шланга (расположены за панелью). Для поднятия и опускания емкости с водой служит ручка 11 (слева).

электрическое питание на стенд подается включением переключателей 8 и 10. О готовности стенда к работе (емкости с водой опущены) сигнализируют лампочки 12 и 13.

2.3. Последовательность выполнения лабораторной работы

Перед началом выполнения лабораторной работы стенд должен находиться в исходном состоянии:

- вентили I и II открыты на 1-3 оборота;

- вентили III и IV закрыты;

- контрольные лампочки 12 и 13 горят, т.е. Поворотные ручки 7 и 11 находятся в крайнем нижнем положении. При этом взрывная камера и мерный цилиндр свободны от жидкости (допускается 10-15 мм жидкости во взрывной камере).

1. Поверните переключатели 8 и 10 вправо на одну ступень.

2. Поверните плавно на себя и вверх до упора ручки 7 и 11.

После того как вода полностью вытеснит воздух из мерного цилиндра и взрывной камеры, закройте вентили I и II.

3. Верните ручки 7 и 11 в исходное положение, т.е. поверните их на себя и вниз плавно до упора.

4. Слегка открыв вентиль IV, впустите в мерный цилиндр небольшое количество газа так, чтобы уровень воды в мерном цилиндре опустился на 2-3 мм. В случае поступления газа больше нужного количества, надо поднять правую ручку вверх до упора, открыть вентиль 2 и выпустить лишний объем газа в атмосферу (из цилиндра). После этого ручку 7 опустить в исходное положение. Вентиль iv закрыть.

5. Открыв на 2-3 оборота вентиль II добавьте в мерный цилиндр воздуха так, чтобы уровень воды в мерном цилиндре снизился на 100 мм, но не ушел ниже этого уровня. Вентиль II закройте.

6. Откройте на 2-3 оборота вентиль III и, подняв ручку 7 на себя вверх до упора, перепустите приготовленную газозодушную смесь из мерного цилиндра во взрывную камеру. После полного удаления смеси из мерного цилиндра вентиль III закройте, а ручку 7 верните в исходное положение (на себя и вниз), при этом лампочка 13 должна загореться.

7. Подайте тумблером 9 питание на источник зажигания - на 0,3-0,5 с. Если электроды во взрывной камере находятся под водой – включение тумблера для производства взрыва запрещается. Следите за поведением (реакцией) среды во взрывной камере (при взрыве слышен характерный хлопок, виден всплеск воды во взрывной камере).

Результаты наблюдения запишите в табл. 3 («взрыв», «нет взрыва», «взрыв выражен не ясно» и т.п.).

8. Откройте на 2-3 оборота вентиль I, и поворачивая на себя и вверх плавно до упора ручку 11, удалите из взрывной камеры отработавшую смесь. После полного заполнения водой взрывной камеры закройте вентиль I, а ручку 11 верните в исходное положение (вращением на себя и вниз). При этом индикаторная лампочка 12 должна загореться.

9. Если в предыдущем эксперименте взрыва не наблюдалось, то повторите опыт по пунктам 4-9, увеличив количество поданного в мерный цилиндр газа ещё на 2-3 %. Минимальное количество газа в процентах от длины (объема) цилиндра, при котором произойдет первый взрыв и является НКПР.

10. После первого взрыва количество газа, подаваемого в мерный цилиндр, можно увеличивать в каждом эксперименте уже на 5 % и повторять опыт как описано в пунктах 4-9.

Максимальное количество газа в процентах от объема цилиндра, при котором произойдет последний взрыв, является ВКПР. На этом эксперимент оканчивается.

11. Все вентили, тумблеры, выключатели, рукоятки в лабораторной установке приведите в исходное положение. Переключатели электрической сети 8 и 10 – выключите.

2.4. Указания к подготовке отчета по работе

1. Запишите цель работы, вычертите схему лицевой панели лабораторной установки, укажите расшифровку всех обозначений на стенде.

2. Заполните табл. 3. Выполните необходимые расчеты согласно вариантам заданий, приведенным в табл. 4. Вариант задания запишите в отчете.

Расчет должен включать вычисления $C_{ст}$, НКПР – по формулам (4) и (5), НКПР_t – при этом t принимается равной t_p согласно варианту задания. Вычислите также расчетное избыточное давление Δp по формуле (8). После этого расчета укажите, можно ли помещение относить к категории а – взрывопожароопасной.

Таблица 4 - Варианты заданий к лабораторной работе

№№ варианта	расчетная температура $t_p, ^\circ\text{C}$	масса горючего вещества m , кг	свободный объем помещения $V_{\text{св}}$, м^3	площадь помещения f , м^2	высота помещения h , м
1	35	10	1100	400	3,5
2	61	50	1800	500	4,0
3	40	30	3100	1000	3,5
4	30	100	2500	1100	3,6
5	60	150	2100	800	3,2
6	50	350	5000	1200	5,0
7	45	90	2000	900	3,4
8	40	120	600	300	3,0

3. Меры безопасности

1. При появлении запаха газа на рабочем месте или в помещении, перекройте вентиль на подводящей магистрали и сообщите преподавателю, инженеру или лаборанту.

2. Не производите ремонт или регулировку на запорной арматуре или баллоне с газом.

3. Помните, что в лабораторной установке используется повышенное напряжение, опасное для жизни, соблюдайте меры электробезопасности.

4. Запрещается вскрытие лабораторной установки, включенной в сеть электропитания и газоснабжения.

4. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1. На сколько процентов увеличивается в каждом эксперименте объем газа, подаваемого во взрывную камеру, при определении НКПР?

2. На сколько процентов увеличивается в каждом эксперименте объем газа, подаваемого во взрывную камеру, при определении ВВКПР?

3. Где подготавливается исследуемая газовоздушная смесь в данной лабораторной установке?

4. Какой газ исследуется в данной лабораторной работе?

5. В течение какого короткого времени нужно подавать электропитание на источник зажигания для воспламенения исследуемой газовоздушной смеси?

6. Каковы значения НКПР и ВКПР для пропана?

7. При какой скорости распространения пламени горение считается взрывным?

8. В помещении обращаются горючие газы, при воспламенении которых может развиваться избыточное давление, превышающее 5 КПа. Какую категорию по взрывопожарной и пожарной опасности имеет данное помещение?

9. Как можно приближенно определить значение НКПР, если $c_{ст}$ – стехиометрическое содержание газа?

10. При каких концентрациях возможно воспламенение газовой смеси?

5. Вопросы для самопроверки готовности К защите лабораторной работы

1. Какое горение можно считать взрывным (взрывом)?

2. Каковы определения НКПР и ВКПР?

3. Почему иногда трудно поджечь газовую горелку бытовой плиты, если на ней установлен какой-либо предмет?

4. Что понимается под стехиометрическим содержанием горючего вещества?

5. Какие помещения относятся к категориям а и б?

6. Какие здания относят к категории а?

7. Почему важно знать НКПР? От каких факторов зависит значение НКПР?

8. Что необходимо знать для теоретического расчета НКПР?

9. Что учитывается при классификации взрывоопасных зон по ПУЭ? Для чего необходима эта классификация?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ТЕМА: СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1.1. Цель: ознакомление с особенностями устройства и правилами применения приборов, наиболее широко используемых для измерения значений факторов производственной среды на рабочих местах; изучение метода специальной оценки состояния условий труда на рабочем месте.

1.2. Материальное обеспечение: цифровой шумомер TESTO, ШУМ-1М; психрометр аспирационный МВ-4М; актинометр; люксметр Ю-116. Лабораторный стенд-задатчик условий труда.

1.3. Теоретическая часть

В настоящее время специальная оценка условий труда (СОУТ) проводится в соответствии с Федеральным законом «О специальной оценке условий труда» (от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ) [1] и Приказом Минтруда России от 14.01.2014 г. № 33н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» [2]. Федеральный закон № 426-ФЗ устанавливает правовые и организационные основы и порядок проведения СОУТ, определяет правовое положение, права, обязанности и ответственность участников СОУТ. Приказ Минтруда России от 14.01.2014 г. № 33н устанавливает цели, порядок проведения СОУТ, а также порядок оформления и использования результатов СОУТ в организациях. СОУТ на рабочем месте проводится не реже чем один раз в пять лет. Указанный срок исчисляется со дня утверждения отчета о проведении СОУТ.

Результаты СОУТ используются, в частности, в следующих целях:

- 1) разработки и реализации мероприятий, направленных на улучшение условий труда работников;
- 2) информирования работников об условиях труда на рабочих местах, и о полагающихся работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, гарантиях и компенсациях;
- 3) обеспечения работников СИЗ, а также оснащения рабочих мест средствами коллективной защиты;
- 4) осуществления контроля за состоянием условий труда на рабочих местах;
- 5) организации обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических (в течение трудовой деятельности) медицинских осмотров работников;
- 6) установления работникам предусмотренных Трудовым кодексом РФ гарантий и компенсаций;
- 7) расчета скидок (надбавок) к страховому тарифу на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

При проведении СОУТ можно выделить четыре основных этапа. Первый из них – это подготовка к СОУТ. Он заключается в том, что работодателем издается приказ, в соответствии с которым создается комиссия по проведению СОУТ (далее - комиссия), а также утверждается график проведения СОУТ, назначается председатель комиссии, члены комиссии. В состав комиссии включаются представители работодателя, в том числе специалист по охране труда, представители выборного органа первичной профсоюзной организации или иного представительного органа работников (при наличии). Число членов комиссии должно быть нечетным. Комиссию возглавляет работодатель или его

представитель.

Вторым этапом является идентификация потенциально вредных и (или) опасных производственных факторов (ВОПФ). Под идентификацией ВОПФ понимаются сопоставление и установление совпадения имеющихся на рабочих местах факторов производственной среды и трудового процесса с факторами производственной среды и трудового процесса, предусмотренными Классификатором вредных и (или) опасных производственных факторов. Процедура осуществляется экспертом организации, проводящей СОУТ. Результаты идентификации потенциально вредных и (или) опасных производственных факторов утверждаются комиссией. В случае если ВОПФ на рабочем месте идентифицированы, комиссия принимает решение о проведении исследований (испытаний) и измерений данных вредных и (или) опасных производственных факторов. Если ВОПФ на рабочем месте не идентифицированы, условия труда на данном рабочем месте признаются комиссией допустимыми, а исследования (испытания) и измерения вредных и (или) опасных производственных факторов не проводятся. В отношении таких рабочих мест работодателем подается в Государственную инспекцию труда декларация соответствия условий труда государственным нормативным требованиям охраны труда. Идентификация ВОПФ не осуществляется в отношении: 1) рабочих мест работников, профессии, должности, специальности которых включены в списки соответствующих работ, производств, профессий, должностей, специальностей и учреждений (организаций), с учетом которых осуществляется досрочное назначение трудовой пенсии по старости; 2) рабочих мест, в связи с работой на которых работникам в соответствии с законодательными и иными нормативными правовыми актами предоставляются гарантии и компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда; 3) рабочих мест, на которых по результатам ранее проведенных аттестации рабочих мест по условиям труда или специальной оценки условий труда были установлены вредные и (или) опасные условия труда.

Третьим этапом является непосредственно проведение СОУТ. При проведении гигиенической оценки условий и характера труда в первую очередь устанавливаются нормативные значения факторов рабочей среды на каждом рабочем месте. Затем определяются фактические значения ВОПФ на рабочих местах, результаты оформляются протоколами. Измерение параметров ВОПФ, осуществляют лабораторные подразделения организации, проводящей СОУТ и имеющие лицензию и нормативно-техническую базу. Если проведение исследований (испытаний) и измерений на рабочих местах может создать угрозу для жизни работников, экспертов и (или) иных работников организации, проводящей СОУТ, а также иных лиц, то исследования (испытания) и измерения ВОПФ в данном случае не проводят. Условия труда на таких рабочих местах

относятся к опасному классу условий труда без проведения соответствующих исследований (испытаний) и измерений. Решение о невозможности проведения исследований (испытаний) и измерений оформляется протоколом комиссии, содержащим обоснование принятия этого решения и являющимся неотъемлемой частью отчета о проведении СОУТ, копию которого работодатель в течение 10 рабочих дней со дня принятия указанного решения направляет в Государственную инспекцию труда. По результатам проведения исследований (испытаний) и измерений ВОПФ экспертом организации, проводящей СОУТ, осуществляется отнесение условий труда на рабочих местах по степени вредности и (или) опасности к классам (подклассам) условий труда. Отнесение условий труда на рабочих местах по степени вредности и (или) опасности к классам (подклассам) условий труда (далее – отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда) осуществляется экспертом в зависимости от степени отклонения фактических значений ВОПФ, полученных по результатам проведения их исследований (испытаний) и измерений от гигиенических нормативов условий труда и с учетом продолжительности их воздействия на работника в течение рабочего дня (смены). Сначала устанавливается класс (подкласс) условий труда для каждого фактора в отдельности, а затем для рабочего места в целом. Условия труда по степени вредности и (или) опасности подразделяются на четыре класса - оптимальные (1 класс), допустимые (2 класс), вредные (3 класс, подклассы 3.1 (1 степень вредного класса), 3.2 (2 степень вредного класса), 3.3 (3 степень вредного класса), 3.4 (4 степень вредного класса)) и опасные условия (4 класс) труда.

На четвертом этапе осуществляется оформление результатов СОУТ. Отчет о проведении СОУТ должен, в частности, включать:

1) перечень рабочих мест, на которых проводилась специальная оценка условий труда, с указанием ВОПФ, которые идентифицированы на данных рабочих местах;

2) карты специальной оценки условий труда, содержащие сведения об установленном экспертом организации, проводящей специальную оценку условий труда, классе (подклассе) условий труда на конкретных рабочих местах;

3) протоколы проведения исследований (испытаний) и измерений идентифицированных вредных и (или) опасных производственных факторов;

4) сводная ведомость специальной оценки условий труда;

5) перечень мероприятий по улучшению условий и охраны труда работников, на рабочих местах которых проводилась специальная оценка условий труда.

Работодатель организует ознакомление работников с результатами проведения СОУТ на их рабочих местах под роспись в срок не позднее, чем 30 календарных дней со дня утверждения отчета о проведении СОУТ.

В отношении рабочих мест, на которых ВОПФ по результатам осуществления идентификации не выявлены, а также условия труда, на которых по результатам исследований и измерений ВОПФ признаны оптимальными и допустимыми (за исключением рабочих мест, на которых идентификация ВОПФ не осуществлялась) работодателем подается в Государственную инспекцию труда декларация соответствия условий труда государственным нормативным требованиям охраны труда.

Результаты СОУТ позволяют определить общее состояние охраны труда, т.е. определить, насколько фактическое состояние условий труда соответствуют действующим нормативным требованиям, изложенным в системе стандартов безопасности труда, санитарных правилах и других нормативных документах. Задача осложняется тем, что на одном рабочем месте условия труда складываются под влиянием одновременно нескольких факторов (в некоторых случаях до 15 факторов). Они могут быть различными по своей природе, характеру действия на организм работников. Величина отклонений значений факторов от установленных нормативов и вызываемые этим отрицательные воздействия на состояние организма также могут быть различными. Например, отклонение освещённости на 10-15 % от нормы не оказывает существенного влияния на условия зрительной работы. Но такое же отклонение уровня шума от его нормативного значения субъективно воспринимается как увеличение громкости звука в 2-2,5 раза и вызывает выраженное ухудшение условий работы, снижение производительности труда, ухудшение самочувствия, падение слуховой чувствительности.

Наиболее важным вопросом, возникающим при разработке методов количественной оценки состояния условий труда, т.е. уровня безопасности условий труда, является определение степени воздействия различных факторов на организм работающих. Этим занимаются физиология и психология труда (психофизика), гигиена труда. В настоящее время наиболее доступным оказался метод балльных оценок. Чем выше балл, тем существеннее отклонение состояния производственной среды по тому или иному фактору от безопасного уровня. Применяются четырёхбалльные, шестибалльные, семибалльные и десятибалльные шкалы. Наиболее приемлемой считают шестибалльную шкалу, разработанную Научно-исследовательским институтом труда, выдержки из которой приведены в Приложении.

Шестибалльная шкала соответствует шести категориям тяжести труда. В соответствии с методико-физиологической классификацией шесть категорий тяжести имеют следующий смысл.

К первой и второй категориям тяжести относятся работы, выполняемые в условиях, соответствующих требованиям охраны труда. Утомление в конце рабочего периода (смены, недели) незначительное.

К третьей категории тяжести относятся работы, выполняемые в не вполне благоприятных условиях. У работников формируются реакции, близкие к пограничному состоянию (между нормой и патологией).

К четвёртой категории тяжести относятся работы, выполняемые в неблагоприятных условиях. Возникает предпатологическое состояние организма у практически здоровых людей. Большинство физиологических показателей особенно к концу рабочего периода ухудшаются, появляются типичные производственно обусловленные «предзаболевания», увеличена вероятность производственных травм.

К пятой и шестой категориям тяжести труда относятся работы, выполняемые в весьма неблагоприятных (экстремальных) и особо неблагоприятных (сверхэкстремальных) условиях. Характерно появление производственно обусловленной и профессиональной заболеваемости; возникновение внезапных перегрузок, стрессовых ситуаций, высока вероятность травм.

По методике НИИ труда номер категории тяжести труда совпадает количественно с балльной оценкой, присваиваемой состоянию условий производственной среды по тому или иному фактору. Т.е. балльные оценки, как и категории тяжести, изменяются от 1 до 6 – см. Приложение.

Как уже отмечалось, состояние производственной среды формируется под влиянием одновременно ряда факторов. Поэтому произвести оценку уровня безопасности условий труда на рабочем месте возможно только с помощью обобщённого показателя, учитывающего уровни безопасности по отдельным формирующим факторам.

Обобщённый показатель безопасности $S_{об}$ условий труда на рабочем месте, соответствующий времени работы t будет:

$$S_{об} = \left[\prod_{i=1}^n 0,2(X_{max} - X_i) \right]^{\frac{t}{T}}, \quad (1)$$

где X_{max} - максимальная балльная оценка, принятая в той или иной системе балльных оценок, примем $X_{max} = 6$.

X_i - балльная оценка i -го фактора в той же системе, балльные оценки определяются из Приложения.

$i = 1, 2, \dots, n$ - количество факторов, формирующих состояние производственной среды; T - трудовой стаж, 25 лет; t – продолжительность работы, лет.

Показатель S изменяется от 0 до 1. Чем выше S , тем полнее условия труда соответствуют установленным требованиям.

Поскольку безопасность S и риск R представляют полную группу событий, т.е. S+ R=1, то для расчета обобщенного риска R_{об}, т.е. вероятности каких-либо отклонений в состоянии здоровья работников, получаем

$$R_{об} = 1 - \left[\prod_{i=1}^n 0,2(X_{max} - X_i) \right]^{\frac{t}{T}}. \quad (2)$$

Формула (2) основана на механизме совместного действия факторов, соответствующего принципу аддитивности или независимого действия факторов, т.е. каждый фактор вносит свой «вклад» в общее неблагоприятное действие, а взаимного усиления (принцип потенцирования) или ослабления (принцип антагонизма) действия факторов не предполагается.

На последующих хозяйственных уровнях (например, цех, участок, служба и т.п.) риск R можно оценить по следующей формуле:

$$R = \frac{\sum_{j=1}^m R_{об} \cdot N_j}{\sum_{j=1}^m N_j}, \quad (3)$$

где j = 1, ..., m - количество рабочих мест в исследуемом цехе (участке, службе),

N_j - количество работников, занятых на j-ом рабочем месте,

$\sum_{j=1}^m N_j$ - общее количество работников в цехе (на участке, в службе).

1.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчета

1. Лабораторную работу выполняет бригада в количестве не более двух человек.

2. В содержание лабораторной работы входит выбор значимых факторов условий труда для одного из восьми рабочих мест, перечисленных в табл. 2 (по указанию преподавателя), определение фактических значений этих факторов и их балльных оценок, расчёт обобщённого показателя риска, связанного с условиями труда. Выбор значимых факторов условий труда студент осуществляет самостоятельно, ориентируясь на табл. 2, табл.3 и свои знания производственных процессов и охраны труда. Все отобранные факторы заносятся в табл. 1. Нормативные значения факторов в необходимых случаях нужно выбирать пользуясь примечаниями к табл. 2. Фактические значения этих факторов

определяются по данным выполняемых студентом замеров с учётом дополнительных указаний к табл. 2.

Условия труда на исследуемых рабочих местах имитируются с помощью стенда-задатчика условий труда, изображённого на рис.1. Стенд включает источник шума, инфракрасных излучений, системы искусственного освещения. Для измерений факторов условий труда используется цифровой шумомер testo, психрометр аспирационный МВ-4М, актинометр, люксметр Ю-116. Стенд включается в сеть выключателем 1, о подаче питания сигнализирует лампа 7. Изучите правила применения приборов - см. п. 3, п. 4, п. 5, п. 6.

3. Измерение освещённости на рабочем месте.

3.1. Включите нужный Вам номер светильника 8. Светильник № 1 включается переключателем 3, № 2 - переключателем 4, № 3 - переключателем 5. Номер светильника определяется в зависимости от исследуемого Вами рабочего места - см. табл. 2.

3.2. Включите правую клавишу 9 люксметра 11. Снимите показания по верхней шкале люксметра, умножьте их на 10 (фотоэлемент 12 люксметра снабжён десятикратным уменьшителем силы света). Запишите показания прибора. Лёгким нажатием на левую клавишу 10 люксметра выключите прибор. Выключите светильники (переключатели 3, 4, 5).

При измерении освещённости люксметром «Аргус»-01 пользоваться инструкцией по эксплуатации прибора.

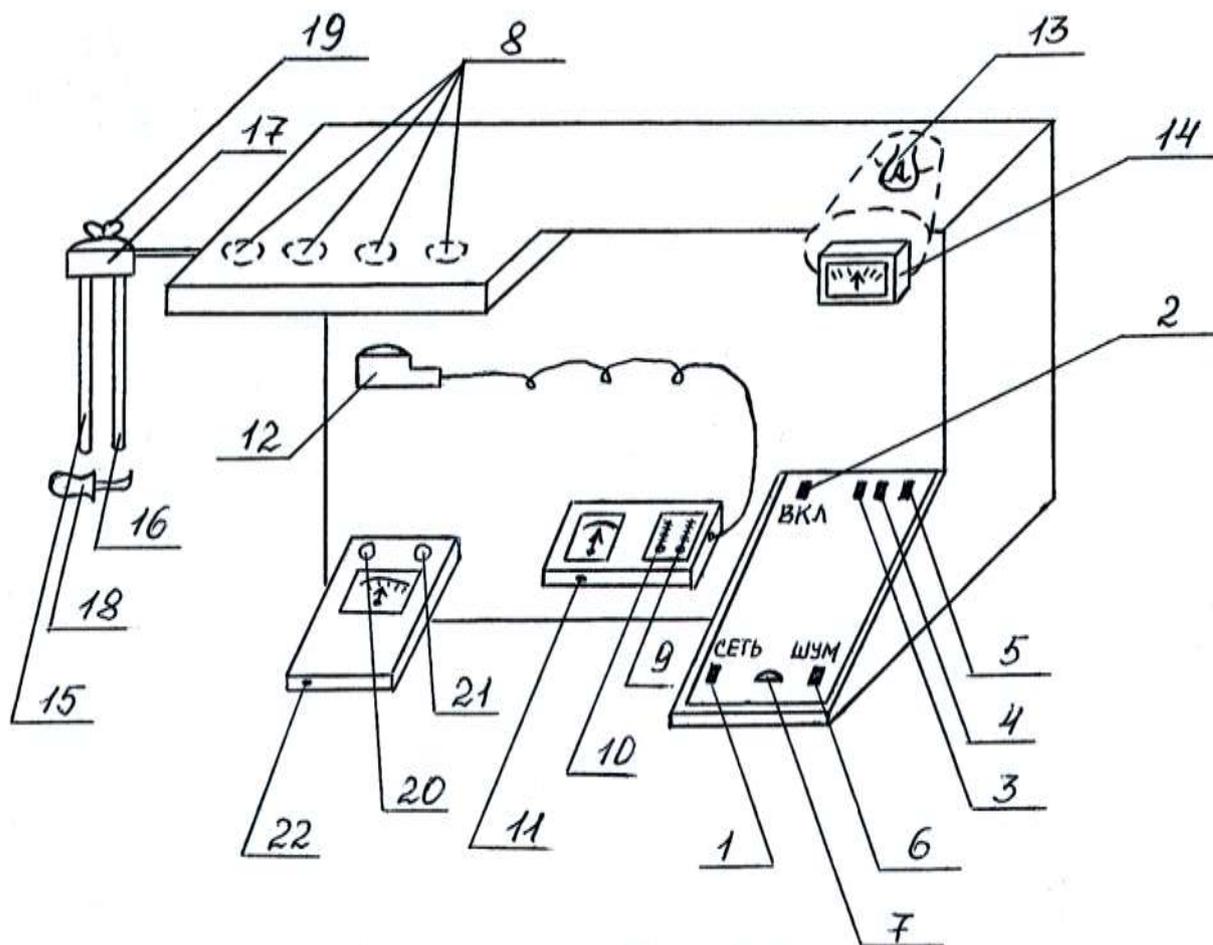


Рис 1. Стенд-задатчик условий труда

4. Измерение интенсивности инфракрасных излучений (ИК).

4.1. Включите кнопочным выключателем 2 источник ИК-излучений 13.

Поверните вниз на 3 - 4 см заднюю крышку актинометра 14. Запишите показания стрелки прибора. Верните заднюю крышку актинометра в исходное положение. Выключите источник ИК-излучений - вновь нажмите кнопочный выключатель.

4.2. Переведите показания актинометра в $Вт/м^2$ (система СИ), умножив показания актинометра на 698.

При измерении интенсивности ИК радиометром «Аргус»-03 пользоваться инструкцией по эксплуатации прибора.

5. Измерение параметров микроклимата.

5.1. Температуру воздуха в $^{\circ}C$ определяйте по левому (сухому) термометру 15 психрометра 17.

5.2. Для измерения относительной влажности воздуха увлажните (снизу) правый термометр 16 психрометра 17. Используйте для этого пипетку с изогнутым концом 18.

5.3. Заведите пружину психрометра. Для этого поверните 5 - 6 раз по часовой стрелке ключ 19 имеющийся на головке психрометра 17 (верхняя часть прибора).

5.4. Через 3 мин. после заводки пружины определите показания смоченного (правого) термометра 16.

5.5. По психрометрической таблице или графику, закреплённым на лабораторном стенде, определите относительную влажность воздуха.

При измерении параметров микроклимата прибором «ТКА-ТВ» пользоваться инструкцией по его эксплуатации.

6. Измерение общего уровня шума.

6.1. Включите источник шума - выключателем 6.

6.2. На корпусе цифрового шумомера testo 20 имеется дисплей и кнопка «Вкл/Выкл» 21.

6.3. Кратковременным нажатием кнопки «Вкл/Выкл» 21 включите шумомер.

6.4. На дисплее прибора отображаются текущий и максимальный уровни звука. Запишите показания с дисплея прибора – значение текущего уровня звука в дБА.

6.5. Нажмите и удерживайте кнопку «Вкл/Выкл» 21 в течение 3-х секунд – прибор автоматически отключится. Выключите источник шума выключателем 6.

При измерении общего уровня шума цифровым шумомером testo пользоваться инструкцией по его эксплуатации.

7. Последовательность выполнения работы.

7.1. Получите вариант выполнения работы, составьте табл. 1 состояния условий труда. Внесите в таблицу наименования значимых факторов условий труда, нормативные значения и заданные фактические значения всех значимых факторов. Покажите таблицу преподавателю.

7.2. Включите с разрешения преподавателя или инженера лабораторный стенд и соответствующие Вашему варианту оборудование - источник инфракрасных излучений, шума, светильники, которые имитируют условия производственной среды на исследуемом рабочем месте. Включение каждого устройства и приборов осуществляется непосредственно перед соответствующим измерением.

7.3. Произведите замеры факторов условий труда и запишите их в табл. 1. После каждого замера немедленно выключите оборудование. Найдите по табл.3 балльные оценки всех факторов, запишите их в табл. 1. Рассчитайте по формуле (2) обобщенный показатель риска на рабочем месте и занесите в табл. 1. Покажите таблицу преподавателю.

8. Указания по подготовке отчёта

8.1 Запишите название лабораторной работы, номер группы, свою фамилию.

8.2. Запишите цель проведения лабораторной работы, используемые приборы и оборудование.

8.3. Запишите все расчётные формулы, расшифруйте входящие в них обозначения.

8.4. Приведите заполненную табл. 1, отражающую состояние условий труда на исследованном рабочем месте.

8.5. Приведите результаты расчетов и постройте графики зависимости $R_{об} = f(t)$ для $t=1$ год, $t=5$ лет, $t=10$ лет, $t=15$ лет, $t=20$ лет и $t=25$ лет.

8.6. Сделайте выводы по результатам исследований.

Таблица 1- Количественная оценка условий труда на рабочем месте

Наименование значимых факторов условий труда и единицы их измерения	Нормативные значения факторов	Фактическое значение факторов	Балльные оценки – см. Приложение	Обобщенный показатель риска по формуле (2)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
Обобщённый показатель риска на рабочем месте определяется по формуле (2), принимая $t=1$ год, $T=25$ лет				

1.5. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Строго соблюдать порядок выполнения лабораторной работы.

2. Не касайтесь корпусов включённых источников шума, инфракрасных излучений, светильников, соблюдайте меры электробезопасности.

3. Не пытайтесь устранять обнаруженные неисправности. От Вас требуется только сообщить о них преподавателю или инженеру лаборатории.

4. Осторожно обращайтесь с психрометром, содержащим значительное количество ртути.

Таблица 2 - Наименование исследуемых рабочих мест

№ варианта (по указанию преподавател я)	Наименование выполняемой работы и рабочего места	Дополнительные указания
1	Машинист аммиачной холодильной установки	Использовать источник шума, произвести измерения уровня звука. Использовать светильник № 3, произвести измерения освещённости. Замерить параметры микроклимата (температуру, относительную влажность)
2	Рыбообработка, раздельщик рыбы	Использовать источник шума, произвести замер уровня звука. Использовать светильник № 1, произвести замеры освещённости. Замерить параметры микроклимата (температуру, относительную влажность)
3	Ликёро-водочное производство, оператор автомата розлива	Использовать источник шума, произвести замер уровня шума. Использовать светильник № 2, произвести замеры освещённости. Замерить параметры микроклимата (температуру, относительную влажность).
4	Мастер по добыче рыбы	Использовать светильник № 1, произвести замеры освещённости. Работы ведутся на открытом воздухе, температура + 36 °С.
5	Оператор ЭВМ	Использовать светильники № 1, 2, произвести замеры освещённости. Замерить параметры микроклимата (температуру, относительную влажность).
6	Электрогазосварщик	Использовать светильник № 2, произвести замеры освещённости. Использовать источник инфракрасных излучений, произвести замеры интенсивности инфракрасных излучений. использовать источник шума, произвести замеры уровня звука.

Окончание табл. 2

№ варианта (по указанию преподавателя)	Наименование выполняемой работы и рабочего места	Дополнительные указания
7	Тепловая обработка. Оператор обжарочных установок	Использовать светильники № 1, 2, произвести замеры освещённости. Замерить параметры микроклимата (температуру, относительную влажность). Использовать источник инфракрасных излучений, произвести измерения интенсивности инфракрасных излучений
8	Столяр	Использовать светильники № 2, 3, произвести замеры освещенности. Замерить параметры микроклимата (температуру, относительную влажность). Использовать источник шума, произвести замер уровня шума.

Примечания к табл. 2

1. Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума равен 80 дБА для всех рабочих мест. В помещениях операторов ЭВМ - 65 дБА.

2. Допустимый уровень вибрации считайте равным 92 дБ. Фактический уровень общей вибрации для машиниста аммиачной холодильной установки равен 90 дБ, для мастера по добыче рыбы 98 дБ, для столяра – 96 дБ.

3. По рабочему месту машиниста холодильной установки применять фактическую концентрацию аммиака равной 30 мг/м³, предельно-допустимая - 20 мг/м³. В расчёте примените следующие фактические балльные оценки: фактор № 16 (см. Приложение) оцените 3 баллами, № 15 - 2 балла, № 9 - 5 баллами, № 19 - 5 баллов, нормативное значение освещённости 200 лк.

4. По рабочему месту разделщика рыбы примените следующие фактические балльные оценки: фактор № 12 - 2 балла, № 16 - 2 балла, № 13 - 4 балла, № 14 - 4 балла, № 9 - 3 балла, № 19 4 балла, нормативная освещённость 200 лк.

5. По рабочему месту оператора автомата розлива примите следующие фактические балльные оценки: фактор № 6 - 3 балла, № 12 - 4 балла, № 15 - 3 балла, № 19 - 2 балла, нормативная освещённость 200 лк.

6. По рабочему месту мастера по добыче рыбы примените следующие фактические балльные оценки: фактор № 12 - 4 балла, № 17 - 3 балла, № 18 - 5 баллов, № 15 - 5 баллов, нормативная освещённость 100 лк.

7. По рабочему месту электрогазосварщика примените следующие фактические балльные оценки: фактор № 1 - 2 балла, № 2 - 2 балла, № 7 - 4 балла, № 12 - 4 балла, № 15 - 3 балла, № 19 - 4 балла, нормативная освещённость 200 лк.

8. По рабочему месту оператора обжарочных установок примите следующие фактические балльные оценки: фактор № 12 - 3 балла, № 16 - 2 балла, № 19 - 4 балла, № 15 - 3 балла, нормативная освещённость 200 лк.

9. По рабочему месту оператора ЭВМ примите следующие фактические балльные оценки: фактор № 3 - 2 балла, № 12 - 1 балл, № 14 - 3 балла, напряжённость переменного электрического поля (5 Гц - 2 кГц) - 4 балла, напряжённость переменного электрического поля (2 - 400 кГц) - 2 балла, плотность магнитного потока (5 Гц - 2 кГц) - 3 балла, плотность магнитного потока (2 - 400 кГц) - 2 балла, поверхностный электростатический потенциал - 2 балла. Нормативная освещённость 300 лк.

10. По рабочему месту столяра принять фактическую концентрацию древесной пыли, равную 8 мг/м^3 , предельно допустимая – 6 мг/м^3 . В расчете примените следующие фактические балльные оценки: фактор № 11 оцените 3 баллами, № 19 – 4 баллами, нормативное значение освещенности 200 лк.

Таблица 3 - Критерии балльных оценок факторов условий труда на рабочих местах

№№ п/п	Факторы условий труда и единицы их измерения	Балльные оценки					
		1	2	3	4	5	6
1.	Температура воздуха на рабочем месте, °С: <u>в помещении</u>						
	в тёплый период года	18,0-20,0	20,1-22,0	22,1-28,0	28,1-32,0	32,1-35,0	> 35
	в холодный период года	20,0-22,0	17,0-19,9	15,0-16,9	7,0-14,9	-	-
	<u>на открытом воздухе</u> зимой	-	-	2,0-(-9,0)	(-9,1)-(-14,0)	(-14,1)-(-20,0)	< (-20,0)
	летом	-	-	31,0-35,9	36,0-39,9	40,0-45,0	> 45,0
2.	Относительная влажность воздуха, %	40-60	15-40 и 60-75	76-79	80-85	> 85	-
3.	Промышленный шум, дБА	Нет	≤ ПДУ	до 5 сверх ПДУ	от 5,1 до 15 сверх ПДУ	от 15,1 до 25 сверх ПДУ	> 25 сверх ПДУ
4.	Вибрация (локальная), дБ	Нет	≤ ПДУ	от 1,1 до 3,0 сверх ПДУ	от 3,1 до 6,0 сверх ПДУ	от 6,1 до 9,0 сверх ПДУ	> 9,1 сверх ПДУ
5.	Вибрация (общая), дБ	Нет	≤ ПДУ	от 1,1 до 6,0 сверх ПДУ	от 6,1 до 12,0 сверх ПДУ	от 12,1 до 18,0 сверх ПДУ	> 18,1 сверх ПДУ
6.	Вредные химические вещества, кратность превышения ПДК	Нет	≤ ПДК	от 1,1 до 3,0 ПДК	от 3,1 до 6,0 ПДК	от 6,1 до 10,0 ПДК	> 10,1 ПДК

Продолжение табл.3

№№ п/п	Факторы условий труда и единицы их измерения	Балльные оценки					
		1	2	3	4	5	6
7.	Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, кратность превышения ПДК	Нет	≤ ПДК	от 1,1 до 2,0 ПДК	от 2,1 до 5,0 ПДК	от 5,1 до 10,0 ПДК	> 10,1 ПДК
8.	Инфракрасное излучение, Вт/м ²	до 140	141 - 350	351 - 1500	1501 - 2000	2001 - 2500	> 2500
9.	Запахи	Отсутствуют	Едва заметны	Отчётливые	Умеренные	Сильные	Невыносимые
10.	Освещённость рабочей поверхности, лк	-	Норма	(50-99)% от нормы	< 50 % от нормы	-	-
11.	Физическая динамическая нагрузка кгм (за смену)	-	до 12500	до 25000	до 35000	> 35000	-
12.	Рабочая поза	Свободная, удобная, перемещение деталей до 5 кг	Свободная, удобная, перемещение деталей свыше 5 кг	Неудобная, фиксирован- ная поза до 25 % времени смены	Неудобная, фиксирован- ная поза до 50 % времени смены	Неудобная, фиксирован- ная поза свыше 50 % времени смены	-
13.	Стереотипные рабочие движения, за смену (руки и плечевой пояс)	-	до 10000	до 20000	до 30000	> 30000	-
14.	Монотонность (число приёмов в операции)	> 10	9 - 6	5 - 3	< 3	-	-

Продолжение табл.3

№№ п/п	Факторы условий труда и единицы их измерения	Балльные оценки					
		1	2	3	4	5	6
15.	Эмоциональные нагрузки	Несёт ответственно сть за выполнение отдельных элементов задачи	Несёт ответственно сть за функциональ- ное качество вспомогатель- ных работ	Несёт ответственно сть за функциональ- ное качество основной работы	Несёт ответственно сть за функциональ- ное качество окончатель- ной работы	-	-
16.	Сменность работы	Односменная (без ночной смены)	Двухсменная (без ночной смены)	Трёхсменная (работа в ночную смену)	Нерегулярная сменность с работой в ночную смену	-	-
17.	Балльность моря	1 - 3	до 4	до 5	6 (10 % времени рейса)	6 - 8 (10 % времени рейса)	> 8; 6 - 8 более 20 % времени рейса
18.	Режим труда (для плавсостава); суточный	Отсутствуют вахты, рабочий день 8 часов	Две вахты в светлое время суток, рабочий день 8 часов	Две вахты в тёмное время суток, рабочий день более 8 часов	-	-	-
	недельный, продолжительность недельной работы, ч	40	41 - 46	46 - 48	49 - 54	> 54	-
	годовой, продолжительность работы без берегового отдыха, месяцев	до 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4	-

Окончание табл.3

№№ п/п	Факторы условий труда и единицы их измерения	Балльные оценки					
		1	2	3	4	5	6
19.	Техническая безопасность рабочего места	Оборудование полностью соответствуют требованиям безопасности. Попадание персонала в опасные зоны исключено	Оборудование соответствует требованиям безопасности. Имеются отклонения, связанные с эстетическим оформлением, прилагаемыми усилиями	Оборудование соответствуют требованиям безопасности на 80-99 %. Технические средства, исключающие попадание персонала в опасные зоны, не предусмотре- нены	Оборудование соответствует требованиям безопасности на 50-79 %. Разрушение оборудования, аварии могут повлечь тяжёлые несчастные случаи	Оборудование соответствует требованиям безопасности менее, чем на 50 %. Разрушение оборудования, аварии могут повлечь тяжёлые и(или) летальные случаи	-

1.6. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ГОТОВНОСТИ к выполнению работы

1. Какова периодичность проведения СОУТ?
2. Что оценивается при проведении СОУТ?
3. По какой шкале балльных оценок рекомендуется оценивать уровень безопасности условий труда в лабораторной работе?
4. При какой категории тяжести работ возникают производственно обусловленные и профессиональные заболевания?
5. С чего начинается СОУТ?
6. Какие факторы условий труда можно измерить с помощью сендасдатчика?
7. Какой прибор используется для определения параметров микроклимата в лабораторной работе?
8. Каким прибором измеряется интенсивность инфракрасных излучений?
9. Каким прибором измеряется уровень шума в лабораторной работе?
10. Через какое время после заводки пружины снимаются показания со смоченного термометра аспирационного психрометра?

1.7. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы

1. В каких целях используются результаты СОУТ?
2. Какова последовательность проведения СОУТ?
- 5.3. Как связана степень воздействия на организм работников различных факторов условий труда и значения балльных оценок?
4. Какой физический смысл имеет обобщённый показатель риска на рабочем месте, и в каких пределах он изменяется?
5. Как связаны между собой значение обобщённого показателя безопасности условий труда и степень соответствия фактических условий работы нормативным требованиям?
6. Какие работы относятся к третьей категории тяжести?
7. Какие приборы контроля факторов условий труда используются в лабораторной работе, и какие факторы условий труда они позволяют измерить?
8. Каким принципам может подчиняться механизм совместного действия факторов, в чём их сущность?
9. Как связаны значения обобщенного показателя риска и продолжительность работы t ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ТЕМА: ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ В ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1.1. Цель: формирование необходимых знаний о степени опасности поражения человека электрическим током при использовании трехфазных электрических сетей; изучить и знать порядок использования лабораторного стенда.

1.2. Материальное обеспечение: специализированный лабораторный стенд, соединительные провода.

1.3. Теоретическая часть

Трехфазные электрические сети (трехфазные с изолированной нейтралью и четырехпроводные с заземленной нейтралью, включающие три фазных провода и PEN-провод, соединяющий нейтральную точку питающего трансформатора с вводным распределительным устройством) широко используются для электроснабжения предприятий. Электробезопасность этих сетей, а также подключенных к ним электроустановок определяется сопротивлением изоляции и значениями электрической емкости (мкФ) сети, которая создает емкостные токи утечки. Электрические сети, оборудование способны накапливать электрические заряды, благодаря тому, что токоведущие части и корпуса оборудования (земля) образуют своего рода конденсатор. Для трехфазных сетей емкости фаз относительно земли принимают одинаковыми, то есть $C_A = C_B = C_C = C_\Phi$. Емкости фаз относительно земли снижают уровень электробезопасности, так как она формирует низкоомный (с малым сопротивлением) путь токам утечки.

Известно, что в местах замыкания сосредотачиваются все емкостные токи. Поэтому сила тока замыкания может достигать 100 А, а возникающие перенапряжения могут в 10 раз превышать фазное напряжение в сети. Создаются условия для возникновения электрической дуги, что ухудшает пожаробезопасность.

Наиболее часто поражение людей электрическим током происходит по схеме однофазного прикосновения, то есть человек касается одной из фаз электроустановки – см. рис. 1.

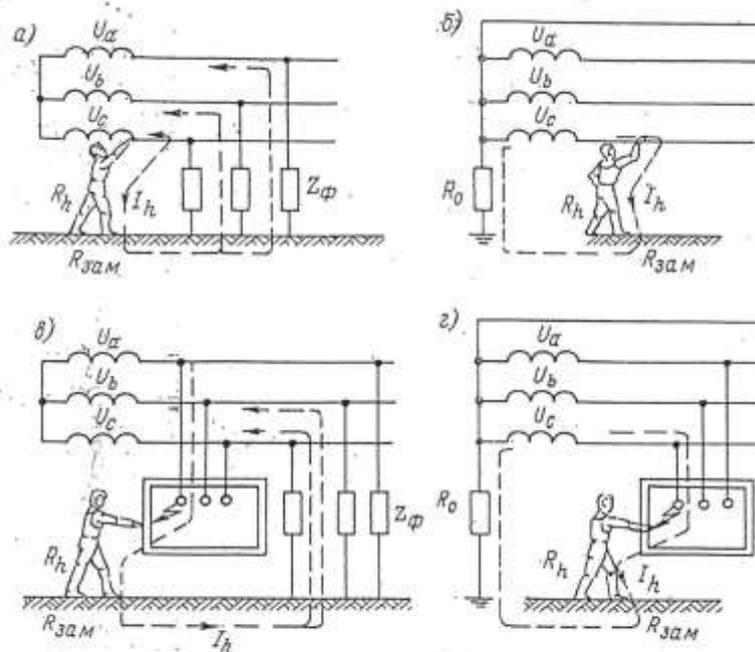


Рис.1. Схемы замещения типичных случаев однофазного прикосновения : непосредственного прикосновения к токоведущим частям сети с изолированной нейтралью (а) и четырехпроводной сети с глухим заземлением нейтрали (б); прикосновения к корпусу неисправного потребителя электроэнергии в сети с изолированной нейтралью (в) и в сети с глухим заземлением нейтрали (г).

При этом возможны два вида однофазного прикосновения: 1) касание непосредственно токоведущей части электроустановки; 2) касание металлического корпуса потребителя электроэнергии, в котором произошло замыкание фазы на корпус- рис.1, в-г. На рис.1 введены следующие обозначения: U_a, U_b, U_c – фазные напряжения источника электроэнергии, Z_ϕ – комплекс сопротивления изоляции и емкости, R_0 – сопротивление заземления нейтрали источника электроэнергии, I_h – сила тока через тело человека, R_h – сопротивление тела человека, $R_{зам}$ – сопротивление растеканию электрического тока в земле в месте замыкания.

Важно отметить, что именно второй вид однофазного прикосновения и включения человека в цепь тока, из-за возможного доступа лиц самых разных профессий к корпусам электрооборудования, делает его наиболее массовым.

При прикосновении человека к сети с глухим заземлением нейтрали (см. рис. 1, б, г) ток поражения идет по контуру: фазный провод, тело человека, зона растекания тока в земле под ногами человека, $R_{зам}$ – зона растекания тока в земле у заземлителя; R_0 – заземляющий проводник-нейтраль источника электроэнергии, R_h – тело человека. Значения указанных величин могут быть приняты следующие : $R_0 \leq 4 \text{ Ома}$, $R_h = 1 \text{ кОм}$. Что касается сопротивления $R_{зам}$,

то оно зависит от свойств пола (грунта) и изоляционных характеристик обуви. Принимают, что для цементного пола $R_{зам} \approx 30$ Ом.

В общем случае при нормальном режиме работы сети с глухозаземленной нейтралью (четырёхпроводная сеть) ток I_h через тело человека будет

$$I_h = U_\phi / (R_h + R_o), \text{ А} \quad (1)$$

где U_ϕ – фазное напряжение, В.

Напряжение прикосновения $U_{пр}$ будет

$$U_{пр} = U_\phi \frac{R_h}{R_h + R_o}, \text{ В} \quad (2)$$

При аварийном режиме этой же четырёхпроводной сети, когда одна из фаз замкнута на землю через относительно малое сопротивление $R_{зам}$ получим

$$I_h = U_\phi \frac{R_{зам} + R_o \sqrt{3}}{R_{зам} R_o + R_h (R_{зам} + R_o)}, \text{ А} \quad (3)$$

$$U_{пр} = U_\phi R_h \frac{R_{зам} + R_o \sqrt{3}}{R_{зам} R_o + R_h (R_{зам} + R_o)}, \text{ В} \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что если $R_{зам}$ близко к нулю, то $U_{пр} = U_\phi \sqrt{3}$. Если же принять равным нулю сопротивление R_o заземления нейтрали, то $U_{пр} = U_\phi$.

При поражении человека электрическим током основным поражающим фактором является сила тока, проходящего через тело человека. Для переменного тока известны следующие значения: 1,6 мА – пороговый ощутимый ток; 3-5 мА – начало болевых ощущений; 15 мА – пороговый неотпускающий ток для 50 % лиц, попавших под действие тока; 100 мА и больше – фибрилляционный ток, который может быть причиной фибрилляции сердца у 5 % лиц, оказавших под током. Если принять вероятность фибрилляции сердца у 50 % лиц, то значение фибрилляционного тока I_ϕ может быть определено по формуле

$$I_\phi = a \sqrt{m} \quad (5)$$

где m – масса тела человека, кг;

a – эмпирический коэффициент, который при продолжительности прохождения тока $t = 1-3$ с равен 18,75, а при $t = 0.1$ с этот коэффициент равен 323,4.

Проведенные исследования влияния переменного тока на организм человека позволили получить результаты, приведенные ниже в таблице 1.

Таблица 1 - Влияние тока, мА, на организм человека

Вероятность возникновения воздействия, %		99,9	50	10	5	1	0,1
На уровне ощущения	Сила тока, мА	1,59	1,11	0,91	0,86	0,76	0,63
На уровне эффекта неотпускания		24,6	14,9	10,9	9,8	7,7	5,3
На уровне возникновения фибрилляции сердца		367	157	111	100	83	67

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ И ПОДГОТОВКЕ ОТЧЕТА

2.1. Общие указания

Лабораторную работу выполняют студенты индивидуально или в составе группы не более двух человек. Перед началом работы необходимо изучить лабораторный стенд, лицевая панель которого представлена на рис. 2. Стенд запитан от трехфазной сети переменного тока напряжением 380 В. На лицевой панели стенда изображена мнемосхема исследуемой системы «электросеть-человек», которая включает изображение источника питания, фазных и защитных проводников, электропотребителя, УЗО и цепи, имитирующие прикосновение человека к фазным проводам.

2.2. Лабораторный стенд позволяет моделировать источник питания сети; трехфазный потребитель электроэнергии, подключенный к сети с использованием устройства защитного отключения, реагирующего на дифференциальный (остаточный) ток, два типа сети: трехфазную трехпроводную с изолированной нейтралью и трехфазную четырехпроводную с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ.

Стенд включается автоматом S2- положение переключателя автомата 1. При этом загораются индикаторы (желтого, зеленого и красного цветов), расположенные с фазными проводами А,В,С. Значение активных сопротивлений ($R_{AE}, R_{BE}, R_{CE}, R_{PEN}$) и емкостей ($C_{AE}, C_{BE}, C_{CE}, C_{PEN}$) фазных проводов А,В,С и PEN – провода относительно земли могут изменяться с помощью переключателей S4-S10 в зависимости от вариантов, задаваемых преподавателем.

Переключатель S3 предназначен для подключения PEN –провода.

Переключатель S1 предназначен для изменения режима нейтрали исследуемой сети: левое положение – изолированная нейтраль; правое-заземленная нейтраль. Значение сопротивления нейтрали, установленного на стенде - 4 Ом.

Переключатели S12,S14 предназначены для моделирования аварийных режимов работы исследуемых сетей. Положение О переключателя S12 соответствует нормальному режиму работы сети.

Положения А, В, С переключателя S12 – соответствуют замыканию фазных проводов А,В,С на землю, при этом сопротивление растеканию тока в месте замыкания на землю – $R_{зм}$ может принимать различные значения.

Изменяя положение переключателя S14, можно выставить различные значения (10 Ом, 100 Ом, 1000 Ом) сопротивления растеканию тока $R_{зм}$.

Тело человека имитируется в схеме стенда резистором R_h , который может подключаться к каждому проводу сети или к проводу сети на стороне трехфазного потребителя электроэнергии, подключенного к сети через УЗО.

Переключатель S15 предназначен для моделирования прямого прикосновения человека к токоведущей части (проводу исследуемой сети). Положение О переключателя S15 – человек не касается фазного провода сети.

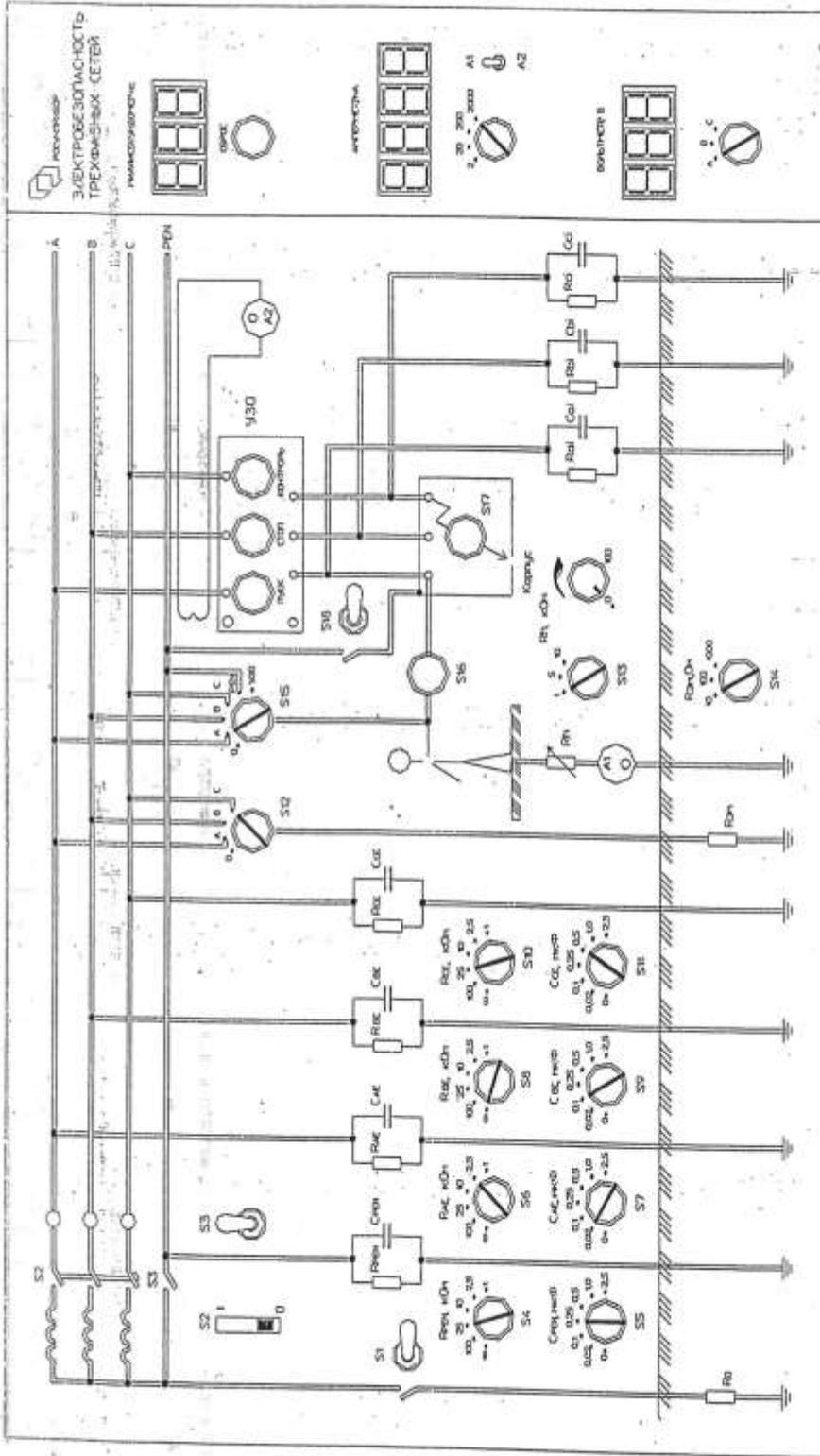


Рис. 2

СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Положения А, В, С, PEN переключателя S15 – человек касается соответственно фазных проводов А, В, С или PEN –провода. Положение УЗО переключателя S15-человек касается фазного провода на стороне трехфазного потребителя электроэнергии при нажатой кнопке S16.

Значение сопротивления цепи тела человека может быть задано дискретно (1 кОм, 5 кОм, 10 кОм) с помощью переключателя S13 либо плавно в пределах от 0 до 100 кОм с помощью переменного резистора R_h . Установка значений R_h 1,5, 10 кОм производится переключателем S 13 при положении ручки резистора R_h -0.

Трехфазный потребитель электроэнергии показан на лицевой панели стенда в виде корпуса, подключенного к сети с помощью УЗО, реагирующего на дифференциальный (остаточный ток).

Корпус трехфазного потребителя электроэнергии может быть занулен с помощью переключателя S18 (правое положение).

С помощью кнопки S17 моделируется замыкание фазного провода на корпус. При нажатой кнопке S17 загорается красный индикатор на корпусе трехфазного потребителя электроэнергии.

На лицевой панели УЗО расположены кнопки «ПУСК» (при нажатии этой кнопки трехфазный потребитель подключается к сети и загорается красный индикатор на лицевой панели УЗО); « СТОП» (отключение трехфазного потребителя от сети); «КОНТРОЛЬ» (оперативный контроль УЗО).

Значения активных сопротивлений изоляции (R_{Ai} , R_{Bi} , R_{Ci}) и емкостей (C_{Ai} , C_{Bi} , C_{Ci}) фазных проводов относительно земли в зоне защиты УЗО установлены на стенде и не меняются в процессе выполнения работы.

В правой части лицевой панели стенда размещены индикаторы трех цифровых приборов: миллисекундомера; амперметра и вольтметра.

Миллисекундомер предназначен для измерения времени срабатывания (мс) УЗО; кнопка сброс обнуляет показания миллисекундомера; миллисекундомер срабатывает при нажатой кнопке S16.

Амперметр – предназначен для измерения тока (мА) в цепи тела человека (положение I_h переключателя амперметра) и уставки УЗО (положение $I_{уст}$ переключателя амперметра). Амперметр имеет четыре предела измерения.

Вольтметр – предназначен для измерения напряжений, В, фазных проводов А,В,С относительно земли ; подключение вольтметра к фазным проводам осуществляется с помощью переключателя А,В,С.

2.3. Последовательность выполнения работы

Работа выполняется по номерам заданий, которые указывает преподаватель: 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3.

Задание 2.3.1

Исследуется наиболее часто используемая на практике четырехпроводная сеть с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ при нормальном режиме работы сети.

1. Заземлить нейтраль - перевести переключатель S1 в правое положение.
2. Подключить PEN-провод – перевести переключатель S3 в верхнее положение.
3. Установить нормальный режим работы сети - перевести переключатель S12 в положение «0».
4. Установить значения активных сопротивлений изоляции (переключатели S4, S6, S8, S10) и емкостей (переключатели S5, S7, S9, S11) фазных проводов и PEN- провода относительно земли в соответствии с заданием преподавателя.
5. Установить значение сопротивления цепи тела человека $R_h = 1 \text{ кОм}$ переключателем S13. При этом ручка регулятора резистора R_h должна находиться в положении «0».
6. Смоделировать ситуацию, когда человек не касается фазного провода сети,- установить переключатель S15 в положение «0».
7. Включить стенд – положение переключателя S2-«I» .
8. С помощью вольтметра произвести измерения напряжений фазных проводов («А», «В», «С») относительно земли U_ϕ (переключатель вольтметра соответственно в положении «А», «В», «С»). Записать показания вольтметра.
9. Выключить стенд – положение S2- «0».
10. Смоделировать прямое прикосновение человека к фазному проводу «А» -установить переключатель S15 в положение «А».
11. Включить стенд – положение переключателя S2-«I» .
12. С помощью вольтметра определить значение напряжения прикосновения $U_{пр}$ (переключатель вольтметра в положении «А»). Записать показания.
13. Произвести измерение тока I_{hA} в цепи тела человека с помощью амперметра, выбрав необходимый предел измерения. Положение переключателя амперметра-«А1». Записать показания в табл. 2.
14. Выключить стенд – положение S2- «0».

Задание 2.3.2

Исследуется та же электрическая сеть, что и в задании 2.3.1 , но при аварийном режиме работы – один из фазных проводов замыкается на землю.

1. Смоделировать аварийный режим работы сети - замыкание фазного провода «В» на землю, для чего в дополнение к действиям по позициям 1...10 задания 2.3.1 перевести переключатель S12 в положение «В».
2. С помощью переключателя S14 задать значение $R_{зм}$. Записать это значение.

3. Включить стенд – положение переключателя S2-«I».

4. С помощью вольтметра определить значение напряжения прикосновения $U_{пр}$ (переключатель вольтметра в положении «А»). Записать это значение.

5. Произвести измерение токов в цепи тела человека I_{hA} соответственно положению переключателя S15-«А» с помощью амперметра, выбрав необходимый предел измерения. Положение переключателя амперметра –«А1». Записать результаты измерения.

6. Выключить стенд – положение S2- «0».

Задание 2.3.3

Необходимо проанализировать изменение силы тока, проходящего через тело человека, при прямом прикосновении к фазному проводу в зависимости от активного сопротивления изоляции проводов относительно земли. Емкость проводов относительно земли задается в процессе работы и остается постоянной. Таким образом, необходимо снять зависимость $I_h=f(R_{из})$ при условиях :

$$R_A = R_B = R_C = R_N = R_{из}$$

$$C_A = C_B = C_C = C_N = C = \text{const}$$

Задание выполняется в следующей последовательности.

1. Изолировать нейтраль – перевести переключатель S1 в левое положение.

2. Отключить PEN- провод – перевести переключатель S3 в нижнее положение.

3. Установить нормальный режим работы – перевести переключатель S 12 в положение «0».

4. Смоделировать прямое прикосновение человека к фазному проводу «А» - установить переключатель S15 в положение «А».

5. Установить значение сопротивления цепи тела человека R_h переключателем S 13. При этом ручка регулятора резистора R_h должна находиться в положении «0». Принять $R_h=1\text{кОм}$.

6. Установить значения емкостей проводов относительно земли (переключателями S7, S9, S11). Могут быть значения C: 0; 0,02; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0 мкФ.

7. Включить стенд – положение переключателя S2-«I».

8. Произвести измерения тока I_{hA} в цепи тела человека с помощью амперметра , поочередно устанавливая с помощью переключателей S6, S8, S10 значения активных сопротивлений фазных проводов относительно земли $R_{из}$ (1 ; 2,5; 10; 25; 100; ∞ кОм). Положение переключателя амперметра при измерениях – «А1». Записать результаты измерений в таблицу 2.

9. Выключить стенд – положение S2 - «0».

10. Заземлить нейтраль - перевести переключатель S1 в правое положение.

11. Подключить PEN-провод – перевести переключатель S3 в верхнее положение.

12. Повторить действия 3...6, дополнительно выставив значения $C_{PEN}=C$ (переключатель S5).

13. Включить стенд – положение переключателя S2-«I».

14. Произвести измерения тока I_{ha} в цепи тела человека с помощью амперметра, поочередно устанавливая с помощью переключателей S4, S6, S8, S10 значения активных сопротивлений фазных проводов и PEN –провода относительно земли $R_{из} : 1 ; 2,5; 10; 25; 100; \infty$ кОм. Записать результаты измерений в таблицу 2.

15. Выключить стенд – положение S2- «0».

Таблица 2 – Форма таблицы для записи измеренных значений силы тока I_{ha} через тело человека

$R_{из}, \text{кОм}$	I_{ha}	
	(сеть с изолированной нейтралью)	(сеть с заземленной нейтралью)
1		
2,5		
10		
25		
100		
∞		

2.4. Указания по подготовке отчета

2.4.1. В таблицу 3 записать формулы для расчета $U_{пр}$ и $I_{чел}$

Таблица 3 - Форма таблицы для записи расчетных формул

Режим нейтрали	Нормальный режим работы	
	Напряжение для соприкосновения $U_{пр}$ (формула для расчета)	Ток поражения $I_{чел}$ (формула для расчета)
Изолированная нейтраль		
Заземленная нейтраль		
	Аварийный режим работы (замыкание фазного провода на землю)	
Изолированная нейтраль		
Заземленная нейтраль		

2.4.2. По заданию 2.3.1 привести в отчете:

а) измеренные значения напряжений $U_{ф}$ на фазных проводах (А,В,С);

б) измеренное значение напряжения прикосновения $U_{пр}$ по формуле (2) и сравнить расчетное значение и измеренным;

в) измеренное значение тока I_{hA} через тело человека; рассчитать I_h по формуле (1) и сравнить это значение с измеренным (экспериментальным).

2.4.3. По заданию 2.3.2 привести в отчете:

а) измеренное значение напряжения соприкосновения $U_{пр}$; расчетное значение $U_{пр}$ из формулы (4); сравнить экспериментальное и расчетное значения $U_{пр}$;

б) измеренное значение силы тока через тело человека I_{hA} ; расчетное значение I_{hA} из формулы (3); сравнить полученные значения и указать возможные последствия при действии такого тока на человека.

2.4.4. По заданию 2.3.3. привести в отчете:

а) измеренные значения силы тока I_{hA} в зависимости от активного сопротивления изоляции фазных проводов $R_{из}$ в табличной форме и в форме графической зависимости $I_{hA}=f(R_{из})$ для варианта с отключенным PEN-проводом (трехфазная сеть с изолированной нейтралью);

б) измеренные значения силы тока I_{hA} в зависимости от активного сопротивления изоляции фазных проводов $R_{из}$ в табличной форме и в форме графической зависимости $I_{hA}=f(R_{из})$ для варианта с включенным PEN-проводом (трехфазная сеть с изолированной нейтралью);

Графики привести на одном рисунке (вариант а, вариант б).

3. Меры безопасности

1. Работу выполнять в строгом соответствии с последовательностью, указанной в методических указаниях.

2. При возникновении неисправностей доложите преподавателю. Не пытайтесь самостоятельно исправить возникшую неисправность.

3. Лабораторный стенд подключается к высокому напряжению. Требуется повышенное внимание при работе со стендом. Включение стенда в сеть и отключение от сети могут выполнять только преподаватель и учебно-вспомогательный персонал, участвующий в проведении занятия.

4. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1. Какие электрические сети моделируются в данной лабораторной работе?

2. Какой график требуется построить по результатам измерений в данной лабораторной работе?

3. Как обозначается провод, соединяющий нейтральную точку питающего трансформатора с вводным распределительным устройством в здании?

4. Какой основной поражающий фактор при действии тока на человека?

5. Каково значение порогового ощутимого переменного тока при его действии на человека?
6. Каково значение сопротивления тела человека R_h , принимаемое в данной лабораторной работе?
7. В каких пределах изменяются значения активных сопротивлений изоляции фазных проводов в данной лабораторной работе?
8. Сколько вариантов заданий предусмотрено в данной лабораторной работе?
9. В каком варианте задания предусмотрено изучение зависимости $I_{hA}=f(R_{из})$?
10. На какое напряжение запитан лабораторный стенд?

5. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы

1. Как в общем случае определяется сила тока через тело человека?
2. Какое воздействие на организм человека могут оказывать измеренные значения силы тока I_{hA} ?
3. Как влияет режим нейтрали трехфазной электрической цепи на силу тока через тело человека при прикосновении человека к фазному проводу? При ответе используйте результаты измерений по заданию 2.3.3.
4. Каково назначение PEN – провода?
5. Почему на практике для распределения электроэнергии по потребителям часто используется четырехпроводная сеть?
6. Нарисуйте схему однофазного прикосновения человека к корпусу неисправного электрооборудования в сети с заземленной нейтралью?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ТЕМА: ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ СЪЕМНЫХ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1.1. Цель: освоить определение пригодности к дальнейшей эксплуатации съемных грузозахватных приспособлений и их отдельных деталей; изучить основные признаки, в соответствии с которыми осуществляется выбраковка канатных элементов и съемных деталей указанных приспособлений.

1.2. Материальное обеспечение: стенд с образцами канатов и набором съемных деталей, включающий прямые и фигурные скобы, вертлюги, кольца,

грузовые и траловые (используемые в рыболовстве) крюки (гаки). Для замеров используется штангенциркуль.

1.3. Теоретическая часть. Стальные или синтетические канаты, а также различные съемные детали являются неотъемлемыми элементами любого грузоподъемного устройства. Съемные детали – кольца, скобы, вертлюги – широко используются в качестве соединительных элементов в различных конструкциях грузозахватных приспособлений.

Грузозахватные приспособления делятся на съемные и несъемные – соответственно СГП и НГП. В «Правилах безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» указано, что СГП должны легко сниматься с подъемного устройства и отсоединяться от груза. СГП не являются частью ни крана, ни груза. НГП определяется как устройство, к которому можно подвешивать груз, и которое постоянно закреплено на нижнем конце подъемного устройства. НГП является частью крана. Как НГП можно рассматривать крюк грузоподъемной машины, крюковую подвеску, электромагнит, вилы, грейфер – специальное устройство, служащее для захвата сыпучих грузов.

К СГП относятся двухветвевые и многоветвевые стропы, траверсы, поддоны, захваты и др. – см. рис. 1 и 2.

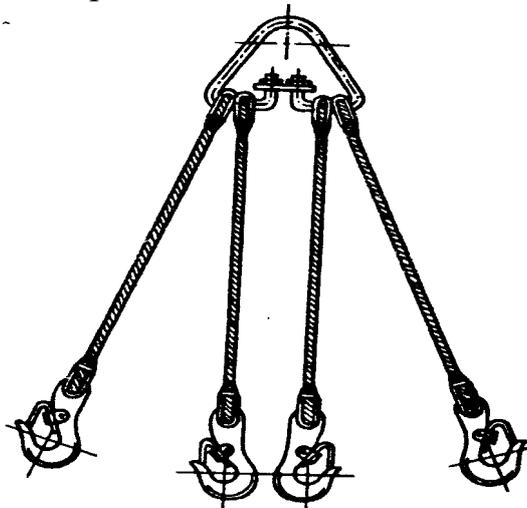


Рис. 1. Многоветвевой строп с крюками, снабжёнными предохранительными замками

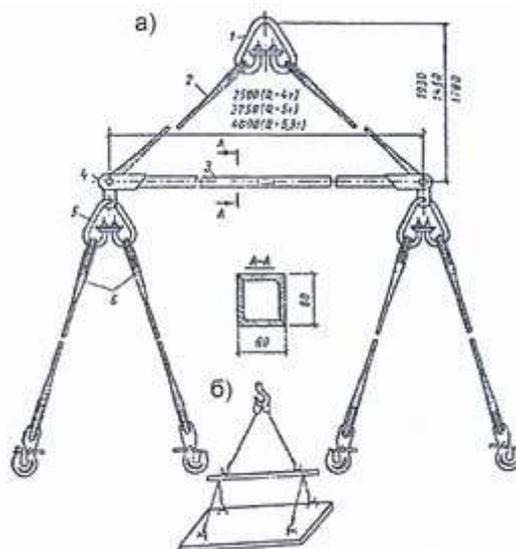


Рис. 2. Траверса с двухветвевыми стропами (а)
и схемы строповки груза (б):

1, 5 – разъёмные подвески; 2 – растяжной канат; 3 - балка;
4 – замок крепления; 6 – канатный строп

Имеющийся практический опыт показывает, что канаты и перечисленные выше съемные детали СГП и НГП являются весьма ответственными элементами подъемных сооружений. В процессе работы указанные элементы подвергаются интенсивному износу, приводящему к потере ими своей первоначальной прочности. При значительной потере прочности возможны разрывы канатов, поломки съемных деталей – крюков, скоб, вертлюгов. В свою очередь это вызывает падение грузов, другие непредвиденные движения, что создает опасные ситуации в зоне производства работ и может явиться причиной тяжелых несчастных случаев. Травмировать работников могут также идвигающиеся с большой скоростью концы разорвавшихся канатов, части съемных деталей, либо сами съемные детали, пришедшие в движение после разрыва соединительных канатов. Поэтому проектирование СГП и НГП, правильный выбор для их изготовления канатов, съемных деталей, постоянный надзор за ними в процессе работы, а также своевременный вывод их из эксплуатации по причине значительного износа, либо по другим признакам имеют исключительно большое значение при всех видах погрузочно-разгрузочных работ.

Нужно помнить, что грузовые крюки, вертлюги и скобы, применяемые в СГП и НГП, должны быть коваными или штампованными, иметь специальные клейма, которые наносятся на каждую деталь при положительных результатах испытаний пробной нагрузкой. Клейма должны содержать информацию о типе изделий, допускаемой нагрузке (для блоков, кроме того, указывается допустимое натяжение каната (троса) и другие данные согласно ГОСТ 2105,

ГОСТ 12840 и ГОСТ 6619 (для пластинчатых крюков). Все вновь изготовленные съемные детали грузоподъемных устройств должны испытываться пробной нагрузкой, которая равна двойной допустимой нагрузке, если последняя меньше или равна 250 кН. Если допустимая нагрузка превышает 250 кН, то величина пробной нагрузки определяется по специальным таблицам. Пробная нагрузка прикладывается статически, время выдержки под нагрузкой – 5 мин.

Головные образцы стандартизируемых съемных деталей испытываются предельной нагрузкой, которая в два раза превышает пробную. Испытанные предельной нагрузкой детали использованию и ремонту не подлежат.

В нормативных документах указывается, что съемные детали, имеющие износ 10% и более по толщине или диаметру, а также детали с трещинами, изломами или остаточными деформациями, должны выводиться из эксплуатации и заменяться новыми. Грузовые крюки должны снабжаться предохранительной планкой, препятствующей выскальзыванию канатов из зева крюка.

Канаты (стальные или синтетические), применяемые в СГП и НГП, должны иметь специальные свидетельства или сертификаты, подтверждающие их испытание. Синтетические канаты допускается применять лишь в отдельных случаях.

Грузовые канаты, применяемые в грузоподъемных устройствах, должны быть цельными, изготовление их из кусков не допускается. Для изготовления петель на стальных канатах допускаются следующие методы: заплетка, установка зажимов, применение специальных втулок, заливка специальным составом. Сварные втулки не допускаются.

При применении заплетки число проколов каждой прядью каната должно соответствовать диаметру каната: до 15 мм – 4 прокола, 15 – 28 мм – 5 проколов, 28 – 60 мм – 6 проколов. Последний прокол делают половинным числом проволок пряди каната.

Следует иметь в виду, что при применении зажимов их число должно быть не менее трех, шаг расположения зажимов и длина свободного конца каната за последним зажимом должны составлять не менее шести диаметров каната.

Внутри петель на канатах для предотвращения износа должны вставляться коуши – металлические изогнутые полувтулки.

Важным вопросом, решаемым при проектировании СГП и НГП, является выбор коэффициента запаса прочности используемых канатов – отношение разрывной нагрузки канатов к их натяжению, т.е. к действующей нагрузке. Из нормативных документов следует (ГОСТ 12.2.069 и др.), что запас прочности канатов относительно разрывной нагрузки устанавливается с учетом их назначения, отношения $D : d$ и должен быть в пределах 4 – 6. Здесь D – диаметр

барабана, на который наматывается канат, или диаметр направляющего блока, а d – диаметр каната. Минимальные значения коэффициента запаса прочности, приведены в табл. 1

Таблица 1- Нормативные требования к коэффициенту запаса прочности

Название каната	$D : d$	Коэффициент запаса прочности
1. Подъемный: крюковый монтажный крюковый перегрузочный грейферный перегрузочный	30	5,0
	40	4,5
	50	4,0
	30	5,5
	40	5,0
	50	4,5
	30	6,0
	40	5,5
	50	5,0
2. Тяговый: передвижения грузовой тележки передвижения крана	30	4,0
	30	4,0
3. Монтажный: при ручном приводе при машинном приводе	12	4,0
	20	4,0

Коэффициент запаса прочности k определяется по формуле

$$\frac{P}{S} \geq k, \quad (1)$$

где P – разрывное усилие каната в целом, N . Определяется по стандартам на стальные канаты:

S – наибольшее натяжение каната (без динамических нагрузок), N .

Разрывное усилие стального каната по ГОСТ 3077 (канат типа ЛК-0 конструкции $6 \times 19 (1 + 9+9) + 1$ о.с.) для маркировочной группы 1568 МПа приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Извлечение 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	28,0	30,5
Разрывное усилие, кН	53,7	66,2	72,0	81,1	97,6	115,5	135,0	156,0	183,0	210,5	236,5	264,5	324,5	342,0	405,0
Масса 100 м каната, кг	38,8	48,7	53,0	59,7	71,9	85,3	99,7	115,5	137,0	155,0	174,5	195,0	239,0	288,0	341,0

Запасы прочности для грузовых, стреловых, несущих и других канатов согласно стандартам ИСО 4308/1, ИСО 4302/2 определяются с учетом группы классификации механизма крана по ИСО 4301/1 – см. табл. 3. Для автомобильных кранов грузоподъемностью до 16 т при подборе канатов и определении запаса прочности ориентируются на группу классификации механизма подъема не менее М 4.

Таблица 3 - К определению запасов прочности канатов

Группа классификации механизма крана по ИСО 4301/1	Подвижные канаты	Неподвижные канаты
М1	3,15	2,50
М2	3,35	2,50
М3	3,55	3,00
М4	4,00	3,50
М5	4,50	4,00
М6	5,60	4,50
М7	7,10	5,00
М8	9,00	5,00

Важно отметить, что запас прочности для стальных канатов, используемых для изготовления стропов, принимают равным шести. Если же ветви стропа изготавливаются из синтетических лент, то запас прочности должен быть не менее восьми. При использовании цепных стропов запас прочности – четыре.

При проектировании СГП и НГП, включающих канатные элементы, натяжение S в ветвях стропов - см. рис. 1 – определяют по формуле

$$S = \frac{1}{\cos \alpha} \frac{Q}{n_p}, \quad (2)$$

где α - угол между вертикалью и ветвью стропа;

Q - вес поднимаемого груза;

n_p - расчетное число ветвей стропа. Если фактическое число ветвей больше трех, то $n_p = 3$.

В качестве соединительных элементов в СГП и НГП часто используются такелажные или иные скобы. Скобы подбирают по допустимой нагрузке M , которая рассчитывается по формуле

$$M = Sk_n k_g, \quad (3)$$

где k_n - коэффициент перегрузки, который можно принять равным 1,1

k_g - коэффициент динамичности, также равный 1,1.

Характеристики некоторых такелажных скоб приведены в табл. 4.

Длина L ветвей канатных стропов определяется из расчета, чтобы угол α между ними не превышал 90° . Если A и B длина и ширина груза, то

$$L = \sqrt{A^2 + B^2} / 2 \sin \alpha / 2 \quad (4)$$

СГП и НГП должны изготавливаться в соответствии с утвержденной документацией. После изготовления они испытываются нагрузкой, на 25% превышающей их паспортную грузоподъемность. Все СГП должны снабжаться клеймом или плотно прикрепленной металлической биркой с указанием

номера, паспортной грузоподъемности и даты испытания. Кроме того, все СГП должны быть снабжены паспортом. После ремонта СГП подлежат испытанию на том предприятии, где они ремонтировались.

Неисправные СГП, а также СГП без клейм, бирок не должны находиться в местах производства работ.

В целях обеспечения безопасности владельцы СГП и тары должны производить их осмотры в следующие сроки:

траверсы, клещи, захваты, тара – каждый месяц;

стропы – каждые 10 дней;

редкоиспользуемые СГП – перед выдачей их в работу.

Результаты осмотра СГП и тары заносят в журнал осмотра.

Если в процессе осмотра СГП выявлено уменьшение по толщине крюков, скоб, вертлюгов более 10%, то они подлежат выводу из эксплуатации, т.е. списанию.

Канатные элементы СГП подлежат браковке (т.е. выводу из эксплуатации), если число видимых обрывов наружных проволок канатов превышает указанные в табл. 5.

Таблица 4 - Характеристики такелажных скоб

Типоразмер скобы	Диаметр скобы, мм	Диаметр штыря, мм	Допустимая нагрузка, кН
1,2	14	18	12
1,7	16	20	17
2,1	20	24	21
2,7	22	27	27
3,5	24	33	35
4,5	28	36	45
6,0	32	39	60
7,5	36	45	75
9,5	40	48	95
11,0	45	56	110

Таблица 5 - К выбраковке канатных стропов

Стропы из стальных канатов двойной свивки	Число видимых обрывов проволок на участке длиной		
	3d	6d	30d
	4	6	16

В общем случае стальные канаты выбраковываются по следующим критериям:

- обрыв хотя бы одной пряди;
- уменьшение диаметра каната в результате поверхностного износа или коррозии на 7% и более по сравнению с номинальным диаметром;
- уменьшение диаметра отдельных наружных проволок в результате износа или коррозии на 40% и более;
- деформация каната в виде волнистости, корзинообразности, выдавливания отдельных прядей, заломов, перегибов;
- выдавливание органического сердечника – появление ворсистости на канате;
- характер и число обрывов проволок на контрольной длине – см. табл.5;
- уменьшение площади поперечного сечения проволок каната.

Согласно требованиям, действующим в отдельных отраслях (рыбопромысловый флот), стальные канаты должны выводиться из эксплуатации, выбраковываться, если в любом месте на длине каната, равной 8 диаметрам, количество обрывов проволок составляет 10% и более общего количества последних, а также при наличии оборванной пряди, значительном уменьшении диаметра проволок или чрезмерной деформации каната. Уменьшение диаметра проволок вследствие износа или коррозии допускается не более чем на 20%. Ответственность за своевременную выбраковку канатов и съемных деталей возлагается на соответствующих руководителей подразделений.

Растительные и синтетические канаты должны выводиться из эксплуатации при наличии разрывов каболок, прелости, смещении прядей, значительном износе или деформации, потере плотности.

Важно отметить, что фигурные скобы (круглые) могут применяться в качестве грузовых скоб только для растительных и синтетических канатов.

Все съемные детали и канаты должны постоянно контролироваться и своевременно выводиться из эксплуатации при выявлении признаков браковки. Если в стальном канате обнаружена хотя бы одна лопнувшая проволока, то он должен осматриваться особенно тщательно.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

2.1. Лабораторную работу выполняет бригада в количестве не более двух студентов.

2.2. Отчет по выполненной работе представляется индивидуально каждым студентом в соответствии с вариантом.

2.3. До начала выполнения лабораторной работы необходимо получить штангенциркуль (один на бригаду) и номер задания.

2.4. По всем перечисленным в задании образцам съемных деталей выполняются следующие работы:

- визуальный осмотр с целью проверки наличия клейма, выявления трещин, изломов, остаточных деформаций;
- оценка степени износа (если обнаруживается при визуальном осмотре) по формуле

$$И = \frac{P_o - P_{и}}{P_o} \times 100\% \quad (5)$$

где И - износ в процентах;

P_o - измеренная первоначальная толщина или диаметр исследуемого изделия, мм;

$P_{и}$ - измеренная штангенциркулем толщина или диаметр изделия в его наиболее изношенной части, мм;

- составляется мотивированное заключение о пригодности (или непригодности) исследованной съемной детали к использованию.

2.5. По образцам канатов проводятся следующие работы:

- визуальный осмотр каната с целью выявления наиболее изношенного участка, оборванных или смещенных проволок, каболок, прядей, заломов, чрезмерных деформаций, прелости и т.д.;

- на наиболее изношенном участке стального каната отмечаются с помощью марок отрезки длиной в 3,6 и 30 диаметров каната, на которых подсчитывается количество обрывов проволок в канате,

- составляется мотивированное заключение о пригодности (или непригодности) каната в дальнейшей эксплуатации.

2.6. Результаты исследований представляются в форме табл. 6 – см. ниже. В ней приводятся все исходные данные, результаты осмотра образцов, расчеты по указанным выше формулам и мотивированные заключения по каждому изделию.

2.7. Указания по подготовке отчета.

2.7.1. На первой странице отчета запишите названия университета, кафедры, свою фамилию и инициалы, номер группы, название лабораторной работы, дату ее выполнения.

2.7.2. На последующих страницах отчета укажите цель лабораторной работы, опишите ход ее выполнения, приведите результаты работы в форме табл. 6.

2.7.3. Определите параметры четырехветвевое канатного стропа (длину ветвей, диаметр каната, тип и допустимую нагрузку скоб) для заданного варианта – см. табл. 7. Нарисуйте схему подъема. Составьте паспорт стропа по форме, приведенной в табл. 8.

Таблица 6 - Форма таблицы для записи результатов работы

Шифр образцов, изделий	Наименование образцов, изделий	Результаты осмотра	Количественная оценка износа: - для съемных деталей $И = \frac{P_o - P_i}{P_o} \times 100\%$ - для стального каната указывают число обрывов проволок	Мотивированное заключение о пригодности (непригодности) образца к эксплуатации
A B C E H	Крюк грузовой Крюк грузовой Гак траловый Двухзвенка Скоба прямая Канат стальной	3d 6d 30d		
K R M Z	Вертлюг обыкновенный Трехзвенка Крюк грузовой с такелажной скобой Скоба фигурная Канат капроновый			

Таблица 7 - Варианты заданий для расчета грузового стропа из стальных канатов

Вариант	Вид поднимаемого груза	Масса, м, груза	Размеры
1	Четырехугольная плита	5	(1,4x6) м
2	Четырехугольная плита	6	(1,2x6) м
3	Цилиндр	4	длина 4 м
4	Шестиугольная плита	7	длина стороны 3 м
5	Четырехугольная плита	12	(1,5x6)
6	Цилиндр	8	длина 3 м
7	Шестиугольная плита	14	длина стороны – 2,4 м
8	Восьмиугольная плита	10	длина стороны 2 м

Примечание к таблице 7.

Применительно к шестиугольнику точки закрепления грузового четырехветвевго канатного стропа выбрать в противоположных углах вписанного четырехугольника. Одна его сторона равна длине A стороны шестиугольника. Другая большая длина B стороны определяется по формуле

$$B = 2A \cos 30^\circ$$

Таблица 8 - ФОРМА ПАСПОРТА СТРОПА

(наименование стропа)

ПАСПОРТ

Грузоподъемность стропа, т _____

Номер нормативного документа _____

Место товарного знака (эмблемы)

Предприятия-изготовителя стропа

Предприятие-изготовитель и его адрес _____

Место для чертежа стропа

с указанием длины стропа

Масса стропа, т _____

Порядковый номер стропа по системе предприятия-изготовителя

Год и месяц выпуска стропа _____

Дата испытаний стропа _____

Результаты испытаний _____

Гарантийный срок _____

Условия, при которых может эксплуатироваться строп:

Наименьшая температура окружающего воздуха, °С _____

Наибольшая температура окружающего воздуха, °С _____

Подпись руководителя предприятия-изготовителя
(цеха) или начальника службы контроля
продукции (ОТК) _____

Место печати _____

_____ (дата)

Примечания: 1. Паспорт должен храниться у владельца стропа.

2. При поставке партии однотипных стропов допускается изготавливать один паспорт на всю партию. При этом в нем должны быть указаны все порядковые номера стропов, входящие в данную партию.

3. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1. При неосторожном обращении с исследуемыми съемными деталями возможно их падение. При этом может иметь место травмирование ног, так как некоторые съемные детали имеют массу до 3 кг.

3.2. При работе со стальными канатами возможны микротравмы, например, в виде уколов оборванными проволоками.

3.3. В связи с наличием перечисленных выше и некоторых других опасностей, при выполнении работы рекомендуются следующие меры предосторожности:

3.3.1. Съем исследуемого образца со штырей стенда и размещение его на рабочем столе производите аккуратно. Образцы съемных деталей размещайте не ближе 0,15 – 0,2 м от края стола.

3.3.2. Работы со стальным канатом (съем со штырей и обследование) выполняйте в специальных рукавицах, предназначенных для защиты рук от механических повреждений (ГОСТ 12.4.010-75).

3.3.3. Исследованный образец установите обратно на стенд. Только после этого снимайте со стенда и исследуйте следующий образец.

3.3.4. При выполнении работы избегайте резких движений.

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ГОТОВНОСТИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

4.1. Во сколько раз пробная нагрузка должна превышать допустимую при испытаниях съемных деталей?

4.2. Как определяется величина предельной нагрузки при испытаниях головных образцов съемных деталей?

4.3. С каким запасом прочности подбираются канаты для изготовления ветвей канатных стропов?

4.4. С какой периодичностью должны осматриваться стропы?

4.5. Каким должен быть запас прочности синтетической ленты, используемой для изготовления ветвей стропа?

4.6. Как ограничен угол между ветвями канатных стропов?

4.7. С какой периодичностью осматриваются траверсы?

4.8. Что учитывается при определении длины ветвей стропов?

4.9. При каком количестве видимых обрывов на канатном элементе стропа он должен выводиться из эксплуатации? Имеется в виду контрольный участок длиной 6d.

4.10. На каком расстоянии от края стола должны располагаться исследуемые съемные детали при выполнении лабораторной работы?

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ГОТОВНОСТИ К ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

5.1. По каким причинам требуется постоянный надзор за состоянием съемных деталей и канатов подъемных сооружений?

5.2. Как производится выбраковка съемных деталей подъемных сооружений, СГП и НГП?

5.3. Что относится к номенклатуре съемных деталей грузоподъемных устройств?

5.4. Как определяется величина пробной и предельной нагрузок при испытаниях съемных деталей?

5.5. Какие данные должны содержать клейма, наносимые на съемные детали?

5.6. Как производится выбраковка стальных канатов?

5.7. Какой нагрузкой испытываются канатные стропы после изготовления?

5.8. Разрывная нагрузка стального каната, из которого изготовлен грузовой канат, используемый для подъема груза, составляет 400 кН, чему равна допустимая грузоподъемность этого каната, а также величина нагрузки при его испытаниях после изготовления?

5.9. Какие документы должны быть приложены к стропу?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ТЕМА: ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1.1. Цель: формирование умений и навыков оценки и проверки работоспособности систем пожарной сигнализации; изучение устройства, принципов действия систем автоматической электрической пожарной сигнализации, датчиков пожарной опасности – пожарных извещателей.

1.2. Материальное обеспечение: макет промышленного здания с встроенной системой автоматической пожарной сигнализации, образцы автоматических пожарных извещателей.

1.3. Теоретическая часть

Своевременное обнаружение и быстрое уведомление о начавшемся пожаре является одним из важнейших условий его успешной ликвидации и на судах и на промышленных предприятиях при минимальных потерях материальных ценностей и риске для жизни людей. В связи с этим уделяется большое внимание оборудованию судов и предприятий специальными системами автоматической пожарной сигнализации, которые обеспечивают подачу быстрого и точного сообщения о пожаре с указанием места его возникновения.

Международная конвенция по охране человеческой жизни на море, а также Правила Регистра Морского судоходства Российской Федерации предписывают обязательное применение системы пожарной сигнализации на всех пассажирских судах специального назначения и рыбопромысловых валовой вместимостью более 1000 рег.т, а также на судах, строящихся на класс Регистра со знаком "F". На тех судах, где не предусматривается постоянная вахта в машинном отделении, также требуется обязательное устройство автоматической сигнализации обнаружения пожара.

На предприятиях и в организациях помещения или здания, которые должны оборудоваться пожарной сигнализацией, устанавливаются федеральным законом №123-ФЗ. Такая сигнализация обязательна для помещений вычислительных центров, помещений деревообрабатывающих предприятий, помещений дизель-генераторов, помещений по окраске изделий, складов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей суммарной емкостью 10 м³ и выше, складов пиломатериалов, тарных предприятий, учебных лабораторий, автозаправочных станций.

Важно отметить, что автоматическая пожарная сигнализация – один из видов пожарной автоматики. Другим её видом являются автоматические установки пожаротушения.

Системы сигнализации о начавшемся пожаре могут быть электрическими, дымосигнальными, пневматическими и комбинированными. В настоящее время на судах, на предприятиях и в организациях наиболее широко используются электрические системы пожарной сигнализации.

В состав электрической системы пожарной сигнализации входят следующие элементы: пожарные извещатели (датчики пожарной опасности), станции приема сигналов от извещателей, электрические линии связи между извещателями и приемной станцией, источник питания (судовая или береговая сеть, аккумуляторы). Обычно предусматривается два источника питания – автономный и неавтономный.

По типу соединения пожарных извещателей с приемной станцией различают лучевую и кольцевую (шлейфную) системы электрической пожарной сигнализации. В первом случае (см. рис. 1) один или несколько извещателей подключаются к отдельной паре проводов («лучу»), соединенных

с приемной станцией. При таком включении извещателей место пожара, легко обнаруживается сигнальной номерной лампой, которой снабжен каждый луч. В один луч может быть включено до десяти извещателей. Такие системы надежны, но требуют большого расхода соединительных проводов.

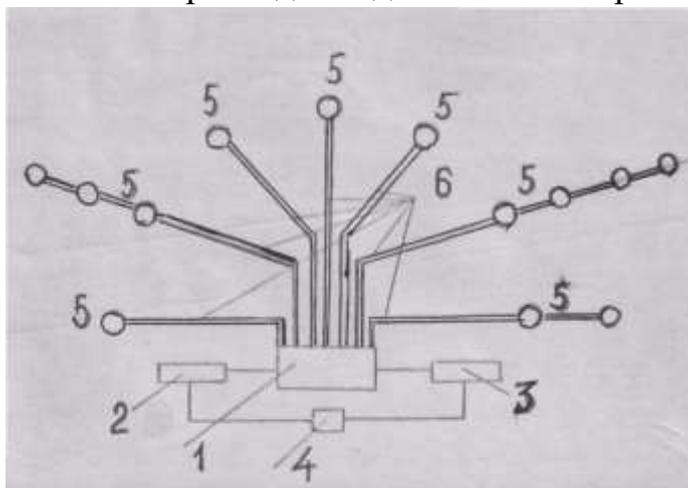


Рис. 1. Принципиальная схема устройства лучевой системы электрической пожарной сигнализации

1 – приемная станция; 2 – блок питания от сети; 3 – резервный (аккумуляторный) блок питания; 4 – система переключения; 5 – пожарные извещатели-датчики; 6 – соединительные провода (лучи)

Во втором случае (кольцевая система) пожарные извещатели включены последовательно между собой в один общий провод («шлейф»), начало и конец которого соединены с приемной станцией (см. Рис. 2). Место пожара в этом случае определяется по коду, которым снабжен каждый извещатель и который обеспечивает подачу только определенной комбинации электрических импульсов. В литературе приводятся сообщения о том, что в связи со сложностью, кольцевые системы сигнализации в настоящее время применяются редко.

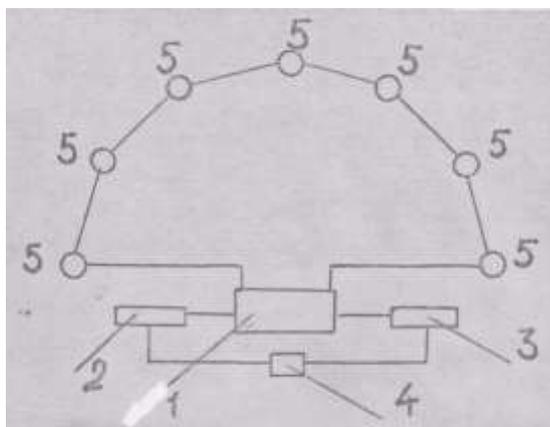


Рис. 2. Принципиальная схема устройства кольцевой (шлейфной) электрической пожарной сигнализации (обозначения те же, что и на рис. 1)

Пожарные извещатели, используемые в системах пожарной сигнализации, делятся на ручные и автоматические.

Ручные извещатели позволяют любому члену экипажа судна или работнику предприятия, заметившему пожар, подать сигнал на приемную станцию. Ручные извещатели должны располагаться на высоте 1,5 м в легкодоступных местах (на лестничных площадках, в коридорах и т.п.) И так, чтобы они были заметны. Поэтому корпус извещателей окрашивают в красный цвет. Рядом с ним или прямо на корпусе помещают краткую инструктивную надпись, обычно: «При пожаре разбей стекло, нажми и отпусти кнопку, жди ответного гудка». Расстояние между двумя ближайшими ручными извещателями на предприятиях не должно превышать 50 м, а вне помещения – 150 м согласно СП 484.1311500.2020. На судах это расстояние не должно превышать 20 м. Наиболее широко применяются ручные извещатели типа ПКИЛ-9 (пожарно-кнопочный извещатель лучевой системы), ПИЛВ – пожарный извещатель лучевой системы для установки внутри помещений.

Автоматические пожарные извещатели осуществляют автоматическую посылку сигнала о начавшемся пожаре. В зависимости от использованного фактора срабатывания или контролируемого признака пожара различают:

- температурные (тепловые) извещатели, реагирующие либо на величину температуры в помещении (максимальные извещатели, например, ИП 103), либо на скорость ее нарастания (дифференциальные извещатели), либо на то и другое одновременно (максимально-дифференциальные извещатели, в частности, МДПИ-028); В России широко используются извещатели пожарные тепловые, например, ИП 103-3-А2-1М, многоразового действия с номинальной температурой срабатывания 62 °С, максимальной – 70 °С;

- световые пожарные извещатели (например, СИ-2), срабатывающие от световых эффектов, сопутствующих пожару;

- дымовые пожарные извещатели, реагирующие на дым, например, ДИП-У;

- ультразвуковые, реагирующие на ультразвуки, сопровождающие пожар;

- комбинированные извещатели, например, ДИП-1, реагирующий на тепло и дым.

Автоматические пожарные извещатели характеризуются следующими параметрами: порог срабатывания, инерционность, помехозащищенность, площадь контролируемой одним извещателем зоны. Порог срабатывания – это минимальная величина контролируемого признака пожара (или скорости его изменения), при которой срабатывает извещатель. Инерционность – время от момента срабатывания извещателя до момента выдачи сигнала на технические средства оповещения. Помехозащищенность – свойство извещателя противостоять воздействию параметров окружающей среды, по своей физической природе близких к контролируемому признаку пожара. Например,

для световых извещателей возникает проблема защиты от светового потока посторонних источников света.

Важной характеристикой извещателей является время обнаружения пожара. Им принято считать время с момента возникновения пожара до момента выдачи извещателем сигнала на технические средства оповещения.

Чувствительным элементом в тепловых извещателях могут быть биметаллические пластинки, термопары, полупроводниковые терморезисторы, легкоплавкие сплавы. Чувствительный элемент в виде биметаллической пластинки состоит из двух сваренных металлических пластинок с разными температурными коэффициентами расширения. При повышении температуры одна из пластинок будет изгибаться в сторону пластинки с меньшим коэффициентом расширения. При этом может размыкаться или замыкаться электрический контакт и, таким образом, посылаться импульс тока в приемную станцию автоматической пожарной сигнализации.

Биметаллическим чувствительным элементом снабжены максимальные тепловые извещатели типа АТИМ, испытываемые в настоящей лабораторной работе (АТИМ-3), максимально-дифференциальные пожарные извещатели типа МДПИ-028 – см. стенд. Извещатель АТИМ-3 имеет нормально замкнутые контакты.

На судах при установке тепловых извещателей в помещениях с температурой выше 45 °С, их срабатывание должно происходить при 80-100 °С, а в помещениях с нормальной температурой – при 57-74 °С.

Во взрывоопасных помещениях применяют дифференциальные извещатели – датчики пожарной сигнализации типа ДПС-038, которые в качестве чувствительного элемента имеют батарею из 50 термопар.

В качестве тепловых извещателей максимального действия используются также конструкции, содержащие легкоплавкие вставки. В России подобные датчики типа ДТЛ (датчик тепловой легкоплавкий) широко применяются для установки на стационарных объектах. Недостатком их являются одноразовость действия, что не позволяет осуществить периодическую проверку исправности системы пожарной сигнализации.

Достаточно широко используются извещатели тепловые магнитные ИП 105-2/1 (ИТМ), собранные на магнитоуправляемом контакте (герконе). При нормальной температуре контакты геркона замкнуты. Под действием повышенной температуры при достижении ею заданной величины ($70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\%$) – точка Кюри – резко уменьшается магнитная проницаемость термочувствительного феррита между магнитами и благодаря изменившемуся магнитному полю контакты геркона размыкают цепь сигнализации. Размер защищаемой одним таким извещателем площади не превышает 15 м².

В дымовых извещателях используются либо оптико-электронный, либо радиоизотопный методы обнаружения дыма. Первый метод использован в извещателе ИДФ-1М (извещатель дымовой фотоэлектрический) – см. станд. Он работает по принципу регистрации фотоэлементом света, отраженного от частиц дыма. Защищаемая площадь – не более 100 м². Известны также радиоизотопные извещатели дыма типа РИД. Дымовые извещатели используют в случаях, когда загорание возникает в виде тления, т.е. развивается медленно или сопровождается обильным выделением дыма.

Тепловые извещатели «ощущают» температуру главным образом благодаря конвекции воздуха. Поэтому их нужно устанавливать в зонах наиболее вероятного загорания в верхней части помещения (на потолке, подволоке) так, чтобы они омывались восходящим потоком воздуха. Площадь, контролируемая одним тепловым извещателем, составляет (15-30) м², световым – до 500 м², дымовым – до 100 м². Наибольшую площадь контролируемой одним извещателем зоны имеют ультразвуковые извещатели – до 1000 м², по другим данным – 300 м².

Площади, контролируемые одним тепловым и дымовым извещателями, расстояние между извещателями, отступы от стен могут быть определены соответственно по табл. 1 и 2. Однако нужно иметь в виду, что указанные параметры не могут превышать значений, указываемых в технических условиях и паспортах на эти изделия.

В помещениях коридорной конфигурации шириной до 3 м расстояние между дымовыми извещателями допускается увеличивать до 15 м.

Таблица 1- Параметры размещения установки для тепловых извещателей

Высота установки извещателя, м	Площадь, контролируемая одним извещателем, м ²	Максимальное расстояние, м	
		между извещателями	от извещателя до стены
до 3,5	до 25	5,0	2,5
3,5-6,0	до 20	4,5	2,0
6,0-9,0	до 15	4,0	2,0

Таблица 2 - Параметры размещения установки для дымовых извещателей

Высота установки извещателя, м	Площадь, контролируемая одним извещателем, м ²	Максимальное расстояние, м	
		между извещателями	от извещателя до стены
до 3,5	до 85	9,0	4,5
3,5-6,0	до 70	8,5	4,0
6,0-9,0	до 65	8	4,0
10-12	до 55	7,5	3,5

Автоматические пожарные извещатели одного луча (шлейфа) должны контролировать не более пяти смежных или изолированных помещений,

расположенных на одном этаже и имеющих выход в общий коридор (помещение).

На предприятиях необходимо иметь запас пожарных извещателей в количестве не менее 10 % от числа установленных.

Приемные устройства систем пожарной сигнализации располагают в рулевой рубке или других местах, имеющих постоянную вахту. На предприятиях и в организациях приемные станции оборудуют в местах постоянного круглосуточного пребывания людей. Их назначение состоит в приеме сигналов от ручных и автоматических извещателей, контроле исправности системы, световом и звуковом оповещении о поступивших сигналах тревоги, автоматическом переключении на резервное питание при исчезновении основного.

В качестве приемно-сигнальных станций на судах используют устройства типа СПЛО-3ОМ, ТОЛ-10/50-8 на предприятиях и в организациях – ТЛО-30/2М, ТОЛ-10/100 (станция тревожная оптическая лучевая), ППС-1 (пульт пожарной сигнализации), ППС-3 и др.

Системы пожарной сигнализации после монтажа должны подвергаться специальным испытаниям. При этом на головных судах каждый извещатель подвергается воздействию симулирующего устройства, а на серийных судах – 10 % от установленных в каждом луче и каждый извещатель в помещениях с повышенной пожарной опасностью.

Тепловые извещатели проверяют нагревом воздуха в районе их размещения, при этом измеряют температуру и время, в пределах которого происходит срабатывание извещателя. Кроме того, контролируется работоспособность системы в целом.

Системы пожарной сигнализации должны находиться в исправном состоянии и постоянной готовности. В том помещении, где размещены приемные станции систем пожарной сигнализации, должны находиться исправные аккумуляторные фонари (не менее трех) и, должна быть вывешена инструкция о порядке действий дежурного персонала при получении сигнала о пожаре и неисправности системы. Должны быть также СИЗ органов дыхания и аккумуляторные фонари.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ И ПОДГОТОВКЕ ОТЧЕТА

2.1. Лабораторную работу выполняет бригада в составе не более двух студентов.

2.2. Перед началом выполнения работы изучите полностью настоящие методические указания, обратите внимание на устройство лабораторного стенда, типы пожарных извещателей. Подготовьтесь к записям – см. таблицу,

размещенную в конце настоящих указаний, получите у инженера или лаборанта секундомер, либо используйте свои ручные часы с секундной стрелкой.

Лабораторный стенд, на котором выполняется работа, изображен на рис. 3. Стенд представляет собой макет промышленного здания, внутри которого в левой части установлены пожарный извещатель АТИМ-3 и воздействующий на него нагревательный элемент. За температурой нагрева извещателя можно следить по специальному термометру, установленному в непосредственной близости от извещателя. Показания термометра 11 снимаются через окно 5. Часть ограждающей конструкции макета здания выполнена прозрачной с тем, чтобы можно было наблюдать имитацию пожара с помощью красного света, включающегося примерно при 70 °С с помощью специального температурного реле. В верхней части стенда смонтированы приемное устройство 8 тревожной сигнализации типа «Сигнал-31», которое выдает сигнал тревоги на пульт централизованного наблюдения, а также управляет звуковым и световым сигнализаторами тревоги 9.

Все приборы лабораторного стенда – пожарный извещатель АТИМ-3, приемное устройство «Сигнал-31», звуковой и световой сигнализаторы 9 – соединены с сетью питания и между собой по действующим правилам устройства тепловой системы пожарной сигнализации.

На панели стенда в верхней части закреплены образцы некоторых типов пожарных извещателей: ДТЛ, АТИМ-3, АТП-038, ДПС-038, ИДФ-1М и др.

2.3. Последовательность выполнения работы.

2.3.1. Доложите инженеру (лаборанту) или преподавателю о готовности к выполнению работы.

2.3.2. Под наблюдением инженера (лаборанта) или преподавателя включите лабораторный стенд в сеть. Затем тумблером 1, повернув его вверх, подайте питание на систему пожарной сигнализации (при этом загорится сигнальная лампа 10), повернув тумблер 2 вверх, включите реле имитации пожара.

2.3.3. Запишите в таблицу 3. показания термометра 11. Поверните вверх тумблер 3 (при этом включается источник тепла) и одновременно с этим включите секундомер. Показания записывайте через каждые 30 с.

При включении тумблера 3 должна загореться сигнальная лампа 4.

2.3.4. При достижении примерно 65-70 °С включается имитация возникновения пожара – в окне 6 (см. рис. 3) загорится красный свет (в таблицу 3, запишите температуру и время, при которых это произошло), еще через некоторое время должны разомкнуться контакты пожарного извещателя АТИМ-3 и срабатывает звонковая сигнализация. Спустя 3-4 секунды после этого выключите тумблеры 1, 2, 3 – поверните их вниз и запишите в таблице время и температуру, при которой произошли размыкание контактов извещателя и срабатывание звонковой сигнализации.

2.3.5. Выключите лабораторный стенд из сети питания.

2.4. Указания по подготовке отчета о работе.

2.4.1. Запишите цель проведения лабораторной работы.

2.4.2. Нарисуйте лицевую панель лабораторного стенда, укажите назначение тумблеров и приборов.

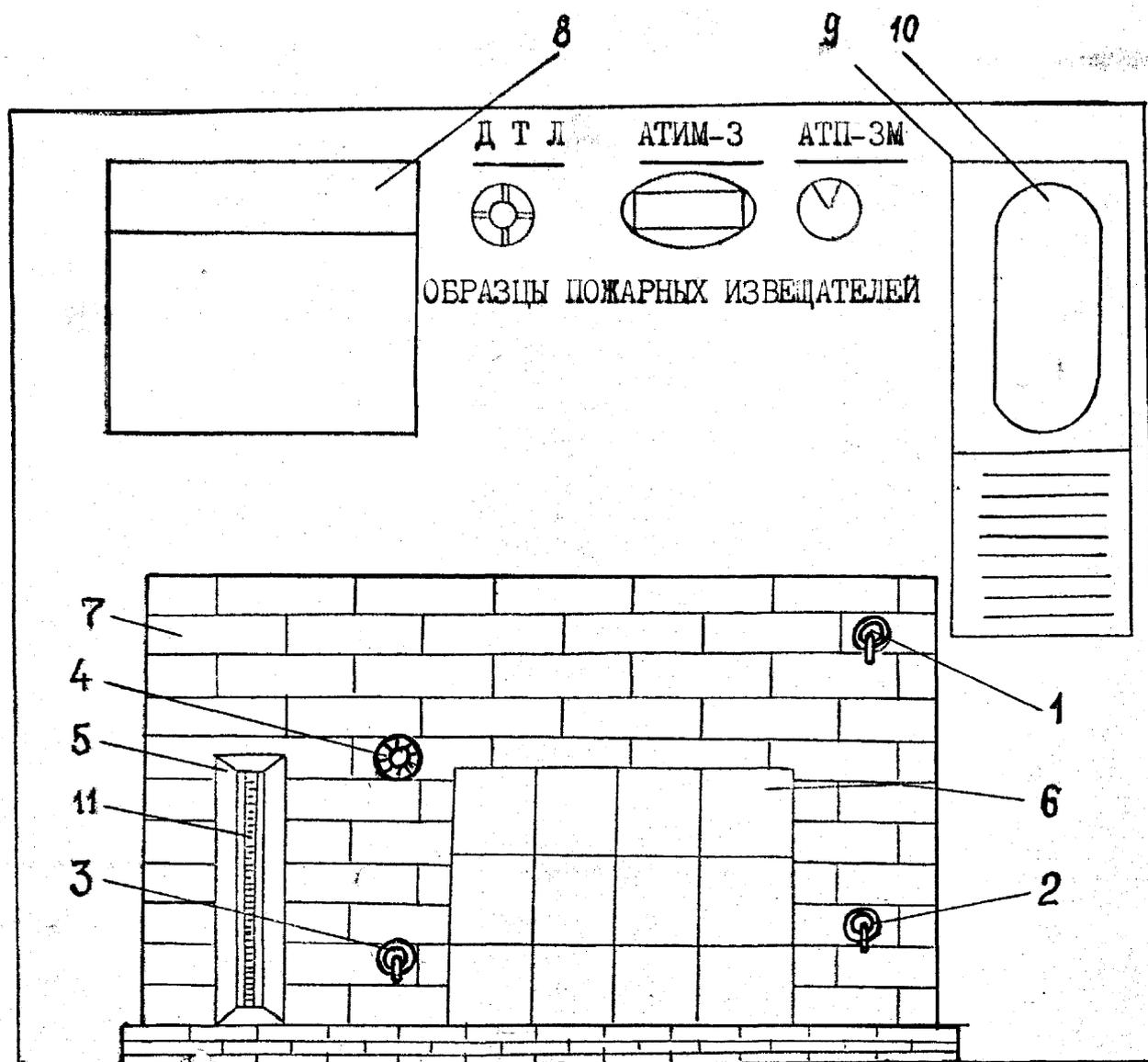


Рис. 3. Лабораторный стенд для испытания системы автоматической пожарной сигнализации

1 – тумблер подачи питания на систему сигнализации; 2 – тумблер включения реле имитации пожара; 3 – тумблер подачи питания на устройство нагрева воздуха; 4 – сигнальная лампочка; 5 – окно для обзора шкалы термометра; 6 – часть поверхности макета здания, выполненная прозрачной; 7 – макет промышленного здания; 8 – приемное устройство сигнализации; 9 – блок звонковой и световой сигнализации; 10 – лампа пожарной сигнализации; 11 – термометр.

2.4.3. Приведите таблицу показаний термометра, снятых через каждые 30 с с момента включения тумблера 3 источника повышенной температуры. Форма таблицы (см. табл. 3) приведена ниже.

Таблица 3 - Форма таблицы для записи результатов выполнения лабораторной работы

Время, с	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	...	Время срабатывания имитации пожара	Время срабатывания сигнализации
Показания термометра, °С															

2.4.4. По данным табл. 3 постройте график $\Pi = f(\tau)$ контролируемого признака пожара (Π) от времени τ , с – т.е. зависимости температуры в зоне установки пожарного извещателя от времени τ (время откладываете по оси абсцисс).

2.4.5. Изложите выводы об эффективности работы системы автоматической пожарной сигнализации (сработала ли сигнализация, при какой температуре это произошло, соответствует ли эта температура паспортной температуре срабатывания датчика (60 ± 10) °С, каково время обнаружения пожара - $\tau_{\text{обн}} = \tau_c - \tau_{\text{п}}$, где τ_c – время срабатывания сигнализации, $\tau_{\text{п}}$ – время возникновения пожара.

2.4.6. Определите для своего варианта (таблица 4) параметры установки и необходимое число автоматических пожарных извещателей для защиты помещения с учетом выбранного типа извещателей и исходных данных, приведенных в табл. 4. Вариант исходных данных должен соответствовать порядковому номеру лабораторного занятия с начала учебного семестра. Параметры размещения извещателей определяйте по табл. 1 или 2.

Таблица 4 – Варианты заданий для расчетов

Вариант задания	Размеры помещения, м			Расчетные параметры установки		
	длина	ширина	высота	расстояние между извещателями	отступы от стен	число извещателей
1	54	20	12			
2	46	25	8			
3	74	40	10			
4	48	20	9			
5	32	15	6			
6	24	10	4			
7	38	15	5			
8	68	40	7			
9	52	18	6			

Примечание: тип извещателей (тепловой или дымовой), расчетные параметры их установки студенты определяют самостоятельно, ориентируясь на данные табл. 1, 2.

Потребное число извещателей определяйте исходя из геометрических соображений. Все полученные результаты приведите в отчете по форме табл. 4. Нарисуйте план помещения с размещением извещателей и с указанием расстояний между ними и отступов от стен. Необходимое к установке число извещателей $N_{уст}$ ориентировочно определяют по выражению

$$N_{уст} = \left(\frac{A - 2a}{r} + 1 \right) \left(\frac{B - 2b}{r} + 1 \right), \text{ ед}$$

где А и В – длина и ширина помещения, м; а и в - отступы (расстояния) от стен, определяются по табл.1 или 2; r - расстояние между извещателями, м.

Если в приведенном выражении отношения $(A-2a)/r$ или $(B-2b)/r$ будут меньше единицы, то их рекомендуется округлить до единицы. Расчет включите в отчет.

Определите и укажите в отчете запас пожарных извещателей, который должен быть на предприятии.

3. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1. Строго соблюдайте изложенную в методических указаниях последовательность выполнения работы.

3.2. После окончания работы немедленно выключите тумблеры.

3.3. Помните, что чрезмерно продолжительное включение источника нагрева, размещенного внутри макета здания, создает опасность возгорания.

3.4. Не касайтесь мест соединения электрических проводов. Они находятся под напряжением 220 В. При каких-либо неисправностях в электрической схеме стенда докладывайте преподавателю или инженеру.

4. ВОПРОСЫ ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ГОТОВНОСТИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Что послужило основанием для деления систем электрической пожарной сигнализации на лучевые и кольцевые (шлейфные)?
2. В какой цвет окрашивают корпуса ручных извещателей?
3. Какой тип пожарного извещателя исследуется в данной лабораторной работе?
4. Какова площадь, контролируемая одним тепловым пожарным извещателем?
5. На какой высоте должны располагаться ручные пожарные извещатели?
6. Какой метод обнаружения дыма используется в извещателе ИДФ-1М?
7. Через какой промежуток времени необходимо записывать показания термометра при испытаниях системы автоматической пожарной сигнализации?
8. Какой процент извещателей в луче должен подвергаться испытаниям на серийных судах?
9. Как называется время от момента срабатывания извещателя до момента выдачи сигнала на технические средства оповещения?
10. Каков контролируемый признак пожара у извещателей типа ИП (ИТМ) и ДТЛ?

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ГОТОВНОСТИ К ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Почему при устройстве лабораторного стенда термометр необходимо было разместить в непосредственной близости от пожарного извещателя?
2. Какие типы пожарных извещателей Вы знаете? В чем их преимущества и недостатки?
3. Какие требования предъявляются к размещению пожарных извещателей?
4. В чем заключаются преимущества и недостатки лучевой системы электрической пожарной сигнализации перед кольцевой (шлейфной)?
5. Каково содержание испытаний систем автоматической пожарной сигнализации?
6. На каких судах и предприятиях обязательно устройство систем автоматической пожарной сигнализации?
7. Каковы основные параметры автоматических пожарных извещателей?
8. Что понимается под временем обнаружения пожара?
9. Каково назначение приемных станций систем пожарной сигнализации?
10. Как определяется необходимый запас автоматических пожарных извещателей?

11. Сколько смежных или изолированных помещений, расположенных на одном этаже и имеющих общий выход в коридор, могут контролироваться автоматическими извещателями одного луча (шлейфа)?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

1. Минько В.М. Производственная безопасность: учеб. пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТК», 2016. – 296 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: учеб пособие / Под общ. Ред. В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. –
3. ГОСТ 12.1.011. ССБТ. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний.
4. ГОСТ 12.2.020. ССБТ. Электрооборудование взрывозащищенное. Классификация. Маркировка.
5. ГОСТ 12.1.044. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
6. ГОСТ 12.1.010. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
7. Федеральный закон №123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023 г.)
8. Федеральный закон №426-ФЗ. О специальной оценке условий труда.
9. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения. Утв. приказом Ростехнадзора от 26.11.2020 г. №461.
10. СП 484.1311500. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования.
11. СП 486.1311500. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности.

Локальный электронный методический материал

Виктор Михайлович Минько

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 6,5. Печ. л. 6,4.

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