

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

**В. М. Минько, Н. А. Евдокимова,
И. Ж. Титаренко, И. А. Филатова**

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Учебно-методическое пособие
по лабораторным работам
для студентов бакалавриата и специалитета

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2018

Рецензент

канд. воен. наук, доцент кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» Л. М. Стригун

Минько, В. М.

Безопасность жизнедеятельности. Учебно-методическое пособие / В. М. Минько, Н. А. Евдокимова, И. Ж. Титаренко, И. А. Филатова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – 272 с.

Учебно-методическое пособие содержит указания по подготовке к лабораторным работам, их выполнению, оформлению полученных результатов и защите по тематике дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», которая изучается всеми студентами бакалавриата и специалитета технических университетов.

В пособие включено 13 лабораторных работ, что позволяет дифференцировать их с учетом направления подготовки.

Рис. 39, табл. 62, список лит. – 4 наименования

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено кафедрой техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 26 октября 2018 г., протокол № 3

Учебно-методическое пособие рекомендовано к изданию методической комиссией факультета промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 14 ноября 2018 г., протокол № 3

УДК 658.382.3

- © Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2018 г.
© Минько В. М., Евдокимова Н. А., Титаренко И. Ж., Филатова И. А., 2018 г.

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Согласно действующим учебным планам по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» предусмотрены лабораторные работы для студентов всех направлений. Их общей целью является изучение приборов контроля факторов производственной и окружающей природной среды, порядка производства инструментальных замеров, обработки их результатов. Рассмотрено также содержание нормирования факторов среды.

Настоящий лабораторный практикум разработан с учетом требований государственной системы стандартов безопасности труда (ССБТ), санитарных правил и норм (СанПиН), других современных норм и правил в области безопасности жизнедеятельности. 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 каждой лабораторной работы дан список литературы. Общий список литературы приводится и в конце пособия.

Перед началом лабораторных занятий преподаватель проводит инструктаж по охране (безопасности) труда с учетом конкретных опасных и вредных производственных факторов, возникающих при выполнении экспериментов, излагает безопасные приемы работы с отдельными установками и контрольно-измерительными приборами, меры пожарной безопасности. По окончании инструктажа студенты расписываются в журнале учета инструктажей 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 соответствующую

щие разделы по учебникам, настоящие методические указания, устройство соответствующей лабораторной установки, порядок включения приборов, подготовить таблицы для записи экспериментальных данных.

Перед выполнением работы в лаборатории студенты должны повторить методические указания, затем с разрешения преподавателя необходимо ответить на программированные вопросы для контроля готовности к выполнению работы и при положительных результатах контроля приступить к работе. Проверка готовности к выполнению работы осуществляется с использованием автоматизированного обучающего комплекса АОК-3-15.

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 (он должен соответствовать порядковому номеру лабораторного занятия в семестре), дата. Первоначально отчет готовится в виде черновика, который подается на подпись преподавателю сразу после выполнения работы. К защите предъявляется чистовой вариант вместе с черновиком.

Содержание отчета должно соответствовать методическим указаниям к выполненной лабораторной работе.

При защите студент должен ответить на контрольные вопросы в объеме теоретической части соответствующих методических указаний.

Защищать отчеты по лабораторным работам рекомендуется на следующем занятии после выполнения работы.

Лабораторная работа № 1

«Исследование микроклимата в производственных помещениях»

1.1. Цель работы: формирование умений и навыков использования измерительной техники; изучение методик исследования состояния микроклиматических условий в рабочей зоне производственных помещений, особенностей нормирования показателей, характеризующих микроклимат производственных помещений; производство и оформление результатов измерений.

1.2. Задание по лабораторной работе

1) Изучить приборы, используемые при контроле микроклиматических условий.

2) По варианту задания выполнить измерения микроклиматических условий и результаты занести в итоговую таблицу.

3) Занести в таблицу нормированные оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата.

4) Указать, к какому уровню (оптимальному или допустимому) относятся измеренные микроклиматические условия.

1.3. Справочный материал и порядок измерений

Состояние микроклиматических условий (микроклимата) в производственных помещениях, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [1] и ГОСТ 12.1.005 [2], характеризуется пятью основными показателями: относительной влажностью, температурой и скоростью движения воздуха, температурой поверхности, интенсивностью теплового облучения. При некоторых значениях этих показателей человек может испытывать неприятные ощущения, повышается вероятность различных заболеваний, связанных с перегревом или переохлаждением организма, снижается производительность труда. В связи с этим возникла необходимость в нормировании показателей микроклимата на рабочих местах в производственных помещениях. Рабочее место – это участок помещения, на

котором в течение рабочей смены или части ее осуществляется трудовая деятельность.

Нормирование микроклиматических условий в производственных помещениях осуществляется по ГОСТ 12.1.005, СанПиН 2.2.4.548-96 и СанПиН 2.2.4.3359-16. Этими документами установлены количественные значения показателей микроклимата, соответствующие оптимальным и допустимым микроклиматическим условиям. Под оптимальными условиями понимаются такие сочетания показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции¹. Допустимые микроклиматические условия – сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызывать преходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

Из изложенного следует, что при проектировании условий труда нужно стремиться к созданию в производственных помещениях оптимальных микроклиматических условий. Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются тогда, когда по технологическим требованиям или по техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в зависимости от:

1) периода года; холодный период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха 10°C и ниже, теплый – выше 10°C;

¹ Терморегуляция – способность организма поддерживать постоянство температуры тела независимо от изменения параметров микроклимата и степени тяжести выполняемой работы.

2) категории работ по уровню энергозатрат организма. Установлены категории Ia, Ib, Pa, Pb и Ш.

При определении категории работ по уровню энергозатрат руководствуются следующими положениями:

1) к категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), проводимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т. п.);

2) к категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121–150 ккал/ч (140–174 Вт), проводимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т. п.);

3) к категории Pa относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151 – 200 ккал/ч (175 – 232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.);

4) к категории Pb относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201–250 ккал/ч (233–290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской;

5) к категории Ш относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

Оптимальные и допустимые величины показаний микроклимата, взятые из СанПиН 2.2.4.548-96, приведены в табл. 1.1 и 1.2. В дополнение к табл. 1.2

СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливает, что при температуре воздуха на рабочих местах 25 °С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы 70, 65, 60 и 55 % при температурах воздуха, соответственно, 25, 26, 27 и 28 °С. То есть с увеличением температуры на 1 °С максимальная допустимая влажность воздуха уменьшается на 5 %. Кроме того, при температуре воздуха 26 – 28 °С скорость движения воздуха, указанная в табл. 1.2 для теплого периода года, должна соответствовать диапазону: 0,1 – 0,2 м/с – при категории работ Ia; 0,1 – 0,3 м/с – при категории Ib; 0,2 – 0,4 м/с – при категории Pa и 0,2 – 0,5 м/с – при категориях работ Pb и П.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также ее изменения в течение смены при обеспечении оптимальных микроклиматических условий на рабочих местах не должны превышать 2 °С и выходить за пределы величин, указанных в табл. 1.1 для отдельных категорий работ.

Таблица 1.1

**Оптимальные величины показателей микроклимата
на рабочих местах производственных помещений
по СанПиН 2.2.4.548-96**

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22–24	21–25	60–40	0,1
	Iб (140–174)	21–23	20–24	60–40	0,1
	Pa (175–232)	19–21	18–22	60–40	0,2
	Pб (233–290)	17–19	16–20	60–40	0,2
	П (более 290)	16–18	15–19	60–40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23–25	22–26	60–40	0,1
	Iб (140–174)	22–24	21–25	60–40	0,1
	Pa (175–232)	20–22	19–23	60–40	0,2
	Pб (233–290)	19–21	18–22	60–40	0,2
	П (более 290)	18–20	17–21	60–40	0,3

**Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах
производственных помещений по СанПиН 2.2.4.548-96**

Пе- риод года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхнос- тей, °С	Относи- тельная влаж- ность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптималь- ных вели- чин	диапазон выше оптималь- ных вели- чин			для диа- пазона темпе- ратур воздуха ниже оп- тималь- ных ве- личин, не более	для диа- пазона темпе- ратур воздуха выше опти- мальных величин, не более
Хо- лод- ный	Iа (до 139)	20,0–21,9	24,1–25,0	19,0–26,0	15–75	0,1	0,1
	Iб (140–174)	19,0–20,9	23,1–24,0	18,0–25,0	15–75	0,1	0,2
	IIа (175–232)	17,0–18,9	21,1–23,0	16,0–24,0	15–75	0,1	0,3
	IIб (233–290)	15,0–16,9	19,1–22,0	14,0–23,0	15–75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0–15,9	18,1–21,0	12,0–22,0	15–75	0,2	0,4
Теп- лый	Iа (до 139)	21,0–22,9	25,1–28,0	20,0–29,0	15–75	0,1	0,2
	Iб (140–174)	20,0–21,9	24,1–28,0	19,0–29,0	15–75	0,1	0,3
	IIа (175–232)	18,0–19,9	22,1–27,0	17,0–28,0	15–75	0,1	0,4
	IIб (233–290)	16,0–18,9	21,1–27,0	15,0–28,0	15–75	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0–17,9	20,1–26,0	14,0–27,0	15–75	0,2	0,5

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах перепад температуры по высоте должен быть не более 3 °С, перепад ее по горизонтали и изменения в течение рабочей смены не должны превышать 4, 5 и 6 °С при категориях работ, соответственно, Iа и Iб, IIа и IIб, III. При этом абсолютные значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в табл. 1.2 для отдельных категорий работ.

Важно обратить внимание на то, что согласно табл. 1.1 и 1.2 нормативные значения показателей микроклимата установлены в зависимости от периода года и категории работ по уровню энергозатрат (тяжести).

В соответствии с ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.2.4.548-96 интенсивность теплового облучения работающих от источников, нагретых до темного свечения, не должна превышать 35 Вт/м^2 при облучении 50% поверхности тела и более, 70 Вт/м^2 – при величине облучаемой поверхности тела от 25 до 50% и 100 Вт/м^2 – при облучении не более 25% поверхности тела. Интенсивность теплового облучения от источников, нагретых до белого и красного свечения, не должна превышать 140 Вт/м^2 , при этом облучаться должно не более 25% поверхности тела; обязательно должны использоваться средства индивидуальной защиты, в том числе средства защиты лица и глаз.

Важно указать, что при наличии теплового облучения температура воздуха на рабочих местах не должна превышать 25°C при категории работ Ia, 26°C при категории работ Ib, 22°C при категории Pa, 21°C при категории Pb и 20°C при категории работ III.

Для контроля тепловых (инфракрасных) излучений используют актинометры, радиометр «Аргус-03» (диапазон измерений от 1 до 2000 Вт/м^2), измеритель плотности тепловых потоков ИПП-2М.

Если в производственных помещениях допустимые нормативные величины показателей микроклимата не могут быть обеспечены (например, в связи с особыми технологическим требованиями к производству), то условия микроклимата нужно рассматривать как вредные и опасные и должны применяться защитные мероприятия – воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного показателя микроклимата изменением другого, СИЗ, устройство помещений для отдыха и обогрева, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска и др.

В СанПиН 2.2.4.548-96 рекомендуется, чтобы время пребывания на рабочих местах при отклонениях температуры воздуха от допустимых величин соответствовало данным, приведенным в табл. 1.3 и 1.4.

Таблица 1.3

**Время пребывания на рабочих местах при температуре
воздуха выше допустимых величин**

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категории работ, ч		
	Ia – Ib	IIa – IIб	III
32,5	1	–	–
32,0	2	–	–
31,5	2,5	1	–
31,0	3	2	–
30,5	4	2,5	1
30,0	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29,0	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28,0	8	6	5
27,5	–	7	5,5
27,0	–	8	6
26,5	–	–	7
26,0	–	–	8

Таблица 1.4

**Время пребывания на рабочих местах при температуре
воздуха ниже допустимых величин**

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч				
	Ia	Iб	IIa	IIб	III
1	2	3	4	5	6
6	–	–	–	–	1
7	–	–	–	–	2
8	–	–	–	1	3
9	–	–	–	2	4
10	–	–	1	3	5
11	–	–	2	4	6
12	–	1	3	5	7
13	1	2	4	6	8
14	2	3	5	7	–
15	3	4	6	8	–
16	4	5	7	–	–
17	5	6	8	–	–
18	6	7	–	–	–
19	7	8	–	–	–
20	8	–	–	–	–

Если на рабочих местах скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с, а интенсивность теплового облучения – 1200 Вт/м², то для оценки состояния микроклимата рекомендуется использовать интегральный показатель тепловой нагрузки среды – индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс). ТНС-индекс рассчитывается по формуле

$$TCH = 0,7 t_{вл} + 0,3 t_{ш}, \quad (1.1)$$

где $t_{вл}$ – температура на смоченном (влажном) термометре аспирационного психрометра;

$t_{ш}$ – температура внутри зачерненного шара. Она измеряется термометром, резервуар которого помещен в центр зачерненного полого шара диаметром 90 мм, и отражает влияние температур воздуха, поверхностей и скорости движения воздуха.

ТНС-индекс характеризует сочетанное действие на организм человека температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения.

Рекомендуемые значения ТНС-индекса приведены в табл. 1.5. Метод измерения ТНС-индекса аналогичен методу измерения температуры воздуха – см. ниже.

Таблица 1.5

Рекомендуемые величины ТНС-индекса

Категория работ по уровню энерготрат, Вт		Величины ТНС-индекса, °С
Iа	(до 139)	22,2–26,4
Iб	(140–174)	21,5–25,8
IIа	(175–232)	20,5–25,1
IIб	(233–290)	19,5–23,5
III	(более 290)	18,0–21,8

Порядок измерений показателей микроклимата

В общем случае для контроля параметров микроклимата могут использоваться: анемометр ручной чашечный МС-13, анемометр ручной крыльчатый АСО-3, психрометр аспирационный МВ-4М, термометр шаровый, психрометр

бытовой ПБУ-1М, биметаллический термограф М-16АС, гигрограф метеорологический М-21АН, барограф М-22АН, барометр-анероид БАММ-1, термометры, кататермометр, секундомер, лабораторная установка с вмонтированными вентилятором и набором приборов.

Измерения показателей микроклимата в целях контроля их соответствия гигиеническим требованиям должны проводиться в холодный период года – в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней температуры наиболее холодного месяца зимы не более чем на 5 °С, а в теплый период года – в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней максимальной температуры наиболее жаркого месяца не более чем на 5 °С. Частота измерений в оба периода года определяется стабильностью производственного процесса, функционированием технологического и санитарно-технического оборудования.

При выборе участков и времени измерения необходимо учитывать все факторы, влияющие на микроклимат рабочих мест (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления и др.). Измерения показателей микроклимата следует проводить не менее трех раз в смену (в начале, середине и в конце). При колебаниях показателей микроклимата, связанных с технологическими и другими причинами, необходимо проводить дополнительные измерения при наибольших и наименьших величинах термических нагрузок на работающих.

Измерения следует проводить на рабочих местах. Если рабочим местом являются несколько участков производственного помещения, то измерения осуществляются на каждом из них.

При наличии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыведения (нагретых агрегатов, окон, дверных проемов, ворот, открытых ванн и т. д.) измерения следует проводить на каждом рабочем месте в точках, минимально и максимально удаленных от источников термического воздействия.

В помещениях с большой плотностью рабочих мест, при отсутствии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыведения, участки измерения температуры, относительной влажности и скорости движения

воздуха должны распределяться равномерно по площади помещения в соответствии со следующими рекомендациями: если площадь помещения до 100 м^2 , то количество участков измерения должно быть 4, от 100 до 400 м^2 – 8, свыше 400 м^2 – количество участков определяется так, чтобы расстояние между ними не превышало 10 м.

При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха – на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха – на высоте 1,5 м.

При наличии источников лучистого тепла тепловое облучение на рабочем месте необходимо измерять от каждого источника, располагая приемник прибора перпендикулярно падающему потоку. Измерения следует проводить на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м от пола или рабочей площадки.

Температуру поверхностей следует измерять в случаях, когда рабочие места удалены от них на расстояние не более двух метров. Температуру каждой поверхности и температуру воздуха измеряют аналогично.

Температуру и относительную влажность воздуха при наличии источников теплового излучения и воздушных потоков на рабочем месте следует измерять аспирационными психрометрами. При отсутствии в местах измерения лучистого тепла и воздушных потоков температуру и относительную влажность воздуха можно измерять психрометрами, например, ПБУ-1М, не защищенными от воздействия теплового излучения и скорости движения воздуха. Могут использоваться также приборы, позволяющие отдельно измерять температуру и влажность воздуха.

Скорость движения воздуха следует измерять анемометрами вращательного действия (крыльчатые, чашечные и др.). Малые величины скорости движения воздуха (менее 0,5 м/с), особенно при наличии разнонаправленных потоков, можно измерять термоэлектроданемометрами, а также цилиндрическими и шаровыми кататермометрами при защищенности их от теплового излучения.

Температуру поверхностей следует измерять контактными приборами (типа электротермометров) или дистанционными (пирометры и др.).

Интенсивность теплового облучения следует измерять приборами, обеспечивающими угол видимости датчика, близкий к полусфере (не менее 160°), и чувствительными в инфракрасной и видимой области спектра (актинометры, радиометры и т. д.).

По результатам измерений составляют протокол по специальной форме, в котором отражают сведения о производственном объекте, размещении оборудования, источниках тепловыделения, охлаждения и влаговыведения, приводят схему участков измерения и другие данные.

Измерение скорости движения воздуха

При замерах скорости движения воздуха нужно помнить, что по ряду причин направление воздушных потоков в производственном помещении может резко меняться. Иногда они имеют вихревой характер. В связи с этим очень важно перед измерениями скорости движения воздуха установить его направление.

О направлении движения воздуха можно судить по отклонению тонких полосок бумаги (лучше папиросной), дыма от обычной папиросы. Иногда для этой цели используют и специальные устройства.

Следующим шагом является выбор прибора для измерения скорости движения воздуха. При наличии однонаправленного движения воздуха используются анемометры вращательного действия. В частности, при скорости в пределах $0,5 \dots 5$ м/с используются крыльчатые анемометры, имеющие порог чувствительности $0,2$ м/с. При скоростях от 1 до 20 м/с применяют чашечные анемометры с порогом чувствительности $0,8$ м/с. Для измерения малых скоростей (до $0,5$ м/с) используют дифференциальные микроанемометры, кататермометры, электроанемометры, термоэлектроанемометры. В настоящее время промышленностью России выпускается электронный анемометр АПР-2, позволяющий измерять скорость воздушного потока в пределах $0,2 \dots 20$ м/с. Выпускает-

ся также термоанемометр типа TESTO 425 (Германия), позволяющий измерять скорость движения воздуха в диапазоне (0–20) м/с и температуру от минус 20 до плюс 70°С.

Анемометры чашечный и крыльчатый используются следующим образом:

1. Записываются показания всех шкал – тысяч, сотен и единиц – см. рис. 1.1.
2. Анемометр устанавливают в вертикальном положении в измеряемом воздушном потоке (в лабораторной установке анемометры установлены стационарно, поэтому п. 2 выполнять не нужно).

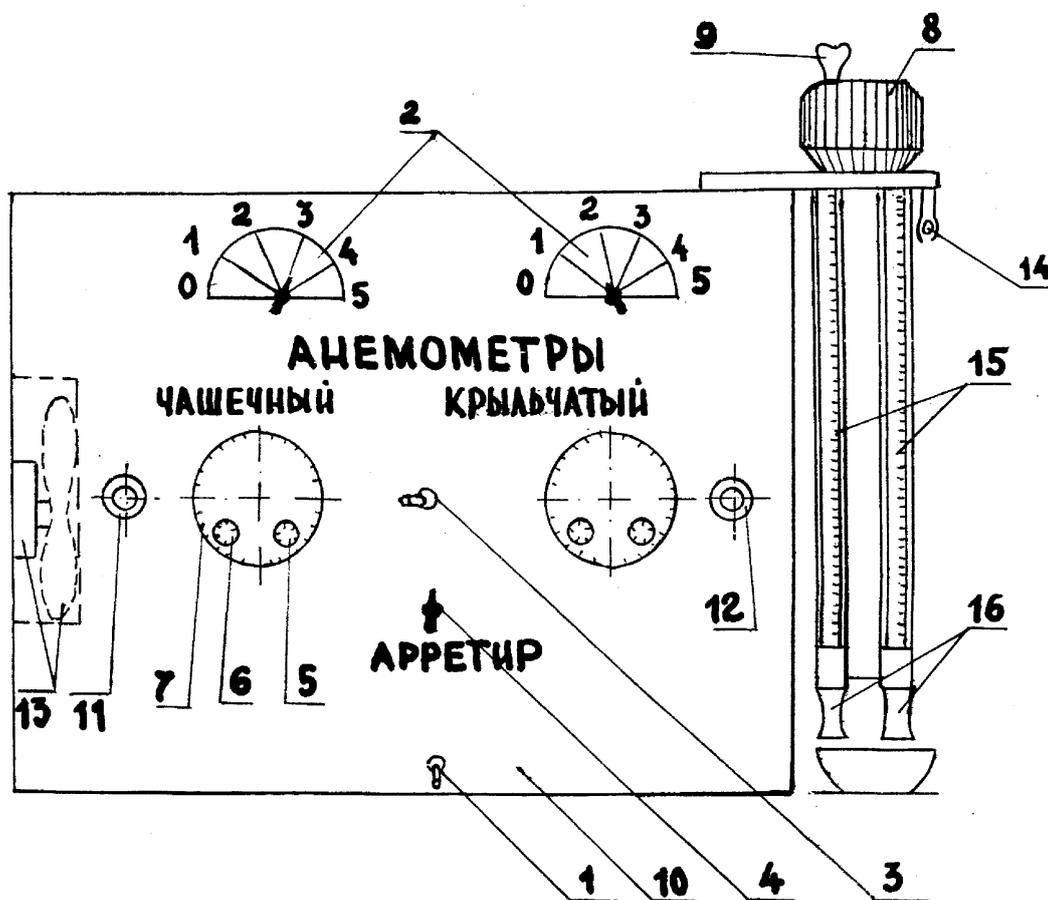


Рис. 1.1. Лабораторная установка для исследования параметров микроклимата:

- 1 – тумблер «СЕТЬ» для подачи питания; 2 – переключатели для регулировки подачи воздуха на анемометры; 3 – тумблер для включения электродвигателя вентилятора; 4 – переключатель для управления арретирами анемометров; 5 – шкала тысяч анемометра; 6 – шкала сотен анемометра; 7 – шкала десятков и единиц анемометра; 8 – головка психрометра; 9 – ключ для заводки пружинного механизма психрометра; 10 – корпус установки; 11, 12 – сигнальные лампы; 13 – электродвигатель с вентилятором; 14 – пипетка для смачивания резервуара психрометра; 15 – термометры психрометра; 16 – металлические гильзы

3. Через 10...15 с, требующихся для установления постоянной скорости вращения, поворачивают арретир (пусковое устройство анемометра) против часовой стрелки и одновременно включают секундомер.

4. Через 100 с останавливают счетный механизм анемометра (поворотом арретира по часовой стрелке) и одновременно выключают секундомер. Записывают показания всех трех шкал и показания секундомера (100 с). Разность между конечным и начальным отсчетами делят на время экспозиции (показания секундомера), получая таким образом число делений шкалы, приходящихся на одну секунду.

5. Искомую скорость воздушного потока (в м/с) находят для чашечного анемометра по градуировочному графику, на котором по вертикальной оси нанесено деление шкалы, и по горизонтальной – скорость воздуха (в м/с). График находится на лабораторном столе.

6. Нужно помнить, что крыльчатый анемометр не следует подвергать действию воздушных потоков со скоростью движения более 5 м/с. При использовании этого анемометра для нахождения скорости движения потока воздуха в зависимости от числа делений шкалы, приходящегося на 1 с, применяются два градуировочных графика. Один из них используется при скорости потока до 1 м/с, а другой – при скорости от 1 до 5 м/с. На вертикальной оси обоих графиков указаны числа, соответствующие делениям шкалы счетчика анемометра, приходящимся на 1 с. Искомая скорость движения в м/с указана на горизонтальных осях. Оба графика находятся на лабораторном столе.

Измерения температуры воздуха

Как правило, измерения температуры воздуха в производственных помещениях сочетаются с определением его относительной влажности. В этом случае замеры температуры удобно производить по сухому термометру аспирационного (МВ-4М) или бытового психрометра (ПБУ-1М).

При необходимости установления пределов колебаний температуры воздуха в течение рабочего дня, суток, недели применяют самопишущие приборы –

термографы, например, термограф биметаллический М-16 АС, закрепленный над лабораторным столом.

Для измерения температуры воздуха в условиях теплового излучения пользуются аспирационным психрометром типа МВ-4М, при отсутствии источников лучистого тепла температуру и относительную влажность воздуха можно измерять психрометрами типа ПБУ-1М. Современными приборами для измерения температуры воздуха являются портативные цифровые измерители температуры ИТ-5 (диапазон измерений от минус 50 до плюс 150°С), ИТ-6 (от минус 20 до плюс 450°С), измеритель температуры и влажности микропроцессорный ИВТМ-7-МК (диапазон измерений по температуре от минус 20 до плюс 60°С, по относительной влажности – от 0,5 до 99%), цифровые термогигрометры ИВА-6А, ТКА-ТВ и др.

Определение влажности воздуха

Практика гигиенических исследований показывает, что влажность воздуха в производственных помещениях колеблется в незначительных пределах, поэтому ее измеряют только в рабочей зоне на основных рабочих местах. В отдельных цехах и участках, где используются хранящиеся в открытых емкостях вода или водные растворы (рыбокомбинаты, мясокомбинаты, хозяйства аквакультуры), влажность воздуха нужно исследовать более детально.

Для измерения влажности используют указанные выше термогигрометры, а также аспирационный психрометр МВ-4М² – см рис. 1.1. Прибор состоит из двух одинаковых ртутных термометров 15, закрепленных в специальной оправе. Резервуары термометров находятся в двойных металлических гильзах, что исключает влияние тепловых излучений на показания термометров. В головке 8 прибора находится вентилятор для всасывания воздуха с заводным пружинным механизмом и ключом 9 для ручной заводки пружины. Резервуар одного из тер-

² Сейчас выпускается МВ-42М

мометров (правого) обертывается тонкой тканью (марлей, батистом и т. п.) и перед началом работы смачивается дистиллированной водой при помощи специального резинового баллончика с пипеткой (имеется в комплекте прибора). Смачивание обертки производят зимой за четверть часа, а летом за четыре минуты до начала замеров. Для этого пользуются пипеткой, которую вводят до отказа во внутреннюю полость правой гильзы 16, смачивая тканевую обертку резервуара правого термометра.

Заводить механизм психрометра нужно почти до отказа (пять полных оборотов), но осторожно, чтобы не повредить прибор. После заводки психрометр помещают в вертикальном положении в исследуемой точке и на четвертой минуте после пуска вентилятора производят отсчет показаний сухого левого и влажного правого термометров.

Определение влажности воздуха (абсолютной и относительной) можно проводить либо по специальным психрометрическим таблицам, либо по психрометрическому графику (они размещены на лабораторном столе), либо расчетом по специальным формулам. Абсолютную влажность вычисляют по формуле

$$P_a = P_b - 0,5(t_c - t_b) \frac{B}{100415}, \quad (1.2)$$

где P_a – искомая абсолютная влажность воздуха, характеризуемая упругостью или парциальным давлением водяных паров в воздухе, Па;

P_b – упругость насыщенных водяных паров при температуре влажного термометра, Па. Она определяется по табл. 1.6 и характеризует максимально возможную влажность воздуха при известной температуре;

t_c, t_b – соответственно, показания сухого и влажного термометров психрометра;

B – барометрическое давление, Па. В лабораторной работе величина B определяется по настенному барометру, укрепленному над лабораторным столом;

100415 – среднее барометрическое давление, Па.

Зная величину P_a , можно рассчитать влагосодержание воздуха, т. е. количество водяных паров в граммах, содержащихся в 1 кг сухого воздуха. Влагосодержание d определяют по формуле

$$d = 622 \cdot \frac{P_a}{B - P_a}. \quad (1.3)$$

Как известно, абсолютная влажность численно равна массе единицы объема водяного пара, т. е. его плотности $\rho_{в.п.}$. Она может быть получена по выражению

$$\rho_{в.п.} = \frac{P_a}{R_{в.п.} \cdot T}, \quad (1.4)$$

где $R_{в.п.} = 0,461$ Дж/г·К – удельная газовая постоянная водяных паров;

$T = t + 273$ – абсолютная температура воздуха, °К.

Относительную влажность воздуха φ можно определить по соотношению

$$\varphi = \frac{P_a}{P_H} \cdot 100\%, \quad (1.5)$$

где P_H – упругость (парциальное давление) насыщенных водяных паров при температуре сухого термометра t_c . Берется из табл. 1.6.

Кроме того, величина φ может быть определена по специальной психрометрической таблице, часть которой показана в табл. 1.7, а также по психрометрическому графику. Полная психрометрическая таблица и график помещены на лабораторном столе.

Таблица 1.6

Температура воздуха, °С	Упругость насыщенных водяных паров	Температура воздуха, °С	Упругость насыщенных водяных паров
11	1309	19	2191
12	1309	20	2359
13	1494	21	2480
14	1594	22	2637
15	1701	23	2302
16	1813	24	2976
17	1932	25	3160
18	2058	26	3353

Психрометрическая таблица

Сухой термометр	Влажный термометр, °С																
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
13	79	89	100														
14	70	79	90	100													
15	61	71	80	90	100												
16	54	63	71	81	90	100											
17	47	55	64	72	81	90	100										
18	41	49	56	65	73	82	91	100									
19	36	43	50	58	66	74	82	91	100								
20	30	37	44	52	59	66	74	83	91	100							
21	26	32	39	46	53	60	67	75	83	91	100						
22	22	28	34	40	47	54	61	68	76	84	92	100					
23	18	24	30	36	42	48	55	62	69	76	84	92	100				
24	15	20	26	31	37	43	49	56	63	70	77	84	92	100			
25		17	22	27	33	38	44	50	57	63	70	77	84	92	100		
26		14	19	24	29	34	40	46	52	57	64	71	77	85	92	100	
27			16	21	25	30	36	41	47	52	58	65	71	78	85	92	100

Примечание. Для промежуточных значений температур относительная влажность определяется линейной интерполяцией.

Если в ходе исследования условий труда необходима регистрация измерений влажности воздуха во времени, то применяют специальные самопишущие приборы – гигрографы, термографы и пр. Один из таких приборов – гигрограф М-21 закреплен над лабораторным столом.

1.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчета

Лабораторную работу выполняет бригада в количестве не более двух студентов.

Перед началом работы нужно изучить полностью настоящие методические указания, обращая особое внимание на порядок использования приборов, устройство лабораторного стенда, типы и устройство приборов, закрепленных над лабораторным столом. Затем следует подготовиться к записям – см. табл. 1.8, получить секундомер или использовать свои наручные часы с секундной стрелкой.

Лабораторная установка, на которой выполняется работа, изображена на рис. 1.1. В ее левой части вмонтирован вентилятор 13, в правой установлен аспирационный психрометр МВ-4М.

На лицевой панели смонтированы переключатели 2, регулирующие подачу воздуха на анемометры; переключатель 4, управляющий арретирами анемометров; тумблер 1 «Сеть», тумблер 3, включающий электродвигатель вентилятора. При включении электродвигателя загораются сигнальные лампочки 11, 12. Для смачивания резервуара 16 правого термометра психрометра предусмотрена пипетка 14 с изогнутой стеклянной трубкой.

1.4.1. Последовательность выполнения работы.

1) Получите секундомер и номер задания у преподавателя. Варианты заданий указаны в табл. 1.9. Составьте таблицу для записи показаний по форме табл. 1.8.

2) Смочите обертку резервуара правого термометра психрометра. Для этого воспользуйтесь пипеткой 14 со стеклянной трубкой. Набрав дистиллиро-

ванную воду, осторожно введите конец трубки в гильзу 16 правого термометра и, резко нажав на пипетку, увлажните обертку резервуара термометра.

3) В соответствии с номером задания установите в нужное положение переключатели 2 (оба переключателя должны быть установлены в одинаковое положение).

4) Поверните переключатель 4 вправо до отказа. Запишите показания чашечного анемометра.

5) Включите штепсельную розетку в электросеть. Затем включите питание на установку – тумблер 1 поверните вверх.

6) Включите электровентилятор – тумблер 3 поверните вправо или влево от нейтрального положения в зависимости от варианта задания.

7) Приготовьте секундомер и одновременно с поворотом переключателя 4 влево до отказа включите секундомер. Через 100 с выключите секундомер и одновременно поверните переключатель 4 вправо до отказа.

Таблица 1.8

Форма таблицы для записи результатов лабораторной работы

Наименование позиций		Результаты работы	
Номер варианта задания			
Положение переключателей 2, 3			
Период года			
Категория работ по уровню энергозатрат			
Показания анемометров	чашечный	Конечный отсчет	
		Начальный отсчет	
		Разность	
		Время экспозиции, с	
		Число делений на 1 с	
		Скорость, м/с	
	крыльчатый	Конечный отсчет	
		Начальный отсчет	
		Разность	
		Время экспозиции, с	
		Число делений на 1 с	
		Скорость м/с	
Показания психрометра	Сухой термометр		
	Влажный термометр		

Наименование позиций		Результаты работы	
Относительная влажность, %	По формуле (1.5)		
	По психрометрической таблице		
	По психрометрическому графику		
Нормированные значения параметров микроклимата	оптимальные	Температура, °С	
		Относительная влажность, %	
		Скорость движения воздуха, м/с	
	допустимые	Температура, °С	
		Относительная влажность, %	
		Скорость движения воздуха, м/с	
Допустимое время пребывания на рабочем месте, ч			
Мотивированный вывод о том, какими (оптимальными или допустимыми) являются замеренные микроклиматические условия – по всем показателям микроклимата			

Таблица 1.9

Варианты заданий на лабораторную работу

Номер варианта	Положение переключателей 2 подачи – воздуха	Положение тумблера 3	Сезон года	Категория работ
1	3	Влево	Холодный	Легкая – I а
2	4	Вправо	Холодный	Тяжелая – III
3	2	Вправо	Теплый	Средней тяжести – II а
4	5	Влево	Теплый	Тяжелая – III
5	1	Влево	Холодный	Средней тяжести – II б
6	2	Влево	Теплый	Тяжелая – III
7	3	Вправо	Холодный	Легкая – I б
8	4	Влево	Теплый	Легкая – I а
9	2	Вправо	Теплый	Легкая – I б

8) Запишите показания чашечного анемометра. Найдите разность показаний, число делений шкалы, соответствующее 1 с, и определите скорость движения воздуха – порядок определения пояснялся ранее. Если скорость оказалась менее 3 м/с, то нужно измерить ее с помощью крыльчатого анемометра. С этой целью:

а) поверните переключатель 4 влево до отказа и запишите показания крыльчатого анемометра;

б) подготовьте секундомер и одновременно с поворотом переключателя 4 вправо до отказа включите секундомер. Через 100 с выключите его и одновременно поверните переключатель 4 влево до отказа. Переведите тумблер 3 и переключатель 4 в нейтральное положение;

г) запишите показания крыльчатого анемометра. Вычислите разность показаний, число делений шкалы, соответствующее 1 с, и скорость движения воздуха. Помните, что для крыльчатого анемометра имеются два градуировочных графика – они находятся на лабораторном столе.

9) Поверните тумблер 1 вниз и вытащите вилку из сети.

10) Определите влажность воздуха. Заведите ключом 9 (см. рис. 1.1) механизм психрометра. Ключ необходимо повернуть не более чем на 5 полных оборотов. Прибор при этом придерживайте за головку 8. На четвертой минуте после пуска вентилятора психрометра произведите отсчет по сухому (левому) и влажному (правому) термометрам.

1.4.2. Указания по подготовке отчета по работе

1) Запишите цель работы, вычертите лицевую панель лабораторного стенда, укажите расположение и названия приборов, назначение органов управления.

2) Рассчитайте по формулам (1.2) – (1.5) величины P_a , d , $\rho_{в.п}$ и φ . Расшифруйте все буквенные обозначения.

3) Определите величину φ по психрометрическому графику и по психрометрической таблице, находящимся на лабораторном столе.

4) Заполните сводную таблицу результатов работы по форме табл. 1.8. Нормированные значения микроклиматических условий берите по табл. 1.1 и 1.2 с учетом варианта задания. Укажите время пребывания на рабочих местах для всех категорий работ – см. табл. 1.3 и 1.4.

5) Температуру воздуха в помещении принимают по показаниям сухого термометра аспирационного психрометра МВ-4М или психрометра ПБУ-1М.

1.5. Меры безопасности

1) Для привода вентилятора используется электродвигатель, подключенный к электросети высокого напряжения – 220 В. Такое напряжение опасно для жизни человека.

2) В связи с изложенным в предыдущем пункте при выполнении работы нужно соблюдать меры электробезопасности. Запрещается выполнять какие-либо ремонтные работы при включении стенда в сеть.

3) Соблюдайте осторожность при работе с психрометром. Помните, что термометры психрометра заполнены ртутью, являющейся чрезвычайно опасным ядовитым веществом.

1.6. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1) Для контроля каких показателей микроклимата можно использовать аспирационный психрометр?

2) При какой среднесуточной температуре наружного воздуха период года считается холодным?

3) Какую категорию тяжести имеют физические работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения?

4) Каковы допустимые перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата?

5) На какой высоте от пола или рабочей площади нужно измерять относительную влажность воздуха при работах сидя?

6) За какое время до начала замеров необходимо увлажнить обертку правого термометра аспирационного психрометра при замерах влажности воздуха зимой?

7) При какой скорости воздуха, измеренной с помощью чашечного анемометра, студенту рекомендуется перейти на крыльчатый анемометр?

8) Какова продолжительность измерения скорости воздуха с помощью анемометров?

9) Каковы известные способы определения относительной влажности воздуха, если известны показания психрометров?

10) На какой минуте после пуска вентилятора аспирационного психрометра необходимо произвести отсчеты по сухому и влажному термометрам психрометра?

1.7. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

1) Какие показатели характеризуют микроклиматические условия в производственных помещениях?

2) Какие приборы используются для исследования микроклиматических условий?

3) Каковы пределы измерения чашечным и крыльчатым анемометрами?

4) Как устроен и как используется аспирационный психрометр?

5) Что понимается под рабочим местом?

6) В каких местах следует измерять температуру воздуха?

7) Где следует измерять относительную влажность воздуха?

8) Какие факторы принимаются во внимание при назначении норм микроклимата?

9) Что понимается под оптимальными микроклиматическими условиями. Каковы их преимущества по сравнению с допустимыми?

10) Почему в нормах микроклимата учитываются категории тяжести выполняемых работ?

11) К какой категории тяжести относится работа студента в лаборатории по охране труда? Приведите соответствующие обоснования.

12) Как подразделяются и чем характеризуются легкие физические работы?

13) Что понимается под терморегуляцией?

14) Как нормируется интенсивность теплового облучения работающих?

15) Как рассчитывается ТНС-индекс? Что он характеризует?

Литература

1. ГОСТ 12.1.005. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

2. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

3. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

Лабораторная работа № 2

«Контроль загрязнения воздуха»

2.1. Цель работы: формирование умений и навыков использования измерительной техники для контроля загрязнения воздуха, изучение методик контроля, нормирования содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны.

2.2. Задание по лабораторной работе

- 1) Изучить приборы, используемые при контроле загрязненности воздуха.
- 2) Выполнить измерения загрязненности воздуха и занести в таблицы.
- 3) Указать степень опасности исследованных загрязняющих веществ.

2.3. Теоретический материал. Воздух – одна из составляющих биосферы. Для обеспечения нормальной жизнедеятельности организма потребность в воздухе является первостепенной среди всех других: потребности в пище, воде, освещенности и иных жизненно важных экологических факторах.

Воздух обеспечивает организму необходимый газообмен, поставляя через кровь к клеткам тела кислород и принимая назад продукты жизнедеятельности, в первую очередь углекислый газ.

Кроме необходимого для организма газообмена, воздух через аэроионное содержание поддерживает определенный электрический режим в атмосфере. Наличие электрических зарядов в воздухе является одним из необходимых условий нормального развития высокоорганизованной жизни

Кроме того, воздух – это среда для процессов горения и синтеза химических веществ в промышленности; материал для систем охлаждения производственных и транспортных установок; среда, в которую выбрасываются и перерабатываются продукты жизнедеятельности человека, животных и растений; дымовые и аспирационные выбросы многочисленных предприятий и очистных сооружений.

Постоянный состав атмосферного воздуха сформировался на протяжении длительной эволюции жизни на Земле; он приведен в табл. 2.1.

Однако в результате постоянно усиливающегося техногенного воздействия на окружающую среду баланс веществ в атмосфере стал нарушаться. Возникли качественные и количественные изменения состава воздуха, причем с каждым годом количество рассеянных в атмосферном воздухе веществ, не свойственных его естественному составу, непрерывно возрастает. Сейчас таких примесей в атмосферном воздухе насчитываются сотни тысяч.

Таблица 2.1

Состав сухого* атмосферного воздуха

Наименование основных газов воздуха	Содержание в % по объему
Азот	78,09
Кислород	20,95
Аргон	0,93
Углекислый газ	0,03
Неон	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Гелий	$5,2 \cdot 10^{-4}$
Криптон	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Водород	$5,0 \cdot 10^{-5}$
Ксенон	$8,0 \cdot 10^{-6}$
Озон	$1,0 \cdot 10^{-6}$

* Содержание водяного пара зависит от метеорологических условий

Вещества, не соответствующие в качественном или количественном отношении естественному составу воздуха, называются загрязнениями или примесями.

К промышленным источникам загрязнения атмосферного воздуха относятся предприятия теплоэнергетики, транспорт, химическая и нефтеперерабатывающая отрасли, металлургия и машиностроение, целлюлозно-бумажная промышленность, производство удобрений и пестицидов и многие другие. В выбросах перечисленных предприятий всегда содержатся так называемые

многотоннажные, типичные загрязнения, к которым относятся: пыль или взвешенные вещества, оксиды серы, азота и углерода.

Среди типичных загрязнений самого пристального внимания заслуживает диоксид серы (диоксид серы является основным представителем оксидов серы в воздухе), выбросы которого в атмосферу оказывают негативное влияние на жизнедеятельность животных и растений. Диоксид серы взаимодействует с кислородом воздуха с образованием SO_3 , что в конечном счете при взаимодействии с парами воды приводит к образованию серной кислоты. Серная кислота, выпадая с осадками, способствует подкислению водоемов, почвенного и растительного покрова. При долговременном воздействии даже низких концентраций SO_2 в воздухе содержание элемента серы в тканях растений может возрастать в 2–2,5 раза в сравнении с кларковым (фоновым) содержанием. Поэтому аккумуляция серы в растениях может служить индикатором загрязнения атмосферы соединениями этого элемента.

Промышленные выбросы оксидов азота в воздушную среду в основном включают монооксид и диоксид азота, которые смещая естественный баланс соединений азота в биосфере, ведут к повышению уровня нитратов в воде, почве и продуктах питания в 2–4 раза. Кроме этого, с монооксидом азота связывают разрушение озонового слоя в атмосфере.

Одним из наиболее токсичных веществ, загрязняющих воздух в приземном слое, является монооксид углерода. Он активно взаимодействует с гемоглобином крови и уже при очень низкой концентрации снижает ее способность переносить кислород. Содержание CO в воздухе около 0,001 % (по объему) вызывает головную боль, снижение умственной деятельности и расстройство ряда физиологических функций организма. Основным источником выброса оксида углерода являются двигатели внутреннего сгорания.

Диоксид углерода CO_2 является конечным продуктом сгорания всех видов топлива, доокисления CO и ряда других процессов. От других газообразных промышленных выбросов CO_2 отличается тем, что он в естественных условиях продуцируется в огромных количествах живым веществом и его круго-

ворот в биосфере является основополагающим условием поддержания жизни на Земле.

Хотя сам по себе диоксид углерода не является токсикантом, однако увеличение его естественного количества в атмосфере за счет техногенных выбросов влечет ряд негативных последствий. В частности, из-за высокой теплоемкости, повышенное содержание диоксида углерода в атмосфере ведет к повышению ее температуры (парниковый эффект), что, в свою очередь, вызывает нарушение равновесия многих процессов в глобальном масштабе.

Все остальные примеси в атмосферном воздухе, которые не относятся к типичным, описанным выше, называются специфическими, так как их поступление в атмосферу обусловлено особенностями деятельности предприятия.

В частности, предприятия нефтепереработки и нефтехимии в качестве специфических загрязнений выбрасывают в атмосферу широкий класс углеводородов.

Машиностроительные и металлургические предприятия являются источниками выбросов металлов, чаще в виде их оксидов и сульфидов. Наибольшую опасность для биосферы представляют тяжелые металлы: цинк, свинец, кадмий и др.

Источником выбросов тяжелых металлов является и автомобильный транспорт. Негативной особенностью автотранспорта является то обстоятельство, что автомобильные выхлопы выбрасываются в приземном слое, на уровне дыхания человека. Они плохо рассеиваются в условиях городской застройки и легко формируют концентрацию вредных веществ, зачастую превышающую нормативное значение.

Предприятия пищевой промышленности являются источниками загрязнения воздуха: аммиаком или фреонами от холодильных установок, акролеином (обжарочные печи), органической пылью (рыбомучное производство, размол специй), парами уксусной кислоты (консервное производство) и др.

Неприятные запахи, обусловленные аминами, меркаптаном, фенолом, креозолом, масляной, валериановой и капроновой кислотами, а также другими

дурно пахнущими веществами, могут также оказывать вредное влияние на здоровье, вызывая головные боли, тошноту, бессонницу. При длительном воздействии такой же негативный эффект дают и так называемые «приятные» запахи.

На формирование концентрации примесей в приземном слое влияет не только их количество и химический состав в промышленном выбросе, но и метеорологические условия, которые могут способствовать как рассеиванию примесей, так и, наоборот, их локализации с образованием, например, смогов или кислотных дождей.

Определенная скорость ветра способствует рассеиванию выбросов по горизонтали, а отсутствие ветра, штиль препятствует рассеиванию. Рассеивание по вертикали зависит от температуры выброса и температурного градиента в атмосфере. При стратификации атмосферы, т. е. когда температура воздуха понижается с увеличением высоты, и при нагретом выбросе рассеивание по вертикали проходит эффективно. Инверсия как явление аномальное, когда температура воздуха с увеличением высоты не понижается, как обычно, а повышается, препятствует рассеиванию по вертикали.

Эффективность рассеивания зависит также и от влажности воздуха. Низкая влажность способствует рассеиванию, а высокая препятствует.

Если метеоусловия складываются неблагоприятно, т. е. одновременно проявляются штиль, инверсия и туман, то это ведет к образованию смога, когда приземная концентрация вредных примесей возрастает в десятки и сотни раз в сравнении с нормативной.

Вредные вещества, используемые или образующиеся в производственных процессах, кроме того, что они загрязняют атмосферный воздух, поступая туда в виде выбросов предприятия, загрязняют и воздух рабочей зоны, поступая в производственные помещения от незакрытого или негерметичного технологического оборудования, трубопроводов, установок.

Основными путями проникновения вредных веществ в организм человека в условиях производства являются дыхательные пути, пищеварительный тракт и кожный покров.

Первый путь – поступление через органы дыхания – наиболее активный по степени воздействия на человека, так как загрязняющие вещества в этом случае быстро всасываются и попадают в кровь.

Поступление вредных веществ через органы пищеварения происходит при заглатывании токсической пыли, занесенной в рот грязными руками при курении или с пищей.

Вещества, обладающие способностью растворять или растворяться в жирах, проникают в организм через кожные покровы.

Токсическое действие вредных примесей в воздухе может проявляться в острой или хронической форме. Острое отравление возникает при непродолжительном воздействии большого количества вредного вещества и характеризуется быстрым развитием болезненных явлений. Хроническое отравление возникает в результате поступления в организм небольших доз токсического вещества, но в течение продолжительного времени. Болезненные явления при этом проявляются постепенно, по мере накопления вещества в организме.

Степень токсического воздействия на организм зависит в первую очередь от концентрации вредного вещества в воздухе. В нашей стране и за рубежом проводятся систематические работы по гигиеническому нормированию допустимого уровня содержания примесей в атмосферном воздухе и в воздухе рабочей зоны. К настоящему времени допустимые уровни определены для десятков тысяч наименований вредных веществ, что позволяет осуществлять контроль и в той или иной степени управлять качеством воздуха.

Нормируемым параметром содержания вредных веществ в атмосферном воздухе и в воздухе рабочей зоны является ПДК, мг/м³ – предельно допустимая концентрация. Отдельно установлены ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе и в воздухе рабочей зоны. При этом принято, что атмосферный воздух – это воздух населенных пунктов, курортных зон, биосферных заповедников и других мест, кроме производственных предприятий. Воздух рабочей зоны – это воздух, которым дышит работник, находясь на постоянном или непостоянном рабочем месте.

Предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе – ПДК^{атм.в} – это максимальная концентрация примеси в нем, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает и не окажет вредного влияния на него, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду в целом.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны – ПДК^{БРЗ} – это максимальная концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение восьми часов (но не более 40 ч в неделю) в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

ПДК для большинства веществ являются максимально разовыми. Это значит, что отбор проб при оценке качества воздуха проводится в течение 20–30 мин и полученные результаты усредняются для определения фактической концентрации вещества. Максимально разовая ПДК используется при оценке содержания в воздухе общетоксических веществ, которые проявляют свое негативное действие при кратковременном вдыхании.

Однако для веществ, имеющих способность к накоплению в организме (проявляющих кумулятивные свойства), наряду с максимально разовой ПДК установлена среднесменная ПДК (для воздуха рабочей зоны) или среднесуточная ПДК (для атмосферного воздуха). Среднесменная или среднесуточная ПДК используются при оценке содержания высококумулятивных веществ отбором проб на протяжении смены (суток) с последующим усреднением результатов замеров. Свойством кумулятивности (накопления) обладают вещества канцерогенного и мутагенного характера.

Для новых веществ, на которые еще не установлены ПДК, вводятся в качестве временного гигиенического норматива ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ, мг/м³) вредных веществ в воздухе. ОБУВ устанавливается на три года и применяется для условий опытных и полужаводских ус-

тановок на период предпроектных и проектных работ по созданию нового производства. Через три года ОБУВ должен заменяться ПДК.

Значения ПДК и ОБУВ загрязняющих примесей для воздуха рабочей зоны опубликованы в ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» и ГН 2.2.5.2308-07 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы».

Значения ПДК и ОБУВ для атмосферного воздуха опубликованы в ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» и ГН 2.1.6.2309-07 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

В соответствии с ГОСТ 12.1.007 все вредные вещества, загрязняющие воздух рабочей зоны, разделяются на четыре класса опасности:

1-й класс – вещества чрезвычайно опасные;

2-й класс – вещества высокоопасные;

3-й класс – вещества умеренно опасные;

4-й класс – вещества малоопасные.

ПДК^{ВРЗ} для веществ первого класса опасности не превышают 0,1 мг/м³; для веществ второго класса опасности лежат в пределах 0,1 – 1,0, мг/м³; для 3-го – 1,1–10,0, мг/м³; для 4-го – больше 10,0 мг/м³.

В табл. 2.2 приводятся значения ПДК некоторых загрязняющих веществ для атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны.

Внимание! Внимательно сопоставьте значения ПДК^{атм.в} и ПДК^{ВРЗ} для приведенных веществ и, исходя из определения ПДК, объясните, почему ПДК^{атм.в} жестче, чем ПДК^{ВРЗ}.

В рамках данной лабораторной работы изучаются вопросы контроля качества воздуха рабочей зоны, для чего используется ПДК^{ВРЗ}.

Воздух рабочей зоны считается отвечающим условию качества, если фактическая концентрация загрязняющих примесей не превышает предельно до-

пустимых концентраций для этих веществ, т. е. если для каждого из контролируемых веществ выполняется условие:

$$C_i \leq \text{ПДК}_i^{\text{ВРЗ}}, \quad (2.1)$$

где C_i – фактическая концентрация i -го загрязняющего вещества.

Таблица 2.2

**Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ
в атмосферном воздухе и в воздухе рабочей зоны**

№ п/п	Вещество	ПДК ^{атм.в} , мг/м ³		ПДК ^{ВРЗ*}	Класс опасности
		ПДК _{м.р}	ПДК _{с.с}		
1	Пыль (взвешенные вещества)	0,5	0,15	2–6 / 0,5–4	3–4
2	Сера диоксид	0,5	0,05	10	3
3	Азота диоксид	0,2	0,04	2,0	3
4	Углерода оксид	5,0	3,0	20	4
5	Аммиак	0,2	0,04	20	4
6	Кислота серная	0,3	0,1	1	2
7	Фенол	0,01	0,006	1/0,3	2
8	Ртуть	–	0,0003	0,01/0,005	1
9	Ацетон	0,35	–	800/200	4
10	Бензол	0,3	0,1	15/5	2
11	Толуол	0,6	–	150/50	3
12	Бензин	5,0	1,5	300/100	4

* – В числителе ПДК максимальноразовая, в знаменателе ПДК среднесменная.

Может создаться ситуация, когда в воздухе одновременно присутствуют несколько вредных веществ однонаправленного действия, т.е. веществ, обладающих эффектом суммации, или свойством аддитивности. Тогда условие качества воздуха будет выражаться следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n (C_i/\text{ПДК}_i) \leq 1, \quad (2.2)$$

где n – количество веществ, входящих в группу суммации.

К вредным веществам, обладающим эффектом суммации, относятся, как правило, вещества близкие по химической формуле и характеру влияния на организм человека, например: диоксид серы и аэрозоль серной кислоты; диоксид серы и сероводород; диоксид серы и диоксид азота; фенол и ацетон и др.

Управление качеством воздуха на промышленных предприятиях (в рабочей зоне) сводится к контролю содержания примесей в нем и к мероприятиям организационного, технического и технологического характера, направленным на снижение содержания примесей в воздухе, а также выполнение условий (2.1) или (2.2).

Периодичность контроля устанавливается ГОСТ 12.1.005 в зависимости от класса опасности вредного вещества:

для веществ 1-го класса опасности – не реже одного раза в 10 дней;

для веществ 2-го класса опасности – не реже одного раза в месяц;

для веществ 3-го и 4-го классов опасности – не реже одного раза в квартал.

Технологические процессы, связанные с возможными газо- и паровыделениями, должны автоматизироваться, а оборудование, аппараты и коммуникации – тщательно герметизироваться. Источники вредных выделений должны размещаться в изолированных помещениях. Кроме того, может применяться дистанционное управление процессом, связанным с выделением вредных веществ.

Большое значение имеет и вентиляция помещений, правильно спроектированная, выполненная и эксплуатируемая.

Широко используются индивидуальные средства защиты органов дыхания. Требуется также строгое соблюдение правил личной гигиены.

Если же, несмотря на все принятые меры, концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны превышает ПДК, то условия труда квалифицируются как вредные и компенсируются льготами: специальным питанием, сокращенным рабочим днем, дополнительным отпуском, доплатами.

Существует множество приборов для контроля содержания примесей в воздухе. Одним из них является универсальный газоанализатор УГ-2. Принцип его работы основан на измерении длины окрашенного столбика, полученного при просасывании через индикаторную трубку воздуха, содержащего примеси.

Цвета индикаторных порошков после просасывания исследуемого воздуха указаны в табл. 2.3.

Цвета индикаторных порошков

Анализируемые примеси	Цвет индикаторного порошка после анализа
Серный ангидрид	Белый
Азота оксиды	Красный
Ацетилен	Светло-коричневый
Углерода оксид	Коричневый
Сероводород	Коричневый
Хлор	Красный
Аммиак	Синий
Бензин	Светло-коричневый
Ацетон	Жёлтый
Бензол	Светло-жёлтый
Углеводороды	Светло-коричневый

Прибор УГ-2 состоит из воздухозаборного устройства с тремя штоками, набора реактивов и принадлежностей. Воздухозаборное устройство 1 (рис. 2.1) представляет собой корпус, в котором помещается резиновый сиффон с двумя фланцами и стаканом с пружиной. Конструкция сиффона обеспечивает постоянство объема просасываемого воздуха. На верхней плате имеется неподвижная втулка для направления хода штока 6; отверстие для хранения штока в нерабочем положении и штуцер, который внутри корпуса устройства соединен с внутренней полостью сиффона. На наружную часть штуцера надета резиновая трубка 8, к которой присоединяется индикаторная трубка 2.

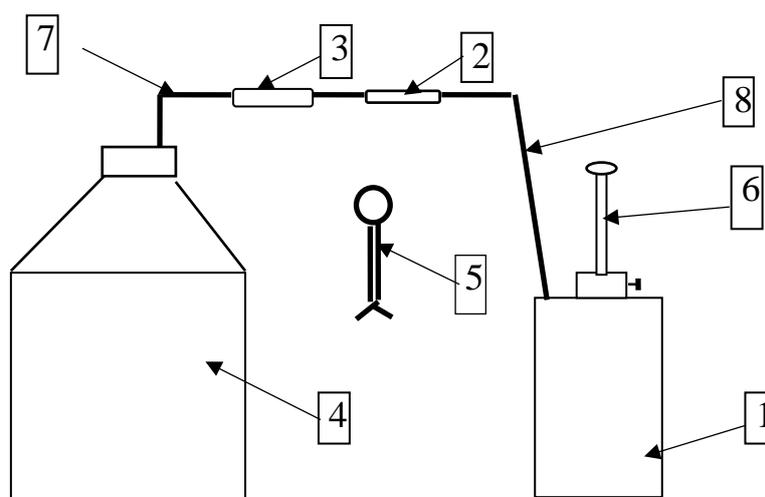


Рис. 2.1. Схема лабораторной установки для исследования загазованности воздуха:
 1 – воздухозаборное устройство; 2 – индикаторная трубка; 3 – фильтрующий патрон;
 4 – сосуд с парами исследуемого вещества; 5 – зажим; 6 – шток; 7 – гибкий шланг;
 8 – резиновая трубка прибора УГ-2

Шток служит для сжатия сильфона. На гранях штока под его головкой обозначены объемы просасываемого при анализе воздуха. На цилиндрической поверхности штока имеются четыре продольные канавки, каждая с углублениями, служащими для фиксации объема просасываемого воздуха. При ходе штока от одного углубления до другого сильфон забирает необходимое для анализа количество исследуемого воздуха.

К воздухозаборному устройству прилагаются коробки ЗИП, в которых находятся: ампулы с индикаторными порошками для индикаторных трубок, ампулы с поглотительными порошками для фильтрующих патронов, индикаторные трубки, запасные стеклянные трубки, фильтрующий патрон, воронки с оттянутым концом для заполнения трубок индикаторным порошком, воронки с широким концом для заполнения фильтрующего патрона, заглушки для патрона, подставка с измерительными шкалами и другие запасные детали.

Аспираторы сильфонные АМ-5 и АМ-0059 предназначены для просасывания исследуемой газовой смеси через уже готовые индикаторные трубки при экспресс-определении содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, в промышленных выбросах, при химических и экологических авариях.

Аспиратор АМ-0059 состоит из корпуса (8), стакана (9), сильфона (3) и основания (11), рычага (2) и ручки подвесной шнуровой (со скобой и двумя гнездами для вскрытия индикаторных трубок), рис. 2.2.

В корпусе (8) аспиратора размещены: обтюратор (1); гнездо для заряда (4); светодиод (5); кнопка включения (6); индикатор жидкостно-кристаллический (7), показывающий число ходов аспиратора; обтюратор с фильтром очистки (10) прокачиваемого воздуха для предотвращения попадания твердых частиц в сильфон (3).

При нажатии кнопки включения (6) включается цифровое табло индикатора (7), на котором фиксируется количество ходов аспиратора.

Под корпусом (8) аспиратора размещены: скоба с двумя гнездами для вскрытия индикаторных трубок и крепления ручки подвесной; спусковой рычаг (2), предназначенный для приведения в действие разжимающей пружины; све-

тодиод (5), свидетельствующий об окончании прокачивания; сиффон (3); стакан (9).

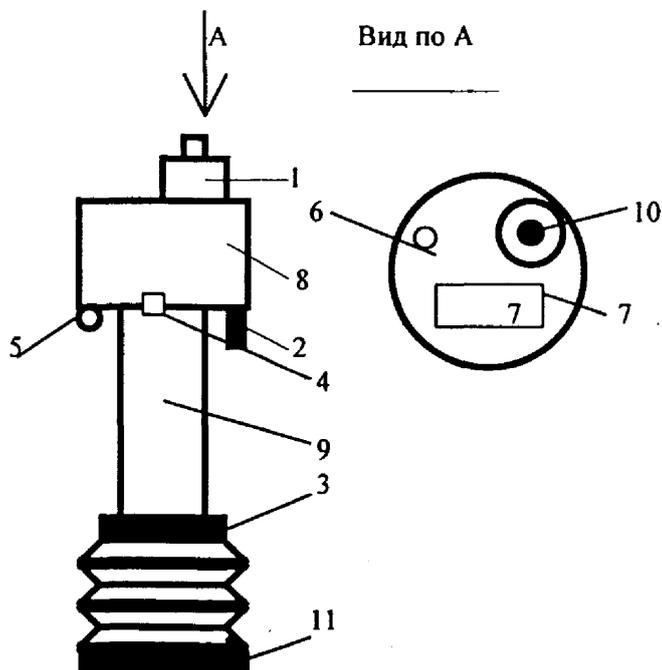


Рис. 2.2. Аспиратор сиффонный АМ-0059:

1 – обтюратор; 2 – спусковой рычаг; 3 – сиффон; 4 – гнездо для заряда;
5 – светодиод; 6 – кнопка включения; 7 – индикатор жидкостно-кристаллический (ЖКИ); 8 – корпус; 9 – стакан; 10 – фильтр; 11 – основание

Спусковой рычаг (2) фиксирует сиффон (3) в сжатом состоянии и при нажатии освобождает его от фиксации. При этом происходят расширение сиффона за счет размещенной внутри пружины и прокачивание воздуха. В основании (11) сиффона расположены четыре паза, через которые с помощью обратного клапана обеспечивается выпуск воздуха при сжатии сиффона без отсоединения индикаторной трубки.

При работе с универсальным газоанализатором УГ-2 и с аспираторами АМ-0059 и АМ-05 могут использоваться и стандартные индикаторные трубки, уже наполненные индикаторным порошком и запаянные с двух концов. На трубках размещена шкала, позволяющая срезу оценить концентрацию примеси (в $\text{мг}/\text{м}^3$). Это устраняет возможность погрешности оценки, которая, к сожалению, может иметь место при работе с трубками, наполняемыми вручную.

Для создания определенной концентрации загрязняющей примеси в исследуемом воздухе в лабораторной работе используется сосуд 4, показанный на рис. 2.1.

2.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчёта

Лабораторную работу выполняет бригада в количестве двух человек. Перед началом работы студенты должны получить у преподавателя индивидуальное задание и соответствующие ему реактивы, подготовиться к записям (см. табл. 2.4).

Таблица 2.4

Форма таблицы для записей результатов работы

Исследуемое вещество	Объем просасываемого воздуха	Цвет индикаторного порошка после просасывания	Измеренная концентрация, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Класс опасности

Проведение анализа:

А) с использованием универсального газоанализатора УГ-2:

1) открыть крышку УГ-2, отвести стопор и вставить в направляющую втулку шток таким образом, чтобы конец стопора вошел в канавку штока, над которой на головке указан необходимый объем просасываемого воздуха;

2) давлением руки на головку штока 6 (рис. 2.1) сжать сильфон до защелкивания стопора в верхнем углублении канавки штока;

3) приготовленную индикаторную трубку присоединить одним концом к резиновой трубке 8 прибора УГ-2;

4) вынуть стеклянную пробку из конца фильтрующего патрона и через отрезок резиновой трубки соединить его с индикаторной трубкой;

5) подсоединить свободный конец фильтрующего патрона 3 к гибкому шлангу 7 сосуда, в котором помещается загрязненный исследуемой примесью воздух;

б) освободить гибкий шланг 7 от зажима 5;

7) слегка надавить одной рукой на головку штока, другой отвести стопор; как только шток начнет идти вверх, стопор отпустить; отметить время продолжительности хода штока до щелчка;

8) выдержать общее время просасывания исследуемого воздуха и наложить зажим 5 на гибкий шланг 7. (Ход штока для просасывания нужного объема воздуха ограничен захождением стопора в нижнее углубление канавки. При этом слышен щелчок. После защелкивания движение штока прекращается, а просасывание воздуха продолжается вследствие остаточного вакуума в сильфоне).

9) снять индикаторную трубку, приложить к измерительной шкале и по высоте окрашенной части порошка определить концентрацию контролируемой примеси в исследуемом воздухе;

10) записать полученный результат и сопоставить его с ПДК^{BP3} контролируемого вещества (см. табл. 2.2).

Б) с использованием аспиратора АМ-0059 или АМ-05:

1) включить кнопку 6, при этом на табло индикатора 6 должна появиться цифра «0»;

2) вскрыть индикаторную трубку с порошком;

3) вставить индикаторную трубку по направлению стрелки в гнездо обтюратора 1;

4) держа корпус 8 одной рукой, другой рукой сжать сильфон 3 до фиксации его рычагом 2, при этом на табло цифра «0» мигает;

5) нажать указательным пальцем на рычаг 2, при этом начинается разжатие сильфона, и на табло индикатора 7 счетчика числа ходов вместо цифры «0» должна появиться цифра «1», что свидетельствует об окончании прокачивания 100 см³ исследуемого воздуха и о том, что аспиратор находится в состоянии готовности к следующему прокачиванию;

б) для прокачивания необходимого объема воздуха, не отсоединяя индикаторную трубку от аспиратора, повторить действия по пп. 4 и 5. При этом

табло индикатора покажет произведенное количество прокачиваний. Прибор позволяет фиксировать до 19 циклов;

7) после прокачивания необходимого объема воздуха отсоединить индикаторную трубку от aspirатора и определить концентрацию вредного вещества в воздухе по длине изменившейся окраски слоя наполнителя, измеренной по отградуированной шкале на индикаторной трубке;

8) для выключения aspirатора нажать кнопку 6, при этом цифры на табло должны погаснуть;

9) снять индикаторную трубку, приложить к измерительной шкале и по высоте окрашенной части порошка определить концентрацию контролируемой примеси в исследуемом воздухе;

10) записать полученный результат и сопоставить его с ПДК^{BP3} контролируемого вещества (см. табл. 2.2).

Указания по подготовке отчета

- запишите цель работы, зарисуйте схему лабораторной установки;
- кратко изложите общий порядок выполнения эксперимента;
- приготовьте таблицу для записи результатов измерений (табл. 2.4), укажите класс, к которому относятся исследуемые вещества по степени опасности;
- укажите периодичность контроля содержания исследованных вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

2.5. Меры безопасности

Неосторожность при обращении с лабораторным оборудованием может привести к повреждению стеклянных принадлежностей, что явится причиной порезов рук и загрязнения воздуха в лаборатории.

При неправильном обращении с газоанализатором можно травмировать руку штоком и повредить мембрану сильфона.

В связи с этим необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

1. Сосуд с анализируемым воздухом размещать не ближе 0,15 – 0,20 м от края стола; все операции с ним проводить аккуратно, избегая резких движений.

2. При подготовке к работе газоанализатора строго руководствоваться указаниями, приведенными в настоящем подразделе 2.5.

3. Всю работу проводить в вытяжном шкафу.

2.6. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1. Назовите четыре основных газа, составляющих сухой атмосферный воздух, расположите их по убыванию объемного содержания.

2. Какой процент по объему занимает в сухом атмосферном воздухе кислород?

3. Какой из газов, составляющих атмосферный воздух, занимает наибольший объем в процентном отношении?

4. Каково объемное содержание водяных паров в атмосферном воздухе?

5. На сколько классов опасности разделяются вещества, загрязняющие воздух рабочей зоны?

6. К какому классу опасности относятся вещества с $\text{ПДК}^{\text{ВРЗ}} > 10 \text{ мг/м}^3$?

7. В каких пределах лежит $\text{ПДК}^{\text{ВРЗ}}$ для веществ первого класса опасности?

8. Укажите правильную запись условия качества воздуха рабочей зоны, если примеси, в нем содержащиеся, не обладают эффектом суммации.

9. Какова периодичность контроля качества воздуха рабочей зоны, если в нем присутствуют вещества первого класса опасности?

10. Какая продолжительность рабочей недели заложена в определении ПДК веществ в воздухе рабочей зоны?

2.7. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

1. Назовите естественный состав атмосферного воздуха.

2. Что понимается под загрязнением воздуха?

3. Назовите типичные, многотоннажные примеси в атмосферном воздухе и расскажите, чем объясняется их наличие.

4. Дайте определение ПДК загрязняющего вещества для воздуха рабочей зоны.
5. Объясните разницу между ПДК загрязняющего вещества для атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоной.
6. С какой целью вводятся ПДК максимально разовые и ПДК среднесменные (среднесуточные)?
7. В чем заключается эффект суммации?
8. Как записывается условие качества воздуха, если в нем присутствуют вещества, входящие в группу суммации?
9. Как регламентируется периодичность контроля воздуха рабочей зоны в зависимости от класса опасности загрязняющих примесей?
10. Объясните более жесткий характер ПДК для атмосферного воздуха в сравнении с ПДК для воздуха рабочей зоны.
11. Что понимается под определениями «атмосферный воздух» и «воздух рабочей зоны»?

Литература

1. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
3. ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.
4. ГОСТ 12.1.007. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

Лабораторная работа № 3

«Защита от теплового излучения»

3.1. Цель работы: формирование умений и навыков измерения тепловых потоков, изучение нормативных требований к тепловому излучению, приборов и методов измерения интенсивности теплового излучения, определение зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния до источника, оценка эффективности защиты от теплового излучения с помощью экранов и воздушной завесы.

3.2. Задание по лабораторной работе

- 1) Изучить приборы контроля тепловых потоков;
- 2) Провести измерения интенсивности тепловых излучений на разных расстояниях от источника, заполнить таблицы, произвести теоретические расчёты;
- 3) Определить эффективность различных средств защиты при наличии тепловых излучений.

3.3. Теоретический материал

Лучистый теплообмен между телами представляет собой процесс распространения внутренней энергии, которая излучается в виде электромагнитных волн в видимой и инфракрасной (ИК) областях спектра. Длина волны видимого излучения от 0,38 до 0,77 мкм, инфракрасного – более 0,77 мкм. Такое излучение называют тепловым или лучистым.

Воздух прозрачен (диатермичен³) для теплового излучения, поэтому температура воздуха не повышается при прохождении через него лучистого тепла. Тепловые лучи поглощаются предметами, нагревают их, и они становятся излучателями тепла. Воздух нагревается, соприкасаясь с нагретыми телами.

³ Диатермичная среда – среда, не испускающая, не поглощающая и не рассеивающая излучение.

Интенсивность теплового излучения может быть определена по формуле

$$Q = \frac{0,78F \left[\left(\frac{T^0}{100} \right)^4 - 110 \right]}{l^2}, \text{ Вт/м}^2, \quad (3.1)$$

где Q – энергия теплового излучения, Вт/м²;

F – площадь излучающей поверхности, м²;

T^0 – температура излучающей поверхности, °К;

l – расстояние от излучающей поверхности до объекта, м.

Из формулы (3.1) следует, что количество лучистого тепла, поглощаемого телом человека, зависит от температуры источника излучения, площади излучающей поверхности, от квадрата расстояния между излучающей поверхностью и телом человека.

Тепловой обмен организма человека с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла (термогенезом) в результате жизнедеятельности организма и отдачей им этого тепла во внешнюю среду. Теплообмен осуществляется конвекцией в результате омывания тела воздухом, теплопроводностью, излучением и в процессе тепломассобмена (при испарении влаги, выводимой на поверхность кожи потовыми железами, и при дыхании). Отдача тепла происходит в основном тремя способами: конвекцией, излучением и испарением.

Передача тепла путем излучения является наиболее эффективным способом теплоотдачи и составляет в комфортных метеоусловиях 44–59% общей теплоотдачи. Тело человека излучает в диапазоне волн от 5 до 25 мкм с максимумом энергии для волны длиной 9,4 мкм.

Отдача человеческим телом тепла во внешнюю среду за счет излучения возможна лишь тогда, когда температура окружающих предметов ниже температуры тела человека. В противном случае направление потока лучистой энергии меняется на противоположное, и уже тело человека будет получать извне дополнительную тепловую энергию. Воздействие теплового излучения приводит к перегреву организма, и тем быстрее, чем больше мощность

излучения, выше температура и влажность воздуха в помещении, интенсивность выполняемой работы.

В горячих цехах промышленных предприятий большинство технологических процессов протекают при температурах, значительно превышающих температуру воздуха окружающей среды. Нагретые тела излучают в пространство потоки лучистой энергии. При температуре нагрева до 500°C с нагретой поверхности излучаются инфракрасные лучи с длиной волны $740\text{--}0,76$ мкм, а при более высокой температуре – наряду с возрастанием интенсивности инфракрасного излучения появляются видимые световые и ультрафиолетовые лучи.

Инфракрасные лучи оказывают на организм человека в основном тепловое действие. Под влиянием теплового облучения в организме происходят биохимические сдвиги, уменьшается кислородная насыщенность крови, понижается венозное давление, замедляется кровоток и, как следствие, наступает снижение работоспособности, нарушение работы сердечно-сосудистой и нервной систем.

ИК-излучение, помимо усиления теплового воздействия окружающей среды на организм работающего, обладает специфическим влиянием. С гигиенической точки зрения важной особенностью ИК-излучения является его способность проникать в живую ткань на различную глубину.

Лучи длинноволнового диапазона (длина волны от $1,5$ мкм до 1 мм) задерживаются в поверхностных слоях кожи уже на глубине $0,1\text{--}0,2$ мм. Поэтому их физиологическое воздействие на организм проявляется, главным образом, в повышении температуры кожи и перегреве организма. Длинноволновое излучение может вызвать ожоги кожи и глаз. Наиболее частым и тяжелым поражением глаз под действием ИК-излучения является катаракта глаза.

Наоборот, коротковолновый диапазон ИК-излучения характеризуется способностью проникать в ткани человеческого организма на несколько сантиметров. Так, лучи с длиной волны $0,76\text{--}1,5$ мкм легко проникают через кожу и черепную коробку в мозговую ткань, что может привести к воздействию на клеточные образования головного мозга. Тяжелые поражения головного мозга

ИК-лучами влекут возникновение специфического заболевания – теплового удара, внешне выражающегося в головной боли, головокружении, учащении пульса, ускорении дыхания, падении сердечной деятельности, потере сознания и т. д.

При облучении коротковолновыми ИК-лучами, проникающими в глуболежащие ткани, наблюдается повышение температуры легких, почек, мышц и других органов. В крови, лимфе, спинно-мозговой жидкости появляются специфические биологически активные вещества, наблюдаются нарушения обменных процессов, изменяется функциональное состояние центральной нервной системы.

Кроме непосредственного действия на человека, ИК-излучение нагревает окружающие конструкции. Эти вторичные источники тепла отдают теплоту окружающей среде излучением и конвекцией, в результате чего температура воздуха внутри помещения повышается.

Тепловое излучение интенсивностью до 350 Вт/м^2 не вызывает неприятных ощущений. Болевые ощущения возникают при нагреве кожи до $40\text{--}45^\circ\text{C}$. При действии облучения интенсивностью 1050 Вт/м^2 через несколько секунд возможны ожоги. При интенсивности $700\text{--}1400 \text{ Вт/м}^2$ частота пульса увеличивается на $5\text{--}7$ ударов в минуту. Интенсивность ИК-излучения на различных рабочих местах может быть весьма высокой. Например, в момент заливки стали в форму она составляет $12\,000 \text{ Вт/м}^2$, при выбивке отливок из опок – $350\text{--}2000 \text{ Вт/м}^2$, при выпуске стали из печи в ковш – 7000 Вт/м^2 .

Интенсивность теплового облучения человека регламентируется, исходя из субъективного ощущения им энергии облучения согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [1].

В соответствии с этим документом интенсивность теплового облучения от нагретых поверхностей технологического оборудования (источников «темного свечения» – длинноволнового излучения), осветительных приборов, инсоляции работающих на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м^2 при облучении 50% поверхности тела, 70 Вт/м^2 – при вели-

чине облучаемой поверхности от 25 до 50% и 100 Вт/м² – при облучении не более 25% поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников ИК-излучения (источники белого и красного свечения - нагретый металл, стекло, открытое пламя и др. – источники коротковолнового излучения) не должна превышать 140 Вт/м², при этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз. Нормы для теплового излучения приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

**Допустимые значения интенсивности теплового излучения
(СанПиН 2.2.4.548-96)**

Вид источника ИК-излучения	Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового излучения, Вт/м ² , не более
Источники «темного свечения»	50 и более	35
	25–50	70
	До 25	100
Источники «белого и красного свечения»	До 25	140

Нормы ограничивают также температуру нагретых поверхностей оборудования в рабочей зоне. При температуре внутри оборудования 100°С или менее температура на его поверхности устанавливается не выше 35°С. При температуре внутри выше 100°С температура поверхности не должна превышать 45°С.

Ведущая роль в профилактике вредного влияния инфракрасного излучения принадлежит технологическим мероприятиям: замене старых и внедрению новых технологических процессов и оборудования. Например, применение штамповки вместо поковочных работ, применение индукционного нагрева ме-

талла токами высокой частоты. Внедрение автоматизации и механизации дает возможность пребывания работников вдали от источника тепла.

В группу санитарно-технических и организационных мероприятий входит применение коллективных средств защиты.

К коллективным средствам защиты от ИК-излучения относятся:

- теплоизоляция горячих поверхностей;
- экранирование источников ИК-излучений либо рабочих мест;
- воздушное душирование;
- мелкодисперсное распыление воды;
- общеобменная вентиляция или кондиционирование воздуха.

Общеобменной вентиляции при этом отводится ограниченная роль – доведение условий труда до допустимых с минимальными эксплуатационными затратами.

Одним из самых распространенных способов борьбы с тепловым излучением является экранирование излучающих поверхностей.

По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Однако это деление достаточно условно, так как каждый экран обладает одновременно способностью отражать, поглощать и отводить тепло. Отнесение экрана к той или иной группе производится в зависимости от того, какая способность более сильно выражена.

Теплоотражающие экраны имеют низкую степень черноты поверхностей, вследствие чего они значительную часть падающей на них лучистой энергии отражают в обратном направлении. В качестве теплоотражающих материалов в конструкции экранов широко используют фольгу, листовую алюминий, оцинкованную сталь, алюминиевую краску.

Теплопоглощающими называют экраны, выполненные из материалов с высоким термическим сопротивлением (малым коэффициентом теплопроводности). В качестве теплопоглощающих материалов применяют огнеупорный и теплоизоляционный кирпич, асбест, шлаковату.

В качестве теплоотводящих экранов наиболее широко используются водяные завесы, свободно падающие в виде пленки, орошающие другую экрани-

рующую поверхность (например, металлическую) либо заключенные в специальный кожух из стекла (аквариальные экраны), металла (змеевики) и др.

В зависимости от возможности наблюдать за технологическим процессом экраны делят на непрозрачные, полупрозрачные, прозрачные.

В непрозрачных экранах поглощаемая энергия электромагнитных колебаний, взаимодействуя с веществом экрана, превращается в тепловую энергию. При этом экран нагревается и, как всякое нагретое тело, излучает электромагнитные колебания. Излучение поверхностью экрана, противоположащей экранируемому источнику излучения, условно рассматривается как пропущенное излучение источника. К непрозрачным экранам относятся, например, металлические (в том числе алюминиевые), альфалиевые (алюминиевая фольга), футерованные (пенобетон, пеностекло, керамзит, пемза), асбестовые и др.

В прозрачных экранах излучение, взаимодействуя с веществом экрана, минует стадию превращения в тепловую энергию и распространяется внутри экрана по законам геометрической оптики, что и обеспечивает видимость через экран. Так ведут себя экраны, выполненные из различных стекол: силикатного, кварцевого, органического, металлизированного, а также пленочные водяные завесы (свободные и стекающие по стеклу), вододисперсные завесы.

Полупрозрачные экраны объединяют в себе свойства прозрачных и непрозрачных экранов. К ним относятся металлические сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой.

Оценить эффективность защиты от теплового излучения η с помощью экранов и водяной завесы можно по формуле (3.2):

$$\eta = \frac{Q - Q_3}{Q} \cdot 100, \% \quad (3.2)$$

где Q – интенсивность теплового излучения без применения защиты, Вт/м²;

Q_3 – интенсивность теплового излучения с применением защиты, Вт/м².

При воздействии на работника теплового излучения мощностью 0,35 кВт/м² и более применяют **воздушное душирование** – подачу воздуха в

виде воздушной струи, направленной на рабочее место. Воздушное душирование устраивают также для производственных процессов с выделением вредных паров и газов.

Охлаждающий эффект воздушного душирования зависит от разности температур тела работника и потока воздуха и скорости обтекания воздухом охлаждаемого тела. Для обеспечения на РМ заданных температур и скорости движения воздуха ось воздушного потока направляют в грудь работнику горизонтально или под углом в 45°С.

Расстояние от кромки душирующего патрубка до РМ должно быть не менее 1 м. Должны быть обеспечены постоянные скорость поступления воздуха и его температура.

При душировании по способу ниспадающего потока воздух подают на РМ сверху с минимально возможного расстояния струей большого сечения. Такое душирование требует меньшей степени охлаждения воздуха по сравнению с обычным воздушным душем.

При интенсивности облучения свыше 2,1 кВт/м² воздушный душ не может обеспечить достаточного охлаждения. В этом случае надо обеспечить **водо-воздушное душирование**, когда теплоотдача организма увеличивается за счет испарения влаги с поверхности тела и одежды.

К средствам индивидуальной защиты от теплового излучения относят:

- специальные костюмы, сшитые из сукна, брезента, химически обработанных тканей и тканей с металлопокрытием;
- шляпы из фетра, войлока или сукна;
- специальные очки со светофильтрами, щитки.

Повышает работоспособность в горячих цехах рациональный режим труда и отдыха. Он разрабатывается применительно к конкретным условиям работы. Частые короткие перерывы более эффективны для поддержания работоспособности, чем длинные редкие. Например, при температуре воздуха 30–33°С рекомендуется 5-минутный перерыв после 45 мин работы и разрыв смены на 4–5 ч на период наиболее жаркого времени.

Кроме того, в состав санитарно-бытовых помещений вводятся кабины для поверхностного охлаждения, которые должны быть обеспечены вентиляцией и питьевой водой. Кабинами можно пользоваться в регламентированные перерывы.

При кратковременных работах в условиях высоких температур (тушение пожаров, ремонт металлургических печей), где температура достигает 80–100°, большое значение имеет тепловая тренировка. Устойчивость к высоким температурам может быть в некоторой степени повышена использованием фармакологических средств (дибазола, аскорбиновой кислоты), вдыханием кислорода, аэроионизации.

3.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчета

Лабораторную работу выполняют отдельные студенты или группа в составе не более двух человек.

Перед началом работы нужно изучить полностью настоящие методические указания. Особое внимание должно быть обращено на устройство лабораторного стенда и порядок выполнения лабораторной работы.

Лабораторный стенд, на котором выполняется работа, изображен на рис. 3.1. Стенд представляет собой стол со столешницей 9, на которой размещаются бытовой электрокамин 1, индикаторный блок 8, линейка, стойки 12 для установки сменных экранов 10, стойка 7 для установки измерительного датчика 11 измерителя плотности тепловых потоков, воздушная помпа (воздуходувка) 2, водяная помпа 6, душ 3, емкость с водой 5. Стол выполнен в виде металлического сварного каркаса с полкой, на которой хранятся сменные экраны 10.

Бытовой электрокамин 1 используется в качестве источника теплового излучения.

Воздуходувка 2 создает воздушную завесу и крепится на стойке с помощью хомута.

Для установки измерительного датчика служит вертикальная стойка 7, закрепленная на плоском основании. На стойке с помощью струбцины винтами крепится датчик 11. Стойку можно перемещать по столешнице вдоль линейки, которая закреплена на столешнице.

Водяная помпа 6, душ 3, емкость с водой 5 служат для создания водяной завесы совместно со стеклянным экраном. Душ крепится к столешнице на двух стойках 4.

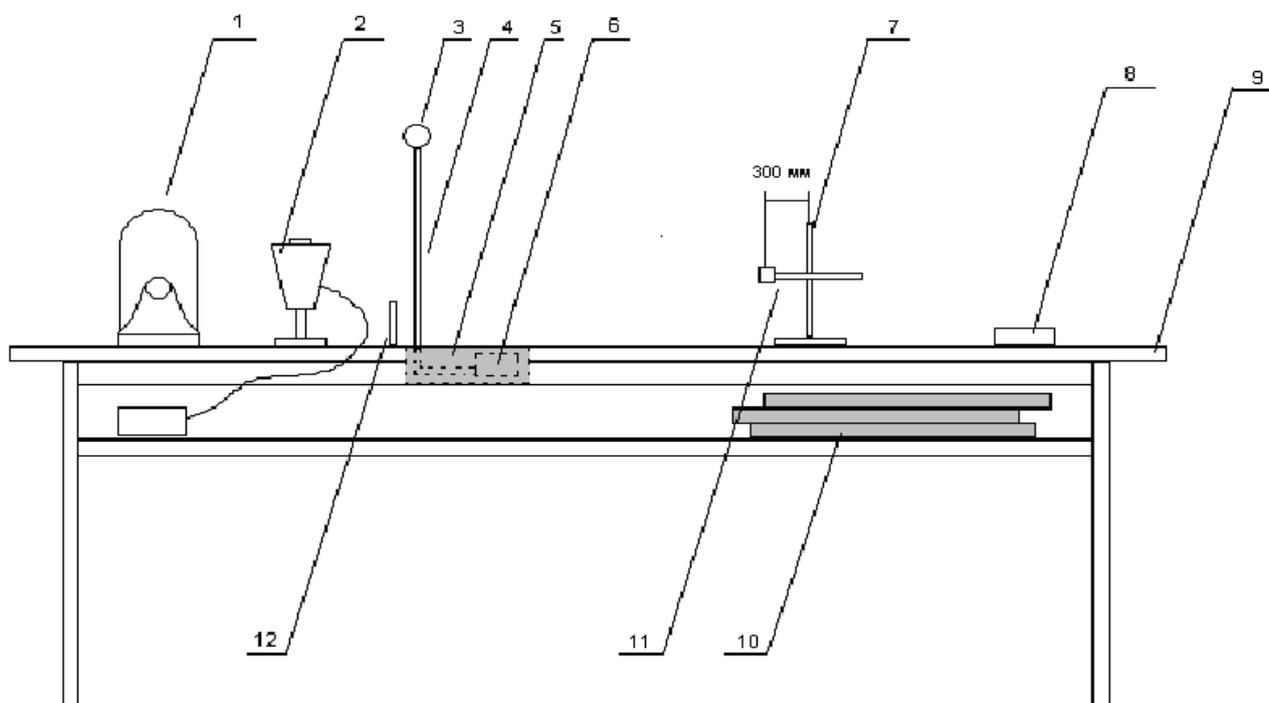


Рис. 3.1. Лабораторный стенд:

- 1 – электрокамин; 2 – воздушная помпа; 3 – душ; 4 – стойка душа;
- 5 – емкость с водой (в данной работе не используется);
- 6 – водяная помпа (в данной работе не используется); 7 – стойка для датчика;
- 8 – блок индикаторов; 9 – столешница; 10 – сменные защитные экраны;
- 11 – датчик измерителя плотности теплового потока ИПП-2М;
- 12 – стойки для сменных экранов

На столешнице установлен удлинитель для подключения к электросети камина, воздушной и водяной помпы, измерителя плотности теплового потока. Водяная помпа в данной работе не используется.

Сменные экраны имеют один типоразмер. Металлические экраны выполнены из листового металла и имеют направляющие для установки в стойках. Цепной и брезентовый экраны выполнены в виде металлических рамок, в которых закреплены стальные цепи или брезент.

3.4.1. Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с мерами безопасности при проведении лабораторной работы и строго выполнять их.

2. Подготовить таблицы для занесения результатов измерений (табл. 3.2, 3.3).

3. Подключить удлинитель к сети переменного тока, электрокамин, воздушную помпу, измеритель плотности теплового потока – к розеткам удлинителя.

4. Включить источник теплового излучения (электрокамин) так, чтобы была задействована только одна спираль нагрева (выключатель на корпусе камина в положении «выкл.»), выждать 2–3 мин для полного нагрева спирали, датчик измерителя плотности теплового потока (имеет вид конусной спирали) подключить к блоку индикации, измеритель плотности теплового потока включить в сеть.

5. Установить датчик измерителя 11, закрепляя в штативе рукоятку датчика, чтобы он был смещен относительно стойки 7 примерно на 30 см (по направлению к источнику теплового излучения), по высоте расположить датчик на расстоянии 10–15 см от столешницы – см. рис. 3.1. Включить измеритель кратковременным нажатием кнопки «выбор» – прибор находится в режиме измерения плотности теплового потока.

6. Вручную перемещать штатив вдоль линейки, устанавливая датчик на различном расстоянии от источника теплового излучения с шагом 5 см, и выполнять замеры интенсивности теплового излучения в этих точках. Данные замеров занести в табл. 3.2.

Зависимость интенсивности ИК-излучения от расстояния до источника

Номер измерения	Расстояние, см	Интенсивность ИК-излучения, Вт/м ²
1	50	
2		
...		
n	80	

Определение эффективности экранирования

Материал защитного экрана	Интенсивность ИК-излучения, Вт/м ²	Эффективность экранирования
Без экранирования		
Стальной лист (светлый)		
Стальной лист (темный)		
Цепная завеса		
Брезентовый экран		

7. Определить эффективность экранирования ИК-излучения с помощью экранов из различного материала. Для этого:

- подключить вторую спираль на электрокамине (переключатель на корпусе камина в положение «вкл.»), выждать 2–3 мин;
- разместить датчик на расстоянии 60 см от источника (по линейке), выполнить замер интенсивности ИК-излучения без применения экранов;
- поочередно устанавливая защитные экраны из различного материала, выполнять замеры интенсивности теплового излучения. При работе с экранами из листовой стали необходимо подключить воздушную помпу и направить поток воздуха под некоторым углом в центр экрана для отвода тепла от самого нагревающегося экрана;
- результаты замеров занести в табл. 3.3;
- выполнить расчет эффективности защитных экранов по формуле (3.2).

8. Определить, как меняется температура в зоне действия источника ИК-излучения при действии воздушной завесы. Для этого:

– отключите измеритель плотности теплового потока кратковременным нажатием кнопки «выбор», отсоедините от блока индикации датчик плотности теплового потока;

– присоедините к блоку индикации температурный датчик, включите измеритель кратковременным нажатием кнопки «выбор»;

– выполните настройку измерителя температуры, для чего кратковременно нажмите кнопку «>>», индикация на блоке подтвердит переход в режим измерения температуры символами «-tt-»;

– поместите температурный датчик на высоте воздушного потока из воздушной помпы (10 см от столешницы) и на расстоянии 50 см от камина (по линейке), измерьте температуру (следует дождаться стабилизации показаний прибора – примерно в течение 1–1,5 мин);

– включите воздушную помпу и направьте поток воздуха на датчик, выполните измерение температуры при применении воздушной завесы (также следует дождаться стабилизации показаний прибора (1–1,5 мин)), запишите показания прибора.

9. Отключите электрокамин, измеритель плотности теплового потока, воздушную помпу.

10. Выполните расчеты, постройте график изменения интенсивности ИК-излучения от расстояния, сравните экспериментальную зависимость с аналитической, сделайте вывод об эффективности экранирования и воздушного душирования при воздействии теплового излучения.

11. Сравните измеренные уровни с ПДУ для данного вида излучения.

3.4.2. Указания по подготовке отчёта

1. Изложите цель работы, порядок её выполнения, схему лабораторного стенда.

2. Приведите расчетные формулы, расшифровку обозначений и назначения формул.

3. Заполните табл. 3.2 и 3.3 отчетных данных по работе.

4. Постройте и приведите в отчете график изменения интенсивности ИК-излучения в зависимости от расстояния.

5. Изложите мотивированные выводы об эффективности используемого материала защитного экрана.

3.5. Меры безопасности

1. Работа выполняется бригадой студентов в количестве не более двух человек.

2. К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством и принципом действия лабораторного стенда, мерами безопасности при проведении лабораторной работы.

3. Запрещается использовать воздушную помпу более 30 мин непрерывно.

Не допускается работа с металлическим экраном более 5 мин.

4. Запрещается прикасаться к электронагревательному элементу электрокамина.

5. Смену экранов необходимо проводить в теплоизоляционных перчатках.

3.6. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1. Какой прибор используется для измерения температуры нагретого тела?

2. При какой интенсивности теплового облучения обязательно должны применяться средства индивидуальной защиты?

3. На предприятии используется оборудование, внутри которого температура превышает 100°C. Какова при этом допустимая температура нагрева наружных поверхностей оборудования?

4. Какие защитные экраны будут использоваться при проведении лабораторной работы?

5. Как определить эффективность защитных экранов, %, если I_0 – интенсивность ИК-излучений в исследуемой точке при отсутствии экрана; I – при наличии экрана?

6. В каком диапазоне длины волны электромагнитные излучения называются инфракрасным излучением?

7. Чему равна излучательная способность абсолютно черного тела?

8. Какой закон положен в формулу расчета интенсивности теплового излучения работников?

9. При какой длине волны ИК-излучения возможно возникновение теплового удара?

10. Укажите нормативный документ, регламентирующий интенсивность теплового облучения работников?

3.7. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы

1. Назовите основные источники теплового излучения в промышленности.

2. В чем причина биологического воздействия теплового излучения на организм человека?

3. Какого рода биологические эффекты наблюдаются при поглощении телом энергии ИК-излучения?

4. От чего зависит количество лучистого тепла поглощаемого телом человека?

5. Какими способами осуществляется теплообмен человека с окружающей средой?

6. Как осуществляется нормирование теплового излучения согласно СанПиН 2.2.4.548-96?

7. Как ограничена температура нагретых поверхностей оборудования в рабочей зоне?

8. Назовите виды коллективных средств защиты от ИК-излучения.

9. Какие типы экранов вы знаете и каков принцип их действия?

10. Как определить эффективность защиты от теплового излучения?

11. Перечислите средства индивидуальной защиты от ИК-излучения.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / под общ. ред. С.В. Белова. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: Высш. шк., 2004. – 606 с.

2. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Лабораторная работа № 4

«Исследование освещенности рабочих мест»

4.1. Цель работы: формирование умений и навыков использования измерительной техники, изучение нормативных требований к производственному освещению, методов расчета и контроля освещенности.

4.2. Задание по лабораторной работе

1) Изучить приборы, используемые при контроле производственного освещения.

2) По варианту задания выполнить измерения освещенности и результаты занести в таблицу.

3) По результатам измерений построить графики пространственных изолюкс.

4) Рассчитать необходимый световой поток и требуемую электрическую мощность лампы с учетом обеспечения нормативной горизонтальной освещенности.

5) Указать характеристику зрительной работы, наименьший размер объекта различения, какому разряду и подразряду зрительной работы соответствуют те работы, которые можно выполнять при полученном значении освещенности.

4.3. Теоретическая материал

Обеспечение рационального естественного и искусственного освещения является важным направлением деятельности по созданию благоприятных условий труда, исключая утомляемость зрения, опасность травмирования, снижение работоспособности. Освещенность рабочих мест непосредственно связана с производительностью труда. Известно, что при выполнении точных зрительных работ рост освещенности с 50 до 100 люкс (лк) позволяет повысить производительность труда до 25%. При выполнении работ, не связанных со

зрительным напряжением, увеличение освещенности с 50 до 300 лк способствует росту производительности труда на 5–8 %.

К производственному освещению предъявляются следующие требования:

– освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеристике зрительной работы, которая определяется наименьшим размером объекта различения, характеристикой фона и контрастом объекта различения с фоном;

– на рабочей поверхности должна отсутствовать прямая и отраженная блескость;

– величина освещенности должна быть постоянной во времени;

– оптимальная направленность светового потока, оптимальный спектральный состав света, обеспечивающий требуемую цветопередачу;

– все элементы осветительной установки должны быть достаточно долговечными, электробезопасными, простыми и удобными в эксплуатации, отвечать требованиям эстетики, пожарной безопасности, взрывобезопасности.

Освещение характеризуется качественными и количественными показателями.

К основным качественным показателям относятся коэффициент пульсации, показатель ослепленности, спектральный состав света.

Коэффициент пульсации – критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока:

$$k_n = \frac{100(E_{\max} - E_{\min})}{2E_{\text{ср}}}, \%, \quad (4.1)$$

где E_{\max} , E_{\min} , $E_{\text{ср}}$ – максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период колебаний, лк; для газоразрядных ламп $k_n = 25 - 65 \%$, для ламп накаливания $k_n = 7 \%$.

Показатель ослепленности характеризует распределение яркости в поле зрения при наличии блестящего источника.

К основным количественным показателям освещения относят величину освещенности (люксы), яркость светящихся поверхностей (канделлы/м²), силу света (канделлы) и световой поток (люмены). Из перечисленных показателей

применительно к искусственному освещению нормируется непосредственно освещенность.

Освещение производственных помещений обеспечивается как за счет естественного освещения, создаваемого светом неба (прямым и отраженным), так и искусственного, осуществляемого электрическими лампами. Кроме того, используется и совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным. Следует иметь в виду, что отсутствие или недостаток естественного освещения является вредным производственным фактором.

Естественное освещение обеспечивается устройством окон (боковое освещение), световых фонарей (верхнее освещение) или одновременным устройством окон и фонарей (комбинированное освещение). Естественное освещение изменяется в широких пределах в зависимости от времени суток и метеоусловий. Поэтому в качестве нормируемой величины для естественного освещения помещений используется относительная величина – коэффициент естественной освещенности (КЕО).

$$\text{КЕО} = \frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100, \% , \quad (4.2)$$

где $E_{\text{в}}$ – освещенность в данной точке внутри помещения, лк;

$E_{\text{н}}$ – одновременно замеренная наружная горизонтальная освещенность, создаваемая светом всего небосвода, лк.

Если в каком-либо помещении коэффициент естественной освещенности меньше 0,1 от нормативного значения, то установлено, что в таком помещении естественное освещение отсутствует.

Значения показателей естественного и искусственного освещения для производственных и вспомогательных помещений предприятий и организаций устанавливается в своде правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (далее СП 52.13330) с учетом точности выполняемых зрительных работ и типа освещения. Соответствующие требования к освещению судовых помещений установлены Санитарными правилами для судов. Нормы осве-

щенности приводятся также в многочисленных отраслевых правилах по охране труда.

Искусственное освещение осуществляется с помощью осветительных приборов, состоящих из источников света и светотехнической арматуры. В качестве источников света используют лампы накаливания, газоразрядные или светодиодные лампы. Последние отличаются высокой световой отдачей, достигающей 90 лм/Вт, что в несколько раз больше, чем у ламп накаливания, и выше, чем у газоразрядных источников света. Главным недостатком газоразрядных ламп является безынерционность, что может приводить к появлению пульсации светового потока. В результате при рассмотрении быстро вращающихся или движущихся деталей наблюдается стробоскопический эффект и повышается опасность травматизма.

Данные о некоторых лампах накаливания общего назначения приведены в табл. 4.1. Срок их службы – 1000 ч.

Для сравнения в нижних двух строках табл. 4.1 приведены данные по люминесцентным лампам с улучшенной цветопередачей. Срок их службы 12–15 тыс. ч. Срок службы светодиодных источников света может достигать 100 тыс. ч.

Осветительные приборы ближнего действия называют светильниками, дальнего действия – прожекторами.

Основными светотехническими характеристиками светильников являются кривые силы света; соотношение световых потоков, излучаемых в нижнюю и верхнюю полусферы; коэффициент полезного действия; защитные углы. Кривые силы света характеризуют распределение световой энергии в пространстве, защитный угол – степень возможного ограничения слепящего действия источников света, это угол между горизонталью, проведенной через нить накала (поверхность лампы), и линией, соединяющей нить накала (поверхность лампы) с краем отражателя. Коэффициент полезного действия равен отношению фактического светового потока светильника к световому потоку установленной в нем лампы.

Выбор светильников для освещения производственных помещений основывается на учете светотехнических, экономических, эстетических требований, а также требований, связанных с условиями среды, электробезопасностью. Для освещения пыльных помещений используются светильники типа ППД2, УП24, ПВЛП и др., для взрывоопасных помещений – взрывозащищенные светильники, например, типа ВЗГ.

По назначению системы искусственного освещения делят на рабочие, аварийные, эвакуационные и специальные (охранные, дежурные и др.). Рабочее освещение может быть местным, общим или комбинированным, при котором, кроме общего, устраивается также местное освещение рабочего места. Следует помнить, что применение одного местного освещения не допускается. Общее освещение должно составлять не менее 10% от нормы для комбинированного освещения.

Таблица 4.1

Данные ламп накаливания и люминесцентных ламп

№ п/п	Тип лампы	Мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм
1	Биспиральные газонаполненные		
	Б220-25	25	220
	220-235-40	40	300
	Б220-40	40	400
	220-235-60	60	550
	Б220-60	60	715
	Б220-75	75	950
	220-235-100	100	1090
	Б220-100	100	1350
	Б220-235-150	150	1840
	Б220-150	150	2100
	Б220-235-200	200	2540
	Б220-200	200	2920
2	Биспиральные криптоновые		
	БК220-40	40	460
	БК220-60	60	790
	БК220-75	75	1020
	БК220-100	100	1450
3	Газонаполненные		
	Г220-150	150	2000

№ п/п	Тип лампы	Мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм
	Г220-200	200	2800
	Г220-300	300	4600
4	Люминесцентные лампы		
	ЛД15-4	15	590
	ЛБ15-4	15	760
	ЛД20-4	20	920
	ЛБ20-4	20	1180
	ЛД30-4	30	1640
	ЛБ30-4	30	2100
	ЛД40-4	40	2340
	ЛБ40-4	40	3000
	ЛД65-4	65	3570
	ЛБ65-4	65	4550
	ЛД80-4	80	4070
	ЛБ80-4	80	5220
	ЛДЦ 30-4	30	1450
	ЛДЦ 40-4	40	2100
	ЛДЦ 65-4	65	3050

Для рабочих поверхностей в производственных помещениях нормы освещенности устанавливаются с учетом: 1) разряда зрительной работы, определяемого по размеру объекта различения, мм, контрасту объекта различения с фоном, характеристике фона; 2) вида освещения (комбинированное или одно общее). Эти нормы устанавливают наименьшую освещенность, которая должна иметь место в «наихудших» точках освещаемой поверхности. При повышенной опасности травматизма значения освещенности увеличиваются на одну ступень по использованной в СП 52.13330 шкале, если исходная норма для общего освещения составляет не более 150 лк. Нормы освещенности увеличиваются также и в некоторых других случаях.

Согласно СП 52.13330 фон – это поверхность, на которой рассматривается объект различения. Фон считается светлым, если коэффициент отражения поверхности больше 0,4; если этот коэффициент составляет 0,2–0,4, то фон средний; если коэффициент отражения менее 0,2, то фон темный.

Контраст объекта с фоном – степень различения объекта на фоне (большой, средний, малый).

Аварийное освещение рабочих мест, требующих обслуживания при аварийном режиме, должно составлять 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк – внутри зданий и не менее 1 лк – для площадок предприятий.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступеньках лестниц; в помещениях – 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк.

По СП 52.13330 аварийное и эвакуационное освещение – это виды освещения безопасности.

Задачей расчета искусственного освещения является определение потребной мощности осветительной (числа светильников) установки для создания в производственном помещении заданной освещенности.

Расчет искусственного освещения включает:

выбор типа источника света;

выбор системы освещения (общее или комбинированное, локальное и др.);

выбор типа светильников и их размещение (рядами, в шахматном порядке, в углах квадратов, прямоугольников);

определение норм освещенности (из СП 52.13330, ведомственных нормативных документов, например, Санитарных правил для судов);

выбор метода расчета и производство расчетов.

В настоящее время используются следующие методы расчета искусственного освещения: метод коэффициента использования светового потока, метод удельной мощности, точечный метод, различные методы расчета прожекторного освещения.

Методы коэффициента использования и удельной мощности применимы для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей. Точечный метод применяется для расчета освещения различным образом расположенных поверхностей, но при этом методе отраженная составляющая освещенности учитывается слабо.

По точечному методу рассчитывается освещение открытых пространств (территории предприятий, открытые палубы судов), местное освещение. Ис-

пользование метода предполагает наличие кривых силы света, либо кривых пространственных изолукс, строящихся по результатам замеров силы света, либо освещенности в различных направлениях пространства и на различных расстояниях от светильника.

При расчете освещения по методу коэффициента используется формула

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot Z}{n \cdot F \cdot U_{\text{св.п}}}, \quad (4.3)$$

где N – искомое число светильников;

E_n – заданная минимальная освещенность (берется из нормативных документов);

S – площадь помещения, м^2 ;

k – коэффициент запаса (берется из справочников);

Z – коэффициент неравномерности освещения, вычисляемый по отношению $Z = E_{\text{ср}} / E_{\text{min}}$. Для ламп накаливания $Z = 1,15$, для люминесцентных ламп $Z = 1,1$ – при расположении светильников в линию,

n – число источников света в светильнике;

F – световой поток одного источника света, лм;

$U_{\text{св.п}}$ – коэффициент использования светового потока лампы.

Коэффициент $U_{\text{св.п}}$ зависит от типа светильников, коэффициентов отражения поверхностей помещения и индекса i , определяемого как

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p (A + B)}, \quad (4.4)$$

где A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

h_p – расчетная высота м.

Величина h_p равна

$$h_p = H - (h_c + h), \quad (4.5)$$

где H – высота помещения, м;

h_c – расстояние светильников от потолка (свес), м;

h – высота расположения плоскости нормирования освещенности (расчетной поверхности) над уровнем пола. Обычно $h = 0,8$ м.

При расчете люминесцентного освещения под N иногда понимается число рядов светильников, а под n – число источников света в одном ряду, которое определяется заранее, исходя из размеров светильников и помещений.

При точечном методе расчета освещенности в данной точке рабочей зоны используется формула

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^2 \alpha}{k \cdot h_p^2} \cdot \frac{F}{1000}, \quad (4.6)$$

где I_{α} – сила света в направлении к данной точке рабочей поверхности, кд. Кривые силы света обычно строятся для стандартной лампы со световым потоком 1000 лм;

h_p – высота размещения светильника над расчетной точкой, м;

α – угол между световым лучом и нормалью к рабочей поверхности;

k – коэффициент запаса. Он изменяется в пределах 1,15 – 1,7 для ламп накаливания и 1,3 – 2,0 для люминесцентных ламп.

Данные о распределении силы света для различных светильников приводятся в специальной литературе. При необходимости расчета освещенности в точке, создаваемой несколькими светильниками, определяют освещенность от каждого из них, а затем полученные значения складывают.

Следует иметь в виду, что точечными могут считаться только светильники, размеры светящихся поверхностей которых не превышают 0,2 расстояния до освещаемой точки, т. е. в 5 раз меньше этого расстояния.

При отсутствии данных о распределении силы света I_{α} , но при наличии графиков пространственных изолукс определение освещенности в точке можно выполнить по формуле

$$E = \frac{n \cdot F \cdot \mu \cdot \sum e_i}{1000 \cdot k}, \quad (4.7)$$

где μ – коэффициент, равный 1,0–1,3; он учитывает увеличение освещенности за счет действия удаленных светильников;

$\sum e_i$ – сумма условных горизонтальных освещенностей от светильников, которые светят в данную точку.

Величина e_i определяется из графиков пространственных изолюкс, которые строятся в координатах h_p и d , где h_p – высота светильника над освещаемой точкой; d – проекция расстояния от светильника до освещаемой точки на расчетную плоскость.

Метод удельной мощности является наиболее простым, но и наименее точным, поэтому применяется только при ориентировочных расчетах. Он позволяет определить мощность каждой лампы $P_{л}$ для создания в помещении нормируемой освещенности:

$$P_{л} = \frac{p \cdot S}{N \cdot n}, \text{ Вт}, \quad (4.8)$$

где p – удельная мощность, Вт/м², выбирается из специальных таблиц, составленных для разных светильников, в зависимости от высоты h_p , коэффициентов отражения поверхностей помещения, площади помещения S и требуемой освещенности E_n .

S – площадь помещения, м²;

N – число светильников;

n – число ламп в одном светильнике.

Если мощность лампы $P_{л}$ уже известна, то формула (4.8) может быть записана относительно числа светильников, т. е.

$$N = \frac{P \cdot S}{P_{л} \cdot n}, \text{ ед.} \quad (4.9)$$

Системы искусственного и естественного освещения нуждаются в регулярном контроле и уходе. В зависимости от степени запыленности помещений световые проемы и светильники подвергаются чистке от двух до двенадцати раз в год. Не реже одного раза в год осуществляют контрольные замеры освещенности. Основными приборами для измерения как искусственной, так и естественной освещенности являются объективные люксометры, например Ю-116, «Аргус»-01, ТКА-ПКМ, ТКА-ПК, «Эколайт». Важно отметить, что уменьшение освещенности до 50% ее нормированного значения приводит к снижению

производительности труда в среднем на 3–10%. Возрастает зрительное утомление, снижается качество продукции, повышается вероятность получения травмы.

На предприятиях должны быть инженерно-технические работники, отвечающие за состояние искусственного освещения: при общей потребляемой мощности 250 – 750 кВт – один техник-светотехник, 750 – 2000 кВт – один инженер-светотехник, более 2000 кВт – светотехническая группа в составе инженера и техника. Указанные специалисты составляют графики ремонтов и контрольных осмотров систем освещения, определяют режимы и способы очистки осветительных приборов, замены перегоревших источников света. Если на предприятии, в учреждении число установленных осветительных приборов составляет более 4 тыс. шт., то рекомендуется иметь светотехническую мастерскую площадью 150 – 200 м².

Следует помнить, что отработанные люминесцентные лампы содержат от 60 до 120 мг ртути, поэтому запрещается бесконтрольное хранение перегоревших ламп, вывоз их на свалки. Они должны обезвреживаться и утилизироваться на специальных установках.

4.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчета

Лабораторную работу выполняет бригада в количестве не более двух студентов.

Приступив к работе, изучите полностью настоящие указания и устройство лабораторного стенда – см. рис. 4.1. Получите у преподавателя вариант выполнения работы, подготовьте таблицу (см. табл. 4.2) для записи результатов эксперимента. При выполнении лабораторной работы используется объективный люксметр Ю-116 (см. рис. 4.2) или «Аргус»-01 и лабораторная установка – стенд для исследования освещенности, изображенный на рис. 4.1.

Стенд представляет собой шкаф, окрашенный изнутри черной краской. Он показан на рис. 4.1 со снятой передней стенкой, состоящей из двух подвижных шторок.

В верхней части шкафа подвешиваются исследуемые светильники. Установка включает вертикальные направляющие 1, в которых перемещается подвижная рамка 2. Перемещение рамки осуществляется через тросиковую систему вращением рукоятки 3, снабженной стопором для удерживания рамки в определенном положении.

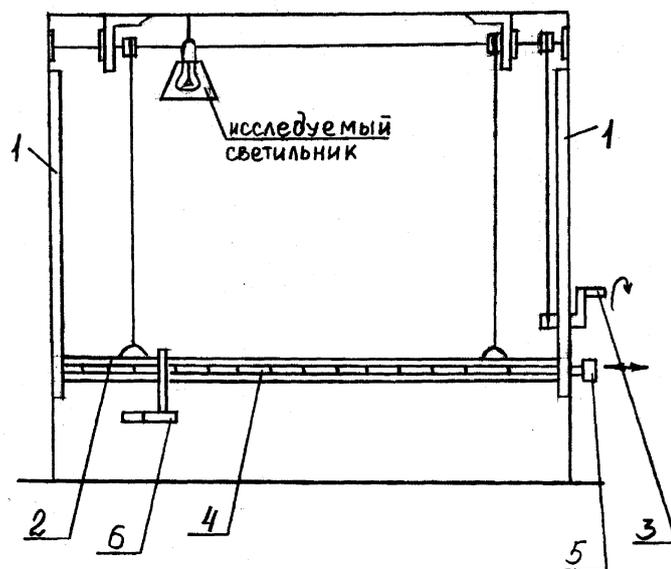


Рис. 4.1. Схема лабораторной установки – стенда для исследования освещенности

На рамке 2 укреплен мерная линейка 4, которая может перемещаться вдоль рамки с помощью ручки 5. На подвижной линейке 4 предусмотрена полочка 6, на которую при выполнении лабораторной работы устанавливается фотоэлемент люксметра.

Люксметр Ю-116 состоит из селенового фотоэлемента 1 – см. рис. 4.2, миллиамперметра 2 и работает на принципе измерения фототока, который возникает в цепи фотоэлемента при падении на него светового потока. Сила фототока измеряется миллиамперметром, шкала которого проградуирована непосредственно в люксах.

Люксметр Ю-116 имеет две шкалы освещенности: 0–30 и 0–100. Переключение шкал производится нажатием кнопок 3, 4, расположенных на корпусе миллиамперметра 2.

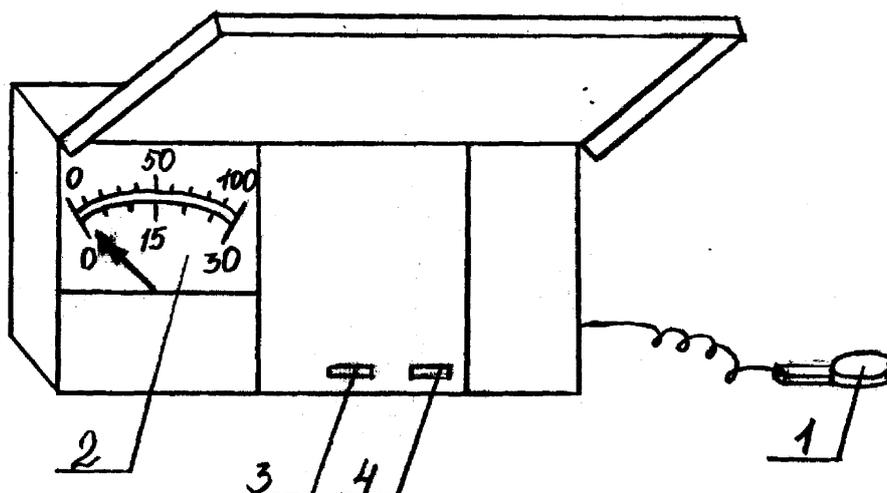


Рис. 4.2. Объективный люксметр Ю-116

Применение различных светофильтров расширяет диапазон этих шкал в 10, 100, 1000 раз. Измерение освещенности начинают с применения более грубой шкалы. При необходимости можно перейти на шкалу, по которой освещенность может быть определена более точно.

Таблица 4.2

Результаты замеров освещенности для построения графиков пространственных изолюкс светильника

Номер, тип исследуемого светильника	Тип источника света	Электрическая мощность источника света	Световой поток источника, лм	Координата h по вертикали, м	Координата d по горизонтали, м							
					0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
					Освещенность E, лк							
				0,3								
				0,4								
				0,5								
				0,6								
				0,7								
				0,8								

В процессе измерения экран фотоэлемента люксметра располагают в плоскости рабочего места или в другой, например, вертикальной плоскости, в которой исследуется уровень освещенности. Далее подбирают необходимую шкалу и производят отсчет.

4.4.1. Последовательность выполнения работы

В процессе работы исследуется распределение в пространстве освещенности, создаваемой различными светильниками, строятся графики изолюкс для заданного светильника, которые используются при расчете освещения по точечному методу – см. формулу (4.7).

1) Откройте шторы стенда, установите внутри стенда образец светильника, указанный в задании. Подключите его к сети. Наборы светильников размещены справа от стенда. Перемещая вправо или влево ручку 5 (см. рис. 4.1), установите фотоэлемент люксметра под центром исследуемого светильника. Такому положению фотоэлемента соответствует горизонтальная координата, равная нулю. Значения этой координаты нанесены на мерной линейке 4.

2) Включите светильник, закройте шторы стенда и нажмите кнопку 4 люксметра – см. рис. 4.2. Если стрелка прибора отклоняется незначительно, то переходите на нижнюю шкалу – нажмите кнопку 3.

3) Вращением рукоятки 3 установите нужную координату по вертикали (расстояние от светильника до фотоэлемента). Начните со значения координаты $h = 0,3$ м – см. табл. 4.2. Застопорите рукоятку 3. Перемещая ручку 5 вправо, произведите замеры освещенности через каждые 0,1 м. Данные запишите в табл. 4.2. Вращением рукоятки 3 установите вертикальную координату $h = 0,4$ м и, перемещая ручку влево, т.е. в обратном направлении, произведите вновь замеры освещенности через каждые 0,1 м. Повторите указанные действия для $h = 0,5; 0,6; 0,7; 0,8$ м. Заполните табл. 4.2.

4) По данным табл. 4.2 постройте графики пространственных изолюкс. С этой целью для каждой высоты h постройте кривые $E = f(d)$ – см. рис. 4.3. Затем на этом же графике проведите несколько горизонтальных прямых так, что-

бы они пересекали не менее двух-трех кривых $E = f(d)$. Перенесите точки пересечения этих прямых с кривыми $E = f(d)$ в нижнюю часть рисунка. Координата h в этой части рисунка должна соответствовать высоте h , для которой построена кривая $E = f(d)$, пересеченная в данной точке прямой. Полученные точки на рисунке соедините кривой. Таким образом должно быть построено не менее 4–5 графиков пространственных изолукс.

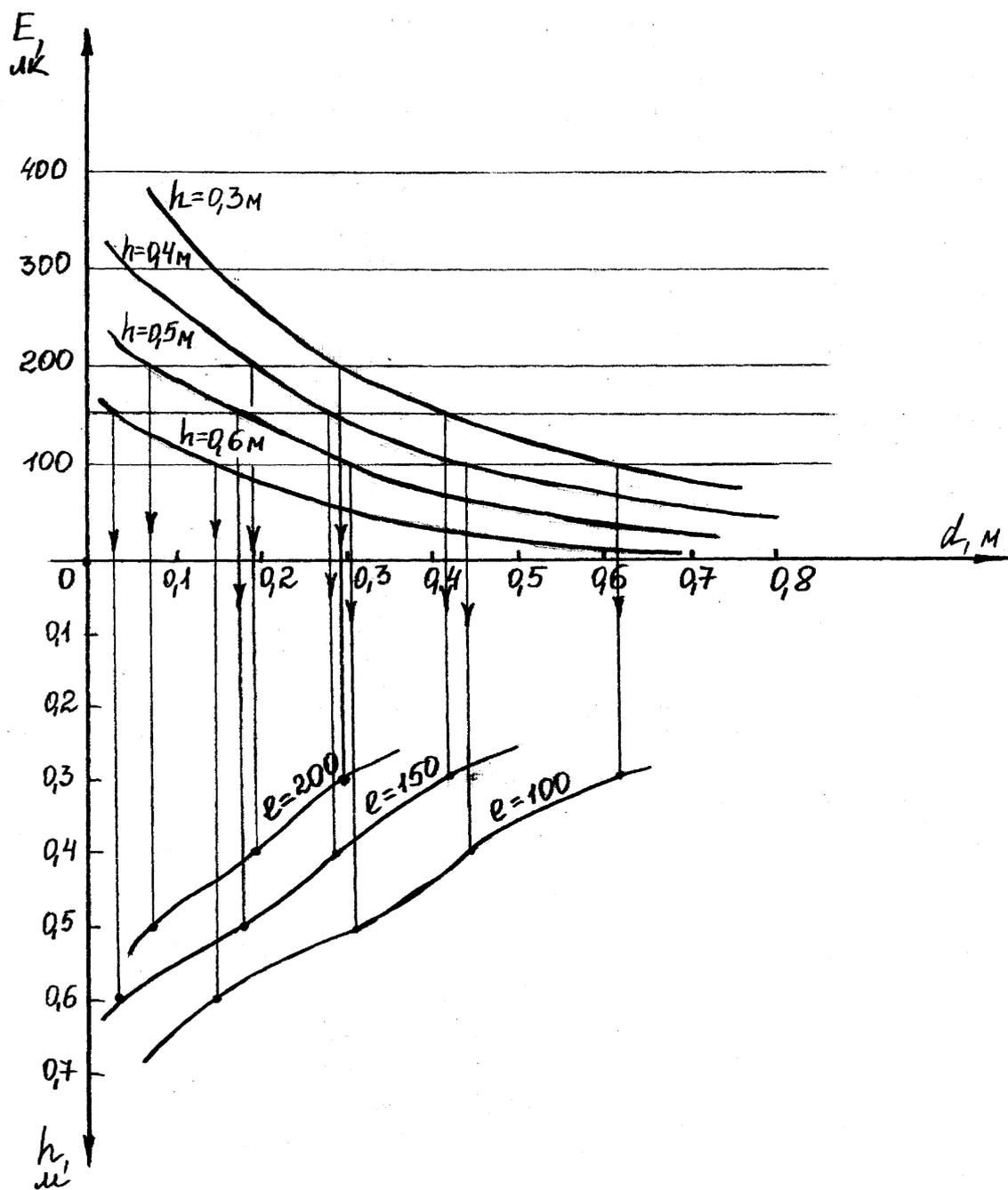


Рис. 4.3. Пример построения графиков изолукс

5) Используя полученные графики пространственных изолюкс, рассчитайте необходимый световой поток и требуемую электрическую мощность лампы с учетом обеспечения нормативной горизонтальной освещенности на некотором условном рабочем месте с использованием данных, указанных в табл. 4.3.

Расчет нужно выполнять по следующей формуле, которая вытекает из выражения (4.7)

$$F = (F_{\text{и}} \cdot E_{\text{н}} \cdot K) / e, \quad (4.10)$$

где F – необходимый световой поток для получения нормативной освещенности $E_{\text{н}}$ на рабочем месте;

K – коэффициент запаса;

e – условная горизонтальная освещенность, определяемая по полученным в работе графикам изолюкс для заданных значений d и h ;

$F_{\text{и}}$ – световой поток лампы в исследованном светильнике, лм.

Таблица 4.3

Исходные данные для расчета горизонтальной освещенности на условном рабочем месте

Номер варианта	Тип лампы накаливания	Нормативная освещенность, $E_{\text{н}}$, лк	Коэффициент запаса k	Координата по горизонтали d , м	Координата по вертикали h , м
1	Б	400	1,15	0,35	0,35
2	Б	400	1,2	0,40	0,30
3	Б	300	1,3	0,25	0,35
4	БК	200	1,7	0,25	0,30
5	БК	200	1,4	0,35	0,40
6	БК	300	1,5	0,40	0,35
7	Б	150	1,3	0,30	0,30
8	Б	150	1,2	0,25	0,35
9	БК	200	1,7	0,35	0,40
10	БК	300	1,15	0,25	0,40

Значение $F_{\text{и}}$ берут из табл. 4.2, значение $E_{\text{н}}$, k , d , h – из табл. 4.3.

Зная F , по табл. 4.1 подбирают ближайшее значение электрической мощности лампы указанного типа (Б, БК или ЛЛ). Выбранный тип лампы указывают в отчете.

б) Используя данные табл. 4.2, для указанного преподавателем значения высоты h рассчитайте среднее значение освещенности

$$E_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}, \text{ где } n = 7 \text{ (7 точек замеров).}$$

Ориентируясь на это значение освещенности и табл. 4.4, укажите характеристику зрительной работы, наименьший размер объекта различения и какому разряду и подразряду зрительной работы соответствуют те работы, которые можно выполнять при этом значении освещенности.

4.4.2. Указания по подготовке отчета по работе

Отчет оформляется индивидуально каждым студентом на двойном тетрадном листе и должен быть выполнен в следующей последовательности:

1) запишите цель работы, вычертите лицевую панель лабораторного стенда и изображение люксметра, укажите расположение и названия приборов, назначение органов управления;

2) начертите табл. 4.2 для записи результатов измерений;

3) произведите необходимые измерения освещенности в соответствии с вариантом, заполните табл. 4.2;

4) произведите расчет средней освещенности $E_{\text{ср}}$ для заданной высоты h ;

5) постройте графики пространственных изолюкс светильника по форме рис. 4.3;

б) произведите расчет необходимого светового потока F и все необходимые пояснения по определению электрической мощности лампы, которая может обеспечить нормативное значение освещенности E_n на заданном условном рабочем месте;

7) определите характеристику зрительной работы, наименьший размер объекта различения, разряд и подразряд зрительной работы, соответствующие среднему значению освещенности $E_{\text{ср}}$.

Таблица 4.4

Нормируемые значения общей освещенности, лк

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый (М)	Темный (Т)	–
			б	М	СР	1250
				Средний (СР)	Т	1250
			в	М	Светлый (СВ)	750
				СР	СР	750
				Большой (Б)	Т	750
			г	СР	СВ	300
				Б	СВ	300
Б	СР	200				
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	М	Т	–
			б	М	СР	750
				СР	Т	600
			в	М	СВ	500
				СР	СР	500
				Б	Т	400
			г	СР	СВ	300
				Б	СВ	300
Б	СР	200				

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	М	Т	500
			б	М	СР	300
				СР	Т	200
			в	М	СВ	300
				СР	СР	300
				Б	Т	200
			г	СР	СВ	200
				Б	СВ	200
Б	СР	200				
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	а	М	Т	300
			б	М	СР	200
				СР	Т	200
			в	М	СВ	200
				СР	СР	200
				Б	Т	200
			г	СР	СВ	200
				Б	СВ	200
Б	СР	200				

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность
Малой точности	Св. 1 до 5	V	а	М	Т	300
			б	М	СР	200
				СР	Т	200
			в	М	СВ	200
				СР	СР	200
Б	Т	200				
г	СР	СВ	200			
	Б	СВ	200			
	Б	СР	200			
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	–	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	200	
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	–	То же	200	

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:		VIII				
Постоянное			а	То же	200	
Периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б	То же	75	
Периодическое при периодическом пребывании людей в помещении		VIII	в	То же	50	
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями			г	То же	20	

Примечание. Для промежуточных значений температур относительная влажность определяется линейной интерполяцией.

4.5. Меры безопасности

1) Не касайтесь электрических проводов лабораторного стенда, осветительной арматуры.

2) В связи с изложенным в предыдущем пункте, при выполнении работы нужно соблюдать меры электробезопасности. Запрещается выворачивать источники света из исследуемых светильников.

3) Соблюдайте осторожность при считывании информации с исследуемых светильников, при подвешивании светильников внутри стенда.

4.6. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1) В каких единицах измеряется величина светового потока?

2) Каков правильный вариант записи формулы для расчета коэффициента естественной освещенности помещений (КЕО)?

3) Что указывает последняя группа цифр (после тире) в обозначении типа лампы накаливания?

4) Как определяется уровень аварийной освещенности рабочих мест?

5) Каково минимальное значение эвакуационного освещения внутри помещения?

6) При каком методе расчета искусственного освещения необходимы графики пространственных изолукс светильников?

7) Какие графики должны быть построены по итогам замеров освещенности?

8) Что необходимо получить в результате расчетов по данной лабораторной работе?

9) При какой общей мощности, потребляемой системами освещения, предприятию рекомендуется иметь техника по освещению?

10) Через какое расстояние по горизонтали и вертикали должна измеряться освещенность при выполнении лабораторной работы.

4.7. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

- 1) Назовите основные светотехнические величины и единицы их измерения.
- 2) Перечислите основные требования к системам производственного освещения.
- 3) Дайте определение коэффициента естественной освещенности. В каких нормативных документах содержатся требования к численным значениям этого коэффициента?
- 4) Каковы основные светотехнические характеристики светильников?
- 5) Какие факторы принимаются во внимание при назначении норм освещенности?
- 6) В каких документах содержатся нормы искусственной освещенности производственных помещений судов и береговых предприятий?
- 7) Какие требования предъявляются к уровню аварийной и эвакуационной освещенности?
- 8) Назовите методы расчета искусственного освещения и определите области их применения.
- 9) При каком методе расчета искусственного освещения используются графики пространственных изолукс светильников?
- 10) Назовите приборы для измерения освещенности и расскажите об их устройстве?
- 11) От чего зависит коэффициент использования светового потока?
- 12) Что понимается под коэффициентом полезного действия светильника?

Литература

1. СП 52.13330.2016. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение.
2. МУ 2.2.4.706-98/МУ. Физические факторы производственной среды. Оценка освещения рабочих мест. Методические указания.

Лабораторная работа № 5

«Исследование производственного шума и звукоизолирующей способности некоторых конструкций»

5.1. Цель работы: формирование умений и навыков работы с шумомерической аппаратурой, изучение методик замеров уровней шума, ознакомление с порядком нормирования производственных шумов. Определение экспериментальным и расчетным путем звукоизолирующих свойств некоторых материалов и конструкций.

5.2. Задание по лабораторной работе:

- 1) изучить шумомерическую аппаратуру;
- 2) изучить методику измерений нормируемых характеристик шума;
- 3) произвести необходимые измерения и определить звукоизолирующие свойства заданной конструкции.

5.3. Теоретический материал

Промышленный шум – это совокупность звуков разной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени, возникающих в производственных условиях и вызывающих у работающих неприятные субъективные ощущения. Органы слуха человека воспринимают звуки, имеющие диапазон частот от 20 Гц до 20 кГц, звуковое давление – от $2 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^2$ Па, интенсивность – от 10^{-12} до 1 Вт/м^2 на частоте 1000 Гц. Таким образом, отношение верхних и нижних значений звуковых давлений и интенсивностей составляет, соответственно, 10^7 и 10^{12} . Использование таких изменяющихся в больших пределах величин на практике неудобно, поэтому в акустике для количественной оценки шумов принято пользоваться относительной логарифмической шкалой уровней, согласно которой уровень интенсивности звуков рассчитывается как

$$L_J = \lg \frac{I}{I_0}, \text{ Б или } L_J = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ}, \quad (5.1)$$

а уровень звукового давления

$$L_P = \lg \frac{P^2}{P_0^2}, \text{ Б или } L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ}, \quad (5.2)$$

где Б – бел, дБ – децибел; 1Б = 10 дБ;

I_0 , P_0 – пороговые значения интенсивности звука и звукового давления.

На частоте 1000 Гц $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м², $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па;

I , P – интенсивность звука и звуковое давление в исследуемой точке.

Надо помнить, что интенсивность и звуковое давление связаны формулой

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot c}, \quad (5.3)$$

где $\rho \cdot c$ – удельное акустическое сопротивление среды, которое для воздуха равно 410 Н·с/м³.

Зная P , всегда можно по формуле (5.3) рассчитать интенсивность звука и наоборот.

Шкала децибел очень удобна для оценки шумов, поскольку весь слышимый диапазон звуков укладывается в пределах от 0 до 140 дБ. Кроме того, 1 дБ – это минимальный прирост силы звука, различаемый ухом человека.

Звуковое давление и интенсивность звука характеризуют звуковое поле в определенной точке пространства, но не сам источник шума. Характеристикой непосредственно источника шума является его звуковая мощность, определяющая полную излучаемую энергию за единицу времени. Уровень звуковой мощности L_N в децибелах определяют как

$$L_N = 10 \lg \frac{N}{N_0}, \quad (5.4)$$

где N – звуковая мощность источника, Вт;

N_0 – пороговое значение звуковой мощности, равное 10^{-12} Вт.

По спектральному составу шумы разделяются как низкочастотные (до 400 Гц), среднечастотные (от 400 до 1000 Гц), высокочастотные (свыше 1000 Гц).

По характеру спектра шумы можно классифицировать как широкополосные с непрерывным спектром более одной октавы и тональные, в спектре которых имеются выраженные дискретные тона.

По временным характеристикам шумы могут быть постоянными – уровни шума за 8-часовой рабочий день (смену) меняются не более чем на 5 дБА⁴ и непостоянными – уровни шума за рабочий день меняются более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике «медленно» шумомера [1]. Непостоянные шумы подразделяют на непрерывно колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные.

Повышенный уровень шума является вредным производственным фактором. Звуки с уровнем выше 130 дБ вызывают болевое ощущение. При воздействии шумов с уровнем 100–120 дБ на начальном этапе возникают обратимые формы слухового утомления, проявляющиеся во временном смещении порога слышимости. Длительное воздействие избыточных шумов вызывает постоянную потерю слуха. Запрещается даже кратковременное пребывание людей в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Ультра- и инфразвук, хотя и выходят за пределы восприятия органами слуха человека, но также вредны, вызывая ощущения тошноты, усталости. Интенсивный инфразвук при длительном воздействии может привести к внутреннему кровотечению.

Высокие уровни шумов вызывают увеличение количества всевозможных ошибок персонала, ускоряют наступление умственной усталости, ухудшают общее психическое состояние людей.

⁴ В дБА измеряется общий уровень шума. Для оценки общего уровня шума в шумомерах предусмотрена специальная шкала «А». Если же уровень шума оценивается в октавных полосах частот (звуковое давление), то единицей измерения служит дБ.

Характеристики некоторых источников шума

№ п/п	Источник шума	Излучаемая мощность		Примерный уровень звукового давления	
		Вт	дБ	дБА	расстояние от источника шума, м
1	Двигатель ракеты ЗЕМЛЯ – ЛУНА	100000000	200	150	100
2	Взлет реактивного самолета	10000	160	140	25
3	Оркестр из 75 инструментов	100	140	–	–
4	Машинное отделение подводной лодки	–	–	120	–
5	Поршневой авиадвигатель	–	–	120–130	3–2
6	Очень шумный завод	–	–	100	–
7	Тяжелый дизельный грузовик	0,01	100	90	7
8	Цепная пила по дереву	1	120	–	–
9	Металлорежущие станки	–	–	80–95	Рабочее место
10	Обычный голос	0,00001	80	65	1
11	Шёпот	0,00000001	40	40	0,3
12	Звон будильника	–	–	80	1
13	Часы карманные	–	–	20	1

Известно, что при продолжительности работы $T = 5$ годам вероятность Q повреждения слуха (т.е., снижение слуховой чувствительности на 25 дБА) в % от общего числа лиц, подвергшихся воздействию повышенного шума, равна

$$Q(L_A) = 0,03 \cdot L_A^2 - 4,87 \cdot L_A + 197,7, \% \quad (5.5)$$

где L_A – эквивалентный (или общий) уровень шума, дБА.

Характеристики некоторых шумов приведены в табл. 5.1.

В связи с вредным действием шумов возникла необходимость их нормирования. Предельно допустимые уровни шумов на рабочих местах приводятся в СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [1], извлечения из них даны в табл. 5.2. Из этой таблицы следует, что нормируемыми параметрами шумов являются – уровень звукового давления, приводимый для среднегеометрических значений частот девяти октавных полос⁵, а также уровень звука и эквивалентный уровень звука, измеряемые по шкале «А» шумомеров и дающие ориентировочную оценку шумности. При этом для постоянных шумов нормируются уровень звукового давления и уровень звука, а для непостоянных – эквивалентный уровень звука. Из табл. 5.2 можно также заключить, что звуки высоких частот физиологически сильнее воздействуют на организм человека (более неприятны), поэтому предельно допустимые уровни звукового давления для этих частот ниже.

Таблица 5.2 используется для определения допустимых уровней широкополосных шумов. Для тонального и импульсного (прерывистого) шума, измеряемого по характеристике «медленно» шумомеров, допустимые уровни нормируемых параметров шумов берутся на 5 дБ меньше значений, указанных в табл. 5.2.

В жилых помещениях допустимый уровень звука в дневное время (с 7 до 23 ч) – 40 дБА, в ночное – 30 дБА.

Эквивалентный уровень звука $L_{A_{ЭКВ}}$ является нормируемой характеристикой для непостоянных шумов. Величину $L_{A_{ЭКВ}}$ получают либо путем замеров специальными интегрирующими шумомерами, либо путем замеров обычными шумомерами в течение 30 мин при общем числе отсчетов – 360 (через 5–6 с) и расчетах по специальной методике.

⁵ Под октавой понимается диапазон частот, в котором верхняя граничная частота f_B в два раза больше нижней f_H . Среднегеометрические частоты вычисляются как $\sqrt{f_B \cdot f_H}$. Для второй октавной полосы $f_{cp} = \sqrt{45 \cdot 90} = 63$ Гц.

Для непостоянных шумов в качестве нормируемой характеристики допускается использовать дозу шума D или относительную дозу шума $D_{\text{отн}}$, определяемые как

$$D = P_A^2 \cdot T, \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}; \quad (5.6)$$

$$D_{\text{отн}} = (D/D_{\text{доп}}) \cdot 100, \%, \quad (5.7)$$

где $D_{\text{доп}}$ – допустимая доза шума, $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$;

P_A – среднее квадратическое значение звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па;

T – время действия шума, ч.

Доза шума – это интегральная величина, учитывающая акустическую энергию, воздействующую на человека за определенный период времени. Допустимая доза шума вычисляется по формуле

$$D_{\text{доп}} = P_{\text{Адоп}}^2 \cdot T_{\text{р-д}}, \quad (5.8)$$

где $P_{\text{Адоп}}$ – значение звукового давления, соответствующее допустимому уровню звука согласно табл. 5.2. Значение $P_{\text{Адоп}}$ может быть найдено из формулы (5.2.);

$T_{\text{р-д}}$ – продолжительность рабочего дня (смены). Обычно $T_{\text{р-д}} = 8$ ч.

Предположим, допустимый уровень звука равен 80 дБА. Тогда из формулы (5.2), зная, что $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, имеем $P_{\text{доп}} = 0,2$ Па. При $T_{\text{р-д}} = 8$ ч получаем по формуле (5.8) $D_{\text{доп}} = 0,32 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$.

Если фактические значения нормируемых параметров производственного шума превышают предельно допустимые, то принимаются все необходимые меры по его снижению. При этом используют: 1) технические средства борьбы с шумом (уменьшение шума в источнике его образования, применение малошумных технологических процессов и оборудования); 2) строительно-акустические мероприятия (применение звукопоглощающих и звукоизолирующих средств); 3) дистанционное управление шумными машинами и процессами; 4) СИЗ – по ГОСТ 12.4.275; 5) средства коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029; 6) организационные мероприятия (рациональный режим труда и отдыха, сокращение времени пребывания в шумных условиях, лечебно-профилактические меры и т.п.).

Таблица 5.2

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий по СН 2.2.4/2.1.8.562-96

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Творческая деятельность, конструирование и проектирование, программирование и обучение, врачебная деятельность	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
3	Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; на участках точной сборки, в помещениях мастеров	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 1–4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Морские, речные, рыбопромысловые и другие суда											
6	Рабочая зона в помещениях энергетического отделения судов с постоянной вахтой (помещения, в которых установлена главная энергетическая установка, котлы, двигатели и механизмы, вырабатывающие энергию и обеспечивающие работу различных систем и устройств)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
7	Рабочие зоны в центральных постах управления (ЦПУ) судов (звукоизолированные), помещениях, выделенных из энергетического отделения, в которых установлены контрольные приборы, средства индикации, органы управления главной энергетической установкой и вспомогательными механизмами	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
8	Рабочие зоны в служебных помещениях (рулевые, штурманские, багермейстерские рубки, радиорубки и др.)	89	75	66	59	54	50	47	45	44	55
9	Производственно-технологические помещения на судах рыбной промышленности (помещения для переработки объектов промысла рыбы, морепродуктов и пр.)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Автобусы, грузовые, легковые и специальные автомобили											
10	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
11	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала (пассажиры) легковых автомобилей и автобусов	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Сельскохозяйственные машины и оборудование, строительно-дорожные, мелиоративные и другие аналогичные виды машин											
12	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и других аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
<p>Примечания. 1. Допускается в отраслевой документации устанавливать более жесткие нормы для отдельных видов трудовой деятельности с учетом напряженности и тяжести труда.</p> <p>2. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.</p>											

Зоны с уровнем звука выше 80 дБА должны быть обозначены знаками безопасности. Пребывание и работа в таких зонах допускается только при условии использования СИЗ.

ГОСТ 12.1.003 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [2] требует, чтобы паспорта или иные эксплуатационные документы на производственное оборудование содержали его шумовые характеристики. Такой характеристикой обычно является октавный уровень звуковой мощности L_N . Но поскольку нормируемыми параметрами шума являются уровни звука и звукового давления, то на практике возникает необходимость в расчете уровней звукового давления L_P и звука L_{PA} в зависимости от уровней звуковой мощности источников шума L_N . Сложность этого расчета зависит от условий распространения звукового поля. В условиях свободного звукового поля (т. е. в открытом пространстве или в помещении с большим поглощением звука) и при полусферическом излучении (источник звука прикреплен к стене или закреплен на полу) имеем

$$L_P = L_N - 20 \lg r - 10 \lg 2\pi, \text{ дБ} \quad (5.9)$$

или

$$L_{PA} = L_{NA} - 20 \lg r - 10 \lg 2\pi, \text{ дБА}, \quad (5.10)$$

где r – расстояние от источника, м;

L_{NA} – общий уровень звуковой мощности источника шума, дБА.

Зная фактический уровень звукового давления L_P и его предельно допустимые уровни $L_{ПДУ}$ (см. табл. 5.2), легко определить требуемое снижение уровня шума в каждой октавной полосе

$$\Delta L = L_P - L_{ПДУ} + 20 \lg n, \quad (5.11)$$

где n – общее число принимаемых в расчет источников шума (с одинаковым уровнем шумности).

Одним из основных способов борьбы с шумом является ослабление шума в самом его источнике. Но когда эти меры не дают нужного эффекта, то обращаются к средствам борьбы с излучаемым шумом на путях его распространения, используя звукоизолирующие ограждения, преграды или экраны. Проектирование звукоизолирующих конструкций ведется в соответствии с указаниями

СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003». Их основное назначение – не пропускать звук из шумного помещения, обеспечивая тем самым его снижение в смежных помещениях. Звукопоглощающая способность одностенных ограждений (количество дБ, на которое уменьшается звук за ограждением) может быть ориентировочно определена по выражению [10]

$$R = 20 \lg(m \cdot f) - 47,5, \text{ дБ}, \quad (5.12)$$

где R – звукоизолирующая способность, дБ;

m – масса 1 м² ограждения, кг;

f – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.

Кроме того, для расчета звукоизолирующей способности используются формулы:

$$R = 20 \lg m + 12,37, \quad (5.13)$$

для стали, алюминия, фанеры

$$R = 13 \lg(m+1), \quad (5.14)$$

для звукоизолирующих ограждений массой (100 – 1000) кг/см² из бетона, железобетона, кирпича

$$R = 22 \lg m - 12, \quad (5.15)$$

для ограждений из стали толщиной $h = (1 - 10)$ мм

$$R = 22 + 9 \lg h, \quad (5.16)$$

для силикатного стекла толщиной $h = (2 - 10)$ мм

$$R = 18 + 8,5 \lg h, \quad (5.17)$$

для органического стекла толщиной $h = (5 - 30)$ мм

$$R = 12 + 12 \lg h. \quad (5.18)$$

Данные по звукоизолирующей способности некоторых конструкций приведены в табл. 5.3.

Поскольку аналитический расчет уровня звукового давления представляет значительные трудности, то на практике обычно пользуются инструментальным методом. Методики производства замеров и рекомендуемые измери-

тельные приборы регламентированы ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах» и ГОСТ 12.1.020 «Шум. Метод контроля на морских и речных судах». В настоящее время для измерения параметров шума применяются в основном следующие отечественные типы приборов: шумомер типа ШУМ-1М, комбинированные приборы-измерители шумов и вибраций ВШВ-003, ВШВ-003-М2, измеритель акустический многофункциональный ЭКОФИЗИКА-110А, шумомер-вибромметр анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110А. Используют также шумомеры датской фирмы «Брюль и Кьер», немецкие, например, SVAN 912AE, SVAN 943 и др. Приборы типа ВШВ позволяют измерять общий уровень звука, уровень звукового давления в октавных полосах, т.е. получить частотный состав шума. Кроме того, эти приборы обеспечивают и измерение вибраций. В состав шумомера входит микрофон, специальный усилитель, фильтры для частотного анализа, стрелочный индикатор, проградуированный в децибелах. Микрофон преобразует звуковые колебания в пропорциональные им электрические сигналы, которые затем усиливаются специальными усилителями и измеряются стрелочным индикатором. Фильтры позволяют выделить из всего частотного диапазона отдельные полосы частот в пределах одной октавы и измерить соответствующий уровень звукового давления, т.е. получить спектрограмму шума.

При оценке шумового режима в производственных помещениях замеры необходимо выполнять на рабочих местах не менее трех раз при постоянном шуме. Должно быть включено не менее 2/3 установленных в помещении источников шума. Микрофон следует располагать на высоте 1,5 м от пола или на уровне органов слуха при работе сидя. Для цехов с равномерным распределением шумного оборудования замеры проводят в двух точках по продольной оси помещения на расстоянии 1/3 от поперечных стен на высоте 1,5 м от пола, при сосредоточенном размещении шумного оборудования, – на расстоянии 1,25 м от оборудования и на высоте 1,5 м от пола; для кабин, постов наблюдения и в помещениях, не имеющих шумного оборудования, – в середине помещения на

высоте 1,5 м от пола. При измерениях во всех случаях микрофон должен быть направлен в сторону источника шума и удален не менее чем на 0,5 м от человека, проводящего измерения.

На судах контроль шума должен производиться в режиме полного хода и в производственном режиме. В зонах обслуживания главных и вспомогательных двигателей точки измерений располагаются с двух сторон двигателей на расстоянии 1 м от их поверхности на каждом ярусе, а также у воздухозаборного устройства двигателей. В малых машинных отделениях площадью до 15 м² измерения выполняют не менее чем в двух точках, расположенных в средней части между двигателем и бортами.

На открытых участках палуб измерения производят на рабочих местах при работающих механизмах.

При измерениях шумомер должен быть включен в положение «медленно». При колебаниях стрелки прибора отсчет следует производить по среднему ее положению с точностью до 1 дБ или 1 дБА.

Таблица 5.3

Звукоизолирующая способность некоторых конструкций

Конструкция и материал	Толщина, мм	Масса, кг/см ²	Среднегеометрические частоты, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Тонколистовая сталь	1,0	7,8	12	16	20	24	29	33	36	34
	2,0	15,6	16	20	24	29	33	36	34	34
	4,0	31,2	21	25	29	33	36	34	34	41
2. Фанера	8,0	6,4	12	16	20	24	27	27	27	32
	12,0	9,6	15	19	23	26	26	26	30	34
3. Древесно-стружечная плита	20,0	—	—	23	26	26	26	26	26	33
4. Стекло силикатное	3,0	7,5	14	18	22	26	30	34	29	38
	5,0	12,5	17	21	25	29	33	30	36	41
5. Стекло органическое	5,0	6,0	14	18	22	26	30	33	35	31

Конструкция и материал	Толщина, мм	Масса, кг/см ²	Среднегеометрические частоты, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6. Стеклопакет со стеклами толщиной 4 мм и зазором 30 мм	–	–	–	14	24	29	35	38	37	–
7. Двухстенная конструкция из пластика толщиной 3 мм и с деревянными брусками 40 × 40 мм между стенками	–	8,4	19	14	13	19	30	41	48	48

5.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчета

1. Лабораторную работу выполняют отдельные студенты или группа в составе не более двух человек.

2. Перед началом работы нужно изучить полностью настоящие методические указания. Особое внимание должно быть обращено на устройство и порядок использования прибора ВШВ-003-М2.

Лабораторный стенд, на котором выполняется работа, (см. рис. 5.1) включает звуковую камеру 2, обитую изнутри звукопоглощающим материалом 5. С одной стороны камеры (справа) установлен источник шума 3, а с другой стороны (слева) – микрофон 1 прибора ВШВ-003-М2. В данной лабораторной работе исследуется широкополосный производственный шум. Между источником шума и микрофоном устанавливаются исследуемые звукоизолирующие конструкции 4. Включение стенда в электросеть осуществляется тумблером 6, источник шума включается тумблером 7. Регулировка интенсивности звука осуществляется ручкой 8.

Для измерения шума используется прибор ВШВ-003-М2, лицевая панель которого изображена на рис. 5.2. Прибор может работать либо с батарейным блоком питания, либо от сети. Перед началом измерений должна проводиться

электрическая калибровка прибора по методике, изложенной в его паспорте (студентами не выполняется). На лицевой панели прибора ВШВ-003-М2 (см. рис. 5.2) расположены: 1 – гнездо для подключения кабеля микрофона (в лабораторной установке это подключение уже выполнено); 2 – гнездо, используемое при калибровке прибора; 3 – установочный резистор, используемый при калибровке прибора; 4 – измерительные шкалы, нижняя шкала ($-\infty \dots 10$) дБ используется при измерениях шума); 5 – световые индикаторы; 6 – индикатор перегрузки; 7 – переключатель «РОД РАБОТЫ»; 8 – переключатель «ФЛТ, Нз»; 9 – тумблер, используемый при измерениях шума в малых помещениях с большим количеством отражающих поверхностей (диффузное поле), в этом случае тумблер 9 должен быть в нажатом состоянии; 10 – тумблер, которым включаются октавные фильтры; при измерениях на частотах 1–63 Гц этот тумблер должен быть в нажатом состоянии; от 0,125 до 8 кГц – в отжатом; 11 – переключатель «ФЛТ ОКТ», с помощью которого включается нужный (по частоте) октавный фильтр; 12 – тумблер, используемый при измерениях виброускорения; 13 – переключатель (делитель) ДЛТ 2; 14 – тумблер, используемый при измерениях виброскорости, 15 – переключатель (делитель) «ДЛТ 1».

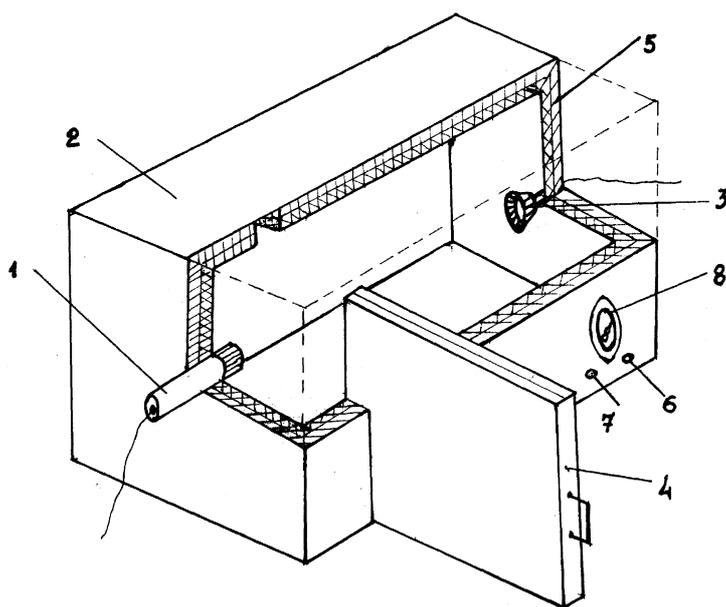


Рис. 5.1. Лабораторный стенд:

- 1 – микрофон; 2 – звуковая камера, 3 – источник шума, 4 – исследуемая звукоизолирующая конструкция; 5 – звукопоглощающая обивка; 6 – тумблер включения стенда в сеть; 7 – тумблер включения источника шума, 8 – регулятор громкости

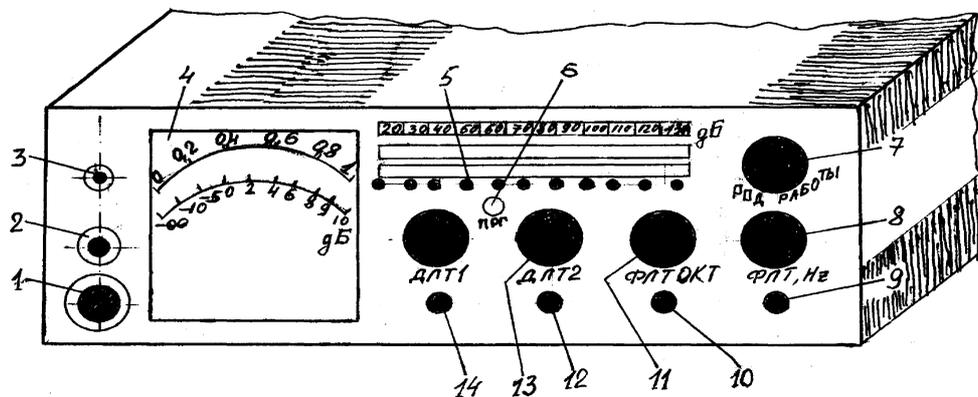


Рис. 5.2. Лицевая панель измерителя шума и вибрации ВШВ-003-M2 (пояснения в тексте)

Перед началом измерений необходимо переключатель 7 «РОД РАБОТЫ» установить в положение «S» (SLOW – МЕДЛЕННО), делитель ДЛТ 1 – в положение 80 дБ, делитель ДЛТ 2 – в положение 50 дБ, переключатель 8 «ФЛТ, Hz» – в положение «А». Все тумблеры должны быть отжаты.

5.4.1. Последовательность выполнения работы

1. Получите вариант задания у преподавателя (см. табл. 5.4). Поставьте ручку 8 (рис. 5.1) в положение, соответствующее вашему номеру варианта. Зафиксируйте в положении «открыто» исследуемую звукоизолирующую конструкцию 4 (ее тип и номер должны соответствовать номеру вашего задания).

Таблица 5.4

Варианты заданий

Рабочие места	Звукоизолирующая конструкция	Положение ручки 8
1. Помещения лабораторий для теоретических работ	№ 1	Сильный
2. Помещения цехового управленческого аппарата	№ 2	Слабый
3. Кабина наблюдения без речевой связи по телефону	№ 3	Умеренный
4. Постоянные рабочие места в производственных помещениях	№ 4	Сильный

Рабочие места	Звукоизолирующая конструкция	Положение ручки 8
5. Помещения диспетчерской службы, машинописные бюро, участки точной сборки	№ 5	Умеренный
6. Рабочие места в проектно-конструкторских бюро	№ 6	Слабый
7. Рабочие места водителей грузовых автомашин	№ 7	Умеренный
8. Кабинеты и помещения наблюдения и управления с речевой связью по телефону	№ 8	Сильный

Таблица 5.5

Форма для записи отчетных данных по лабораторной работе

Номер задания с указанием наименования рабочего места – из. табл. 5.4											
Номер звукоизолирующей конструкции и ее словесное описание – наименование, материал, толщина, плотность											
Вид записываемых данных	Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА	
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1. Допустимые уровни шума по СН 2.2.4/2.1.8.562-96											
2. Измеренные уровни без звукоизоляции – заслонка открыта											
3. Измеренные уровни с применением звукоизоляции – заслонка закрыта											
4. Величина звукоизолирующей способности исследуемой конструкции, полученная в эксперименте: из строки 2 вычесть строку 3											

Номер задания с указанием наименования рабочего места – из. табл. 5.4										
Номер звукоизолирующей конструкции и ее словесное описание – наименование, материал, толщина, плотность										
Вид записываемых данных	Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
5. Расчетные данные по звукоизолирующей способности. Расчет выполняется в октавных полосах частот по формуле (5.12), а по общему уровню уменьшения звука – по формулам (5.13) – (5.18) с учетом вида звукоизолирующей конструкции										
6. Вывод о соответствии или несоответствии применяемого шумозаглушения ГОСТу 12.1.003 или СН2.2.4/2.1.8.562-96 (сравнить строки 3 и 1)										

2. Для записи уровней измеряемых шумов подготовьте таблицу по форме табл. 5.5. Допустимые уровни шумов принимаются по табл. 5.2 соответственно вашему варианту задания.

3. С разрешения преподавателя включите шумомер в сеть. Переключатель 7 «РОД РАБОТЫ» устанавливается в положение S (SLOW – МЕДЛЕННО), переключатель 8 «ФЛТ Hz» – в положение «А».

4. После подготовки прибора к работе необходимо сообщить преподавателю о готовности к измерениям и с его разрешения включить тумблером 6 (см. рис. 5.1) стенд в сеть, а тумблером 7 – источник шума.

5. Приступайте к измерениям шума. Зафиксируйте звукоизолирующую конструкцию 4 – см. рис. 5.1 – в положении «ОТКРЫТО».

Если стрелка шумомера находится в левой части шкалы, то ее нужно вывести в правую часть путем изменения положений переключателей – сначала «ДЛТ 1», затем «ДЛТ 2». Значения уровней звукового давления или звука найдутся путем сложения показаний переключателей «ДЛТ 1», «ДЛТ 2» и стрелки прибора – нижняя шкала. Например, положение «ДЛТ 1» – 70 дБ, положение «ДЛТ 2» – 30 дБ, показание стрелки – 4 дБ. Уровень шума составит $70 + 30 + 4 = 104$ дБ. Отсчет показаний стрелки прибора осуществляется с точностью до 1 дБ.

6. Переходите к измерению уровня звукового давления в октавных полосах частот. Переключатель 8 «ФЛТ Нз» (см. рис. 5.2) поставьте в положение «ОКТ» («ЛИН» – при измерениях прибором ВШВ-003). Переключатель 11 «ФЛТ ОКТ» устанавливается в положение 31 Гц (31,5 Гц – при измерениях ВШВ-003). При измерении уровней звукового давления в октавных полосах пользоваться переключателем 15 «ДЛТ 1» не допускается. Используя переключатель «ДЛТ 2», установите стрелку измерительного прибора в правой части шкалы. Определите значение уровня шума, сложив показания так же, как и по п. 5. Повторите измерения для частоты 63 Гц, затем после нажатия на тумблер 10 – на частотах 8, 4, 2, 1, 0,5, 0,25 и 0,125 кГц. Запишите показания в таблицу отчетных данных.

7. Установите звукоизолирующую конструкцию 4 в положение «ЗАКРЫТО». Прделайте все измерения аналогично п. 6, но в обратном порядке, начиная с частоты 0,125 кГц и заканчивая на частоте 8 кГц. Запишите значения уровней шума. Отожмите тумблер 10 и выполните измерения на частотах 63 и 31 Гц.

8. Установите переключатель «ФЛТ Нз» в положение «А» и, переключая делитель «ДЛТ 1» или «ДЛТ 2», определите общий уровень звука в дБА при закрытой заслонке. Запишите показания. Затем переключатель 7 «РОД РАБОТЫ» прибора ВШВ-003-М2 установите в положение «С», вилку прибора вытащите из сети. Тумблером 6 отключите лабораторный стенд от сети, а тумблером 7 выключите источник шума.

9. Определите звукоизолирующую способность исследованной конструкции, отнимите из показаний по пп. 5 и 6 показания по пп. 7 и 8, полученные данные занесите в таблицу отчетных данных – строка 4.

10. Определите звукоизолирующую способность исследованной конструкции расчетным путем по формулам (5.12) и (5.13) – (5.18). Формулы выберите с учетом типа исследованной конструкции. Полученные расчетные данные занесите в таблицу отчетных данных.

11. Постройте спектрограммы шумовых режимов, т. е. зависимости звукового давления в децибелах (ось ординат) от среднегеометрических значений частот октавных полос для трех случаев: 1) допустимый уровень шума (для своего варианта) по нормам ГОСТ 12.1.003 и СН 2.2.4/2.1.8.562-96, 2) уровень звукового давления без звукоизоляции, 3) уровень звукового давления с применением звукоизоляции. Все три зависимости рекомендуется привести на одном рисунке, выбрав достаточный масштаб.

5.4.2. Указания по подготовке отчета

1. Назовите цель работы, порядок её выполнения, приведите схему лабораторной установки, расскажите о назначении прибора ВШВ-003-М2.

2. Приведите расчетные формулы, расшифровку обозначений и назначение формул.

3. Заполните сводную таблицу отчетных данных по работе.

4. Постройте и приведите в отчете спектрограммы шумов в соответствии с указаниями п. 11.

5. Изложите мотивированные выводы о соответствии (несоответствии) измеренных шумовых режимов требованиям шумобезопасности. Укажите, на каких частотах величина звукоизолирующей способности исследованных конструкций снижается и почему. Какие из этого следуют практические выводы?

6. Сравните экспериментальные и расчетные значения звукоизолирующей способности исследованной конструкции. Приведите свои комментарии.

5.5. Меры безопасности

1. К выполнению лабораторной работы допускаются только студенты, прошедшие инструктаж по охране труда.

2. Перед началом выполнения работы обратите внимание на надежность соединения корпуса прибора ВШВ-003-М2 с землей – для заземления на корпусе имеется специальный контакт.

3. Включение шумомера, источника шума допускается только с разрешения преподавателя или инженера.

5.6. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1. Как находятся значения уровней звукового давления или звука с помощью прибора ВШВ-003-М2?

2. При каком положении исследуемой звукоизолирующей конструкции рекомендуется начинать измерения шума?

3. Каков минимальный прирост уровня звука, различаемый ухом человека?

4. Как определяется уровень звуковой мощности L_N источников шума?

5. При какой разнице в уровнях шумов за 8-часовой рабочий день (за смену) шумы классифицируются как непостоянные?

6. В каком положении устанавливается переключатель «ФЛТ Hz» прибора ВШВ-003-М2 при измерении уровня звукового давления в октавных полосах частот?

7. В каких единицах измеряется общий уровень шума (или звука)?

8. Какое количество от имеющихся в помещении источников шума должно быть включено при измерениях шумового режима?

9. Зоны с каким уровнем звука должны быть обозначены соответствующим знаком безопасности?

10. С какой точностью следует производить отсчет показаний стрелки прибора ВШВ-003-М2 при её колебаниях?

5.7. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы

1. Что понимается под промышленным шумом?

2. Почему для количественной оценки шумов принята относительная логарифмическая шкала единиц?

3. В каких единицах измеряется интенсивность звука, звуковое давление?
4. Каким образом, зная величину интенсивности шума в какой-либо точке, можно рассчитать значение звукового давления в этой же точке?
5. Как определяется уровень звуковой мощности?
6. Как классифицируются шумы по частоте? По характеру спектра? По временным характеристикам?
7. Характеристики каких шумов вы запомнили? Назовите их численные значения.
8. В чем проявляется вредное воздействие повышенных уровней шумов на организм?
9. В каких документах указаны предельно допустимые уровни шумов? Какие характеристики шумов нормируются?
10. Почему для области высоких частот допустимые уровни шумов уменьшаются?
11. Каковы основные пути борьбы с шумом?
12. Как связаны уровни звукового давления (или звука) с уровнями звуковой мощности?
13. Что понимается под звукоизолирующей способностью различных конструкций? От чего она зависит?
14. Каков принцип действия шумомера?
15. Где осуществляются замеры при оценке шумового режима в производственных помещениях?
16. Как определяется доза шума и допустимая доза шума?

Литература

1. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
2. ГОСТ 12.1.003. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

3. Борьба с шумом на производстве: справочник / под общ. ред. Е. Я. Юдина. – Москва: Машиностроение, 1985. – 400 с.

4. Боголепов, И. И. Промышленная звукоизоляция / И. И. Боголепов. – Ленинград: Судостроение. 1986. – 368 с.

5. СН 2.2.4/2.1.8.583-96. Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки.

Лабораторная работа № 6

«Исследование влияния электрического тока на организм человека»

6.1. Цель работы: формирование умений и навыков исследования индивидуальной восприимчивости человека к воздействию электрического тока – переменного, постоянного с однополупериодным выпрямлением и постоянного. Изучение порядка нормирования предельно допустимых величин тока, мер первой помощи при поражении током, средств защиты.

6.2. Задание по лабораторной работе

- 1) Изучить лабораторный стенд и порядок выполнения работы;
- 2) Записать силу тока, напряжение и со слов испытуемого ощущения, вызываемые проходящим током;
- 3) Оценить и записать свою чувствительность к электрическому току.

6.3. Теоретический материал. Технический прогресс сопровождается широким внедрением электричества во все области промышленного производства и быта. При эксплуатации электрифицированного оборудования при определенных значениях величины тока и напряжения возникает опасность поражения обслуживающего персонала, которая усугубляется тем, что человек не в состоянии без специальных приборов обнаружить ее дистанционно.

Для оптимального выбора методов безопасности важно иметь четкое представление о действии электрического тока на организм человека, знать допустимые величины тока и напряжения прикосновения, влияние на исход поражения рода тока, частоты и т. д.

Проходя через организм, ток производит термическое, электролитическое, биологическое и механическое действие. Термическое действие проявляется в перегреве тканей вплоть до ожогов отдельных участков тела, перегреве кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства. Электролитическое воздействие приводит к разложению крови и плазмы, значительному нарушению их физико-хи-

мических составов и ткани в целом. Биологическое действие выражается в разделении и возбуждении живых тканей организма, что может сопровождаться произвольными судорожными сокращениями мышц, сердца и легких. Механическое действие тока приводит к расслоению, разрыву тканей организма в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара из тканевой жидкости и крови.

Любое из этих действий тока может привести к травмам или гибели людей. Электрические травмы разделяются на местные электротравмы и общие (электрические удары).

Местные электротравмы – это местные нарушения целостности тканей организма. К местным электротравмам относятся: электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, электроофтальмия, механические повреждения. *Электрический ожог* бывает токовым и дуговым. Токовый ожог связан с прохождением тока через тело человека и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую (как правило, возникает при относительно невысоких напряжениях электрической сети). При высоких напряжениях электрической сети между проводником тока и телом человека может образоваться электрическая дуга, возникает более тяжелый ожог – дуговой, так как электрическая дуга обладает очень большой температурой – свыше 3500°C. *Электрические знаки* – пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, образующиеся в месте контакта с проводником тока. Как правило, знаки имеют круглую или овальную форму с размерами 1 – 5 мм. Эта травма не представляет серьезной опасности и достаточно быстро проходит. *Металлизация кожи* связана с проникновением в нее мельчайших частиц металла при его расплавлении под действием электрической дуги. *Электроофтальмия* – воспаление наружных оболочек глаз в результате воздействия ультрафиолетовых лучей электрической дуги. Травма сопровождается сильной болью и резью в глазах, временной потерей зрения. *Механические* повреждения возникают в результате резких судорожных сокращений мышц под действием проходящего через тело человека тока. При произвольных мышечных сокращениях могут

произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов, а также вывихи суставов, разрывы связок и даже переломы костей. Кроме того, при испуге и шоке человек может упасть с высоты и получить травму.

Наибольшую опасность представляют электрические удары.

Электрический удар – возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольным сокращением мышц. В зависимости от исхода поражения электрические удары делят на 4 степени:

I – судорожное сокращение мышц без потери сознания;

II – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца;

III – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности и (или) дыхания;

IV – клиническая смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

При клинической смерти у человека отсутствуют признаки жизни: нет дыхания, сердце не работает, болевые раздражения не вызывают никаких реакций, зрачки глаз расширены и не реагируют на свет. Первыми начинают погибать очень чувствительные к кислородному голоданию клетки коры головного мозга. Длительность клинической смерти определяется временем с момента прекращения сердечной деятельности и дыхания до начала гибели клеток коры головного мозга и в большинстве случаев она составляет от 4 – 6 до 7 – 8 мин. Затем наступает биологическая смерть.

Кроме остановки сердца и прекращения дыхания, причиной смерти может быть *электрический шок* – тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма на сильное раздражение электрическим током. Шоковое состояние длится от нескольких десятков минут до суток, после чего может наступить гибель или выздоровление в результате интенсивных лечебных мероприятий.

Электрическим ударам обычно подвергаются свыше 80 % пострадавших от тока, 55 % из них получают местные электротравмы, в основном ожоги.

На исход поражения человека электрическим током влияют сила тока, приложенное напряжение, род и частота тока, продолжительность его воздейст-

вия и путь прохождения через тело человека, сопротивление тела человека, индивидуальные особенности организма и состояние окружающей среды.

Основным фактором, обуславливающим степень поражения человека, является сила тока. Характер воздействия тока на человека в зависимости от силы и вида тока указан в табл. 6.1. При этом следует учесть, что приведенные данные до некоторой степени являются условными и зависят от индивидуальных особенностей человека.

Таблица 6.1

**Характер воздействия тока на организм человека
(пути тока рука-рука, рука-нога, напряжение 220В)**

Значение силы тока, мА	Переменный ток частотой 50 Гц	Постоянный ток
0,6 – 1,5	Начало ощущений – слабый зуд, пощипывание кожи под электродами	Не ощущается
2,0 – 4,0	Ощущение тока распространяется на запястье руки, слегка сводит руку	Не ощущается
5,0 – 7,0	Болевые ощущения усиливаются во всей кисти руки, сопровождаясь судорогами; слабые боли во всей руке	Зуд, ощущение нагрева
8,0 – 10,0	Судороги в руках, трудно, но можно оторваться от электродов	Усиление ощущения нагрева
10 – 15	Едва переносимые боли во всей руке, усиливающиеся с увеличением времени протекания тока. Руки невозможно оторвать от электродов	Еще большее усиление ощущения нагрева кожи под электродом
20 – 25	Руки парализуются мгновенно, сильные судороги и боли, дыхание затруднено	Еще большее усиление ощущения нагрева кожи, незначительные сокращения мышц рук
25 – 50	Очень сильная боль в руках и груди, дыхание крайне затруднено. При длительном воздействии может наступить паралич дыхания или ослабление деятельности сердца с потерей сознания	Ощущение сильного нагрева, судороги рук, затруднение дыхания
50 – 80	Паралич дыхания, нарушение работы сердца. При длительном протекании тока может наступить фибрилляция сердца	То же

Значение силы тока, мА	Переменный ток частотой 50 Гц	Постоянный ток
100	Фибрилляция сердца через 2–3 с; через несколько секунд – паралич дыхания	Паралич дыхания при длительном протекании тока
300	То же за меньшее время	Фибрилляция сердца через 2–3 с, паралич дыхания
Более 5000	Немедленный паралич дыхания, возможна временная остановка сердца в период протекания тока. При длительном протекании тока (несколько секунд) тяжелые ожоги, разрушение тканей.	

Для характеристики воздействия электрического тока установлены три критерия:

пороговый осязаемый ток (наименьшее значение силы тока, вызывающего при прохождении через организм человека осязаемые раздражения);

пороговый неотпускающий ток (наименьшее значение силы тока, вызывающего судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник, что затрудняет самостоятельное освобождение человека от контакта с токоведущей частью);

пороговый фибрилляционный ток (наименьшее значение силы тока, вызывающего фибрилляцию сердца, т. е. хаотические и разновременные сокращения отдельных групп волокон сердечной мышцы с частотой примерно в 10 раз более обычной, в результате чего прекращается кровообращение, а затем и дыхание).

Пороговый фибрилляционный ток зависит от времени. При времени действия 1 с величина его около 70 мА, а при времени 0,1 с – 700 мА. В первом приближении значение тока, вызывающего фибрилляцию сердца в 0,5 % случаев, можно определить по формуле

$$I_{0,5\%} = \frac{2,16m + 12,8}{\sqrt{t}}, \quad (6.1)$$

где m – масса человека, кг; t – время воздействия, с.

Формула (6.1) справедлива для t от 0,03 до 3 с.

Условные значения силы тока при протекании по пути рука-рука, рука-нога приведены в табл. 6.2.

Условные значения силы тока при протекании по пути рука-рука, рука-нога

Род тока	Пороговый осязаемый ток, мА	Пороговый неотпускающий ток, мА	Пороговый фибрилляционный ток, мА
Переменный ток частотой 50 Гц	0,5 – 1,5	10 – 15	100
Постоянный ток	5 – 7	50 – 80	300

Необходимо отметить, что выпрямленные токи, содержащие постоянную и переменную составляющие, совместно воздействуют на организм человека (в то время как приборы показывают только постоянную составляющую). Поэтому при однополупериодном выпрямлении пороговые значения тока по постоянной составляющей в 1,5 раза ниже, чем для постоянного тока. Для двухполупериодного выпрямления пороговые значения выпрямленного и постоянного токов приблизительно одинаковы.

В литературе приводятся зависимости, связывающие величину силы тока, проходящего через тело человека, с приложенным напряжением. В частности, П. А. Долиным [1] предложена следующая формула:

$$I_h \approx \frac{U_h (U_h + 10)}{0,3U_h + 80}, \quad (6.2)$$

где U_h – напряжение прикосновения⁶, В; I_h – сила тока, проходящего через тело человека, мА.

Формула (6.2) справедлива при длительном (несколько секунд) приложении напряжения $U_h \geq 5$ В на участках рука-рука, а также с некоторым приближением рука-нога и нога-нога.

Степень поражения зависит также от рода и частоты тока. Переменный ток по характеру воздействия опаснее постоянного (см. табл. 6.1 и 6.2), но это характерно только для напряжений до 500 В; при больших напряжениях постоянный ток опаснее переменного с частотой 50 Гц. Наиболее опасной частотой

⁶ Напряжением прикосновения называется напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек

переменного тока для человека является 50 – 60 Гц. От 0 до 50 Гц повышается опасность поражения в виде электроударов; дальнейшее повышение частоты снижает эту опасность, а при частотах 450 – 500 Гц она полностью исчезает, но сохраняется опасность ожогов. В целом наиболее опасными (с вероятностью 90% и выше) являются токи с частотами 20–100 Гц.

Упрощенно изменение опасности тока с изменением частоты можно объяснить следующим образом. Если к клетке живой ткани приложить постоянное напряжение, то во внутриклеточном веществе, которое можно рассматривать как электролит, будет происходить распад молекул на положительные и отрицательные ионы. Эти ионы начнут перемещаться к оболочке клетки, причем положительные ионы будут стремиться к отрицательному электроду, а отрицательные – к положительному, что вызовет нарушение нормального состояния клетки и протекающих в ней биохимических процессов.

При переменном токе ионы будут перемещаться то в одну, то в другую сторону, следуя за изменением полярности. Если частота тока такова, что за полупериод ион успевает пройти все внутриклеточное расстояние, а в течение следующего полупериода – то же расстояние, но в обратном направлении, то этот процесс соответствует большому нарушению нормального естественного состояния клетки.

При частоте тока выше некоторого предела (50 – 60 Гц) ион не успевает достигнуть оболочки клетки, как произойдет изменение полярности, что отвечает меньшему нарушению нормального состояния клетки. А при дальнейшем повышении частоты длина пробега ионов будет сокращаться вплоть до полного прекращения движения ионов (на частотах выше 450 – 500 кГц).

Продолжительность протекания тока через тело человека очень сильно влияет на исход поражения в связи с тем, что с течением времени резко падает сопротивление тела человека, растет значение этого тока, накапливаются отрицательные последствия воздействия тока на организм и, наконец, повышается вероятность совпадения момента прохождения тока через сердце с уязвимой фазой кардиоцикла. Эта фаза (длительность около 0,2 с) характеризует окончание сокращения желудочков сердца и переход их в расслабленное состояние,

при котором сердце имеет наибольшую чувствительность к току. При совпадении времени прохождения тока с этой фазой кардиоцикла возникает фибрилляция сердца, а при несовпадении – вероятность ее возникновения резко уменьшается.

Наиболее опасным путем прохождения тока через тело человека является путь через жизненно важные органы – сердце, легкие, головной мозг. Статистика показывает, что число травм с потерей сознания при прохождении тока по пути правая рука – ноги составляет 87%, голова – руки – 92%, голова – ноги – 88%, рука – рука – 83%, нога – нога – 15%.

На исход поражения током оказывает влияние величина электрического сопротивления тела человека. Следует иметь в виду, что сопротивление различных тканей человека неодинаково. Это подтверждается следующими данными по удельному сопротивлению (в Ом·м) при токе частотой 50 Гц:

кожа сухая	$3 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4$;
кости (без подкостницы)	$10^4 - 2 \cdot 10^6$;
жировая ткань	30 – 60;
мышечная ткань	1,5 – 3;
кровь	1 – 2;
спинно-мозговая жидкость	0,3 – 0,6.

Общее электрическое сопротивление тела человека при сухой, чистой и неповрежденной коже, измеренное при напряжении до 15 – 20 В, находится в пределах 3 – 1000 кОм, сопротивление внутренних тканей тела – 300 – 500 Ом.

Сопротивление отдельных частей тела с возрастом увеличивается. А с ростом напряжения сопротивление тела быстро падает из-за пробоя роговых слоев кожи. Нужно помнить, что наличие на коже влаги, царапин, порезов и т. д. резко уменьшает величину сопротивления. При расчетах, связанных с обеспечением электробезопасности, сопротивление тела человека принимают равным 1 кОм.

Исход поражения током в значительной степени определяется индивидуальными особенностями людей. Ток, вызывающий лишь слабые ощущения у одного человека, может быть неотпускающим для другого. Характер воздейст-

вия тока зависит от толщины изолирующего кожного покрова (эпидермиса), влажности кожи, возраста человека, состояния нервной системы, организма в целом, а также от веса человека и его физического развития. Отмечено, что для женщин пороговые значения тока приблизительно в 1,3 раза ниже, чем у мужчин. Люди, страдающие болезнями сердца, легких, органов внутренней секреции, кожи, нервными заболеваниями, как правило, получают более тяжелые электротравмы. Квалификация также сказывается на результатах воздействия тока, и дело здесь не в «привычке» к электрическому току, ибо никакая тренировка не вырабатывает в организме иммунитета к току, а в опыте, умении правильно оценить степень опасности, применить рациональные приемы освобождения от тока.

По чувствительности к электротоку всех людей можно разделить на 4 группы:

1. Особо чувствительные, пороговый ощутимый ток возникает уже при $U < 12$ В. Таких людей около 2%. Их нельзя использовать при обслуживании электроустановок.

2. Повышенной чувствительности ($U = 12...24$ В). Таких людей около 45%. Для них ограничен доступ к обслуживанию электроустановок.

3. Нормальной чувствительности ($U = 24...36$ В). Таких людей около 40%. Им отдают предпочтение при отборе для работы на электроустановках.

4. Пониженной чувствительности ($U > 36$ В). Таких около 12%. Они пользуются льготами и преимуществами при приеме на работу по эксплуатации электроустановок.

Существенное влияние на электроопасность оказывают условия окружающей среды. Поэтому «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ) устанавливают следующие категории помещений и условий работ:

с повышенной опасностью – работа выполняется в помещениях при наличии в них одного из следующих признаков: сырость (относительная влажность воздуха более 75% длительно), наличие токопроводящих полов, выделение токопроводящей пыли, температура воздуха более 30°C (длительно), воз-

возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим оборудованием, и к металлическим корпусам электрооборудования;

особо опасные – работа в помещениях при наличии особой сырости (относительная влажность воздуха близка к 100%, стены, потолок, пол покрыты влагой); химически активной среды, постоянно или длительно разрушающей изоляцию и токоведущие части электрооборудования; наличие одновременного действия двух и более факторов или условий, соответствующих помещениям с повышенной опасностью;

без повышенной опасности – работа выполняется в помещениях, в которых отсутствуют факторы или условия, определяющие особую и повышенную опасность.

Для правильного проектирования способов и средств защиты людей от поражения электрическим током необходимо знать допустимые уровни напряжений прикосновения и значений токов, протекающих через тело человека.

В табл. 6.3 приведены нормы предельно допустимых напряжений прикосновения U_h , В, и токов I_h , мА, установленных для пути тока рука-рука и рука-ноги при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановки (ГОСТ 12.1.038) [2].

Таблица 6.3

**Нормы предельно допустимых напряжений прикосновения U_h
и токов I_h , проходящих через тело человека**

Род тока	U_h , В	I_h , мА
	Не более	
Переменный частотой 50 Гц	2,0	0,3
Переменный частотой 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Предельно допустимое напряжение прикосновения U_h и токи I_h при аварийном режиме работы электроустановок переменного тока при времени действия $t < 1,0$ с подчиняются условию $U_h = I_h = \frac{50}{t}$.

При продолжительности действия 1...3 с допустимое $U_h = 36$ В, а $I_h = 6$ мА.

Поскольку с ростом продолжительности воздействия предельно допустимые токи уменьшаются, при оказании помощи человеку, находящемуся под действием электрического тока, необходимо как можно быстрее отключить ток выключением рубильника, путем перерезания или перерубания электропровода, искусственным коротким замыканием проводов или замыканием провода на землю. Лучшим из способов является тот, который в конкретной обстановке может быть осуществлен немедленно и безопасно.

При невозможности быстрого разрыва цепи электротока следует оттянуть пострадавшего от электроустановки за сухую одежду. Если одежда и обувь сырые, необходимо воспользоваться диэлектрическими перчатками или обмотать руки сухой одеждой.

Меры первой доврачебной медицинской помощи зависят от состояния пострадавшего после освобождения его от действия тока.

Если пострадавший в сознании, но до этого был в состоянии обморока, его следует уложить и до прибытия врача обеспечить полный покой, наблюдая за пульсом и дыханием.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его следует уложить, расстегнуть пояс и одежду, обеспечить приток свежего воздуха. Периодически нужно давать вдыхать пары нашатырного спирта, смачивать лицо холодной водой, растирать и согревать тело.

Если пострадавший дышит плохо (редко и судорожно) или если дыхание постепенно ухудшается, в то время как во всех этих случаях продолжается нормальная работа сердца, необходимо начать искусственное дыхание по способу «изо рта в рот» или «изо рта в нос» (взрослому человеку 10 – 12 вдуваний в одну минуту, т. е. через 5 – 6 с). При вдыхании в рот необходимо зажать пострадавшему нос.

При отсутствии дыхания и пульса нужно делать искусственное дыхание и непрямой (наружный) массаж сердца (после двух глубоких вдуваний 15 надав-

ливаний на грудную клетку). Оказывать помощь нужно до прибытия врача, так как только он имеет право констатировать состояние смерти. Известно много случаев, когда искусственное дыхание и массаж сердца, проводимые непрерывно в течение 3–4 ч, возвращали пострадавших к жизни.

После оказания первой помощи ни в коем случае нельзя допускать пострадавшего к работе, во избежание осложнений его следует отправить в больницу.

Для обеспечения электробезопасности в соответствии с ПУЭ применяются следующие технические способы и средства, используемые отдельно или в сочетании друг с другом:

1. Защитное заземление.
2. Зануление.
3. Выравнивание потенциалов.
4. Защитное отключение.
5. Электрическое разделение сетей.
6. Изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная). В сетях напряжением до 1000 В сопротивление изоляции за последним предохранителем должно быть не ниже 0,5 МОм на фазу.
7. Компенсация токов замыкания на землю.
8. Малое напряжение (до 42 В).
9. Оградительные устройства.
10. Предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.
11. Изолирующие защитные и предохранительные приспособления.

6.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчёта

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

2. Перед началом работы нужно изучить полностью настоящие методические указания, обращая внимание на меры безопасности, порядок проведения опытов. Заранее подготовьтесь к записям (см. табл. 6.4).

Лабораторная установка, на которой выполняется работа, изображена на рис. 6.1. Она позволяет подать на контакты «Выход» переменный, однополупериодный выпрямленный и постоянный ток. Переключение рода тока осуществляется переключателем 3. Переменный ток обозначается «~», однополупериодный выпрямленный « \cap », постоянный « \equiv ». Переключатель 7 устанавливает диапазоны напряжения 0 – 50, 50 – 100 В. Движком с потенциометра можно плавно изменить напряжение, подаваемое на контакты «Выход». Значение подаваемого напряжения можно «считать» с вольтметра 11. Схема прибора предусматривает кнопку безопасности 5 – при прекращении нажатия на эту кнопку автоматически снимается напряжение с контактов «Выход» 4.

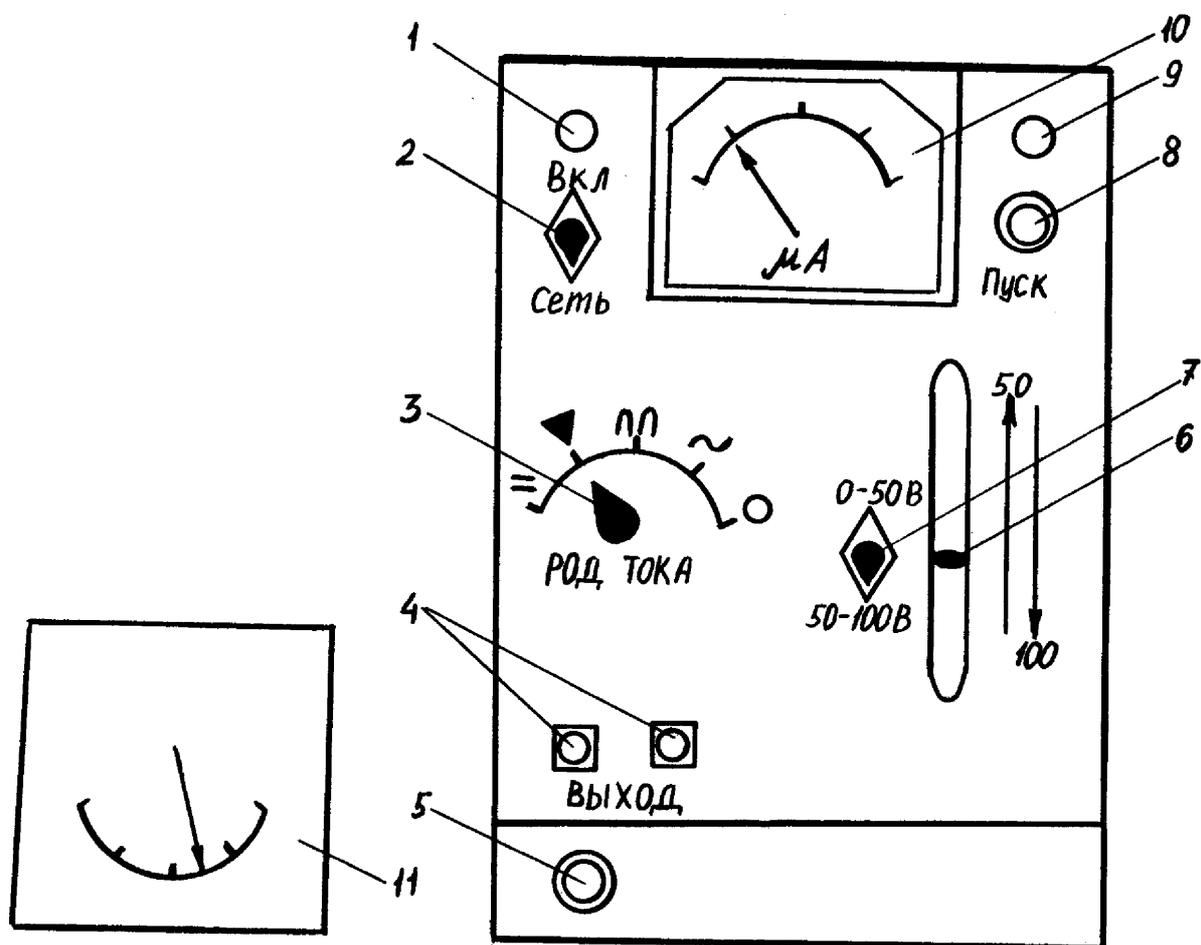


Рис. 6.1. Лицевая панель лабораторной установки для исследования влияния тока на организм человека:

1 – сигнальная лампа; 2 – тумблер «Сеть»; 3 – переключатель «Род тока»; 4 – контакты «Выход»; 5 – кнопка безопасности; 6 – движок потенциометра; 7 – переключатель диапазонов; 8 – кнопка «Пуск»; 9 – сигнальная лампа; 10 – амперметр; 11 – вольтметр

Таблица 6.4

Форма записи отчетных данных по лабораторной работе

U, В	Переменный ток				Однополупериодный выпрямленный ток			Постоянный ток		
	I, мА	R = U/I, Ом	I _p , мА	ХАРАКТЕР ОЩУЩЕНИЙ	I, мА	R = U/I, Ом	ХАРАКТЕР ОЩУЩЕНИЙ	I, мА	R = U/I, Ом	ХАРАКТЕР ОЩУЩЕНИЙ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10										
15										
20										
25										
30										
35										
40										
45										
50										
55										
60										
65										
70										
75										

Примечание. Ток I_p определяется по формуле (6.2).

6.4.1. Последовательность выполнения работы

1. Поставьте переключатель «РОД ТОКА» 3 в положение « $\cap\cap$ » – переменный ток. Движок 6 передвиньте в крайнее нижнее положение, а переключатель диапазонов 7 – в положение «0 – 50».

2. Сообщите преподавателю о готовности к работе и получите его разрешение на ее выполнение.

3. Один из студентов бригады (испытуемый) садится за лабораторную установку и включает тумблер 2; о подаче питания на прибор укажет загоревшаяся сигнальная лампа 1, затем нужно нажать кнопку 8 «Пуск», при этом загорается лампа 9 и на контакты 4 подается напряжение. Другие студенты готовятся к записям.

4. Испытуемый два пальца левой руки прижимает к контактам 4, а большим пальцем той же руки нажимает на кнопку безопасности 5. Правой рукой испытуемый управляет движком 6.

5. Подвиньте движок вверх так, чтобы стрелка вольтметра показывала 10 В. Сообщите показания амперметра и свои ощущения студенту, выполняющему записи. Помните, что показания микроамперметра нужно умножать на 0,035. Например, показанию микроамперметра 50 будет соответствовать ток $50 \times 0,035 = 1,75$ мА.

Увеличивая напряжение с помощью движков через каждые 5 В, запишите свои ощущения и показания амперметра.

6. Если при крайне верхнем положении движка у испытуемого нет достаточно выраженных ощущений, то переключите тумблер 7 в положение «50–100 В» и, передвигая движок 6 вниз, сообщите свои ощущения и показания амперметра при последующих значениях напряжений. При появлении первых выраженных признаков действия тока опыт прекратите. Наименьшее значение ощутимого тока является вашим пороговым ощутимым током.

7. Переключатель 7 поставьте на диапазон «0–50» В, движок 6 опустите вниз до конца.

8. Поставьте переключатель «РОД ТОКА» 3 в положение « $\cap\cap$ » (однополупериодный выпрямленный ток) и повторите опыт, пп. 4 – 7.

9. Поставьте переключатель «РОД ТОКА» 3 в положение «=>» (постоянный ток) и вновь повторите опыт, пп. 4 – 7.

10. Верните все тумблеры и переключатели в исходное положение. Роль испытуемого принимает на себя следующий студент из бригады и повторяет опыт по пп. 3 – 10

6.4.2. Указания по подготовке отчета

1. Отчет готовится индивидуально каждым студентом и должен содержать:

– цель работы;

– заполненную таблицу результатов опыта, форма которой должна соответствовать табл. 6.4;

– кривые зависимости сопротивления тела человека R , Ом, от приложенного напряжения U , В, для каждого рода тока. Все зависимости приведите на одном графике; кривые зависимости I и I_p от U – на другом графике.

2. Укажите ваши пороговые ощутимые токи для каждого рода тока и соответствующие им напряжения прикосновения.

3. Принимая $t = 2$ с, рассчитайте по формуле (6.1) значение порогового фибрилляционного тока. Используйте в расчете массу m своего тела. Результаты расчета приведите в отчете.

4. Изложите основные выводы по проделанной работе, а именно:

– справедлива ли табл. 6.1?

– какова ваша чувствительность к электрическому току?

– справедлива ли формула П.А. Долина (6.2)?

5. Подготовленный отчет дайте на подпись преподавателю.

6.5. Меры безопасности

1. Будьте внимательны и дисциплинированы при выполнении работы. Строго следуйте настоящим указаниям при проведении опытов.

2. Помните, что в ходе опытов на установку может быть подано напряжение до 100 В, представляющее опасный производственный фактор. Следите за положением тумблера 11 и движка 6.

3. Не передвигайте резко движок потенциометра – это ведет к быстрому увеличению напряжения и возможному возникновению болевого ощущения.

4. Увеличивая движком напряжение, не отпускайте пальцы от контактов 4 и кнопки безопасности 5. Это позволяет своевременно ощутить действие тока при промежуточных положениях движка потенциометра.

5. Поскольку прибор не заземлен, во время опытов нельзя прикасаться друг к другу и заземляющему оборудованию.

6. В случае неисправности выключите стенд тумблером 2 и поставьте в известность преподавателя или инженера.

6.6. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1. Какая величина силы тока считается порогово-ощутимым током?

2. В каком диапазоне находится величина порогово-неотпускающего тока (для постоянного тока)?

3. При какой величине переменного тока возможно наступление фибрилляции сердца?

4. На какую величину необходимо умножать показания микроамперметра?

5. Во сколько раз пороговые значения однополупериодного тока по постоянной составляющей ниже, чем для постоянного тока?

6. С каким интервалом нужно изменять величину напряжения при проведении испытаний?

7. Какую величину сопротивления тела человека принимают при расчетах напряжения прикосновения 50 В и выше?

8. Какой должна быть относительная влажность воздуха в помещении, если условия считаются особо опасными?

9. Какое значение напряжения считается малым?

10. Какие ощущения должны возникнуть у испытуемого при воздействии постоянного и переменного тока?

6.7. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

1. С какой целью изучается действие электрического тока на организм человека?
2. Какое действие оказывает ток на организм человека? В чем оно проявляется?
3. Какие виды поражений вызываются электрическим током? Перечислите степени электрического удара.
4. Какие факторы влияют на исход поражения электротоком?
5. При какой силе тока возможны первые ощущения электрического тока?
6. Назовите основные критерии воздействия электрического тока на человека.
7. При какой силе переменного тока человек не в состоянии самостоятельно освободиться от токоведущих частей?
8. В чем сущность фибрилляции сердца? Каковы величины пороговых фибрилляционных токов?
9. Как влияет приложенное напряжение на величину тока, проходящего через тело человека?
10. При каких условиях переменный ток опаснее постоянного? Чем это вызвано?
11. Назовите наиболее опасные пути прохождения тока в теле человека.
12. От чего зависит сопротивление тела человека?
13. Перечислите категории людей по чувствительности к электротоку.
14. Изложите классификацию помещений и условий работ по степени опасности поражения током.
15. Как осуществляется нормирование предельно допустимых напряжений прикосновения и токов?
16. Изложите порядок оказания первой помощи при несчастных случаях от электротока.
17. Назовите основные способы и средства обеспечения электробезопасности.

Литература

1. Долин, П.А. Основы техники безопасности в электроустановках / П.А. Долин. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
2. ГОСТ 12.1.038. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

Лабораторная работа № 7

«Исследование ионизирующих излучений»

7.1. Цель работы: формирование знаний и умений, необходимых для оценки радиационной обстановки на местности и в помещениях.

7.2. Задание по лабораторной работе:

1) изучить особенности физических свойств и действия на организм человека ионизирующих излучений;

2) изучить дозиметрические приборы: цифровой детектор радиации «QUARTEX», дозиметр бытовой «Белла», дозиметр-радиометр бытовой АНРИ-01-02 «Сосна», дозиметр ДКГ-03Д «Грач», дозиметр-радиометр МКС-01СА1М, индикатор радиоактивности индивидуальный ИРИ-1;

3) произвести необходимые измерения и анализ радиационной обстановки.

7.3. Теоретический материал

Понимание степени опасности ионизирующих излучений (ИИ) – одно из условий обеспечения безопасности жизнедеятельности человека в современных условиях. Ионизирующее излучение – любое излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды (образование заряженных атомов или молекул – ионов). Такими свойствами обладают космические лучи, природные источники ИИ на Земле, радиоактивные вещества (РВ). Радиоактивные вещества – это вещества, содержащие в своем составе радионуклиды. Радиоактивные вещества могут представлять собой радиоактивные изотопы химических элементов, смеси радиоактивных и стабильных изотопов, химические соединения, в состав которых включены радионуклиды, а также вещества, содержащие радионуклиды в качестве примеси или добавки. Свойства радиоактивных веществ определяются содержанием в них радионуклидов, их способностью самопроизвольно распадаться с испусканием, например, альфа-, бета-частиц, гамма-квантов. Радиоактивные вещества в зависимости от происхождения содержащихся в них

радионуклидов делят на две группы: природные (естественные) и искусственные, получаемые с помощью ядерных реакций.

Все ионизирующие излучения подразделяются по своей природе на электромагнитные и корпускулярные. К ионизирующим излучениям электромагнитной природы относят: рентгеновское излучение, γ -излучение радиоактивных элементов и тормозное излучение. Все остальные виды ионизирующих излучений имеют корпускулярную природу. Большинство из них – заряженные корпускулы: β - частицы (электроны, позитроны), протоны (ядра водорода), дейтроны (ядра тяжелого водорода – дейтерия), α -частицы (ядра гелия) и тяжелые ионы (ядра других элементов). Кроме того, к корпускулярным излучениям относятся и не имеющие заряда ядерные частицы – нейтроны, опосредованно также вызывающие ионизацию.

В зависимости от местонахождения источника облучение тела может быть внешним и внутренним, равномерным и неравномерным, тотальным и локальным.

Самое общее представление о количестве падающей энергии излучения может быть получено путем измерения экспозиционной дозы, под которой понимают отношение суммарного заряда ионов одного знака, возникающих в воздухе при полном торможении всех вторичных электронов, к массе воздуха в данном объеме. Единица экспозиционной дозы в СИ – кулон на килограмм (Кл/кг). На практике до последнего времени используется внесистемная единица – рентген (Р).

Величина энергии ИИ, передаваемая веществу, оценивается поглощенной дозой. Поглощенная доза (Д) – основная дозиметрическая единица. Она равна отношению средней энергии, переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме. В системе СИ поглощенная доза измеряется в джоулях, деленных на килограмм (Дж/кг). Эта единица имеет специальное название – грей (Гр), $1\text{Гр} = 1\text{Дж/кг}$. Внесистемной единицей поглощенной дозы является «рад», $1\text{рад} = 0,01\text{Гр}$.

Воздействия ИИ на организм человека оценивается эквивалентной дозой. Доза эквивалентная (H_{TR}) – поглощенная доза в органах или тканях, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения, W_R :

$$H_{TR} = D_{TR} \cdot W_R, \quad (7.1)$$

где D_{TR} – средняя поглощенная доза в органе или ткани Т, а W_R – взвешивающий коэффициент для вида излучения R.

При воздействии разных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения.

$$H_T = \sum_R \cdot H_{TR} \quad (7.2)$$

Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв), внесистемная единица – бэр, $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$.

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы (W_R) следующие: фотоны любых энергий – 1, электроны любых энергий – 1, нейтроны различных энергий – 5–20, α -частицы – 20.

Характер поражения ИИ отдельных органов тела человека с учетом их радиочувствительности оценивается величиной эффективной дозы (Е). Она представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешенные коэффициенты:

$$E = \sum_T \cdot H_{\tau T} \cdot W_T, \quad (7.3)$$

где $H_{\tau T}$ – эквивалентная доза в органе или ткани Т за время τ , W_T – взвешивающий коэффициент для органа или ткани Т.

Единица эффективной дозы – зиверт (Зв). Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов (W_T) выведены для оценки их радиочувствительности.

Для отдельных видов тканей и органов установлены следующие значения W_T : гонады – 0,20, костный мозг – 0,12, легкие, желудок – 0,12, печень, грудная железа – 0,05, щитовидная железа – 0,05, кожа – 0,01.

Облучение эффективной дозой свыше 200 мЗв в течение года рассматривается как потенциально опасное, а эффективная доза облучения природными источниками излучения не должна превышать 5 мЗв в год.

Классификация источников ИИ с конкретным их вкладом в среднегодовую индивидуальную дозу облучения выглядит следующим образом (см. табл. 7.1):

- 1. Естественный радиационный фон (ЕРФ)** – эквивалентная доза ИИ, создаваемая космическим излучением и излучением земного происхождения;
- 2. Технологически повышенный ЕРФ (ТПЕРФ)** – радиационное воздействие от угольных теплоэлектростанций, при использовании продуктов переработки фосфоритов, от применения стройматериалов, от радионуклидов в природном газе, при использовании потребительских товаров;
- 3. Искусственный радиационный фон (ИРФ)** – профессиональное облучение, например, операторов АЭС, рентгенологов;
- 4. Диагностическое и терапевтическое использование излучений в медицинских целях.**

Таблица 7.1

Среднегодовые индивидуальные эффективные эквивалентные дозы облучения населения за счет всех источников ионизирующего излучения

Источники ионизирующего излучения	Вид облучения	Среднегодовая индивидуальная эффективная эквивалентная доза облучения, мкЗв (мбэр)
1. Естественный радиационный фон:		
• Космическое излучение	Внешнее	650(65)
	Внутреннее	1600(160)
	Суммарно	2250(225)
• Космогенные нуклиды	Внешнее	300(30)
	Внутреннее	–
	отсутствует	–
• Радионуклиды земного происхождения:	Внешнее отсутствует	–
	Внутреннее	15(1,5)
	⁴⁰ K	Внешнее
Внутреннее		180(18)
Суммарно		300(30)
⁸⁷ Rb	Внешнее отсутствует	–
	Внутреннее	6(0,6)

Источники ионизирующего излучения	Вид облучения	Среднегодовая индивидуальная эффективная эквивалентная доза облучения, мкЗв (мбэр)
Ряд ^{238}U	Внешнее	90(9)
	Внутреннее	1150(115)
	Суммарно	1240(124)
Ряд ^{232}Th	Внешнее	140(14)
	Внутреннее	230(23)
	Суммарно	370(37)
2. Технологически измененный естественный радиационный фон:		
• Естественный Радионуклиды, содержащиеся в стройматериалах и воздухе помещений	Внешнее	100(10)
	Внутреннее	1300(130)
	Суммарно	1400(140)
• Минеральные удобрения	Суммарно	0,15(0,015)
• Угольные электростанции суммарной мощностью 76 ГВт(эл)	Суммарно	2(0,2)
3. Искусственный радиационный фон:		
• Атомные электростанции суммарной мощностью 12ГВт(эл)	Суммарно	0,17(0,017)
• Глобальные радиоактивные выпадения вследствие испытания ядерного оружия (^{90}Sr , ^{137}Cs)	Внешнее	10(1)
	Внутреннее	15(1,5)
	Суммарно	25(2,5)
4. Рентгено- и радиоизотопная диагностика	Суммарно	1400(140)
Суммарная доза облучения от всех источников (округленно)		5050(505)

Примечание. Загрязнение окружающей среды в результате аварий на АЭС не рассмотрено.

ЕРФ (без дозы, обусловленной пребыванием в зданиях) ответственен примерно только за 1 % наблюдающейся смертности от злокачественных опухолей.

Из указанных четырех составляющих складывается коллективная доза облучения. На ЕРФ приходится 87% коллективной дозы облучения, на облучение в медицинских целях – 11,5%, оставшиеся 1,5% приходятся на технологически повышенный ЕРФ и искусственный радиационный фон.

Для экипажей современных самолетов, летающих в верхних слоях атмосферы и стратосферы и выполняющих трансконтинентальные перелеты, основной вклад в дозу вносит галактическое космическое излучение (ГКИ). На уровне Земли доза ГКИ составляет 287 мкГр за год. Считается, что в пределах до 10 км над уровнем моря доза ГКИ через каждые 1,5 км высоты удваивается.

Наиболее реальную опасность представляют искусственные источники излучения. В результате аварии на АЭС основными видами радиационного воздействия являются: внешнее облучение от радионуклидов облаков и активности, осевшей на землю; внутреннее облучение при вдыхании активности, выпадающей из облака, а также нуклидов, вторично попавших в воздух с ранее загрязненных участков поверхности; внутреннее облучение при употреблении загрязненных пищевых продуктов и воды.

Основные пределы доз, допустимые уровни воздействия ионизирующего излучения по ограничению облучения населения установлены СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)».

Основными принципами радиационной безопасности являются:

принцип нормирования – непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения;

принцип обоснования – запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением;

принцип оптимизации – поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения.

На основе этих принципов определены основные пределы доз для различных категорий облучаемых лиц: персонала группы А (работающего с техногенными источниками ИИ), группы Б (находящегося по условиям работы в сфере воздействия ИИ), всего населения, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности (табл. 7.2).

Основные пределы доз (извлечение из НРБ-99/2009)

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	персонал (группа А)**	население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

Примечания:

*Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам;

**Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни облучения персонала группы Б, равны $\frac{1}{4}$ значений для персонала группы А.

Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы, полученные вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) – 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) – 70 мЗв. Началом периодов считается 1 января 2000 года.

Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками излучения, вводятся дополнительные ограничения: эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более $\frac{1}{20}$ предела годового поступления для персонала.

На период беременности и грудного вскармливания ребенка женщины должны переводиться на работу, не связанную с источниками ионизирующего излучения.

Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение с использованием источников излучения, годовые дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.

Защитные мероприятия по ограничению природного облучения проводятся, если мощность эффективной дозы γ -излучения в помещениях превышает мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.

При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения мощность эффективной дозы γ -излучения не должна превышать мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.

Мощность эффективной дозы гамма-излучения на рабочем месте установлена в 2,5 мкЗв/ч.

Опасность ИИ при загрязнении радиоактивными веществами различных поверхностей, местности, воды, продуктов питания и т.п. принято оценивать по их активности. Активность (А) – мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени. Единицей активности в системе СИ принят беккерель (Бк): 1 Бк = 1 распад в секунду. Также используется единица активности кюри (Ки): 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Активность радионуклида вычисляется по формуле

$$A_{\text{РВ}} = \frac{3,57 \cdot 10^5 \cdot m}{a \cdot T}, \text{ Ки}, \quad (7.4)$$

где m – масса радионуклида в граммах; a – массовое число изотопа; T – период полураспада, годы.

Активность – одна из основных характеристик радиоактивного источника. Чем меньше период полураспада, тем больше удельная активность. Активность из-за постоянного уменьшения количества радиоактивных атомов вследствие их распада с течением времени убывает.

Негативное воздействие ИИ на организм человека может происходить в результате внешнего, внутреннего, контактного облучения. Внешнее облучение вызывают источники рентгеновского и γ -излучения, потоки протонов, нейтронов, внутреннее – характерно для α -, β -частиц. Контактное облучение имеет место при загрязнении радиоактивными веществами открытых участков кожи тела человека. Биологическое действие ИИ – сложный процесс морфологических и соматических изменений организма человека при действии на него излучения.

Воздействия ИИ на организм человека могут быть причиной возникновения лучевой болезни, онкологических заболеваний, неблагоприятных генетических изменений, сокращения продолжительности жизни, нарушений зрения и др.

Лучевая болезнь – общее заболевание организма человека со специфическими симптомами, развивающееся из-за лучевого поражения. Основным механизмом действия ИИ при этом связан с процессами ионизации атомов, молекул живой материи, воды клеток, тканей. Степень лучевого поражения организма человека и его органов зависит от величины полученной дозы облучения, времени ее набора, пространственного распределения поглощенной энергии ИИ, индивидуальных особенностей организма. Характер лучевого поражения может быть обратимым и необратимым: при малых дозах поражения ткань свою функциональную деятельность восстанавливает. Лучевая болезнь может протекать в острой или хронической форме. Острая лучевая болезнь возникает при однократном кратковременном облучении большой дозой, хроническая – при постоянном или прерывистом облучении в течение значительного времени. Оценка последствий воздействия ИИ на организм человека приведена в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Биологические нарушения организма человека при его облучении ИИ

Поглощенная доза, Гр	Биологические нарушения организма
До 0,25	Видимых нарушений нет
0,25...0,5	Возможны изменения в крови
0,5...1,5	Изменения в крови, нормальное состояние трудоспособности
1,5...2,5	Нарушение нормального состояния, возможна потеря трудоспособности, лучевая болезнь легкой степени
2,5...4	Потеря трудоспособности, возможен летальный исход, лучевая болезнь средней тяжести
4...6	Тяжелая форма лучевой болезни, смертность 50% от общего числа пострадавших
6 и более	Крайне тяжелая форма лучевой болезни, 100% летальный исход

Оценка уровня общего загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей кожи человека, специальной одежды, средств индивидуальной защиты производится сравнением определенной измерениями активности с допустимыми уровнями, которые установлены НРБ-99/2009 и приведены в табл. 7.4.

Предварительная оценка допустимости использования воды для питьевых целей дается по удельной суммарной альфа (A_α) – и бета (A_β) – активности, которая не должна превышать 0,2 и 1,0 Бк/кг соответственно.

Для минеральных и лечебных вод установлены специальные нормативы.

Защитные мероприятия от воздействия ИИ основаны на знании свойств каждого вида излучения, оценке их проникающей способности, особенностей эффектов ионизации и защитных свойств различных материалов, веществ.

Таблица 7.4

Допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования, кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты персонала, част./($\text{см}^2 \cdot \text{мин}$)

Объект загрязнения	α активные нуклиды		β -активные нуклиды
	отдельные	прочие	
Неповрежденная кожа, полотенца, специальное белье, внутренняя поверхность лицевых частей средств индивидуальной защиты	2	2	200
Основная спецодежда, внутренняя поверхность дополнительных средств индивидуальной защиты, наружная поверхность спец. обуви	5	20	2000
Поверхности помещений постоянного пребывания персонала и находящегося в них оборудования	5	20	2000
Поверхности помещений периодического пребывания персонала и находящегося в них оборудования	50	200	10000
Наружная поверхность дополнительных средств индивидуальной защиты, снимаемых в саншлюзах	50	200	10000

Ослабляющие (защитные) свойства различных материалов оцениваются слоем половинного ослабления $d_{0,5}$. Слой половинного ослабления ослабляет

ИИ в два раза. В табл. 7.5 приведены значения слоя половинного ослабления γ -излучения некоторыми материалами.

Защитные свойства веществ, материалов различной толщины оцениваются по коэффициенту ослабления K .

$$K = 2^{\frac{h}{d_{0,5}}}, \quad (7.5)$$

где K – коэффициент ослабления материала, вещества толщиной h , см;
 $d_{0,5}$ – толщина слоя половинного ослабления, см.

Таблица 7.5

Значения слоев половинного ослабления γ -излучения некоторыми материалами

Материал, вещество	Слой половинного ослабления γ -излучения ($d_{0,5}$) в см
Воздух	$1,9 \cdot 10^4$
Дерево	25
Биологическая ткань	23
Грунт	14
Бетон	10
Сталь	3
Свинец	2
Полиэтилен	22

Общий коэффициент ослабления $K_{\text{общ}}$ конструкции, состоящей из нескольких слоев различных материалов, определяется по формуле

$$K_{\text{общ}} = \prod_{i=1}^n K_i, \quad (7.6)$$

где K_i – коэффициент ослабления i -го слоя.

Общий коэффициент ослабления используется для оценки защитных свойств различных корабельных и судовых помещений, производственных зданий, сооружений, транспортных средств, защитных сооружений и т. д.

ИИ не воспринимаются органами чувств человека и для их обнаружения и измерения используются специальные методы: фотографический, химический, сцинтиляционный, ионизационный. На основе этих методов разработаны

различного назначения дозиметрические приборы, установки. Они позволяют организовать и вести дозиметрический контроль облучения, заражения, радиационную разведку в различных условиях.

В табл. 7.6 приведена техническая характеристика некоторых бытовых дозиметрических приборов. Подробное их описание дано в приложениях 1–3.

Таблица 7.6

Бытовые дозиметрические приборы

Наименование прибора, тип	Назначение прибора и его пределы измерения
1. QUARTEX – цифровой детектор радиации	Предназначен для измерения мощности дозы γ -излучения и зараженности объектов источниками β -частиц. Диапазон измерения: 0...999 мкР/ч
2. Дозиметр бытовой «Белла»	Предназначен для обнаружения и оценки с помощью звуковой сигнализации интенсивности γ -излучения, а также для измерения мощности эквивалентной дозы (МЭД) γ -излучения по цифровому табло. Применяется для оперативного индивидуального контроля радиационной обстановки населения. Диапазон измерения мощности: – эквивалентной, мкЗв/ч: 0,20 – 99,99; – экспозиционной дозы, мкР/ч: 20 – 9999
3. Дозиметр-радиометр бытовой – АНРИ-01-02 «Сосна»	Предназначен для контроля радиационной обстановки на местности, в жилых и рабочих помещениях. Диапазон измерения: – мощности экспозиционной дозы γ -излучения, мР/ч: 0,010 – 9,999; – мощности полевой эквивалентной дозы γ -излучения, мкЗв/ч: 0,1 – 99,99; – плотности потока бета-излучения с загрязненных поверхностей, част./см ² ·мин (1 м ² с): 10 – 5000 ($1,66 \cdot 10^3$ – $8,33 \cdot 10^5$); – объемной активности растворов (по изотопу ¹³⁷ Cs) Ки/л (Бк/л): 10^{-7} – 10^{-6} ($3,7 \cdot 10^3$ – $3,7 \cdot 10^4$)
4. Дозиметр γ -излучения ДКГ-03Д «Грач»	Предназначен для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы γ -излучения, амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения. Диапазон измерения: – МЭД, мкЗв/ч: 0,1 – 10^3 ; – ЭД, мкЗв: 1 – 10^8

Наименование прибора, тип	Назначение прибора и его пределы измерения
5. Дозиметр-радиометр МКС-01СА1М	Предназначен для измерения амбиентной дозы и мощности амбиентной дозы фотонного (γ - и рентгеновского) излучения, для измерения плотности потока β -частиц и для оценки плотности потока α -частиц от загрязненных поверхностей. Диапазон измерения – дозы, мЗв: 0,001 – 999,9; – мощности дозы, мкЗв/ч: 0,1 – 9999,9; – энергий фотонов, МэВ: 0,05 – 3,0; – плотности потока β -частиц (по ^{90}Sr), част / (см ² ·мин): 5 – 3·10 ⁴

Определение доз облучения при организации дозиметрического контроля может производиться с помощью различных типов индивидуальных дозиметров: ДКП-50А, ИД-1, ИД-11 и др. Диапазоны измерения этих дозиметров, соответственно: 2–50Р, 20–500 рад, 10–1500 рад.

7.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчета

1. Лабораторная работа выполняется каждым студентом самостоятельно в составе группы из двух человек на специально развернутом рабочем месте.

2. До начала выполнения работы необходимо:

- изучить настоящие методические указания, обратить при этом внимание на основные понятия, определения, сущность норм радиационной безопасности;
- по руководствам к эксплуатации дозиметрических приборов изучить их назначение, основные технические данные, устройство;
- освоить последовательность действий при подготовке дозиметрических приборов к работе и порядок работы с ними;
- выписать в рабочую тетрадь необходимые данные по своему варианту задания – см. табл. 7.7, сведения по изученным вопросам, оформить таблицу записей результатов лабораторной работы – см. табл. 7.8;

– доложить о своей готовности к выполнению заданий по лабораторной работе ведущему преподавателю (инженеру, лаборанту); получив вариант задания, приступить к его выполнению.

3. Провести необходимые измерения с помощью указанных приборов, соблюдая при этом точно установленный порядок работы с ними и делая необходимые записи в табл. 7.8 результатов лабораторной работы. Должно быть выполнено не менее 10 измерений.

По завершению проведения измерений убедиться, что приборы выключены, рабочее место приведено в исходное состояние.

4. Оформить черновые записи проведенных измерений и расчетов по лабораторной работе и предъявить их для подписи преподавателю.

Таблица 7.7

Варианты заданий к лабораторной работе № 7

Варианты	Содержание задания
1	Измерить мощность экспозиционной дозы прибором, выданным преподавателем, на рабочем месте в лаборатории
	Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 г, определить нуклид с большей активностью: Sr^{90} с $T_{0,5} = 29$ лет, U^{235} с $T_{0,5} = 7 \cdot 10^8$ лет
2	Измерить мощность экспозиционной дозы прибором, выданным преподавателем, в коридоре 1-го этажа учебного корпуса
	Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 г, определить нуклид с большей активностью: Pu^{239} с $T_{0,5} = 2,4 \cdot 10^4$ лет, Cs^{137} с $T_{0,5} = 33$ года
3	Измерить мощность экспозиционной дозы прибором, выданным преподавателем, в коридоре 2-го этажа учебного корпуса
	Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 г, определить нуклид с большей активностью: Cs^{137} с $T_{0,5} = 33$ года, Sr^{90} с $T_{0,5} = 29$ лет
4	Измерить мощность экспозиционной дозы прибором, выданным преподавателем, в коридоре 3-го этажа учебного корпуса
	Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 г, определить нуклид с большей активностью: U^{235} с $T_{0,5} = 7 \cdot 10^8$ лет, Sr^{90} с $T_{0,5} = 29$ лет
5	Измерить мощность экспозиционной дозы прибором, выданным преподавателем, на рабочем месте в лаборатории
	Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 г, определить нуклид с большей активностью на рабочем месте в лаборатории: Na^{22} с $T_{0,5} = 3$ года, S^{35} с $T_{0,5} = 98$ сут

Варианты	Содержание задания
6	Измерить мощность экспозиционной дозы прибором, выданным преподавателем, в коридоре 1-го этажа учебного корпуса
	Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 г, определить нуклид с большей активностью: Fe ⁵⁹ с T _{0,5} = 47 сут, Cu ⁶⁴ с T _{0,5} = 13 ч
7	Измерить мощность экспозиционной дозы прибором, выданным преподавателем, в коридоре 2-го этажа учебного корпуса
	Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 г, определить нуклид с большей активностью: Ca ⁴⁵ с T _{0,5} =180 сут, P ³² с T _{0,5} = 14,3 сут
8	Измерить мощность экспозиционной дозы прибором, выданным преподавателем, в коридоре 3-го этажа учебного корпуса
	Рассчитать активность радионуклидов с массой 2 г, определить нуклид с большей активностью: C ¹⁴ с T _{0,5} = 5100 лет, J ¹³¹ с T _{0,5} = 8 сут

Таблица 7.8

Форма таблицы для записи результатов измерений и расчетов

Номер измерения i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее значение
N _i , мкР/ч											
ΔN _i , мкР/ч											

Среднее значение мощности экспозиционной дозы естественного фона рассчитывают по формуле

$$\langle N \rangle = (\sum_{i=1}^{10} N_i) / 10.$$

Вычисляется погрешность измерений. Окончательный результат следует представить в форме:

$$N = (\langle N \rangle \pm \Delta N) \text{ мкР/ч.}$$

Погрешность ΔN определяется по обычной методике.

5. Указания по составлению отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть указаны:

- тема лабораторной работы и цель ее выполнения;
- материальное обеспечение, использованное при ее выполнении;
- сведения об основных единицах, которые в настоящее время используются при оценке воздействия ИИ на организм человека, степени загрязнения

окружающей среды и находящихся в ней предметов, допустимые пределы облучения, загрязнения ИИ и радиоактивными веществами;

– назначение, основные технические данные использованных в ходе лабораторной работы дозиметрических приборов;

– оформленные в виде таблицы конечные результаты измерений и расчетов по варианту задания;

– анализ полученных результатов и выводы.

7.5. Меры безопасности

1. Запрещается включать и работать с приборами до полного изучения настоящих методических указаний.

2. При работе с приборами строго руководствоваться методическими рекомендациями по выполнению работы.

3. Запрещается во время работы с прибором вскрывать корпус прибора, проводить самостоятельно какие-либо ремонтные работы.

7.6. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1. Какие ионизирующие излучения измеряются прибором «QUARTEX»?

2. Как оценивается поражающее действие ионизирующих излучений?

3. Какие ИИ представляют для организма человека наибольшую опасность?

4. В каких единицах измерения оценивается степень лучевого поражения организма человека?

5. Как регламентируются дозовые пределы для различных групп населения?

6. Как определяется общий коэффициент ослабления ионизирующих излучений?

7. В каких единицах оценивается биологическое нарушение организма человека при воздействии на него ИИ?

8. Для каких целей введены взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучений, а также к чувствительности органов и тканей человека к ионизирующим излучениям?

9. При какой мощности дозы гамма-излучения должны проводиться ограничительные защитные мероприятия?

10. В каких единицах оценивается степень радиоактивного заражения (загрязнения)?

7.7. Вопросы для самоконтроля готовности к защите лабораторной работы

1. Назвать источники ИИ.

2. Каковы основные принципы радиационной безопасности?

3. Почему ИИ опасны для человека?

4. Что такое эквивалентная и эффективная доза облучения?

5. Какие биологические нарушения возникают в организме человека при остром лучевом поражении?

6. В каких единицах оценивается степень загрязнения радионуклидами воды?

7. Каковы основные режимы измерений прибора «Сосна»?

8. Как проверить исправность и готовность к работе прибора «Сосна»?

9. Какие меры безопасности принимаются во время выполнения данной лабораторной работы?

10. Что такое естественный радиационный фон и его значение для Калининградского региона?

11. Для каких целей в быту может быть использован прибор «Белла»?

12. Какие приборы используются для измерения индивидуальных доз облучения, каковы пределы их измерения?

13. Каким показателем оцениваются защитные свойства веществ и материалов?

14. Назовите основные виды ионизирующих излучений.

ЦИФРОВОЙ ДЕТЕКТОР РАДИАЦИИ «QUARTEX»

1. Цифровой детектор радиации «QUARTEX» (рис. П.7.1.1) предназначен для измерения мощности дозы γ -излучения и зараженности объектов источниками β -частиц. Не требует специальных проб для калибровки.

2. Инструкция по эксплуатации:

а) включите прибор, сдвинув переднюю крышку вниз. При этом на дисплее появляются цифры (при отсутствии индикации проверьте установку батареи). После исчезновения цифр начинается цикл измерения, который длится 30–38 с. При этом под воздействием ИИ на дисплее в левом разряде появляются световые сигналы, частота следования которых пропорциональна мощности излучения. По окончании измерения высвечивается результат измерения в мкР/ч;



Рис. П.7.1.1. Внешний вид прибора и его элементы

б) при необходимости исследования объектов (продуктов питания, почвы, воды, строительных материалов, спецодежды и др.) на загрязненность бета-активными радионуклидами, следует приблизить прибор к объекту стороной жалюзи. Показания, превышающие естественный фон, свидетельствуют о радиационном загрязнении объекта;

в) появление на дисплее символов ЕЕЕ свидетельствует об уровне радиации, превышающем 999 мкР/ч. Это чрезвычайно высокий уровень мощности дозы;

г) закончив измерения, прибор выключить, а для этого сдвинуть его переднюю крышку до упора вверх.

3. Внести результаты измерений в таблицу для записи результатов измерений и расчетов.

ДОЗИМЕТР γ -ИЗЛУЧЕНИЯ ДКГ-03Д «ГРАЧ»

1. Все узлы дозиметра (рис. П.7.2.1) расположены в компактном корпусе из пластмассы. В верхней части лицевой панели находится жидкокристаллический индикатор (далее – индикатор), в средней части расположены органы управления.

2. Принцип работы дозиметра основан на подсчете импульсов, поступающих со счетчика Гейгера-Мюллера. Питание счетчика обеспечивается напряжением 400 В, создаваемым встроенным высоковольтным преобразователем. Обработка полученных данных осуществляется микропроцессором, а результат измерения представляется на индикаторе.



Рис. П.7.2.1. Внешний вид прибора и его элементы

1. Использование прибора

а) Включение/выключение дозиметра.

Включить дозиметр нажатием выключателя, на индикаторе появятся надписи:

– в верхней строке

0,00 $\mu\text{Зв}\cdot\text{ч}^{-1}$;

– в нижней строке значки

*****.

Через 2–3 с в верхней строке появятся показания МАЭД, а в нижней – статистическая погрешность измерения в процентах. Если вышеуказанная надпись сохраняется более 10 с, значит, дозиметр неисправен. Для выключения дозиметра необходимо нажать на выключатель.

б) Выбор режима измерения

Дозиметр одновременно работает в двух режимах:

- измерение МАЭД;
- измерение АЭД.

Значения измеряемой величины отображаются на индикаторе. Для просмотра значений нужной величины необходимо нажать на кнопку «РЕЖИМ».

в) Запуск измерения в любом режиме производится нажатием кнопки «ПУСК». При этом начинается процесс измерения только той величины (МАЭД или АЭД), которая индицируется в момент нажатия кнопки. Идущее одновременно с этим измерение другой величины продолжается.

г) Измерение МАЭД. При измерении МАЭД на индикаторе отображаются:

1) в верхней строке – измеренное значение МАЭД в $Zв \cdot ч^{-1}$, перед размерностью индицируется множитель:

- μ микро (10–6)
- m милли (10–3);

2) в нижней строке – статистическая погрешность измерений в процентах.

Измерения МАЭД в каждой новой точке начинаются после нажатия кнопки «ПУСК». Считывание показаний с индикатора следует производить при достижении необходимой статистической погрешности, индицируемой в нижней строке. Время измерения МАЭД не ограничено. В режиме измерения МАЭД происходит непрерывное уточнение показаний по мере увеличения продолжительности времени измерений, при этом на индикаторе отображается уменьшающееся значение статистической погрешности. **ВНИМАНИЕ!** Дозиметр показывает среднее значение МАЭД за все время измерения.

Поэтому если значение МАЭД изменилось, а перезапуск не осуществлен, то новое значение МАЭД дозиметр будет показывать через очень большой промежуток времени.

Автоматический перезапуск измерений МАЭД: при определении измеряемой МАЭД, превышающей статистический разброс, дозиметр без вмешательства пользователя перезапускает измерение МАЭД. При этом подается короткий звуковой сигнал. **ВНИМАНИЕ!** Такие автоматические перезапуски изредка возможны и при работе дозиметра в постоянном поле излучения. Они вызваны не отказом дозиметра, а статистическими свойствами измеряемой величины.

д) Измерение АЭД. При измерении АЭД на индикаторе отображаются:

1) в верхней строке – надпись «Доза»;

2) в нижней строке – измеренное значение АЭД в Зв, перед размерностью индицируется множитель:

– п пико (10–12);

– н нано (10–9);

– μ микро (10–6);

– m милли (10–3).

е) Включение подсветки индикатора: индикатор дозиметра подсвечивается при нажатой кнопке «СВЕТ».

ж) Включение/выключение звукового сигнала: при регистрации каждого гамма-кванта дозиметр издает щелчок. Для отключения/включения этих звуков следует нажать кнопку «ЗВУК».

ДОЗИМЕТР-РАДИОМЕТР МКС-01СА1М

1. Дозиметр-радиометр МКС-01СА1М (далее прибор) (рис. П.7.3.1) предназначен для измерения амбиентной дозы и мощности амбиентной дозы фотонного (γ - и рентгеновского) излучения (далее – дозы и мощности дозы соответственно), для измерения плотности потока бета-частиц и оценки плотности потока α -частиц от загрязнённых поверхностей.

2. В приборе в качестве детектора излучения применен торцевой газоразрядный счетчик с входным окном из тонкой слюды. Поток фотонов преобразуется детектором в последовательность электрических сигналов. Эти сигналы формируются по длительности и амплитуде, а затем обрабатываются микропроцессорной схемой регистрации, которая обеспечивает автоматическую обработку и усреднение результатов измерений, их индикацию на двухстрочном алфавитно-цифровом жидкокристаллическом дисплее.



Рис. П.7.3.1. Внешний вид прибора и его элементы

3. Органы управления МКС-01СА1М

1 – кнопка Включения/Выключения питания «**POWER**»;

2 – кнопка выбора режимов работы «**MODE**»;

3 – алфавитно-цифровой двухстрочный жидкокристаллический дисплей;

4 – звуковой динамик;

5 – чувствительное входное окно детектора с защитной сеткой;

6 – крышка отсека питания;

7 – передвижной экран. Фиксируется в крайних положениях, соответствующих выбранному режиму работы. В режимах «**БЕТА**» и «**АЛФА**» – детектор открыт (нижнее положение, как показано на рис. 7.3.1), в режиме «**ГАММА**» – детектор закрыт (верхнее положение).

4. Режимы работы прибора и порядок измерения

а) Включение/Выключение питания прибора осуществляется кратковременным нажатием на кнопку «**POWER**». При включении на дисплее в течение 2 с высвечивается наименование прибора «**МКС-01СА1М**» и контактный телефон фирмы-изготовителя «**(499) 198 97 91**». После включения прибор первоначально устанавливается в режим измерения мощности дозы γ – излучения и на дисплее индицируется «**ГАММА**».

б) Переключение режимов работы осуществляется по кругу кратковременными нажатиями (менее 1 с) кнопки «**MODE**» согласно схеме, представленной на рис. П.7.3.2.

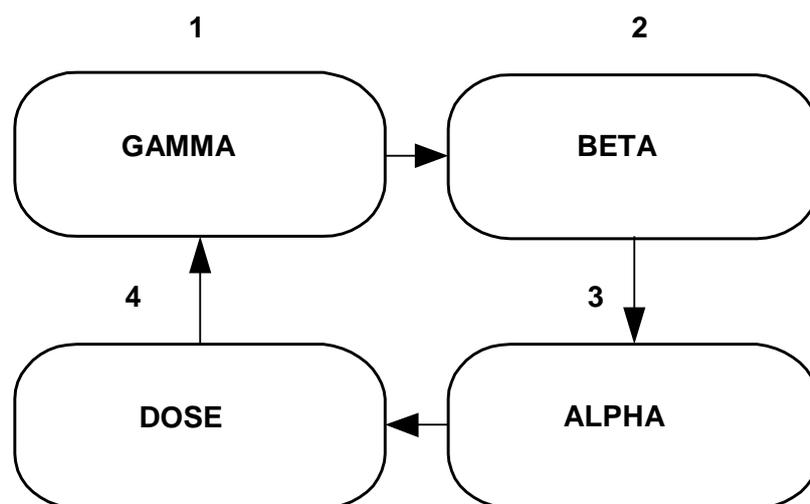


Рис. П.7.3.2. Схема переключения режимов работы прибора:

1. «**ГАММА**» (измерение мощности дозы)
2. «**БЕТА**» (измерение плотности потока бета-частиц)
3. «**АЛФА**» (измерение плотности потока альфа-частиц)
4. «**ДОЗЕ**» (измерение интегральной дозы)

в) Измерение мощности дозы. Для измерения мощности дозы фонового излучения в помещении или на открытой местности необходимо:

– закрыть входное окно детектора, сдвинув экран (см. рис. П.7.3.1) в верхнее положение;

– включить питание прибора (однократно нажать и отпустить кнопку «**POWER**»). После включения прибор первоначально устанавливается в режим измерения мощности дозы (на дисплее индицируется «**GAMMA**»);

– расположить прибор на расстоянии не менее одного метра от поверхности пола (земли) и любых окружающих предметов;

– через 2–3 с на дисплее появится первое усредненное значение мощности дозы естественного радиационного фона и первое значение статистической погрешности, примерно $\pm 90\%$;

– для более точного определения мощности дозы целесообразно зафиксировать показания дисплея через 1–2 мин, при этом статистическая погрешность уменьшится и достигнет величины, близкой к 20 %;

– следует помнить, что каждое резкое изменение положения прибора или резкое изменение интенсивности излучения сопровождается сбросом накопленной информации (обнулением) и процесс измерения возобновляется заново.

г) Измерение дозы. Закрыть входное окно детектора, сдвинув экран (см. рис. П.7.3.1) в верхнее положение. Включить питание прибора (однократно нажать и отпустить кнопку «**POWER**»). Прибор измеряет интегральную дозу гамма-излучения с момента включения прибора только в режимах «**GAMMA**» или «**DOSE**». Дисплей прибора в режиме «**DOSE**» показывает значение накопленной дозы в виде четырех значащих цифр с плавающей запятой и указанием единицы измерения «миллизиверт»: «**X.XXX mSv**».

Прибор сохраняет значение накопленной дозы при его выключении (или при замене элементов питания) в энергонезависимой памяти на срок более пяти лет.

Сброс (обнуление) интегральной дозы осуществляется в подменю установок длительным (более 2 с) двойным нажатием кнопки «**MODE**» при индикации на дисплее «**ERASE DOSE**».

Литература

1. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).
2. Грачев, Н.Н. Защита человека от опасных излучений / Н. Н. Грачев, Л. О. Мырова. – Москва: БИНОМ, 2005. – 317 с.

Лабораторная работа № 8

«Исследование сопротивления заземляющих устройств»

8.1. Цель работы. Формирование умений и навыков измерения удельного сопротивления грунта полевым методом, применение методики расчета сопротивления растеканию тока с заземляющего устройства.

8.2. Задание по лабораторной работе:

- 1) изучить устройство и порядок использования измерителей сопротивления заземлений: МС-08, М-416, Ф4103-М1, ИСЗ 2016;
- 2) произвести измерения удельного электрического сопротивления грунта полевым методом;
- 3) выполнить расчет заземляющего устройства.

8.3. Теоретический материал

В электрическом снабжении береговых предприятий и судов широко применяются трехфазные электрические сети переменного тока. Поражение человека при случайном прикосновении к токоведущим частям электрической сети зависит от схемы прикосновения человека, напряжения сети, схемы самой сети, режима нейтрали, качества изоляции токоведущих частей от земли, емкости токоведущих частей относительно земли и т. д.

Схемы прикосновения человека к сети могут быть различными, однако наиболее характерными являются схемы двухфазного и однофазного прикосновения (см. рис. 8.1)

Во всех случаях напряжение прикладывается к цепи, в которую входит тело человека, обувь, пол или грунт, на котором стоит человек. Та часть напряжения, которая приходится в этой цепи непосредственно на тело человека, называется напряжением прикосновения U_h .

Ток, проходящий через тело человека, равен

$$I_h = \frac{U_h}{R_h}, \quad (8.1)$$

где R_h – сопротивление человека – нелинейная величина, зависящая от многих факторов.

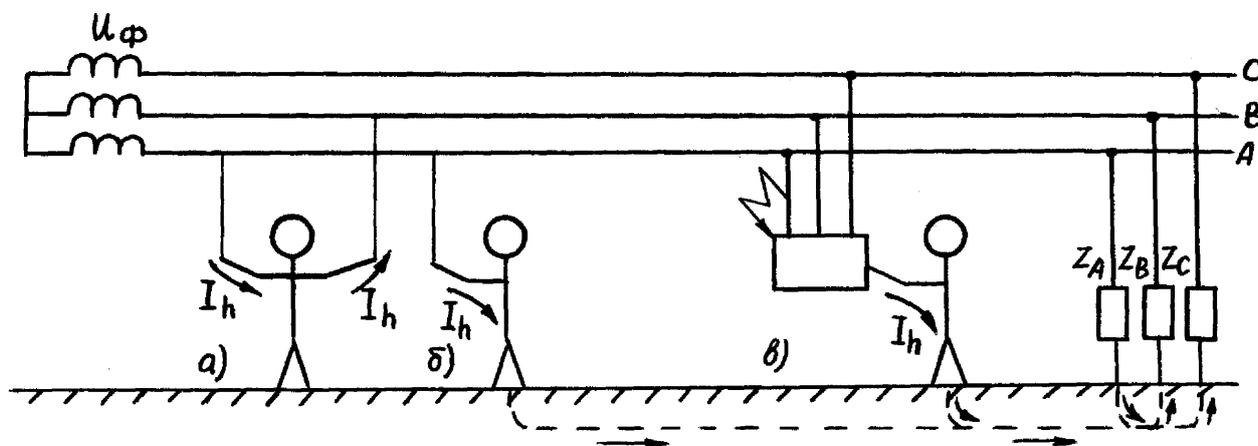


Рис. 8.1. Схема прикосновения человека к токоведущим частям трехфазной сети:
а – двухфазное прикосновение; б, в – однофазное прикосновение;
 Z_A, Z_B, Z_C – полное сопротивление проводов относительно земли

При переменном токе частотой 50 Гц опасной для человека является сила тока более 10 мА.

Наибольшую опасность представляет двухфазное прикосновение, так как в этом случае напряжение прикосновения равно линейному напряжению сети, а ток, проходящий через человека:

$$I_h = \frac{U_{л}}{R_h} = \frac{U_{\phi} \cdot \sqrt{3}}{R_h}, \quad (8.2)$$

где $U_{л}$ – линейное напряжение сети, В;

U_{ϕ} – фазное напряжение сети, В.

Такие случаи прикосновения на практике сравнительно редки, чаще происходит случайное прикосновение человека к одной фазе трехфазной сети. Это может иметь место, например, при прикосновении к нетоковедущим частям электроустановок (корпуса электрооборудования, оболочки кабелей и т.д.), оказавшимся под напряжением в результате повреждения изоляции. В этом случае, если человек стоит на земле, цепь тока замыкается через землю, причем величина тока, проходящего через тело человека, зависит от режима нейтрали

сети, сопротивления изоляции и емкости фаз относительно земли. Нейтраль источника питания трехфазной сети может быть изолированной и глухозаземленной.

Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная через аппараты, компенсирующие емкости сети, трансформаторы напряжения и другие аппараты, имеющие большое сопротивление. Такие сети обычно применяются на судах.

Сеть с глухозаземленной нейтралью характеризуется тем, что точка источника питания соединена с землей через малое сопротивление R_0 .

Схемы однофазного прикосновения к токоведущим частям приведены на рис. 8.2.

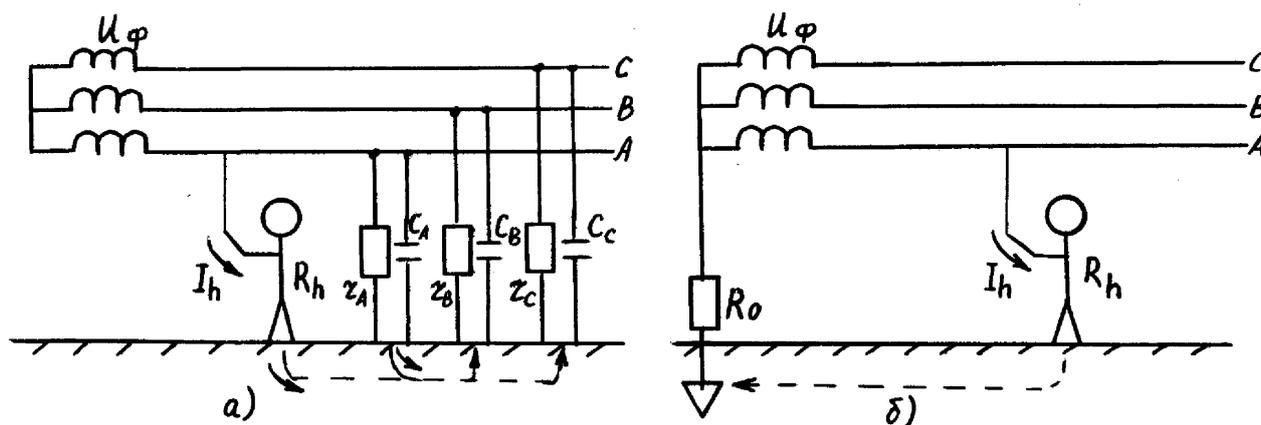


Рис. 8.2. Однофазное включение человека в сеть:
а – с изолированной нейтралью; б – с глухозаземленной нейтралью

В сетях с изолированной нейтралью цепь тока, протекающего через человека, касающегося фазы, включает сопротивления изоляции и емкости фаз относительно земли (рис. 8.2, а). На каждом участке длины кабеля изоляция имеет конечное активное сопротивление r и каждый участок кабеля вместе с землей образует емкость C , которые распределены по всей длине провода. При расчете установившегося тока через тело человека эти распределения проводимости и емкости принимают сосредоточенными.

В общем случае сопротивление изоляции и емкость фаз относительно земли несимметричны: $r_A \neq r_B \neq r_C$ и $C_A \neq C_B \neq C_C$. При равенстве сопротивлений изоляции и емкостей фаз относительно земли, т.е. $r_A = r_B = r_C = r$ и $C_A = C_B = C_C = C$, ток, проходящий через тело человека, случайно прикоснувшегося к фазе А при нормальном режиме работы, равен

$$I_h = \frac{U}{\frac{R_h}{\beta} + \frac{Z}{3}}, \quad (8.3)$$

где $\beta < 1$ – коэффициент, учитывающий падение напряжения в дополнительных сопротивлениях (обувь, пол и т. д.);

Z – полное сопротивление фаз относительно земли. Оно уменьшается с увеличением протяженности сети.

Для обеспечения безопасности сеть с изолированной нейтралью должна иметь высокое сопротивление. В соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ) сопротивление изоляции на каждом участке между двумя последовательно установленными предохранителями или за последним предохранителем в сетях напряжением до 1000 В должно быть не ниже 0,5 МОм на фазу. Для судовых электрических сетей нормы сопротивления изоляции рассчитываются в соответствии с ГОСТ 5.6016 «Методика расчета норм сопротивления изоляции судовых электрических сетей» в зависимости от количества электротехнических изделий, имеющих между собой электрическую связь во время измерения.

В процессе эксплуатации под действием влаги, едких паров, пыли и других факторов сопротивление изоляции снижается. Ее состояние должно периодически контролироваться, например, с помощью мегаомметра. Для судовых сетей снижение сопротивления изоляции ниже 0,75 нормы не допускается.

При аварийном режиме работы электрической сети, когда возникает глухое замыкание одной фазы на землю через малое активное сопротивление R_3 , токоведущие части, которых может касаться человек в процессе работы, оказываются под напряжением, а напряжение исправных фаз относительно земли возрастает до линейного (рис. 8.3).

В этом случае ток, проходящий через тело человека при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением, равен

$$I_h = \frac{I_3 \cdot R_3}{R_h} \cdot \beta, \quad (8.4)$$

где I_3 – сила тока однофазного замыкания на землю.

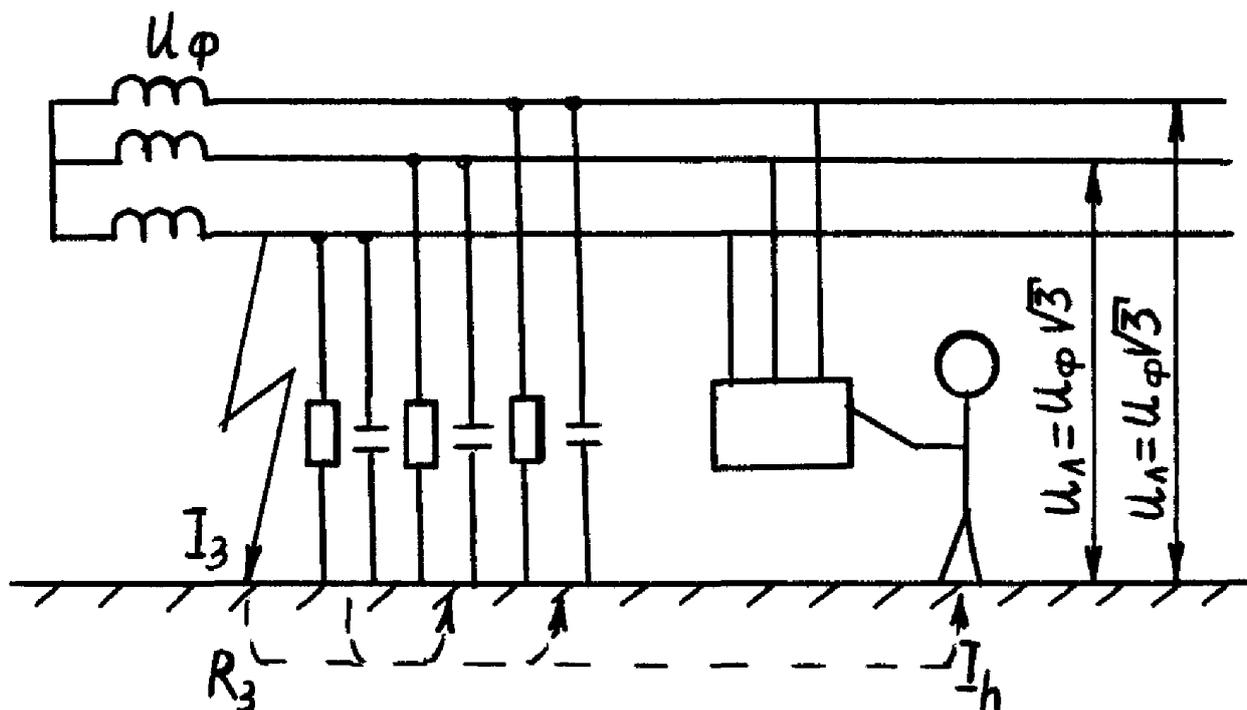


Рис. 8.3. Глухое замыкание фазы на землю в сети с изолированной нейтралью

В разветвленных городских сетях электроснабжение выполняют с заземленной нейтралью (рис. 8.2, б). Сопротивление заземления нейтрали должно быть не более 2, 4 и 8 Ом при линейном напряжении 660, 380 и 220 В соответственно.

Для снижения опасности поражения человека током в случае его прикосновения к токоведущим частям, случайно оказавшимся под напряжением, применяют защитное заземление, зануление и другие средства защиты по ГОСТ 12.1.009 [1] и ГОСТ 12.1.030 [2].

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые мо-

гут оказаться под напряжением. Такими частями могут быть корпуса электрических машин, трансформаторов, каркасы распределительных щитов, металлические оболочки кабелей и др.

В электроустановках переменного тока напряжением до 1000 В в сети с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока допустимое сопротивление заземляющего устройства $R_{з доп}$ не должно превышать 4 Ом, при суммарной мощности источника питания (трансформаторов, генераторов) не более 100 кВ·А $R_{з доп} \leq 10$ Ом.

На судах в соответствии с правилами Регистра защитное заземление на корпус судна должно выполняться медной проволокой с площадью сечения равной (0,5...1) от сечения жилы подводящего кабеля.

Защитное действие заземления состоит в том, что оно перераспределяет ток замыкания между заземляющим устройством и человеком (рис. 8.4). При этом сила тока замыкания на землю из-за малой величины сопротивления защитного заземления ($R_з = 4$ Ом) по сравнению с сопротивлением тела человека ($R_h = 1000$ Ом) существенно превышает силу тока, проходящего через человека.

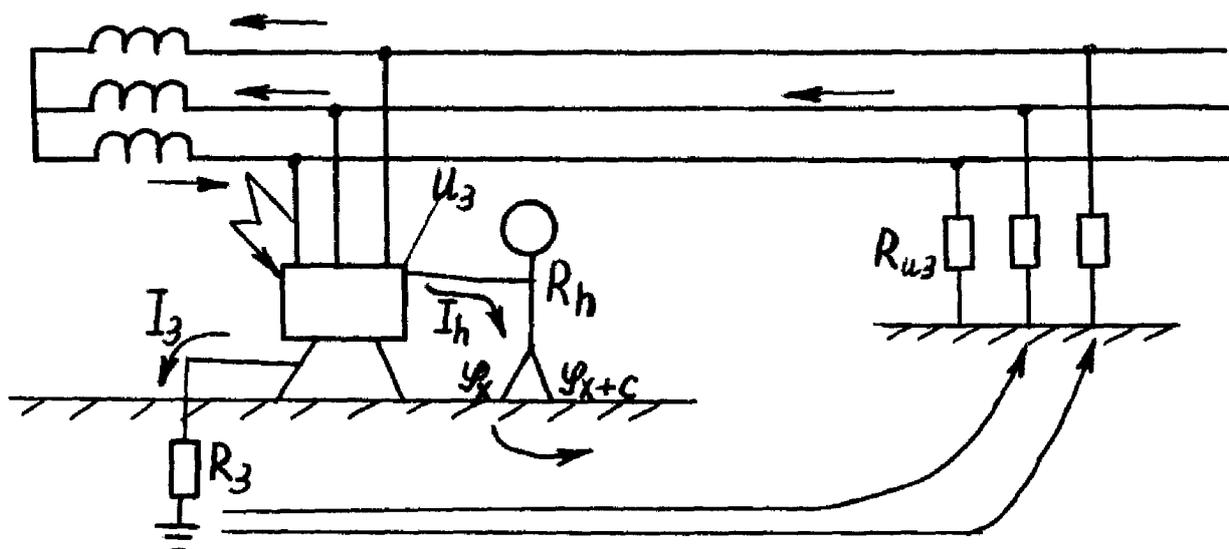


Рис. 8.4. Схема прикосновения человека к корпусу заземленного оборудования, оказавшегося под напряжением в результате пробоя фазы

Защитное заземление эффективно, если ток замыкания на землю I_3 не увеличивается с уменьшением сопротивления замыкания R_3 , т. е. только для сетей с изолированной нейтралью. Ток глухого замыкания на землю здесь определяется проводимостью изоляции исправных фаз. В сетях с заземленной нейтралью защитное заземление менее эффективно, так как из-за малого сопротивления нейтрали R_0 ток I_3 резко возрастает. Лишь в сетях с напряжением выше 1000 В защитное заземление находит применение, потому что здесь замыкание на землю является коротким замыканием, приводящим к срабатыванию максимальной токовой защиты.

Для обеспечения безопасности эксплуатации сетей с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В в них применяется зануление, т. е. преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением, с многократно заземленным нулевым проводом.

Повторное заземление нулевого провода выполняется с целью резервирования в случае его обрыва, а также для снижения напряжения на корпусе в момент пробоя фазы. Зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание, в результате которого срабатывает максимальная токовая защита. Согласно ПУЭ ток однофазного короткого замыкания должен превышать не менее чем в три раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя или ток срабатывания расцепителя автоматического выключения с обратозависимой от тока характеристикой.

Защитное заземление выполняют:

- во всех случаях при переменном номинальном напряжении 380 В и выше и постоянном напряжении 440 В и выше;
- при номинальном переменном напряжении от 42 до 380 В и постоянном – от 110 до 440 В в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных, в наружных установках.

Заземляют либо корпуса электрооборудования в сетях с изолированной нейтралью, либо нейтраль в сетях с глухозаземленной нейтралью, соединяя их проводником с заземлителем (рис. 8.5).

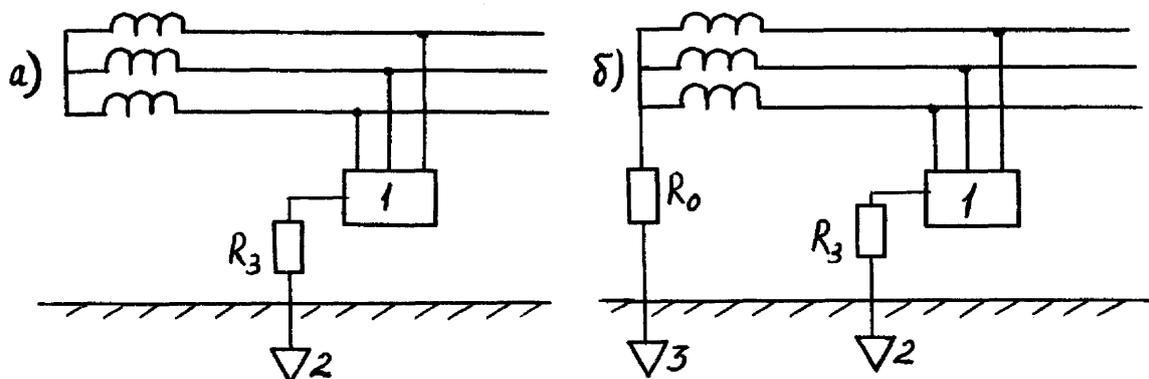


Рис. 8.5. Принципиальная схема защитного заземления:
 а – в сети с изолированной нейтралью до 1000 В и выше; б – в сети с заземленной нейтралью выше 1000 В; 1 – заземляемое оборудование; 2 – заземлитель защитного заземления; 3 – заземлитель рабочего заземления (заземления нейтрали источника тока)

Заземляющее устройство – это совокупность конструктивно объединенных заземляющих проводников и заземлителя. Заземлителем называются одиночные или объединенные в группу металлические проводники электрического тока (электроды), находящиеся в грунте и имеющие с ним электрический контакт. Различают естественные и искусственные заземлители. Естественные заземлители – это металлические заглубленные конструкции (за исключением трубопроводов для горючих жидкостей и газов) или арматура железобетонных конструкций, фундаментов зданий. Искусственные заземлители предназначены только для заземления, в качестве них используют: вертикальные электроды – стержни диаметром до 20 мм, уголки, стальные трубы длиной 2 – 5 м и с толщиной стенок 3,5 мм и более, ввертываемые или забиваемые вертикально в землю; горизонтальные полосы – стальные полосы и стержни, укладываемые горизонтально в траншее на глубину 0,5 – 0,7 м. Ток, стекая с электрода в землю, растекается по значительному ее объему. Пространство вокруг электрода, в котором наблюдается растекание тока замыкания, представляет собой поле рас-

текания. Растекание тока в грунте зависит от размеров заземлителя, площади его контакта с грунтом, свойств грунта, его удельного сопротивления ρ (Ом·м), которое всегда больше сопротивления заземлителя. Потенциал на поверхности земли вокруг электрода уменьшается от максимального $\varphi_{\max} = I_3 \cdot R_3$ непосредственно у электрода до 0 на значительном удалении от него (для практических целей применяют расстояние 20 м от заземлителя).

Если человек, находясь на расстоянии X от заземлителя, прикоснется к заземленному оборудованию, оказавшемуся под напряжением (рис. 8.6), напряжение прикосновения будет равно:

$$U_h = (U_3 - \varphi_x) \beta = (\varphi_{\max} - \varphi_x) \beta = \varphi_{\max} \alpha \beta = I_3 R_3 \alpha \beta, \quad (8.5)$$

где $\alpha = (\varphi_{\max} - \varphi_x) / \varphi_{\max}$ – коэффициент напряжения прикосновения, зависящий от конструкции заземлителя и места нахождения человека.

Напряжение прикосновения по мере удаления от места заземления возрастает.

Напряжение между двумя точками цепи тока, на которых одновременно стоит человек и находящимися одна от другой на расстоянии шага, называется шаговым напряжением.

Человек, находясь в поле растекания тока заземлителя, может оказаться под напряжением шага (рис. 8.6):

$$U_{\text{ш}} = (\varphi_x - \varphi_{x+c}) \beta = I_3 R_3 \alpha_1 \beta, \quad (8.6)$$

где α_1 – коэффициент напряжения шага, учитывающий форму кривой уменьшения потенциала по мере удаления от заземлителя.

Ток, протекающий через тело человека, прикоснувшегося к заземленному оборудованию, равен

$$I_h = \frac{U_h}{R_h} = I_3 \frac{R_3}{R_h} \cdot \alpha \cdot \beta. \quad (8.7)$$

Он снижается с уменьшением сопротивления заземления и коэффициента напряжения прикосновения α .

Правильно рассчитанное защитное заземление должно иметь не только малое сопротивление растеканию тока на землю, но и снижать до допустимых величин напряжение прикосновения U_h и напряжение шага $U_{ш}$, т. е.

$$U_h \leq U_{h \text{ доп}}; U_{ш} \leq U_{ш \text{ доп}}; \quad (8.8)$$

где $U_{h \text{ доп}}$, $U_{ш \text{ доп}}$ – предельно допустимые значения напряжений прикосновения и шага.

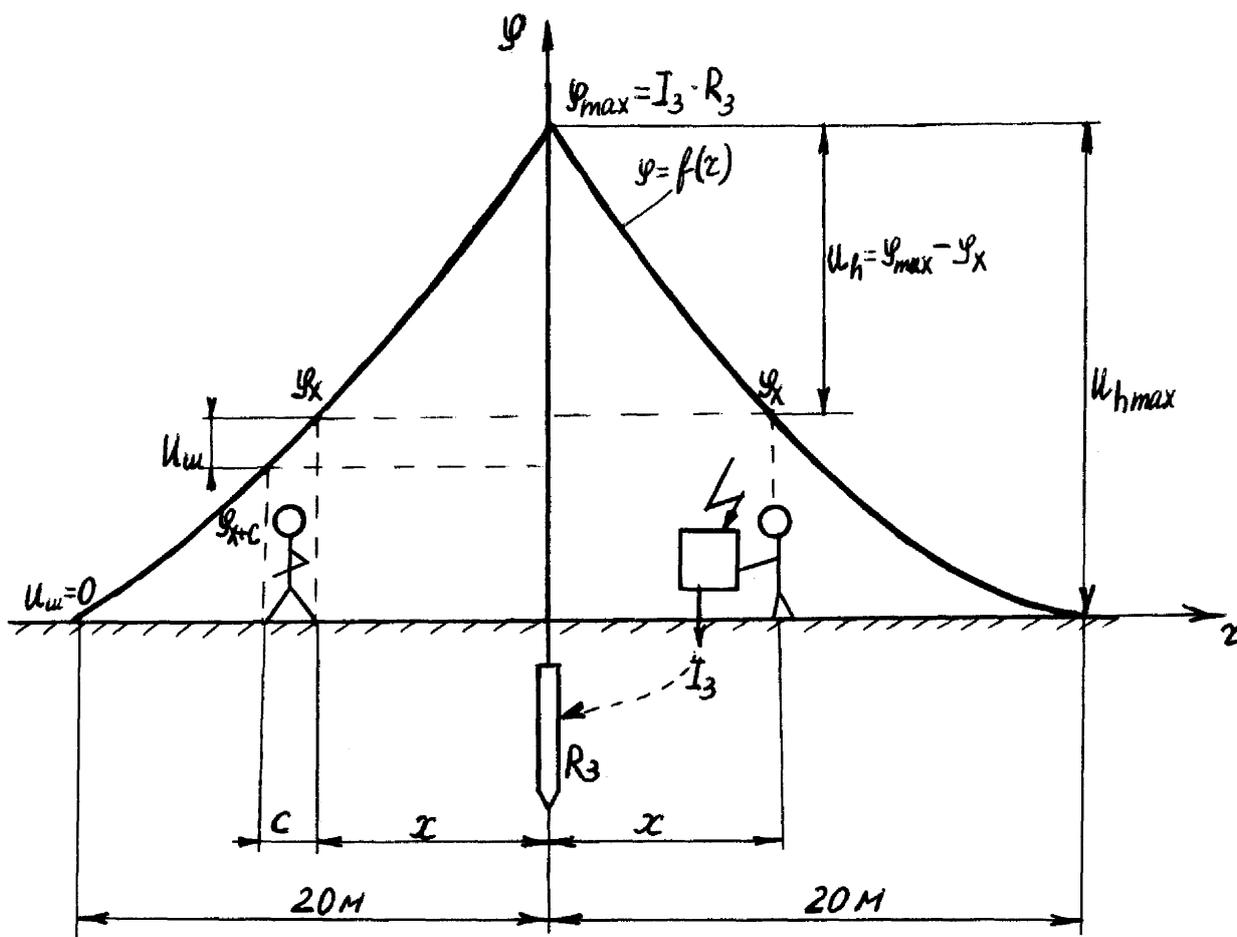


Рис. 8.6. Растекание тока в грунте вокруг заземлителя

Расчет сопротивления растеканию тока с заземлителями разных типов проводится в следующей последовательности:

1) Определяют удельное сопротивление грунта ρ по справочным таблицам в зависимости от вида грунта, глубины заложения заземлителя, климатических условий (см. табл. 8.1) либо измеряют его. В последнем случае для обеспечения нормативного сопротивления заземляющего устройства в наихудших ус-

ловиях вымывания или промерзания грунта в формулы необходимо подставить расчетное значение $\rho_{\text{расч}}$:

$$\rho_{\text{расч}} = \psi \cdot \rho_{\text{изм}}, \quad (8.9)$$

где $\rho_{\text{изм}}$ – измеренное удельное сопротивление грунта;

ψ – климатический коэффициент (см. табл. 8.2).

Таблица 8.1

Приближенные значения удельных электрических сопротивлений грунтов

Грунт	Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	
	пределы колебаний	при влажности 10–12% к массе грунта
Песок	400 – 700	700
Супесь	150 – 400	300
Суглинок	40 – 150	100
Глина	8 – 70	40
Чернозем	9 – 530	200

Таблица 8.2

Значения расчетных климатических коэффициентов сопротивления грунта

Характер грунта	Глубина заложения заземлителя, м	Ψ_1	Ψ_2	Ψ_3
Суглинок	0,8 – 3,9	2,0	1,5	1,4
Садовая земля до глубины 0,6 м, ниже слой глины	0 – 3	–	1,3	1,2
Песок	0 – 2	2,4	1,6	1,2
Глина	0 – 2	2,4	1,4	1,2

Примечание. Значениями коэффициента Ψ_1 пользуются в случае, если сопротивление грунта измерялось при большой влажности; Ψ_2 – при средней влажности; Ψ_3 – при сухом грунте.

2) Определяют сопротивление одиночного заземлителя R_o . Для одиночного трубчатого или стержневого заземлителя, заглубленного вертикально в грунт на расстояние от поверхности грунта $t_0 \geq 0,5$, имеем

$$R_o = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \text{ Ом}, \quad (8.10)$$

где $t = t_0 + \frac{1}{2}l$ – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м;

l – длина заземлителя, м;

d – ширина заземлителя, м.

3) Находят сопротивление горизонтальной соединительной полосы R_n .

$$R_n = \frac{\rho}{4\pi l_{пол}} \cdot \ln \frac{4l_{пол}^2}{b_{пол} \cdot t_0}, \text{ Ом} \quad (8.11)$$

где $l_{пол}$ – длина полосы, м;

$b_{пол}$ – ширина полосы.

Длина полос при размещении заземлителей в ряд $l_{пол} = L(n - 1)$, м, при размещении по контуру $l_{пол} = L \cdot n$, где L – расстояние между заземлителями; n – количество заземлителей.

4) Определяют сопротивление группового заземлителя $R_{гр}$, т. е. заземлителя, состоящего из нескольких параллельно соединенных с помощью полос одиночных заземлителей. При одинаковых размерах заземлителей, если расстояние между ними более 40 м, сопротивление группового заземлителя без учета влияния соединительной полосы равно

$$R_{гр} = \frac{R_0}{n}. \quad (8.12)$$

Если расстояние между электродами менее 40 м, поля растекания токов как бы накладываются одно на другое, а потенциальные кривые взаимно пересекаются и, складываясь, образуют суммарную потенциальную кривую. Плотность тока на общих участках повышается, что приводит к увеличению сопротивления растеканию тока. Поэтому действительное сопротивление группового заземлителя $R_{гр д}$ без учета влияния соединительной полосы равно

$$R_{гр д} = \frac{R_0}{n \cdot \eta_B}, \quad (8.13)$$

где η_B – коэффициент использования группового заземлителя или коэффициент экранирования (см. табл. 8.3).

5) Определяют действительное сопротивление соединительных полос $R_{спд}$

$$R_{спд} = \frac{R_{п}}{\eta_r}, \quad (8.14)$$

где η_r – коэффициент использования горизонтальной соединительной полосы (см. табл. 8.4) и вертикальных заземлителей.

Таблица 8.3

Коэффициент использования η_v вертикальных стержневых заземлителей без учета влияния полосы связи

Число заземлителей	Отношение расстояний между заземлителями к их длине a/l					
	1	2	3	1	2	3
	Заземлители размещены в ряд			Заземлители размещены по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	–	–	–
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	–	–	–	0,41	0,58	0,66
60	–	–	–	0,39	0,55	0,64
100	–	–	–	0,36	0,52	0,62

Таблица 8.4

Коэффициент использования η_r горизонтального полосового заземлителя, соединяющего вертикальные стержневые заземлители

Число заземлителей	Отношение расстояний между заземлителями к их длине a/l					
	1	2	3	1	2	3
	Стержневые заземлители размещены в ряд			Стержневые заземлители размещены по контуру		
2	0,85	0,94	0,96	–	–	–
4	0,77	0,84	0,92	0,45	0,55	0,70
6	0,72	0,80	0,88	0,40	0,48	0,64
10	0,62	0,75	0,82	0,34	0,40	0,56
20	0,42	0,56	0,68	0,27	0,32	0,45
40	–	–	–	0,22	0,29	0,39
60	–	–	–	0,20	0,27	0,36
100	–	–	–	0,19	0,23	0,33

б) Общее сопротивление заземления, выполненного из стержневых заземлителей, объединенных соединительными полосами, равно

$$R_3 = \frac{R_{\text{грд}} \cdot R_{\text{сп д}}}{R_{\text{грд}} + R_{\text{сп д}}} \quad (8.15)$$

Сопротивление заземления измеряют не реже одного раза в год в периоды наименьшей проводимости: летом при наибольшем просыхании грунта или зимой при наибольшем промерзании грунта, а также при перестановке оборудования и ремонте заземлителей. Если измерение покажет, что сопротивление заземляющего устройства R_3 возросло, его следует привести в соответствие с нормой путем, в частности, увеличения числа заземлителей.

Для измерения сопротивления растеканию тока с заземления применяют измеритель заземления МС-08, измеритель сопротивления заземлений Ф 4103-М1 или другие приборы. Для выполнения измерений необходимо иметь два вспомогательных электрода длиной $l \approx 0,8$ м, которые изготавливают обычно из круглой стали диаметром 15 – 20 мм.

Один из электродов – зонд 3 должен забиваться в грунт на расстоянии не менее 20 м от исследуемого заземлителя, а второй электрод – вспомогательный заземлитель В – на расстоянии не менее 10 м за зондом (рис. 8.7).

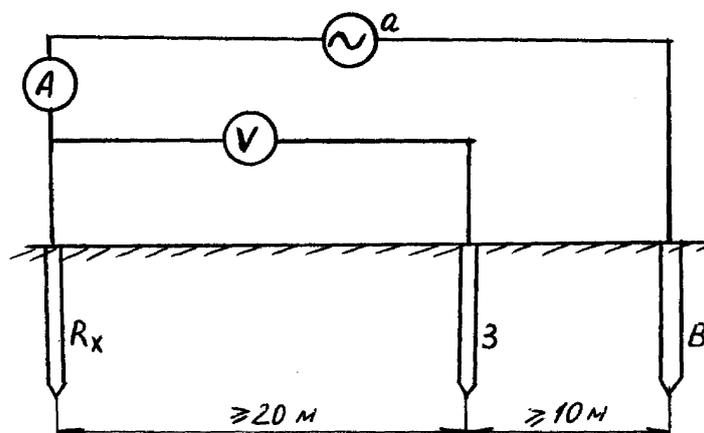


Рис. 8.7. Принципиальная схема измерения сопротивления заземления по методу амперметра и вольтметра:
а – источник электроэнергии; А – амперметр; V – вольтметр; R_x – измеряемое сопротивление заземления; 3 – зонд; В – вспомогательный заземлитель

Принципиальные схемы измерения сопротивления заземления по методу амперметра-вольтметра и по компенсационному методу показаны на рис. 8.7 и 8.8.

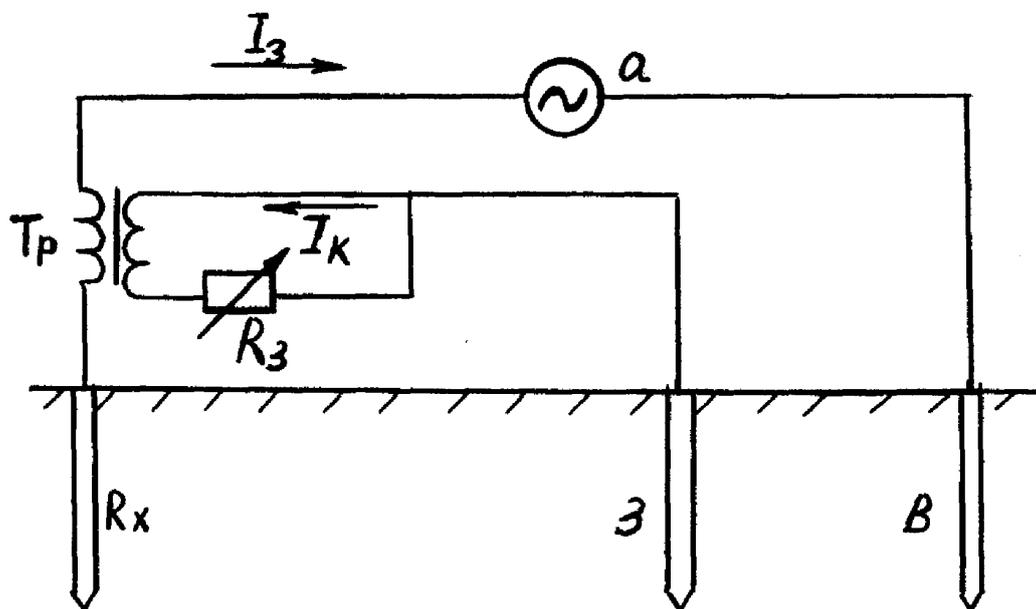


Рис. 8.8. Принципиальная схема измерения сопротивления заземления по компенсационному методу:
I_к – компенсирующий ток; I_з – ток в измерительной цепи; Tr – трансформатор

8.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчета

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

2. Перед началом работы изучите полностью настоящие методические указания. Обратите внимание на особенности приборов МС-08, М-416, Ф4103-М1 и порядок работы с ними. Ознакомьтесь с мерами безопасности при работе с приборами. Для записи результатов эксперимента подготовьте необходимые таблицы. Форма их приведена ниже. Получите у преподавателя задание на выполнение работы. В ходе лабораторной работы измеряется удельное сопротивление грунта на различной глубине от поверхности земли. Полученные значения удельных сопротивлений используются при расчете заземляющих устройств, варианты которых указаны ниже.

В работе используются измерители сопротивления заземлений МС-08, М-416, Ф4103-М1 или иные приборы (по указанию преподавателя).

В приборе МС-08 использован метод амперметра и вольтметра (рис. 8.7, 8.9). Источником электроэнергии в этом приборе является встроенный генератор постоянного тока, приводимый в действие вручную через редуктор рукояткой 2 (см. рис. 8.9). Прибор имеет три предела измерений: 0–1000, 0–100 и 0–10 Ом. Для перехода с одного предела на другой служит переключатель 3 с положениями «х1», «х0,1», «х0,01» – см. рис. 8.9, предусмотрены четыре зажима 4: два токовых I_1 и I_2 , два потенциальных E_1 и E_2 , которые используются в ходе измерений.

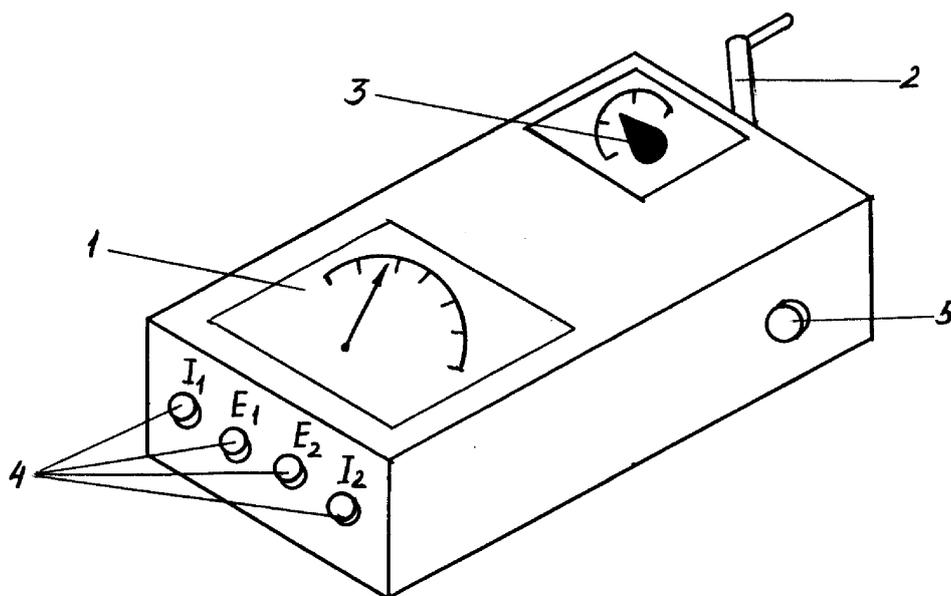


Рис. 8.9. Измеритель заземления типа МС-08:

1 – показывающий прибор; 2 – рукоятка генератора; 3 – переключатель режимов работы прибора; 4 – зажимы; 5 – головка реостата

Прибор М-416 основан на компенсационном методе измерения сопротивления растеканию тока с заземления, который заключается в уравнивании напряжения равным по величине и противоположным по направлению падением напряжения на известном сопротивлении (см. рис. 8.8, 8.10). Источником питания прибора служат три соединенных последовательно элемента напряже-

нием 1,5 В каждый. Измерительное устройство прибора снабжено индикатором А. Прибор имеет 4 диапазона измерений: 0,1 – 10; 0,5 – 50; 2 – 200; 10 – 1000 Ом. Для перехода с одного диапазона на другой используется переключатель В. Для подключения элементов системы измерения имеются четыре зажима С, обозначенных цифрами 1, 2, 3, 4. Питание прибора включается кнопкой Д, а ручка Е «Реохорд» служит для регулировки калиброванного сопротивления – см. рис. 8.10.

Измеритель сопротивления заземлений Ф4103-М1, как и МС-08, М-416, предназначен для определения сопротивления заземляющих устройств любых геометрических размеров, а также удельного сопротивления грунтов. Электропитание измерителя осуществляется от девяти встроенных элементов 373 или от внешнего источника постоянного тока напряжением от 11,5 до 15 В. Для подключения измеряемого сопротивления R_x , вспомогательного заземлителя В и зонда З (рис. 8.11) на приборе имеется четыре зажима, обозначенных Т1, П1, П2, Т2. Для грубых измерений зажимы Т1, П1 соединяются перемычкой и к ним присоединяют измеряемый объект. К зажиму П2 присоединяют зонд, а к зажиму Т2 – вспомогательный заземлитель.

3. Последовательность выполнения работы

1) Получите от преподавателя или лаборанта измерительный прибор, принадлежности. Изучите инструкцию по порядку работы с прибором.

2) Измерьте с помощью прибора МС-08 удельное сопротивление грунта.

С этой целью установите прибор на ровной поверхности. К зажимам I_1 , E_1 подключите дополнительный заземлитель, который входит в состав принадлежностей и размещается на расстоянии 20 м от зонда – см. рис. 8.7. Проведите замер сопротивления грунта. Поставьте ручку переключателя 3 в положение «Измерение 2 «х1», т.е. на предел 1000 Ом; вращая ручку генератора 2 со скоростью около 135 об/мин, произведите замер удельного сопротивления грунта. При незначительном отклонении стрелки прибора перейдите на шкалу 100 Ом,

переключив ручку 3 в положение «х0,1», и замер повторите. Если и на этом диапазоне отклонение стрелки прибора незначительно, перейдите на шкалу 10 Ом, переключите ручку 3 в положение «х0,01» и снова повторите замер. Результат впишите в табл. 8.5. Переключатель верните в положение «х1».

Если при измерении проявляется влияние блуждающих переменных токов (в виде колебания стрелки), то необходимо изменить число оборотов рукоятки генератора в ту или иную сторону, добиваясь спокойного и уверенного отклонения стрелки, соответствующего измеряемой величине. При этом число оборотов в минуту должно составлять 90 – 150.

Верните прибор в исходное положение.

3) Измерьте с помощью прибора М-416 удельное электрическое сопротивление грунта. С этой целью установите прибор на ровной поверхности, откройте крышку. Проконтролируйте питание прибора, т.е. установите переключатель В (см. рис. 8.10) в положение «Контроль 5 Ом», нажмите кнопку Д и вращением ручки Е «Реохорд» добейтесь установления стрелки индикатора А на нулевую отметку. На шкале реохорда Е при этом должно быть показано $5 \pm 0,35$ Ом; присоедините провод от дополнительного заземлителя к зажимам 1, 2, замкнутым перемычкой; к зажиму 3 присоедините зонд 3, а к зажиму 4 – вспомогательный заземлитель В (см. рис. 8.8). Переключатель В установите в положение «х1»; нажмите кнопку Д, вращая ручку Е «Реохорд», добейтесь максимального приближения стрелки индикатора А к нулю. Результат измерения равен произведению показания шкалы реохорда на множитель у переключателя В. Результат запишите в табл. 8.5; если измеряемое сопротивление окажется больше 10 Ом, переключатель В установите в положение «х5», «х20» или «х100» и повторите указанные выше операции. Верните прибор в исходное положение.

4) Измерьте удельное электрическое сопротивление грунта с помощью прибора Ф4103-М1. Установите расстояние между вспомогательными электродами а (см. рис. 8.12) – 0,5 м.

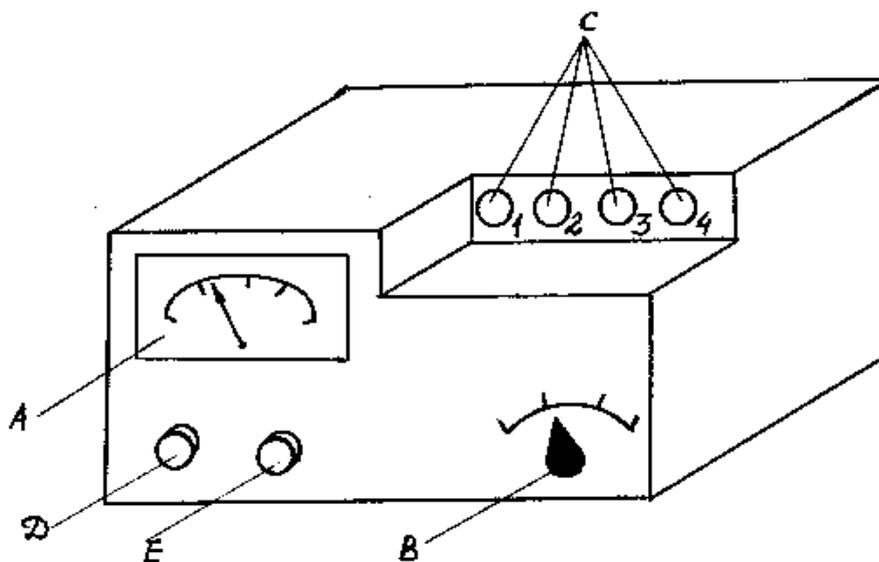


Рис. 8.10. Измеритель заземления типа М-416:
 А – показывающий прибор; В – переключатель диапазонов;
 С – зажимы; D – кнопка питания; Е – ручка реохорда

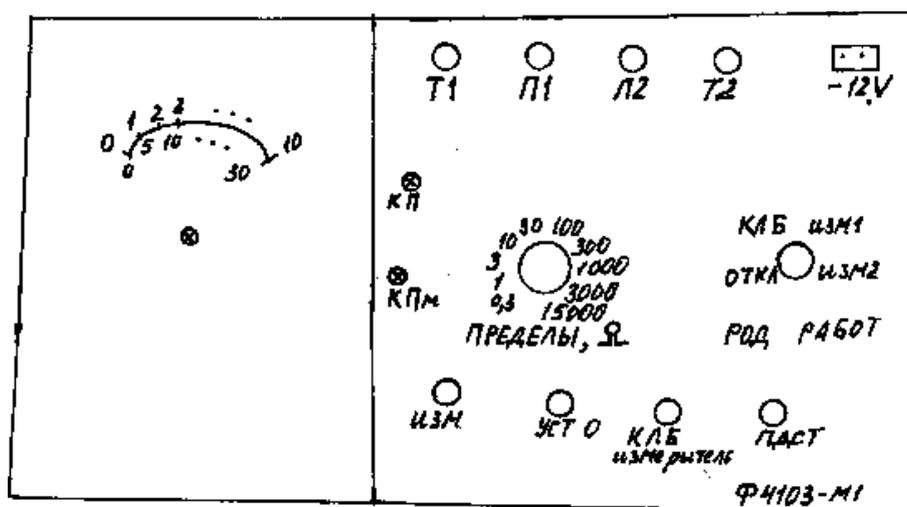


Рис. 8.11. Измеритель сопротивления заземления типа Ф4103-М1

Работы выполняются во дворе учебного корпуса.

Далее:

А) проверить напряжение источника питания. Для этого закоротить с помощью перемычек зажимы Т1, П1, П2, Т2, установить переключатели в положение КЛБ и «0,3», а ручку КЛБ – в крайнее правое положение. Нажать кнопку ИЗМ. Если при этом лампа КП не загорается, напряжение питания в норме (см. рис. 8.11);

Б) проверить работоспособность измерителя. Для этого в положении КЛБ переключателя установить ноль ручкой УСТ 0, нажать кнопку ИЗМ, ручкой КЛБ установить стрелку на отметку «30». Не забывайте устанавливать переключатель в положение ОТКЛ после окончания работ для предотвращения разряда внутреннего источника питания;

В) к зажимам Т1, П1, П2, Т2 с помощью соединительных проводов подключите вспомогательные четыре заземлителя, отсоедините перемычку между зажимами П2, Т2;

Г) установить необходимый диапазон измерений (30). Перевести переключатель РОД РАБОТ в положение ИЗМ2 и отсчитать значение сопротивления. Если стрелка под воздействием помех совершает колебательные движения, устранить их вращением ручки ПДСТ;

Д) при необходимости перейти на другой диапазон измерения, переключить ПРЕДЕЛЫ Ω в необходимое положение. Установить ноль и откалибровать измеритель по п. Б. Затем перевести переключатель РОД РАБОТ в положение ИЗМ2 и отсчитать значение сопротивления. Например, если стрелка показывает 5, а ПРЕДЕЛЫ установлены на отметке 1000, то сопротивление составит 500 Ом. Данные запишите в табл. 8.5. Установите расстояние между электродами $a = 2,0$ м, затем 3,0 м и повторите измерения. Все данные заносятся в табл. 8.5.

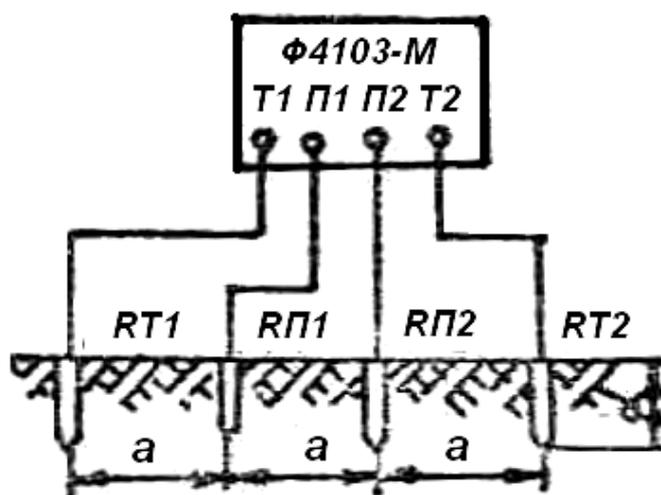


Рис. 8.12. Схема измерения прибором Ф4103-М1

Таблица 8.5

К определению расчетного удельного сопротивления грунта ρ , Ом·м

Тип прибора	Показания прибора, Ом		$\rho_{изм}$, Ом·м (по формуле (8.16) или (8.17))	ψ (по табл. 8.2 с учетом климатических условий)	$\rho_{расч} = \rho_{изм} \cdot \psi$, Ом·м
МС-08					
М-416					
Ф 4103-М1	а = 0,5 м				
	а = 2,0 м				
	а = 3,0 м				
ИСЗ-2016	а = 0,5 м				
	а = 2,0 м				
	а = 3,0 м				

4. Рассчитайте по результатам замера при использовании приборов МС-08 и М-416 удельное сопротивление грунта $\rho_{изм}$:

$$\rho_{изм} = R \frac{2\pi l}{\ln(4l/d)}, \quad (8.16)$$

где R – показания приборов, Ом;

l – длина дополнительного заземлителя, м;

d – диаметр дополнительного заземлителя, м.

Дополнительный заземлитель, использованный при измерении удельного сопротивления, имеет следующие размеры:

$$d = 0,02 \text{ м}, l = 1,0 \text{ м}.$$

При использовании приборов Ф4103-М1 и ИСЗ-2016 расчет удельного сопротивления грунта выполняют по формуле

$$\rho_{изм} = 2\pi R a, \quad (8.17)$$

где a – расстояние между заземлителями. Результаты расчета приведите в табл. 8.5.

Воспользовавшись приведенными выше формулами (8.10) – (8.15) и определенным экспериментально значением удельного сопротивления грунта $\rho_{расч}$ (см. табл. 8.5), рассчитайте сопротивление растеканию тока с конструк-

ции заземления для заданного вам из табл. 8.6 варианта конструкции заземления.

Таблица 8.6

Варианты заданий по лабораторной работе

Номер варианта	Кол-во вертикальных заземлителей n	Размещение заземлителей	Расстояние между заземлителями L, м	Размеры вертикальных заземлителей			Заглубление $t_0, \text{м}$
				$l, \text{м}$	$d \cdot 10^{-3}, \text{м}$	ширина соединительной полосы $b_{\text{пол}} \cdot 10^{-3}, \text{м}$	
1	2	В ряд	5,0	2,0	20	4	0,5
2	4	В ряд	7,0	3,5	15	4	0,8
3	4	По контуру в углах квадрата	8,0	3,0	12	5	0,5
4	8	По контуру в углах квадрата и в середине каждой стороны	4,0	2,5	15	5	0,6
5	20	В ряд	6,0	2,0	18	6	0,7
6	4	В ряд	9,0	3,0	20	5	0,8
7	4	По контуру в углах квадрата	3,0	2,0	18	4	0,7

5. Указания по подготовке отчета

Отчет готовится индивидуально каждым студентом и должен содержать:

- цель работы;
- заполненную таблицу результатов опытов, форма которой должна соответствовать табл. 8.5;
- расчеты по формулам (8.10) – (8.15) сопротивления растеканию тока заземления для заданного варианта;
- основные выводы по проделанной работе, соответствует ли рассчитанное значение сопротивления растеканию тока с заземлителя требованиям

ГОСТ 12.1.030 с рекомендациями при необходимости по снижению сопротивления растеканию тока с защитного заземления.

8.5. Меры безопасности

При работе с прибором МС-08 необходимо иметь в виду, что напряжение на клеммах может составлять 140 – 150 В. Такое напряжение опасно для жизни человека. В связи с этим прикасаться к клеммам при вращении ручки генератора категорически запрещено.

Во избежание порчи прибора МС-08 нельзя вращать ручку генератора при положении переключателя «Регулировка» и отсоединенных исследуемых заземлителе и зонде.

8.6. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1. К какому объекту подключаются соединенные перемычкой зажимы Т1, П1 прибора Ф4103-М1 при грубых измерениях сопротивления заземлителей?

2. Какой метод положен в основу при использовании прибора М-416?

3. Чему равен ток, проходящий через человека, прикоснувшегося к одной фазе, при симметричных сопротивлениях изоляции и емкости фаз относительно земли?

4. Как определить сопротивление заземления с помощью измерителя Ф4103-М1, если стрелка показывает 15 Ом, а пределы измерения установлены на отметке 300 Ом?

5. До какой величины допускается снижение сопротивления изоляции для судовых сетей?

6. Каким должно быть сопротивление заземления нейтрали при линейном напряжении сети 660, 380, 220 В соответственно?

7. Каковы допустимые пределы сопротивления заземляющих устройств, установленные для сетей напряжением до 1000 В?

8. Во сколько раз согласно ПУЭ ток однофазного короткого замыкания должен превышать номинальный ток плавкой вставки предохранителя?

9. Какую длину и толщину стенок могут иметь вертикальные искусственные заземлители из труб?

10. На каком расстоянии от заземлителя потенциал на поверхности земли вокруг электрода при растекании тока принимают равным нулю?

8.7. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

1. От каких факторов зависит поражение человека при случайном прикосновении к токоведущим частям электрической сети?

2. Назовите наиболее характерные схемы прикосновения человека к электрической сети. Охарактеризуйте опасности поражения током в сетях с изолированной и глухозаземленной нейтралью.

3. Что такое защитное заземление? В чем заключается его защитное действие?

4. Какие требования предъявляются к сопротивлению заземляющих устройств?

5. Что такое зануление?

6. Что называется заземлителем?

7. От каких факторов зависят условия растекания тока в грунте?

8. Что такое напряжение прикосновения и напряжение шага?

9. Каков порядок расчета заземляющего устройства?

10. Что понимается под коэффициентом использования заземлителей?

11. Как снизить сопротивление защитного заземления?

12. Какими приборами контролируется сопротивление защитного заземления? Какие методы положены в основу их действия?

13. Каков порядок измерения сопротивления заземляющего устройства?

14. Каков порядок измерения и расчета удельного электрического сопротивления грунта при использовании прибора М-416?

Литература

1. ГОСТ 12.1.009. Электробезопасность. Термины и определения.
2. ГОСТ 12.1.030. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

Лабораторная работа № 9

«Исследование систем автоматической пожарной сигнализации»

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

9.2. Задание по лабораторной работе

1) Исследовать работу автоматического пожарного извещателя многозвонного использования типа АТИМ-3.

2) Проверить общую работоспособность электрической системы пожарной сигнализации.

9.3. Теоретический материал

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 1974 г. (МК-74), 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 НПБ 110-03 [1]. 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. 9.1) 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.

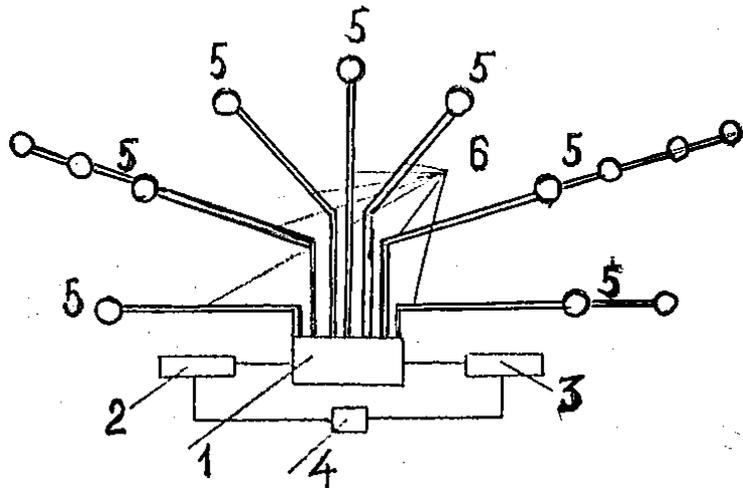


Рис. 9.1. Принципиальная схема устройства лучевой системы электрической пожарной сигнализации:
 1 – приемная станция; 2 – блок питания от сети; 3 – резервный (аккумуляторный) блок питания; 4 – система переключения;
 5 – пожарные извещатели-датчики; 6 – соединительные провода (лучи)

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. 9.2). 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.

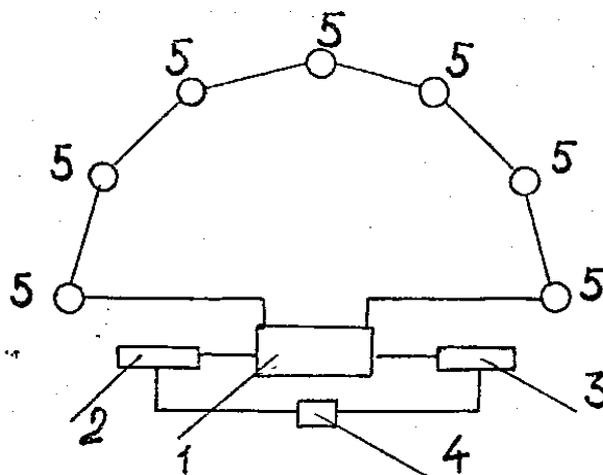


Рис. 9.2. Принципиальная схема устройства кольцевой (шлейфной) электрической пожарной сигнализации (обозначения те же, что и на рис. 9.1)

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. 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 5.13130.2009 [2]. 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 (тепловые⁷) 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);

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

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

⁷ В России широко используются извещатели пожарные тепловые, например ИП 103-3-А2-1М, многоразового действия с номинальной температурой срабатывания 62 °С, максимальной – 70 °С.

- 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.

Из тепловых на судах находят наибольшее применение извещатели, у которых в качестве чувствительного элемента использованы терморезисторы – датчики максимально-дифференциальные типа ДМД 70-с и др.

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 является 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 ($70^{\circ}\text{C} \pm 10\%$) – 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 фотоэлектрический) – см. стенд. Он работает по принципу регистрации фотоэлементом света, отраженного от частиц дыма. За-

щищаемая 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. 9.1 и 9.2. Однако нужно иметь в виду, что указанные параметры не могут превышать значений, указываемых в технических условиях и паспортах на эти изделия.

При наличии на потолке выступающих частей от 0,08 до 0,4 м контролируемая одним извещателем площадь уменьшается на 25%. В одном помещении должно быть не менее двух извещателей.

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

Таблица 9.1

Параметры 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

Параметры 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 – ТОЛ-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 проверяются 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, должна быть вывешена инструкция о порядке действий дежурного персонала при получении сигнала о пожаре и неисправности системы.

9.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчета

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

2. Перед началом работы изучите полностью настоящие методические указания, обратите внимание на устройство лабораторного стенда, типы пожарных извещателей. Подготовьтесь к записям – см. табл. 9.3, получите у инженера или лаборанта секундомер либо используйте свои ручные часы с секундной стрелкой.

Лабораторный стенд, на котором выполняется работа, изображен на рис. 9.3. На стенде размещен 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, смонтированному 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, 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.

9.4.1. Последовательность выполнения работы

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

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.

3. Запишите 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.

4. При достижении примерно 65–70 °С включается имитация пожара – в окне 6 (см. рис. 9.3) загорится красный свет (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 с 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.

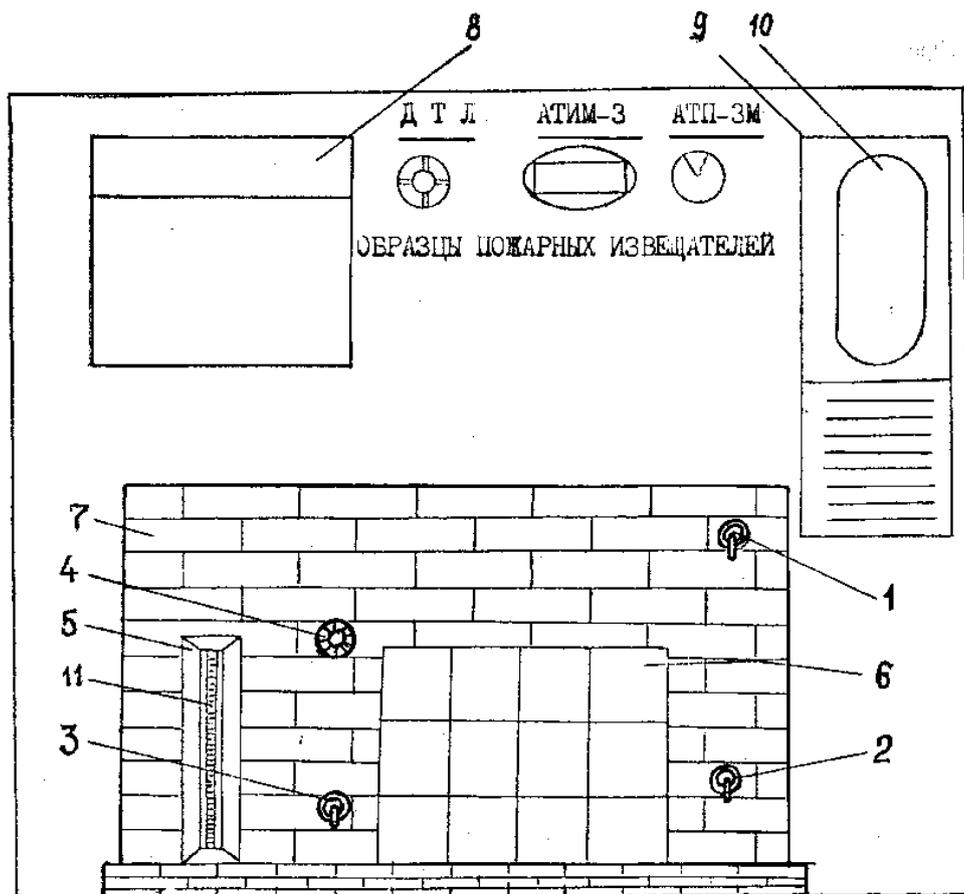


Рис. 9.3. Лабораторный стенд для испытания системы автоматической пожарной сигнализации:

- 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

5. Выключите лабораторный стенд из сети питания.

9.4.2. Указания по подготовке отчета о работе

1. Запишите цель проведения лабораторной работы.

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

3. Приведите таблицу показаний термометра, снятых через каждые 30 с с момента включения тумблера 3 источника повышенной температуры. Форма таблицы (см. табл. 9.3) приведена ниже.

4. По данным табл. 9.3 постройте график $\Pi = f(\tau)$ контролируемого признака пожара (Π) – зависимости температуры в зоне установки пожарного извещателя от времени τ (время откладывайте по оси абсцисс).

Таблица 9.3

Форма таблицы для записи результатов выполнения лабораторной работы

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

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 – $\tau_{обн.}$.

6. Определите для своего варианта (табл. 9.4) параметры установки и потребное число автоматических пожарных извещателей для защиты помещения с учетом исходных данных, приведенных в табл. 9.1 и 9.2. Вариант исходных данных должен соответствовать порядковому номеру лабораторного занятия с начала учебного семестра. Потребное число извещателей определяйте исходя из геометрических соображений. Все полученные результаты приведите в отчете по форме табл. 9.4. Нарисуйте план помещения с размещением извещателей и 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 A и B – длина и ширина помещения, м; a и b – отступы (расстояния) от стен, определяются по табл. 9.1 или 9.2; r – расстояние между извещателями, м.

Варианты заданий по лабораторной работе

Вариант задания	Размер помещения, м			Расчётные параметры установки		
	длина	ширина	высота	расстояние между извещателями	отступы от стен	число извещателей
1	45	20	12			
2	40	25	8			
3	70	40	10			
4	50	20	9			
5	30	15	6			
6	20	10	4			
7	35	15	5			
8	60	40	7			
9	45	18	6			

Примечание. Тип извещателей (тепловой или дымовой), расчётные параметры их установки студенты определяют самостоятельно, ориентируясь на данные табл. 9.1, 9.2

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.

9.5. Меры безопасности

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

2. После окончания работы немедленно выключите тумблеры.

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

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.

9.6. Вопросы для 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 работе?
4. Какова площадь, контролируемая одним тепловым 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?

9.7. 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 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)?

Литература

1. НПБ 110-03. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией.

2. СП 5.13330.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.

Лабораторная работа № 10

«Исследование удельного электрического сопротивления грунта»

10.1. Цель работы: формирование умений и навыков определения удельного электрического сопротивления грунта.

10.2. Задание по лабораторной работе:

- 1) Изучить измерительные приборы, используемые при исследованиях электрических характеристик грунта;
- 2) Изучить полевой и лабораторный методы определения удельного электрического сопротивления грунта;
- 3) Произвести измерения удельного электрического сопротивления грунта;
- 4) Рассчитать величину сопротивления растеканию тока с конструкции заземлителя, указанной в варианте задания.

10.3. Теоретический материал

Исследования электрического сопротивления грунта необходимы в связи со следующим:

- 1) соответствующие данные используются для геофизического изучения залегающих пород с целью определения распространения залегания руд (включая глубину залегания) и для изучения других геофизических феноменов;
- 2) по этим данным оценивается коррозионная активность грунтов; чем меньше электрическое сопротивление грунта, тем выше его коррозионная активность, что заставляет использовать различные защитные мероприятия;
- 3) удельное электрическое сопротивление грунта является важной исходной величиной, без численного значения которой невозможно проектирование защитных заземляющих устройств.

Известно, что заземление металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые в ходе эксплуатации могут оказаться под напряжением, является одной из старейших и основных мер защиты персонала от поражения то-

ком. При проектировании любых заземляющих устройств необходимо знать удельное электрическое сопротивление ρ , Ом·м, грунта в том месте, где предполагается сооружение заземления. При этом нельзя пользоваться имеющимися справочными таблицами (см. табл. 10.1), так как в них приводятся ориентировочные значения ρ , которые могут существенно отличаться от истинных. В частности, согласно табл. 10.1, данные по глине различаются более чем в 8 раз, по суглинкам – почти в 4, по чернозему – в 6 раз.

Удельное электрическое сопротивление грунта (Ом·м) – это сопротивление, которое оказывает грунт, заполняющий куб с длиной ребра 1 м, прохождению электрического тока. По этой величине количественно оценивается способность грунта пропускать через себя электрический ток и рассеивать его на большой площади за короткое время. Чем ниже удельное сопротивление грунта, тем грунт более электропроводный и тем быстрее происходит растекание в нём токов утечки. Таким образом, удельное электрическое сопротивление – это сопротивление между противоположными плоскостями куба земли с ребром длины 1 м.

Таблица 10.1

Приближенные значения удельных электрических сопротивлений различных грунтов и воды

Грунт, вода	Удельное сопротивление, Ом·м		Грунт, вода	Удельное сопротивление, Ом·м	
	возможные пределы колебаний	при влажности 10–20% массы грунта		возможные пределы колебаний	при влажности 10–20% массы грунта
Глина	8 – 70	40	Скалистый	$10^4 – 10^7$	–
Суглинок	40 – 150	100	Вода:		
Песок	400 – 700	700	морская	0,2 – 1	–
Супесь	150 – 400	300	речная	10 – 100	–
Торф	10 – 30	20	прудовая	40 – 50	–
Чернозем	9 – 53	20	грунтовая	20 – 70	–
Садовая земля	30 – 60	40	в ручьях	10 – 60	–
Каменистый	500 – 800	–			

Для измерений удельных электрических сопротивлений различных грунтов используются полевой и лабораторный методы. Полевой метод основан на

опускании (забивании) в грунт в месте заложения будущего заземляющего устройства четырёх пробных электродов (штырей) на равных расстояниях друг от друга. Электроды должны быть размещены на прямой линии и с помощью соединительных проводов нужной длины подсоединены к какому-либо измерительному прибору. Глубина погружения электродов в грунт не должна быть более $1/20$ расстояния между электродами. В качестве измерительных приборов могут использоваться полевой электроразведочный прибор АС-72, измеритель сопротивления заземлений ИСЗ 2016, измеритель ТЕТРОН-М-416 в комплекте со штырями и проводами, измеритель Ф4103-М1, ИС-20/1 и др.

Схема определения удельного электрического сопротивления грунта приведена на рис. 10.1. Расстояние a при размещении электродов выбирается равным глубине заложения заземляющего устройства. Именно для этой глубины и будет определено удельное электрическое сопротивление грунта ρ , которое определяется по формуле

$$\rho = 2\pi R_n \cdot a , \quad (10.1)$$

где R_n – показания измерительного прибора, Ом;

a – расстояние между электродами, м.

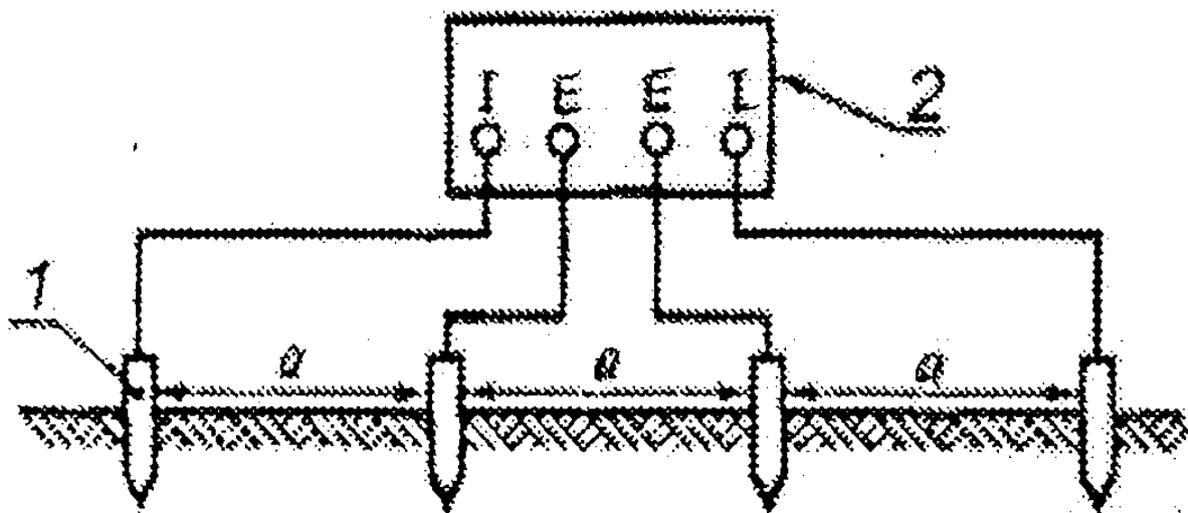


Рис. 10.1. Схема определения удельного электрического сопротивления грунта:

1 – электрод, 2 – прибор с клеммами: I – клеммы токовой линии;
E – клеммы линии напряжения; a – расстояние между электродами

Изменяя расстояние a между электродами, можно построить зависимость удельного электрического сопротивления грунта ρ от глубины.

Измерения могут быть выполнены несколько раз, а в расчёте по формуле (10.1) используется среднее арифметическое значение R_n .

Лабораторный метод исследования удельного электрического сопротивления грунта предполагает наличие проб грунтов массой 1,5 – 2 кг, из которых должны быть удалены твёрдые включения размером более 3 мм. Пробы должны быть взяты с нужной глубины в том месте, где предполагается устройство заземления.

Отобранные пробы должны быть размещены в ячейке прямоугольной формы, выполненной из диэлектрических материалов. Рекомендуются следующие внутренние размеры ячейки: длина $a = 100$ мм; ширина $b = 50$ мм; высота – $h = 50$ мм. Высота грунта в ячейке должна быть на 8 – 9 мм ниже высоты ячейки. Грунт должен быть уплотнен и при необходимости смочен дистиллированной водой.

Вдоль внутренних торцовых стенок ячейки устанавливают два внешних электрода размером 44×40 мм, представляющие проводящие пластины площадью $S = 0,00176$ м². Стороны этих пластин, прилегающие к стенкам ячейки, должны быть изолированы.

Между внешними электродами устанавливаются по центральной линии два внутренних электрода на расстоянии 50 мм друг от друга и 25 мм – от торцовых стенок ячейки. Эти электроды могут быть выполнены из медной проволоки толщиной до 3 мм. Длина её должна быть немного выше стенки ячейки.

Общая схема лабораторной установки для определения удельного электрического сопротивления грунта приведена на рис. 10.2.

Перед началом измерений электроды установки должны быть зачищены шлифовальной шкуркой, обезжирены, а затем промыты дистиллированной водой и установлены согласно схеме на рис. 10.2.

Электрическое сопротивление грунта R_{Γ} вычисляют по формуле

$$R_{\Gamma} = U_1 / I_1, \quad (10.2)$$

где U_1 – падение напряжения между двумя внутренними электродами, В, считывается с вольтметра;

I_1 – сила тока в ячейке, определяется по показаниям миллиамперметра, А.

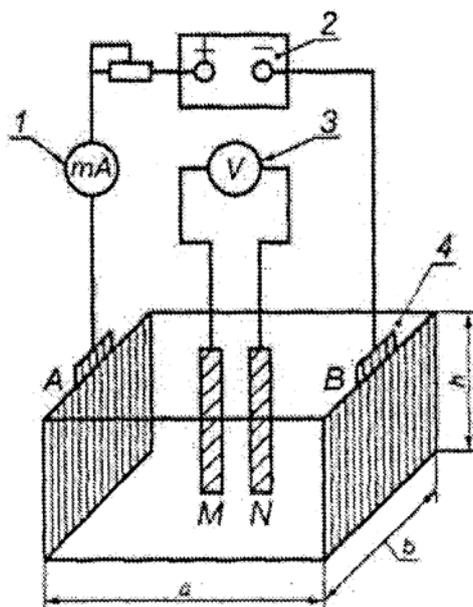


Рис. 10.2. Схема лабораторной установки для определения удельного электрического сопротивления грунта:

1 – миллиамперметр; 2 – источник тока; 3 – вольтметр; 4 – измерительная ячейка;
А, В – внешние электроды; М, N – внутренние электроды

Если при отсутствии тока разность потенциалов между двумя внутренними электродами U_0 отлична от нуля, то тогда для расчёта R_{Γ} используется формула

$$R_{\Gamma} = (U_1 - U_0) / I_1. \quad (10.3)$$

Значение U_0 может быть в пределах от 10 до 30 мВ.

Удельное электрическое сопротивление грунта определяется по формуле

$$\rho = (R_{\Gamma} \cdot S) / L, \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (10.4)$$

где S – площадь поверхности внешнего электрода, м^2 ;

L – расстояние между внутренними электродами, м.

Измеренное значение ρ может быть сопоставлено с табличными данными – см. табл. 10.1.

10.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчета

Лабораторную работу выполняет бригада в составе не более двух студентов.

Применение полевого метода

Получите измерительный прибор, соединительные провода, рулетку и четыре штыря. Изучите инструкцию по использованию измерительного прибора. Один студент из бригады выходит на улицу во внутренний двор здания университета для установки в прямую линию через 1 м четырех штырей вдоль стены учебного корпуса. Для забивки штырей используйте молоток. Подключите соединительные провода к измерительному прибору и штырям. Второй студент из бригады сбрасывает на улицу четыре соединительных провода. По сигналу первого студента он включает измерительный прибор и записывает показания прибора в табл. 10.2.

Таблица 10.2

Форма таблицы для записи полученных данных

Описание погодных условий			
Расстояние между штырями, м	1,0	1,5	2,0
Показания прибора R_n , Ом			
Удельное электрическое сопротивление грунта ρ , Ом·м, см. формулу (10.1)			

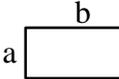
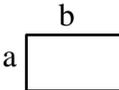
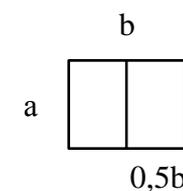
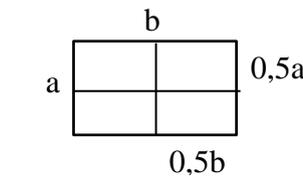
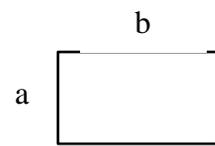
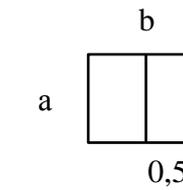
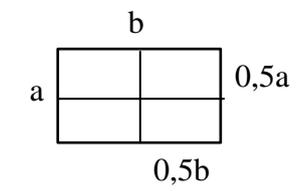
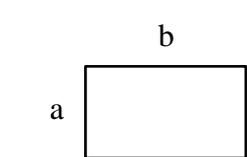
Замеры необходимо выполнить при расстоянии между электродами 1,0, 1,5 и 2,0 м.

По данным табл. 10.2 необходимо построить график $\rho = f(a)$.

Используя полученные значения ρ , сделайте расчёт сопротивления растеканию тока с заземляющего устройства в виде горизонтальной прямоугольной решётки из прутковой стали диаметром 0,02 м для своего варианта – см. варианты заданий в табл. 10.3.

Таблица 10.3

Варианты заданий для проведения расчётов

Номер варианта	Конструкция решётки	a, м	b, м	Глубина заложения, м	Коэффициент m
1		1,0	2,0	1,0	1,86
2		1,5	2,5	1,5	1,76
3		1,0	2,0	2	3,31
4		1,2	1,8	1,0	5,16
5		1,4	2,8	1,5	1,86
6		1,8	2,6	2,0	3,41
7		1,0	2,4	1,0	5,62
8		1,3	2,6	1,5	1,86

Принимая нормативное (допустимое) значение сопротивления растеканию тока с заземлителя равным 4 Ом, сделать выводы о соответствии (или несоответствии) исследованного заземлителя требованиям электробезопасности.

Сопротивление R растеканию тока с горизонтального заземлителя в виде решётки может быть рассчитано по формуле

$$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{l}{td} + m \right), \quad (10.5)$$

где l – общая длина всех прутков решётки, м;

t – глубина заложения решётки, м; она должна соответствовать глубине, для которой определено ρ ;

$d = 0,02$ м – диаметр прутковой стали;

m – конструктивный коэффициент, определяемый по таблице вариантов для каждой решётки.

Применение лабораторного метода

Работа выполняется в ячейке, номер которой, а также наименование грунта указывает преподаватель.

До начала работы внешние и внутренние электроды необходимо зачистить шлифовальной шкуркой, обезжирить и промыть дистиллированной водой. После этого электроды устанавливают на штатное место согласно схеме на рис. 10.2 и к ним с помощью зажимов подключаются соединительные провода. С помощью переключателя подаётся питание на внешние электроды от аккумулятора. Снимаются показания с миллиамперметра и вольтметра. Путём вычислений по формулам (10.2) и (10.4) определяются значения R_T и ρ . Необходимо выполнить не менее трёх измерений и вычислять среднее значение ρ . Результаты измерений и расчётов нужно представить в табличной форме – табл. 10.4.

Полученное среднее значение ρ необходимо сравнить со справочными данными из табл. 10.1 и сделать выводы.

В отчёте должны быть указаны цель работы, порядок производства замеров, используемые приборы, заполненные таблицы измерений, расчёты по формулам, выводы.

Таблица 10.4

Табличная форма для записи результатов измерений лабораторным методом

Номер измерения	U_1	I_1	$R_r, \text{ Ом}$	$S, \text{ м}^2$	$L, \text{ м}$	$\rho, \text{ Ом}\cdot\text{м}$
1				0,00176	0,05	
2						
3						
Средние значения						

10.5. Меры безопасности

1. К выполнению работы допускаются студенты, прошедшие инструктажи по охране труда.
2. Все операции по подготовке лабораторной установки выполняйте при отключенном электропитании.
3. Включение лабораторной установки осуществляется с разрешения инженера или преподавателя.

10.6. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1. В скольких основных целях необходимо исследование электрических характеристик грунтов?
2. Удельное электрическое сопротивление грунта – это сопротивление, которое оказывает грунт, заполняющий куб с длиной ребра ...
3. Сколько методов исследования электрических характеристик грунта рассматриваются в данной лабораторной работе?
4. Как ограничивается глубина погружения электродов в грунт при исследовании электрических характеристик грунта полевым методом, если a – расстояние между электродами?

5. Сколько пробных электродов (штырей) используются при измерении электрического сопротивления грунта полевым методом?

6. На какой глубине определяется электрическое сопротивление грунта, если расстояние между электродами при использовании полевого метода равно a ?

7. Какой должна быть масса пробы грунта при исследовании электрического сопротивления грунта лабораторным методом?

8. Каким должно быть расстояние между внутренними электродами при использовании лабораторного метода для исследования электрических характеристик грунта?

9. Сколько измерений выполняется при использовании лабораторного метода исследования электрических характеристик грунта?

10. При каких расстояниях между пробными электродами (штырями) измеряется электрическое сопротивление грунта при использовании полевого метода в данной лабораторной работе?

10.7. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы

1. Для чего исследуются электрические характеристики грунта?

2. Какие приборы могут использоваться для исследования электрических характеристик грунтов?

3. Каков порядок измерений электрических характеристик грунтов?

4. Как определяется удельное электрическое сопротивление грунта при использовании полевого метода?

5. Как определяется удельное электрическое сопротивление грунта лабораторным методом?

6. Почему электрические характеристики грунта могут изменяться в зависимости от глубины?

7. Почему при расчётах и проектировании заземляющих устройств нельзя пользоваться справочными данными по удельным электрическим сопротивлениям грунта?

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности / В. М. Минько [и др.]; под общ. ред. В. М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – 376 с.
2. Минько, В. М. Охрана труда в машиностроении / В. М. Минько. – Москва: Издательский центр «Академия», 2017. – 256 с.
3. Долин, П. А. Основы техники безопасности в электроустановках / П. А. Долин. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.

Лабораторная работа № 11

«Специальная оценка условий труда в промышленности»

11.1. Цель работы: формирование умений и навыков проведения специальной оценки состояния условий труда на рабочем месте; изучение особенностей устройства и правил применения приборов, наиболее широко используемых для измерения значений факторов производственной среды на рабочих местах.

11.2. Задание по лабораторной работе:

- 1) Изучить порядок проведения специальной оценки состояния условий труда;
- 2) Изучить материальное обеспечение работы – цифровой шумомер testo; психрометр аспирационный МВ-4М; актинометр; люксметр Ю-116, лабораторный стенд-датчик условий труда.
- 3) Провести необходимые измерения и расчеты.

11.3. Теоретический материал

1. 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.

2. 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 средствами индивидуальной защиты, 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, назначаются председатель и 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 гигиенической оценке 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 ОВПФ 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 десяти 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-й класс), допустимые (2-й класс), вредные (3-й класс, подклассы 3.1 (1-я степень вредного класса), 3.2 (2-я степень вредного класса),

3.3 (3-я степень вредного класса), 3.4 (4-я степень вредного класса)) и опасные условия (4-й класс) труда.

3. 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 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. понять, насколько фактическое состояние условий труда соответствует 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, 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 к настоящей лабораторной работе.

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 – работы, выполняемые в не вполне благоприятных условиях. У работников формируются реакции, близкие к пограничному состоянию (между нормой и патологией).

К четвертой категории тяжести – 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 и особо неблагоприятных (экстремальных) 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. То есть балльные оценки, как и категории тяжести, изменяются от единицы до шести.

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.

Показатель безопасности S_i по i -му формирующему фактору производственной среды можно определить по выражению

$$S_i = 0,2(X_{\max} - X_i), \quad (11.1)$$

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 к данной лабораторной работе. Важно отметить,

что эти оценки могут быть получены и из результатов СОУТ: при классе 1 оценка риска в баллах также 1, при классе 2 оценка – 2, при классе и подклассе 3.1 оценка 3, при 3.2 – 4, при 3.3 – 5, при 3.4 – 6 баллов.

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

$$S_{об} = \left[\prod_{i=1}^n 0,2(X_{max} - X_i) \right]^{\frac{t}{T}}, \quad (11.2)$$

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

Показатель S изменяется от нуля до единицы. 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 для уровня рабочего места

$$R_{об} = 1 - \left[\prod_{i=1}^n 0,2(X_{max} - X_i) \right]^{\frac{t}{T}}. \quad (11.3)$$

Формула (11.3) 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:

$$R = \frac{\sum_{j=1}^m R_{об} \cdot N_j}{\sum_{j=1}^m N_j}, \quad (11.4)$$

где $j = 1, \dots, m$ – количество рабочих мест в исследуемом цехе (участке, службе);

N_j – количество работников, занятых на j -м рабочем месте;

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

в службе).

11.4. 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 семи рабочих мест, перечисленных в табл. 11.2 (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 приложение к лабораторной работе № 11, табл. 11.2 и свои знания производственных процессов и охраны труда. Все отобранные факторы заносятся в табл. 11.1. Нормативные значения факторов в необходимых случаях нужно выбирать, пользуясь примечаниями к табл. 11.2. Фактические значения этих факторов определяются по данным выполняемых студентом замеров с учётом дополнительных указаний к табл. 11.2.

Условия труда на исследуемых рабочих местах имитируются с помощью стенда-задатчика условий труда, изображённого на рис. 11.1. 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. пп. 3–6.

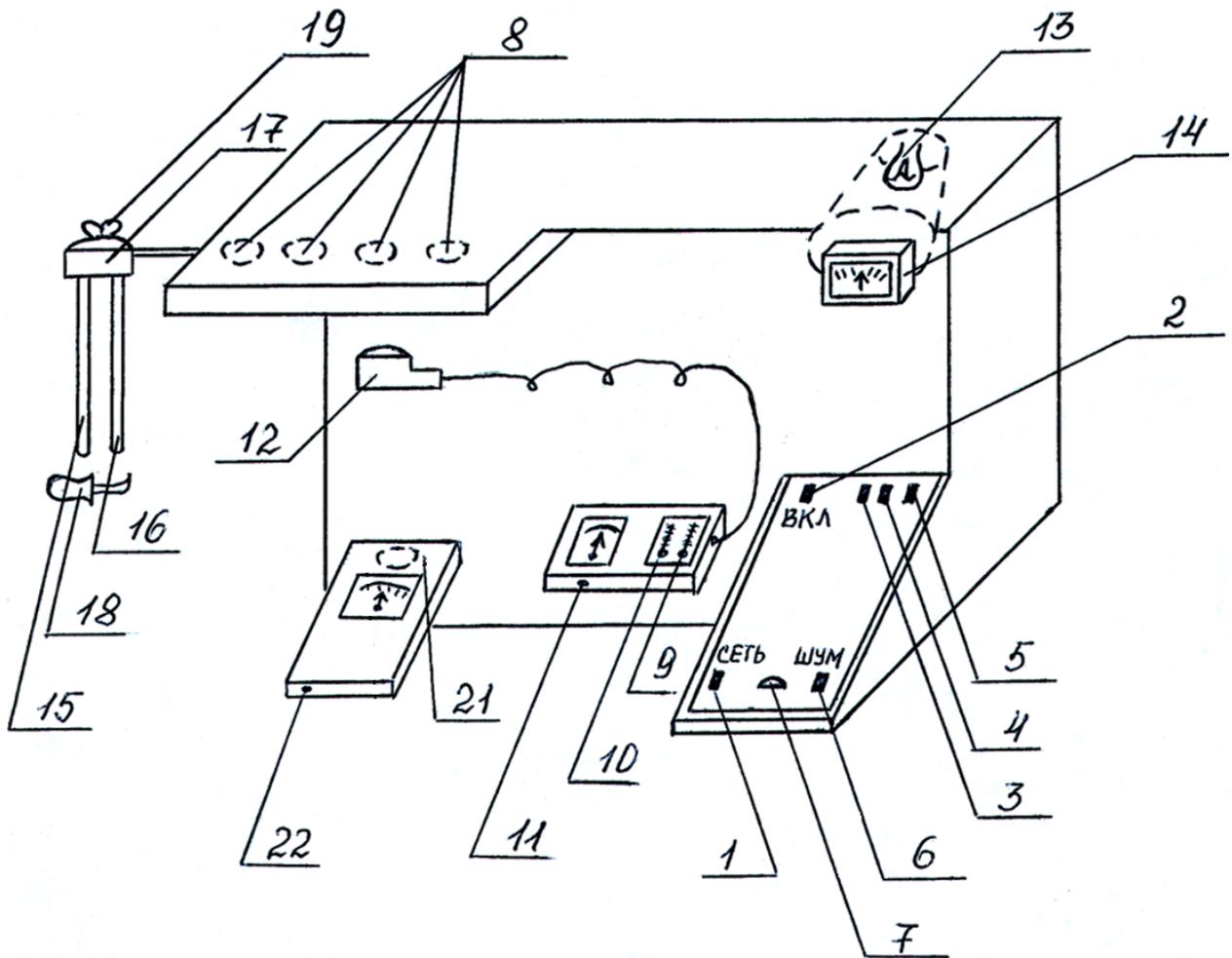


Рис 11.1. Стенд-задатчик условий труда

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. 11.2.

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 освещенности люксметром «Аргус»-01 пользоваться инструкцией по эксплуатации прибора.

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/м² (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 °С 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 заведения 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 трех 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. 11.1 состояния условий труда. Внесите в таблицу наименования значимых факторов условий труда, нормативные и заданные фактические значения всех значимых факторов. Покажите таблицу преподавателю.

7.2. Включите с разрешения преподавателя или инженера лабораторный стенд и соответствующее 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. 11.1. После каждого замера немедленно выключите оборудование. Найдите по приложению к данной лабораторной работе балльные оценки всех факторов, запишите их в табл. 11.1. Рассчитайте показатели безопасности по каждому фактору и обобщённый показатель безопасности условий труда на рабочем месте. 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. 11.1, 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 вывод по результатам исследований.

11.5. 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 11.1

Качественная оценка условий труда на рабочем месте

Наименование значимых факторов условий труда и единицы их измерения	Нормативные значения факторов	Фактическое значение факторов	Балльные оценки риска	Обобщенный показатель риска по формуле (11.3)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				

Наименование значимых факторов условий труда и единицы их измерения	Нормативные значения факторов	Фактическое значение факторов	Балльные оценки риска	Обобщенный показатель риска по формуле (11.3)
10.				
11.				
12.				
Обобщённый показатель риска на рабочем месте определяется по формуле (11.3), принимая $t = 1$ год, $T = 25$ лет				

Таблица 11.2

Наименование исследуемых рабочих мест

Номер варианта (по указанию преподавателя)	Наименование выполняемой работы и рабочего места	Дополнительные указания
1	2	3
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, разделщик рыбы	Использовать источник шума, произвести замер уровня звука. Использовать светильник № 1, произвести замеры освещённости. Замерить параметры микроклимата (температуру, относительную влажность)
3	Ликёроводочное 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

Номер варианта (по указанию преподавателя)	Наименование выполняемой работы и рабочего места	Дополнительные указания
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
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 освещённости. Замерить параметры микроклимата (температуру, относительную влажность). Использовать источник шума, произвести замер уровня шума

Примечания к табл. 11.2

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/м^3 , предельно допустимая –

20 мг/м³. В расчёте примените следующие фактические балльные оценки: фактор № 16 (см. приложение) оцените тремя баллами, № 15 – двумя, № 9 – пятью баллами и № 19 – пятью баллами, 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/м³, предельно допустимая – 6 мг/м³. В расчёте примените следующие фактические балльные оценки: фактор № 11 оцените тремя баллами, № 19 – четырьмя баллами, нормативное значение освещённости 200 лк.

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

№ п/п	Факторы условий труда и единицы их измерения	Балльные оценки					
		1	2	3	4	5	6
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
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 (за смену), кгм	–	До 12 500	До 25 000	До 35 000	> 35 000	–
12	Рабочая поза	Свободная, удобная, перемещение деталей до 5 кг	Свободная, удобная, перемещение деталей свыше 5 кг	Неудобная, фиксированная поза до 25 % времени смены	Неудобная, фиксированная поза до 50 % времени смены	Неудобная, фиксированная поза свыше 50 % времени смены	–

№ п/п	Факторы условий труда и единицы их измерения	Балльные оценки					
		1	2	3	4	5	6
13	Стереотипные рабочие движения за смену (руки и плечевой пояс)	–	До 10 000	До 20 000	До 30 000	> 30 000	–
14	Монотонность (число приёмов в операции)	> 10	9–6	5–3	< 3	–	–
15	Эмоциональные нагрузки	Несёт ответственность за выполнение отдельных элементов задачи	Несёт ответственность за функциональное качество вспомогательных работ	Несёт ответственность за функциональное качество основной работы	Несёт ответственность за функциональное качество окончательной 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

№ п/п	Факторы условий труда и единицы их измерения	Балльные оценки					
		1	2	3	4	5	6
18	Режим труда (для плавсостава); суточный	Отсутствуют вахты, рабочий день 8 ч	Две вахты в светлое время суток, рабочий день 8 ч	Две вахты в тёмное время суток, рабочий день более 8 ч	–	–	–
	недельный, продолжительность недельной работы, ч	40	41–46	46–48	49–54	> 54	–
	годовой, продолжительность работы без берегового отдыха, мес.	До 1	1–2	2–3	3–4	> 4	–
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, исключаящие попадание персонала в опасные зоны, не предусмотрены	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	–

11.6. 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 стенда-датчика?
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 заведения пружины снимаются показания со смоченного термометра аспирационного психрометра?

11.7. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы

1. В каких целях используются результаты СОУТ?
2. Какова последовательность проведения СОУТ?
3. Как связаны 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 ?

Литература

1. Федеральный закон №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

2. Методика проведения специальной оценки условий труда, Классификатор вредных и (или) опасных производственных факторов, форма отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкция по ее заполнению. Утв. приказом Минтруда России от 14.01.2014 г. №33н.

3. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / В. М. Минько [и др.]; под общ. ред. В. М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – 363 с.

Лабораторная работа № 12

«Испытание вытяжной вентиляционной установки»

12.1. Цель работы: формирование умений и навыков определения технических характеристик вентиляционных систем; изучение и практическое применение для этой цели соответствующих технических средств и приборов.

12.2. Задание по лабораторной работе:

1) Изучить приборы, применяемые при оценке эффективности вентиляционных систем: комбинированный приёмник воздушного давления, микроманометр многопредельный с наклонной трубкой ММН-240(5)-1,0, шумомер ШУМ-1М, прибор комбинированный (анемометр) ТКА-50;

2) Произвести необходимые измерения и расчеты, заполнить итоговые таблицы.

12.3. Теоретический материал

Вентиляционные системы предназначены для обеспечения чистоты воздуха и заданных микроклиматических условий в производственных помещениях за счёт удаления из них загрязнённого или нагретого и подачи свежего воздуха. Все практически используемые системы вентиляции можно классифицировать следующим образом:

по способу перемещения воздуха: естественные, механические, смешанные;

по направлению движения воздуха: приточные, вытяжные, приточно-вытяжные;

по зоне действия и способу обеспечения требуемых параметров микроклимата: общеобменные, местные;

по назначению: рабочие, аварийные;

по конструкции: канальные, бесканальные.

При естественной вентиляции воздух перемещается под действием сил гравитации, возникающих за счёт разности плотностей холодного и нагретого

воздуха, либо под действием ветрового давления. Поступление и удаление воздуха при естественной вентиляции чаще всего организуется через проёмы ограждающих конструкций зданий (фрамуги, фонари) и такая вентиляция называется аэрацией – управляемая естественная вентиляция.

При механической вентиляции воздух перемещается под действием вентиляторов – осевых или центробежных. В смешанных системах одновременно используется и механическая, и естественная вентиляции, например, приток – естественный, вытяжка загрязнённого воздуха – механическая.

Общая или общеобменная вентиляция предназначена для создания усреднённых условий микроклимата во всём объёме производственного помещения. Применяется в том случае, если вредные выделения поступают непосредственно в воздух помещения и когда рабочие места не фиксированы в каких-то определённых границах, а располагаются по всему помещению. При общеобменной вентиляции для обеспечения данных условий часто требуются большие расходы воздуха, в связи с чем создание такой системы вентиляции может быть экономически нецелесообразным.

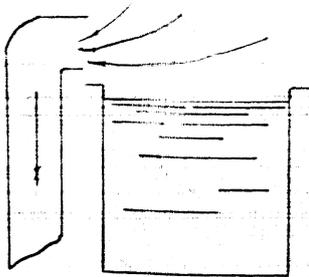
Для обеспечения требуемых микроклиматических условий непосредственно на рабочих местах применяются системы и способы местной вентиляции – приточной или вытяжной.

Местная вытяжная вентиляция конструктивно может выполняться в виде вытяжных шкафов, зонтов, бортовых и боковых отсосов, панелей равномерного всасывания – см. рис. 12.1.

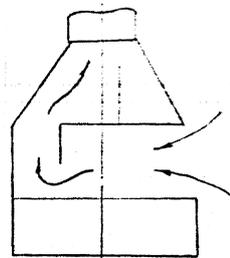
Схема канальной общеобменной приточно-вытяжной вентиляции показана на рис. 12.2.

При выборе типа вентиляционной системы необходимо исходить из реальных условий, складывающихся в производственном помещении, учитывать требования экономичности и нормативные требования, изложенные в СП 60.13330.2012 [1] и СП 2.2.2.1312-03 [2]. Необходимо также учитывать и ограничения по шумности. Известно, что шумы, создаваемые в помещениях системами вентиляции и кондиционирования воздуха, должны быть на 5 дБ

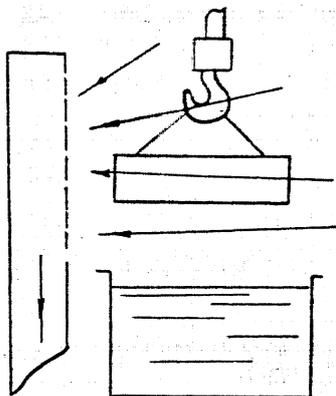
меньше фактического уровня шума в этих помещениях, – если они не превышают допустимые уровни; в остальных случаях – на 5 дБ меньше допустимых уровней.



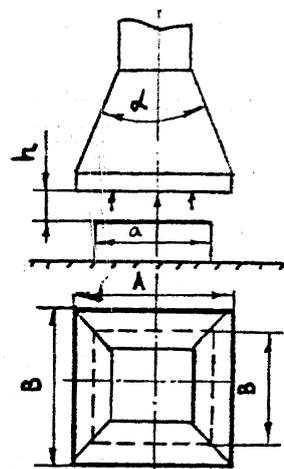
Бортовой отсос



Вытяжной шкаф с комбинированным отсосом



Боковой отсос



$$A = a + 0,8 h$$

$$B = b + 0,8 h$$

$$\alpha = 60^\circ + 70^\circ (\text{по большей стороне})$$

Вытяжной зонт

Рис. 12.1. Схемы местной вытяжной вентиляции

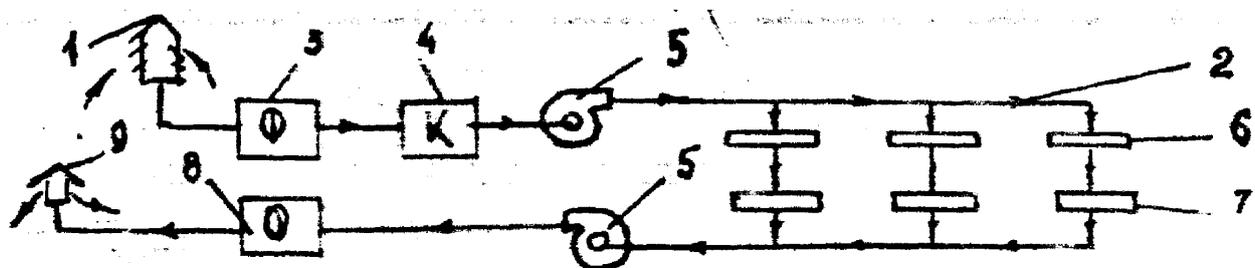


Рис. 12.2. Схема общеобменной приточно-вытяжной вентиляции:
 1 – воздухозаборное устройство; 2 – воздуховоды; 3 – фильтр; 4 – калорифер;
 5 – вентилятор; 6 – приточное отверстие; 7 – вытяжное отверстие;
 8 – очистное сооружение; 9 – устройство для выброса воздуха

Расчёт систем вентиляции в соответствии с СП 60.13330.2012 при проектировании в общем случае выполняется в следующей последовательности:

1) основываясь на конкретных условиях, выбирается тип вентиляции: обменная или местная, естественная или механическая и т. п.;

2) определяется количество выделяющихся вредностей в единицу времени, которыми могут быть избыточное тепло, влага, вредные пары или газы. Например, тепловыделения $Q_{дв}$ от двигателя внутреннего сгорания составляют

$$Q_{дв} = 0,02N_e q_e \cdot Q_h, \quad (12.1)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, Вт;

q_e – удельный расход топлива, кг/Вт·с;

Q_h – низшая теплотворная способность топлива, Дж/кг.

В некоторых случаях количество выделяемых вредностей устанавливается экспериментально;

3) определяется необходимый воздухообмен – количество воздуха, которое нужно подать или удалить из помещения для обеспечения требуемых параметров воздушной среды. Например, в случае наличия в помещении избыточных тепловыделений и при отсутствии забора воздуха местными отсосами на технологические и иные нужды необходимый объём L приточного воздуха будет

$$L = \frac{3,6 \sum_{i=1}^n Q_{изб}}{c \cdot \rho \cdot (t_{yx} - t_{пр})}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (12.2)$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{изб}$ – суммарные избыточные явные тепловыделения от n источников, Вт;

ников, Вт;

c – теплоёмкость воздуха, кДж/(кг·К);

ρ – плотность приточного воздуха, кг/м³;

$t_{yx}, t_{пр}$ – температура, соответственно, уходящего и приточного воздуха, °С.

Температура уходящего воздуха определяется как

$$t_{yx} = t_{p.з} + \Delta t(H_0 - 2), \quad (12.3)$$

где $t_{p.з}$ – температура воздуха в рабочей зоне, требуемая по нормам [4, 5], °С;

H_0 – расстояние от пола до середины вытяжных отверстий;

Δt – температурный градиент, равный (0,5 ÷ 0,1) °С/м.

Воздухоподача L (м³/ч) для удаления избыточного влаговывделений рассчитывается по формуле

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{\rho(d_{yx} - d_{пр})}, \quad (12.4)$$

где $\sum_{i=1}^n W_i$ – суммарные влаговывделения от n источников, г/ч;

d_{yx} , $d_{пр}$ – влагосодержание, соответственно, уходящего и приточного воздуха, г/кг сухого воздуха; определяется по таблицам физических характеристик воздуха.

Воздухоподача для удаления вредных веществ

$$L = \frac{G}{\text{ПДК} - q_0}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (12.5)$$

где G – количество выделенных вредных веществ, мг/ч;

q_0 – содержание вредных веществ в приточном воздухе, мг/м³. Обычно $q_0 = 0$;

ПДК – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³. Определяется по ГОСТ 12.1.005.

В отдельных случаях, если количество выделяющихся вредностей не поддается расчёту, требуемый воздухообмен определяют по формуле

$$L = K \cdot V, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (12.6)$$

где K – кратность воздухообмена – отношение количества воздуха, подаваемого за 1 ч в помещение, к объёму V , м³, этого помещения, т. е. кратность воздухообмена указывает, сколько раз в течение 1 ч сменяется воздух в данном помещении.

Кратность K принимается по нормативным документам. Например, в соответствии с действующими требованиями для аварийной вытяжной вентиляции машинных помещений судовых аммиачных холодильных установок $K = 40$. Для фреоновых – $K = 20$;

4) определяются (на четвёртом этапе) параметры технических средств, с помощью которых осуществляется подача или удаление воздуха. Прежде всего рассчитывают длину l и сечение F (м^2) воздуховодов, равное

$$F = \frac{L}{v \cdot 3600}, \text{ м}^2, \quad (12.7)$$

где v – скорость движения воздуха в воздуховоде. Обычно в магистралях принимают $v = 15 \div 20$ м/с, а в ответвлениях – $6 \div 12$ м/с.

Далее рассчитывают потери давления H (Па) на преодоление сопротивления движению воздуха по воздуховодам

$$H = \left(\frac{1}{d} \lambda + \sum l_i \right) \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \text{ Па}, \quad (12.8)$$

где λ – коэффициент линейных потерь на трение при движении воздуха по воздуховоду;

d – диаметр воздуховода, м;

$\sum l_i$ – сумма коэффициентов местных потерь в фасонных элементах воздуховодов (поворотах, арматуре, узлах слияния и деления потока и др.).

Затем подбирается вентилятор и вычисляется установочная мощность N приводного двигателя

$$N = \frac{L \cdot H}{3600 \cdot \eta_v \cdot \eta_n}, \text{ кВт}, \quad (12.9)$$

где η_v , η_n – КПД вентилятора и передачи соответственно.

В процессе эксплуатации вентиляционных систем не реже одного раза в год необходимо оценивать эффективность их работы, включая контроль скорости движения воздуха в воздуховодах. Для местной вентиляции контролируется также скорость движения в открытых рабочих проёмах, которая для вытяжных шкафов не должна быть ниже 0,3 м/с, а при выделении токсических вредных веществ – 0,7 ÷ 1,0 м/с [18]. Для особо токсичных веществ скорость подсоса должна увеличиваться до 2,5 – 3,0 м/с.

Скорость движения воздуха в рабочих проёмах можно измерить с помощью анемометров чашечных (в пределах от 1 до 20 м/с) или крыльчатых

(0,5 ÷ 5 м/с), а также прибора комбинированного (анемометр) ТКМ-50. Для измерения скоростей до 0,5 м/с применяют кататермометры, термоанемометры. Однако необходимо иметь в виду, что непосредственное измерение скорости в рабочем проёме вытяжного шкафа не позволяет точно характеризовать его работу, так как рассматриваемая скорость в значительной степени зависит от места замера. Поэтому такие измерения следует рассматривать как ориентировочные. Для более точного определения скорости подсоса воздуха в рабочем проёме необходимо определить расход воздуха L в вытяжной трубе шкафа, который равен

$$L = \bar{v}_в \cdot F_в \cdot 3600 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (12.10)$$

где $\bar{v}_в$ – средняя скорость движения воздуха в воздуховоде (трубе), м/с;

$F_в$ – площадь сечения воздуховода, м^2 .

Через рабочий проем вытяжного шкафа, очевидно, пройдет примерно то же количество воздуха, что и через воздуховод, т. е. можно записать

$$L = \bar{v}_п \cdot F_п \cdot 3600 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (12.11)$$

где $\bar{v}_п$ – средняя скорость движения воздуха через рабочий проем вытяжного шкафа, м/с;

$F_п$ – площадь рабочего проема, м^2 .

Из формулы (12.11) следует, что

$$v_п = \frac{L}{F_п \cdot 3600}, \text{ м/с}. \quad (12.12)$$

Скорость движения воздуха в воздуховодах вентиляционных систем должна определяться в соответствии с ГОСТ 12.3.018. При этом мерное сечение, т. е. то сечение, в плоскости которого выполняются замеры, должно располагаться на расстоянии $\geq 5d$ от мест возмущения воздушного потока (отводов, шиберов, диафрагм и т. п.). При отсутствии прямолинейных участков необходимой длины мерное сечение допускается располагать в месте, делящем выбранный для измерения участок в соотношении 3: 1 в направлении движения воздуха. Допускается размещать мерное сечение и непосредственно в месте внезапного расширения при сужении потока.

Поскольку скорость движения воздуха в различных точках поперечного сечения воздуховодов неодинакова, то в ГОСТ 12.3.018 предусмотрено измерение местной скорости в нескольких точках, количество которых, например, для воздуховодов прямоугольного сечения при длине короткой стороны 200 мм должно быть не менее 4 – см. рис. 12.3, а при большей длине сторон – 16. Максимальное отклонение координат точек измерения от указанных в ГОСТ не должно превышать $\pm 10\%$. Количество измерений в каждой точке должно быть не менее трех.

Для измерения скорости воздуха в воздуховодах могут применяться указанные ранее анемометры, термоанемометры (при скорости воздуха менее 5 м/с), а также комбинированные приёмники воздушного давления (ПВД) (рис. 12.4), соединяемые с дифференциальными микроманометрами – при скорости движения воздуха более 5 м/с.

Необходимо иметь в виду, что при внесении в воздуховод крыльчатого или чашечного анемометра уменьшается проходное сечение воздуховода. Поэтому измеренная этими приборами скорость будет отличаться от фактической.

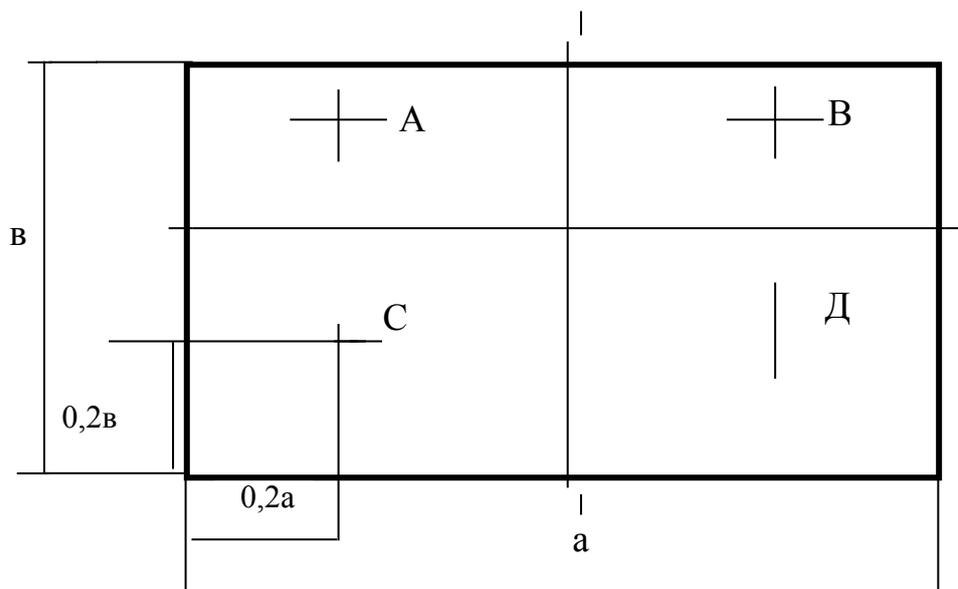


Рис. 12.3. Координаты точек измерений давлений и скорости в воздуховодах прямоугольного сечения

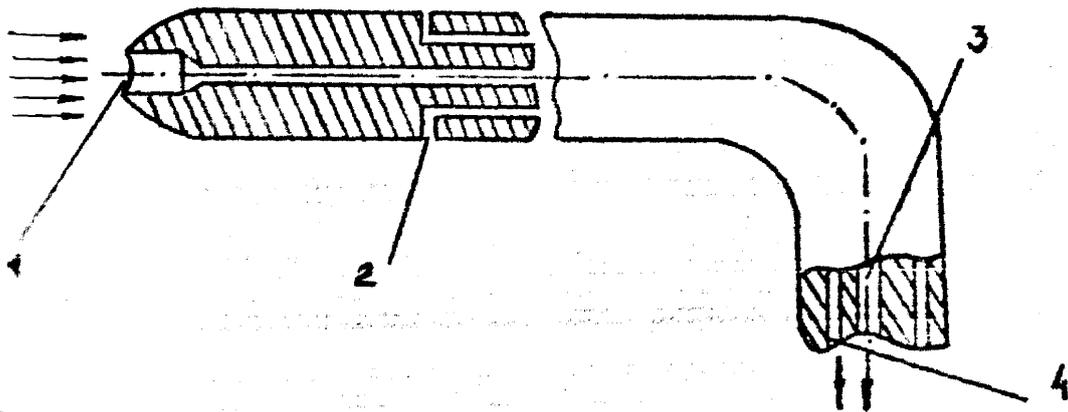


Рис. 12.4. Схема комбинированного приемника давления:
 1 – отверстие приемника полного давления; 2 – отверстие приемника статического давления;
 3,4 – трубки для подсоединения резиновых шлангов микроманометра

Термоанемометры и приёмники воздушного давления, имея меньшие габариты, не приводят к столь значительному изменению скорости воздуха из-за уменьшения проходного сечения.

Измерение скорости воздуха комбинированными ПВД основано на определении величины динамического давления p_d (т.е. давления, создаваемого движущимся потоком воздуха), которое равно

$$p_d = \frac{\rho v^2}{2}, \text{ Па}, \quad (12.13)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³;

v – скорость движения воздуха, м/с.

Для определения величины динамического давления используют дифференциальный микроманометр 3 (см. рис. 12.5 и лабораторный стенд), один штуцер которого с помощью шланга 2 подключают к отверстию трубки комбинированного приемника давления 1, направленному против потока воздуха – см. рис. 12.4 (поз. 1). Второй штуцер микроманометра подключают к отверстию трубки комбинированного приемника давления, направленному перпендикулярно к потоку воздуха (см. рис. 12.4, поз. 2). Для соединения трубок комбинированного приемника давления с микроманометром используются резиновые шланги 2 – см. рис. 12.5.

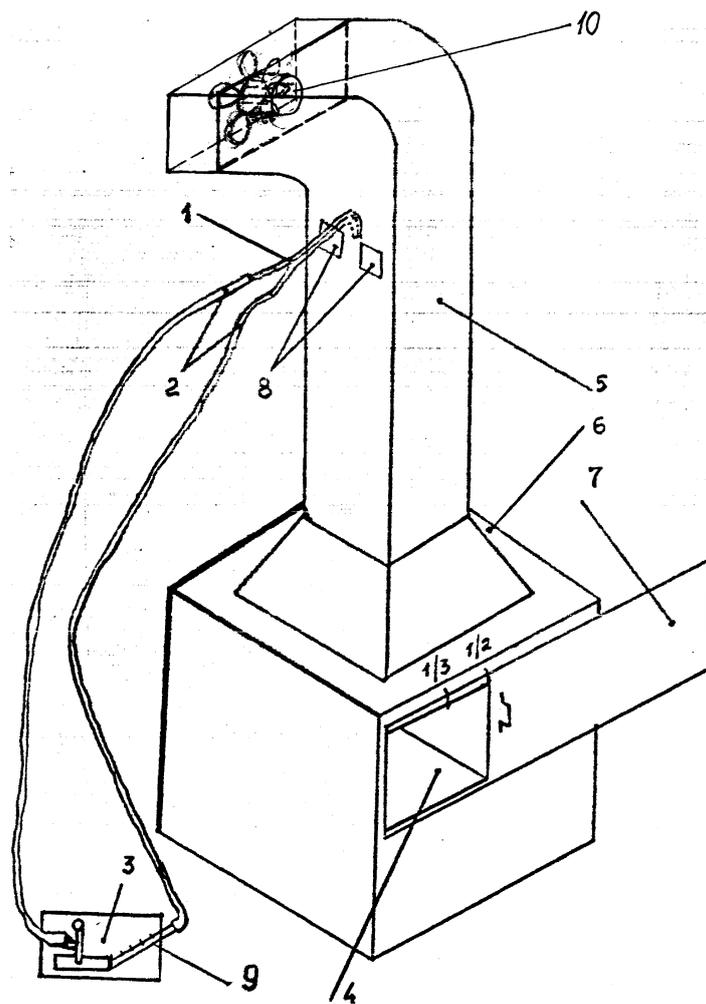


Рис. 12.5. Схема лабораторной установки:

1 – комбинированный приемник давления; 2 – резиновые шланги; 3 – дифференциальный микроанометр; 4 – рабочий проем; 5 – вытяжная труба (воздуховод); 6 – вытяжной шкаф с верхним отсосом; 7 – подвижная шторка; 8 – отверстия в воздуховоде для ввода комбинированного приемника давления; 9 – наклонная трубка микроанометра; 10 – вентилятор осевой

При включении вентиляции полное давление, создаваемое в воздуховоде, передается на микроанометр через отверстие 1, а статическое – через отверстие 2 – см. рис. 12.4. Разница между полным и статическим давлением представляет собой динамическое давление – благодаря ему и осуществляется перемещение воздуха по вентиляционным каналам. Динамическое давление в микроанометре уравнивается столбиком подкрашенного спирта, заполняющего наклонную трубку микроанометра (см. прибор, размещенный на лабораторном столе). При малой величине динамического давления для повышения

точности измерений трубка дифференциального микроманометра наклоняется под углом к вертикали.

Определив по микроманометру длину столбика спирта (мм), можно рассчитать динамическое давление по формуле

$$p_d = 9,8 \cdot h \cdot k \frac{\rho_{ж}}{0,81} \cdot \frac{1}{1 + \beta(t - 20)}, \text{ Па}, \quad (12.14)$$

где k – постоянный множитель прибора, его значения, соответствующие различным углам наклона трубки микроманометра, нанесены на дужке прибора;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости, заполняющей резервуар микроманометра, соответствующая температуре 20°C ;

β – коэффициент объёмного расширения жидкости (для спирта $\beta = 0,0011$, для воды $\beta = 0,00015$);

t – температура воздуха, при которой производятся замеры.

Учитывая, что микроманометр, используемый в данной лабораторной работе, заполнен спиртом, окрашенным метилротом, и $\rho_{ж} = 0,82 \text{ г/см}^3$, получаем из формулы (12.14)

$$p_d = h \cdot k \frac{9,92}{1 + 0,0011(t - 20)}, \text{ Па}. \quad (12.15)$$

Перед замерами уровень спирта в наклонной трубке микроманометра должен быть приведён к нулевому делению шкалы. Студентами не выполняется.

По результатам замеров динамического давления во всех точках мерного сечения, согласно рис. 12.3, рассчитывается усреднённое динамическое давление \bar{p}_d :

$$\bar{p}_d = \left(\frac{\sum_{i=1}^z p_{di}^{0,5}}{z} \right)^2, \text{ Па} \quad (12.16)$$

где z – число точек замеров.

Средняя скорость движения \bar{V} , м/с, в мерном сечении воздуховода вентиляционной системы, как следует из выражения (12.13), находится как

$$\bar{V}_B = \left(\frac{2\bar{p}_d}{\rho} \right)^{0.5}, \text{ м/с,} \quad (12.17)$$

где ρ – плотность воздуха, принимаемая равной $1,2 \text{ кг/м}^3$.

При измерении скорости движения воздуха в отдельных точках рабочего проема вытяжного шкафа анемометрами среднюю скорость движения воздуха рассчитывают по формуле

$$\bar{V}_n = \frac{\sum_{i=1}^z v_i}{z}, \text{ м/с.} \quad (12.18)$$

12.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчета

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

2. Перед началом работы нужно изучить полностью настоящие методические указания, обращая особое внимание на устройство лабораторной установки, порядок использования приборов, меры безопасности.

Перед выполнением работы необходимо подготовить формы для записи результатов замеров, которые должны соответствовать табл. 12.1 и 12.2, получить вариант задания у преподавателя или инженера лаборатории.

Лабораторная установка – вытяжной вентиляционный шкаф с воздуховодом 5 – изображена на рис. 12.5. Шкаф оборудован подвижной шторкой 7, позволяющей изменять площадь рабочего проёма 4.

В стенке воздуховода 5 выполнено два отверстия 8 для установки комбинированного ПВД 1, соединённого резиновыми шлангами 2 с дифференциальным микроманометром 3. Перемещение воздуха осуществляется с помощью вентилятора.

12.4.1. Последовательность выполнения работы

А. Измерение скорости подсоса воздуха в рабочем проёме вытяжного шкафа:

1. Доложите преподавателю или инженеру лаборатории о готовности к работе, получите крыльчатый анемометр (тип АСО-3), секундомер (можно использовать свои наручные часы с секундной стрелкой) или используйте прибор ТКМ-50.

2. Поставьте шторку 7 вытяжного шкафа в положение, соответствующее вашему варианту задания на выполнение работы. Определите площадь сечения рабочего проёма вытяжного шкафа, соответствующую вашему варианту задания, данные занесите в форму, которая должна соответствовать табл. 12.1. Площадь сечения F_{Π} рабочего проема находится как $F_{\Pi} = a \cdot F$, где a – степень открытия проема (нанесена на вытяжном шкафу); F – общая площадь рабочего проема, равная $0,19 \text{ м}^2$.

3. Установите на крыльчатый анемометр рукоятку для удобства пользования прибором.

Таблица 12.1

**К измерению скорости подсоса воздуха
в проеме вытяжного шкафа при степени открытия шторки,
указываемой преподавателем**

Площадь сечения рабочего проема F_{Π} согласно варианту задания	Точка замера	Показания анемометра			Число делений на 1 с	Скорость подсоса воздуха, м/с	Средняя скорость подсоса воздуха \bar{V}_{Π} , м/с
		после замера	до замера	разница			
	В центре проема						
	В левом верхнем углу проема						
	В правом нижнем углу проема						

4. Запишите в табл. 12.1 одним числом показания стрелок анемометра до измерения. Включите вентилятор. Поместите анемометр в центр рабочего проёма, где должна быть измерена скорость воздуха. Крыльчатка анемометра должна быть обращена навстречу потоку воздуха, а ось крыльчатки – совпадать с направлением потока в точке замера. При этом располагайтесь так, чтобы по возможности меньше перекрывать сечение проема. Для точного определения скорости дайте анемометру некоторое время (30 с) вращаться вхолостую, после чего включите одновременно механизм анемометра и секундомер, через 100 с анемометр и секундомер одновременно выключайте.

Анемометр включают и выключают арретиром, конец которого в форме ушка выведен через паз на боковую поверхность корпуса прибора. При повороте ушка вверх счетный механизм анемометра включается, вниз – выключается. Показания прибора после замера скорости также запишите в табл. 12.1.

5. Руководствуясь п. 4, измерьте скорость движения воздуха в углах проема вытяжного шкафа, данные занесите в табл. 12.1. Сразу после окончания измерений выключите вентилятор.

6. Для каждой точки замера рассчитайте разницу между показаниями анемометра до и после замера, разделите на число секунд, в течение которых производился замер (100 с). Данные занесите в табл. 12.1.

7. По числу делений, пройденных стрелкой анемометра за 1 с, пользуясь прилагаемыми к каждому анемометру тарировочными графиками, которые размещены на вытяжном шкафу, определите скорость движения воздуха в рабочем проёме вытяжного шкафа.

8. По формуле (12.18) рассчитайте среднюю скорость движения воздуха в проеме вытяжного шкафа. Результаты занесите в табл. 12.1.

Б. Измерение скорости движения воздуха в воздуховоде

1. Через левое отверстие в стенке воздуховода установите комбинированный ПВД в первую точку (т. С) сечения воздуховода так, чтобы изогнутая часть

ПВД была направлена навстречу потоку воздуха. В лабораторной работе местные скорости условно измеряются лишь в четырех точках сечения воздуховода – А, В, С, Д – см. рис. 12.3, что справедливо лишь для прямоугольных воздуховодов с размером меньшей стороны $b \leq 200$ мм. Соответствие координат замеров требованиям ГОСТ 12.3.018 обеспечивается местоположением отверстий в стенке воздуховода и совмещением меток А, В и С, Д на комбинированном приемнике давления с наружной стенкой воздуховода.

2. Определите температуру воздуха в помещении по термометру, закреплённому на стенде. Включите вентилятор. Через 3 ÷ 5 мин после пуска поверните кран на дифференциальном микроманометре (студентами не выполняется, так как этот кран постоянно открыт), определите длину столбика спирта в наклонной трубке, уравнивающего динамическое давление, создаваемое потоком воздуха. Закройте кран микроманометра (студентами не выполняется). Показания прибора занесите в табл. 12.2.

Таблица 12.2

**К измерениям скорости движения воздуха
в воздуховоде вентиляционной системы**

Температура в помещении $t, ^\circ\text{C}$	Номер точки замера	Показания микроманометра h , мм	Динамическое давление $P_{дi}$, Па	Среднее динамическое давление \bar{P}_d , Па	Средняя скорость движения воздуха в воздуховоде \bar{v}_v , м/с	Объем воздуха, проходящего через воздуховод, $\text{м}^3/\text{ч}$	Расчетная скорость подсоса в рабочем проеме $v_{пр}$, м/с	Уровень звука на рабочем месте у проема вытяжного шкафа, дБА
	А							
	В							
	С							
	Д							

3. Установите приемник давления в точке А поперечного сечения воздуховода, произведите замер. Затем, продвинув приемник до второй метки В, также выполните замер в соответствии с предыдущим пунктом.

4. Переместите приемник давления в правое отверстие в воздуховоде. Произведите замеры в двух точках Д и В аналогично вышеизложенному. Сразу после проведения последнего замера выключите вентилятор.

5. По формуле (12.15) рассчитайте динамическое давление $P_{дi}$ в каждой точке замера, по формуле (12.16) – среднее динамическое давление в мерном сечении воздуховода, по формуле (12.17) – среднюю скорость движения воздуха $\bar{v}_в$ в мерном сечении воздуховода вентиляционной системы. Плотность воздуха примите равной $1,2 \text{ кг/м}^3$. По формуле (12.10) рассчитайте объем воздуха, проходящего через воздуховод. Площадь сечения воздуховода $F_в = 0,0144 \text{ м}^2$. Все полученные результаты занесите в табл. 12.2.

6. По формуле (12.12) найдите среднюю расчетную скорость движения воздуха через рабочий проем вытяжного шкафа и сравните полученное расчетное значение $\bar{v}_{пр}$ с результатами непосредственных измерений скорости подсоса $\bar{v}_п$, выполненных ранее – см. табл. 12.1.

7. Ориентируясь на значения $\bar{v}_{пр}$ и $\bar{v}_п$, укажите классы вредных веществ, с которыми можно работать в вытяжном шкафу. Используйте табл. 12.3.

8. Получите у преподавателя или лаборанта шумомер и измерьте общий уровень звука на рабочем месте при включенном вентиляторе. Результат измерений запишите в табл. 12.2. Выключите вентилятор.

12.4.2. Указания по подготовке отчета

Отчет оформляется в тетради школьного формата либо на двойном тетрадном листе и должен содержать:

1. Цель работы, схему лабораторной установки, краткое описание хода работы.

Требуемая скорость подсоса в рабочих проемах вытяжных шкафов

Класс опасности и наименование вредных веществ	Скорость подсоса $v_{пв}$, м/с
1. Чрезвычайно опасные: вещества с ПДК = 0,005 мг/м ³	3,0
2. Высокoопасные: пары, газы, туманы, вещества с ПДК = 1 мг/м ³	2,0
3. Умеренноопасные: пары, газы, туманы, вещества с ПДК = (1–2)мг/м ³	1,75
пары, газы, туманы, вещества с ПДК = (2–10)мг/м ³	1,75
4. Малоопасные: вредные вещества с ПДК = (10 – 100) мг/м ³	0,8
бензин, технические масла и другие вещества с ПДК > 100 мг/м ³	0,5

2. Таблицы с результатами замеров и расчётов, а также ход и содержание расчетов, формулы с расшифровкой входящих в них обозначений.

3. Основные выводы по проделанной работе, сравнение скорости подсоса воздуха в проёме, полученной непосредственными измерениями с помощью анемометра и расчётным путём.

4. Перечень вредных веществ с указанием классов опасности, с которыми можно работать в вытяжном шкафу при полученной скорости подсоса в рабочем проеме вытяжного шкафа.

5. Указание о соответствии (несоответствии) уровня шума от исследованной вентиляционной установки требованиям норм, принимая во внимание, что допустимый уровень звука в лаборатории составляет 60 дБа. Что можно использовать для уменьшения шума от вентиляционных систем?

12.5. Меры безопасности

1. Для привода вентилятора используется электродвигатель, подключённый к сети с напряжением 220 В, поэтому при выполнении работы соблюдайте меры электробезопасности.

2. Используемый в работе микроанометр многопредельный содержит технический спирт, окрашенный метилротом, представляющим опасность для здоровья. При выполнении работы разбирать, сдвигать с места микроанометр запрещается.

3. Точно соблюдайте порядок выполнения работы, указанный в п. 12.4.1 настоящих методических указаний.

4. Соблюдайте меры предосторожности при обращении с комбинированным приемником давления и другими элементами лабораторного стенда.

12.6. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1. Как называется управляемая естественная вентиляция?

2. Как называется отношение объёма воздуха, подаваемого за 1 ч в помещение, к объёму этого помещения?

3. Как определяется динамическое давление в мерном сечении воздухопровода в данной лабораторной работе?

4. Через сколько секунд после помещения в точку замера нужно включать счётный механизм крыльчатого анемометра?

5. В каком месте нужно получить расчётную скорость движения воздуха согласно данной лабораторной работе?

6. Какая вентиляция рекомендуется для удаления вредных веществ (вредностей) непосредственно из места их выделения?

7. В скольких точках мерного сечения нужно измерить скорость движения воздуха в воздуховоде исследуемой в лабораторной работе вентиляционной системы?

8. Через сколько минут после пуска вентилятора нужно определять длину столбика спирта в наклонной трубке микроанометра?

9. Как часто в процессе эксплуатации нужно оценивать эффективность работы вентиляционных систем?

10. Как ограничивается уровень шума, создаваемого в помещениях системами вентиляции и кондиционирования воздуха?

12.7. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы

1. Каково значение вентиляции в производственных помещениях?
2. Как классифицируются вентиляционные системы?
3. Каков порядок расчёта вентиляции?
4. Под действием каких факторов происходит перемещение воздуха при естественной вентиляции?
5. Что такое кратность воздухообмена?
6. На какие виды подразделяются системы местной вентиляции?
7. Каково устройство и области применения вытяжных зонтов, шкафов?
8. Каким образом определяется динамическое давление воздуха в воздуховоде?
9. Как ограничивается уровень шума в помещениях от систем вентиляции и кондиционирования воздуха?
10. Какие приборы применяются для определения скорости движения воздуха в вентиляционных каналах?
11. Как определить мощность привода для вентилятора?

Литература

1. СП 60.13330-2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
2. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и ремонтируемых промышленных предприятий.
3. ГОСТ 12.3.018. Системы вентиляции. Методы аэродинамических испытаний.

Лабораторная работа № 13

«Исследование естественной освещенности»

13.1. Цель работы: формирование умений и навыков использования измерительной техники, изучение нормативных требований к естественному освещению, методов контроля естественной освещенности.

13.2. Задание по лабораторной работе

- 1) Изучить приборы, используемые при измерении естественного освещения.
- 2) Выполнить измерения естественного освещения и занести в таблицу.
- 3) Рассчитать КЕО, определить разряд зрительных работ в соответствии с заданием.
- 4) В соответствии с полученным вариантом задания рассчитать необходимую площадь световых проемов или фонарей.

13.3. Теоретический материал

Уровень освещенности имеет существенное значение для качества выпускаемой продукции, безопасности труда, общего психологического состояния работающих. Особенно велико значение естественного освещения. Человеческий глаз эволюционно сформировался под воздействием солнечного света. Известно изречение: если в помещение не заглядывает солнце, то в нем появляется врач.

Обеспечение рационального освещения является важным направлением деятельности по созданию благоприятных условий труда, исключая утомляемость зрения, опасность травмирования, снижение работоспособности. Освещенность рабочих мест непосредственно связана с производительностью труда.

Различают три вида естественного освещения:

- 1) **боковое освещение** помещений осуществляется через световые проемы в наружных стенах или светопрозрачные наружные конструкции;

2) **верхнее освещение** осуществляется через аэрационные фонари или зенитные купола, световые проемы различной конструкции в перекрытиях, а также через световые проемы в местах перепада высот смежных пролетов зданий;

3) **комбинированное освещение** – совокупность бокового и верхнего освещения. Комбинированное освещение является наиболее рациональным, так как обеспечивает равномерное освещение по всей площади помещения.

Выделяют также совмещенное освещение, при котором недостающее по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

За единицу освещенности E принят люкс (лк).

Во всех производственных помещениях с постоянным пребыванием людей для работ в дневное время необходимо предусматривать естественное освещение как наиболее экономичное, полнее соответствующее медико-санитарным требованиям в сравнении с искусственным освещением.

Естественный свет внутри помещений распространяется неравномерно, так как зависит от конфигурации зданий, конструкции световых проемов и их размещения. Естественная освещенность, создаваемая в помещении, изменяется в значительных пределах, что обусловлено временем года, временем суток и метеорологическими факторами (облачностью и отражающими свойствами земного покрова). В связи с этим оценить естественное освещение абсолютным значением освещенности на рабочем месте не представляется возможным. Поэтому в качестве нормируемой величины при оценке естественного освещения принята относительная величина – **коэффициент естественной освещенности e (КЕО) (%)**, который представляет собой отношение естественной освещенности, создаваемой в расчетной точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным или после отражений), к одновременно измеренному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода; при этом участие прямого солнечного света в создании той или другой освещенности исключается, т. е. имеем

$$KEO = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100, \% , \quad (13.1)$$

где E_B – освещенность в данной точке внутри помещения, лк;

E_H – одновременно замеренная на i -м же уровне наружная горизонтальная освещенность, создаваемая светом всего небосвода, лк.

Если в каком-либо помещении фактическое значение коэффициента естественной освещенности меньше 0,1 от нормативного значения, то установлено, что в таком помещении естественное освещение отсутствует.

Значение КЕО зависит от размеров оконных проемов, вида остекления и переплетов, степени их загрязнения, т.е. способности системы естественного освещения пропускать свет.

Нормирование естественного освещения осуществляется в соответствии со сводом правил СП 52.13330.2016, актуализированная редакция «СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» (далее СП 52.13330) [1] с учетом точности выполняемых зрительных работ, типа освещения и назначения помещения. Нормируемые значения КЕО e_N установлены в зависимости от следующих факторов:

1) характеристики зрительной работы (определяется с учетом размера объекта различения – рассматриваемый предмет, отдельная часть его или различимый дефект, которые необходимо различать в процессе работы);

2) системы естественного освещения (верхнее, боковое или комбинированное);

3) коэффициента светового климата m_N (зависит от месторасположения на территории России и ориентации световых проемов здания по сторонам горизонта).

Нормируемое значение КЕО e_N для зданий, расположенных в различных географических районах России, определяется по выражению

$$e_N = m_N \cdot e_H, \% , \quad (13.2)$$

где m_N – коэффициент светового климата, определяемый по табл. 13.1 и 13.2 в зависимости группы административных районов по ресурсам светового климата (табл. 13.1);

e_H – значение КЕО по табл. 13.3.

Таблица 13.1

Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административный район
1	Московская, Смоленская, Владимирская, Калужская, Тульская, Рязанская, Нижегородская, Свердловская, Пермская, Челябинская, Курганская, Новосибирская, Кемеровская области, Мордовия, Чувашия, Удмуртия, Башкортостан, Татарстан, Красноярский край (севернее 63° с.ш.), Республика Саха (Якутия) (севернее 63° с.ш.), Чукотский нац. округ, Хабаровский край (севернее 55° с.ш.)
2	Брянская, Курская, Орловская, Белгородская, Воронежская, Липецкая, Тамбовская, Пензенская, Самарская, Ульяновская, Оренбургская, Саратовская, Волгоградская области, Республика Коми, Кабардино-Балкарская Республика, Северо-Осетинская Республика, Чеченская Республика, Ингушская Республика, Ханты-Мансийский национальный округ, Алтайский край, Красноярский край (южнее 63° с.ш.), Республика Саха (Якутия) (южнее 63° с.ш.), Республика Тува, Бурятская Республика, Читинская область, Хабаровский край (южнее 55° с.ш.), Магаданская область
3	Калининградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Ярославская, Ивановская, Ленинградская, Вологодская, Костромская, Кировская области, Карельская Республика, Ямало-Ненецкий национальный округ, Ненецкий национальный округ
4	Архангельская, Мурманская области
5	Калмыцкая Республика, Ростовская, Астраханская области, Ставропольский край, Дагестанская Республика, Амурская область, Приморский край

Таблица 13.2

Коэффициенты светового климата (m)
для зданий со световыми проемами в наружных стенах

Номер группы административных районов	«m» при световых проемах, ориентированных по сторонам горизонта		
	север, северо-запад, северо-восток	запад, восток	юг, юго-запад, юго-восток
1	1	1	1
2	0,9	0,9	0,85
3	1,1	1,1	1
4	1,2	1,1	1,1
5	0,8	0,8	0,8

Требования к освещению помещений промышленных предприятий (по СП 52.13330)

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						КЕО e_n , %		КЕО e_n , %	
						при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	—	—	6,0	2,0
			б	Малый Средний	Средний Темный				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний				

Продолжение табл. 13.3

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						КЕО ε_n , %		КЕО ε_n , %	
						при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	–	–	4,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Темный				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний				

Продолжение табл. 13.3

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						КЕО ϵ_n , %		КЕО ϵ_n , %	
						при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	–	–	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний				

Продолжение табл. 13.3

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						КЕО ϵ_n , %		КЕО ϵ_n , %	
						при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	4,0	1,5	2,4	0,9
			б	Малый Средний	Средний Темный				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний				

Продолжение табл. 13.3

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						КЕО e_n , %		КЕО e_n , %	
						при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Малой точности	Св. 1 до 5	V	а	Малый	Темный	3,0	1,0	1,8	0,6
			б	Малый Средний	Средний Темный				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний				

Продолжение табл. 13.3

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						КЕО ϵ_n , %		КЕО ϵ_n , %	
						при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	–	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		3,0	1,0	1,8	0,6
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	–	То же		3,0	1,0	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное		VIII	a	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	–	1,0	1,8	0,6	

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						КЕО $\varepsilon_{\text{н}}$, %		КЕО $\varepsilon_{\text{н}}$, %	
						при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б	То же	–	0,3	0,7	0,2	
то же, при периодическом			в	"	–	0,2	0,5	0,2	
общее наблюдение за инженерными коммуникациями			г	"	–	0,1	0,2	0,1	

Согласно СП 52.13330 фон – это поверхность, на которой рассматривается объект различения. Фон считается светлым, если коэффициент отражения поверхности больше 0,4, если этот коэффициент составляет 0,2–0,4, то фон средний, и если коэффициент отражения менее 0,2, то фон темный.

Контраст объекта с фоном – степень различения объекта на фоне (большой, средний, малый).

Для естественного освещения в ограждающих поверхностях зданий предусматривают специальные устройства: окна, световые фонари, световые шахты. Конструктивное исполнение световых проемов в производственных зданиях зависит от назначения здания, его ширины и высоты, расположения рабочих мест, особенностей технологического процесса, условий производственной среды и других факторов. Световые проемы могут располагаться в одной или в двух стенах здания, в один или несколько рядов или находиться в покрытии здания. Очень часто световые проемы используют как для естественного освещения, так и для естественной вентиляции (светоаэрационные фонари). В этих случаях предусматривают конструкционные элементы для их открывания и закрывания с учетом погодных условий и условий среды внутри помещения. Один из возможных вариантов обеспечения естественной освещенности в здании показан на рис. 13.1.

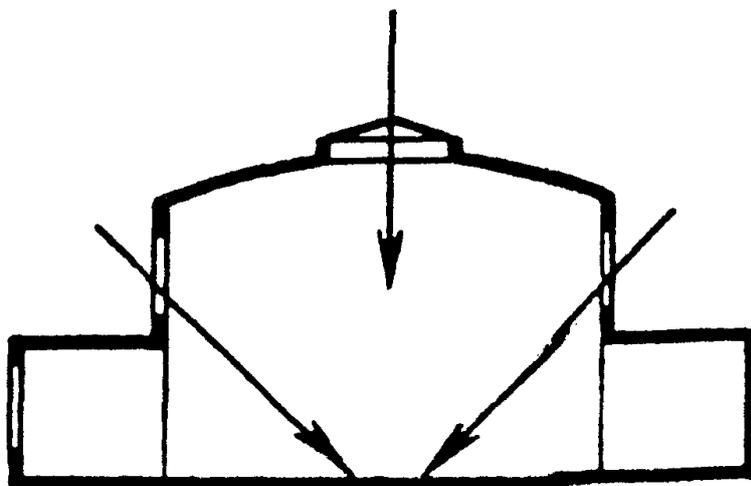


Рис. 13.1. Естественное освещение в одноэтажном промышленном здании

Расчет естественного освещения производственных помещений с постоянным пребыванием людей производится согласно СП 52.13330 и заключается в определении необходимой площади световых проемов. При боковом освещении помещений расчет ведется по формуле

$$S_o = \frac{e_n k_3 \eta_o S_{\Pi} K_{зд}}{100 \tau_o r_1}, \quad (13.3)$$

а при верхнем освещении помещений – по формуле

$$S_{\Phi} = \frac{e_n k_3 \eta_{\Phi} S_{\Pi}}{100 \tau_o r_2 K_{\Phi}}, \quad (13.4)$$

где S_o – необходимая площадь боковых световых проемов (окон), m^2 ;

S_{Π} – площадь пола помещения, m^2 ;

S_{Φ} – площадь световых проемов при верхнем освещении (световых фонарей), m^2 ;

e_n – нормированное значение КЕО по СП 52.13330 (в зависимости от ряда и подряда зрительной работы – см. табл. 13.3);

k_3 – коэффициент запаса, изменяющийся в пределах от 1,15 до 1,8;

η_o – световая характеристика окон, изменяющаяся в широких пределах (от 6,5 до 66);

$K_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями и равный 1,0–1,7;

τ_o – общий коэффициент светопропускания светового проема, определяемый по формуле:

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (13.5)$$

здесь τ_1 – коэффициент светопропускания материала, равный 0,08 – 0,91;

τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема и изменяющийся от 0,6 до 0,8;

τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях и равный 0,8-0,9. При боковом освещении $\tau_3 = 1$;

τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах и равный единице;

τ_5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимается равным 0,9;

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от внутренних поверхностей помещения и подстилающего слоя, примыкающего к зданию, измеряется в пределах от 1,05 до 10,0 (в зависимости от отражательной способности внутренних поверхностей помещения и других факторов);

r_2 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения, и равный 1,05–1,7;

η_{ϕ} – световая характеристика фонаря в плоскости покрытия, изменяющаяся от 2,0 до 16;

K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий тип фонаря и равный 1,0–1,4.

Важно отметить, что сейчас намечается тенденция к более широкому и полному использованию естественного света. Это позволяет не только экономить от 20 до 50% электроэнергии, но и создавать у человека положительные эмоции за счет ощущения им непосредственной связи с окружающим миром, устранения солнечного голодания, вредно сказывающегося на жизнедеятельности человеческого организма.

При расчете верхнего естественного освещения можно ориентироваться на следующие данные: при размере объекта различения до 0,15 мм S_{ϕ}/S_{π} должно быть 1/3 – 1/4; 0,15 – 0,3 мм – 1/4 – 1/5; 0,3 – 0,5 мм – 1/5 – 1/6; 0,5 – 1 мм – 1/6 – 1/7; 1 – 5 мм – 1/7 – 1/8; более 5 мм – 1/8 – 1/10.

Для измерений освещенности используют люксметры типа «ТКА-ПКМ», «ТКА-ПКМ-08», «ТКА-ЛЮКС», Ю-116, «Эколайт», «БОИ» и др., обеспечивающие диапазон измерений от 0 до 100000 лк. Многие из вышеперечисленных приборов позволяют, кроме освещенности, измерить и коэффициент пульсации освещенности или яркость.

Принцип действия люксметра основан на внутреннем фотоэлектрическом эффекте, открытом в 1873 г., и на способности фоторезистора изменять свою электрическую проводимость под влиянием видимого света. Полупроводниковый фотоэлемент, входящий в состав фотометрической головки люксметра, служит приемником светового потока. Далее, световая энергия, преобразован-

ная в электрический ток в блоке обработки сигнала, регистрируется цифровым микроамперметром (или аналоговым прибором), шкала которого проградуирована в единицах освещенности или имеет вид цифрового табло. Фотометрическая головка и блок обработки соединены между собой гибким кабелем. Токовые диапазоны, соответствующие различным уровням освещенности, переключаются за счет изменения сопротивления цепи автоматически или вручную. Питание, как правило, осуществляется от батареек.

Измерения естественной освещенности проводятся в соответствии с «МУ 2.2.4.706-98/МУ ОТ РМ 01-98. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Оценка освещения рабочих мест. Методические указания» (далее МУ) [2].

Освещенность следует проверять не реже одного раза в год. При замерах естественной освещенности должна исследоваться контрольная точка, расположенная на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов.

При боковом одностороннем освещении нормируется минимальное значение КЕО, которое должно быть измерено в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности:

- в небольших помещениях – на расстоянии 1 м от наиболее удаленной от световых проемов стены;

- в крупногабаритных помещениях – на расстоянии, равном 1,5 высоты помещения.

При боковом двухстороннем освещении контрольные точки размещаются в середине помещения.

При верхнем и комбинированном естественном освещении должно быть измерено среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности или пола. Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен.

Допускается деление помещения на зоны с различными условиями естественного освещения.

Измерения КЕО могут производиться только при сплошной равномерной десятибалльной облачности (сплошная облачность, просветы отсутствуют).

Для определения КЕО производится одновременное измерение естественной освещенности внутри помещения E_v и наружной освещенности на горизонтальной площадке под полностью открытым небосводом E_n (например, на крыше здания или в другом возвышенном месте). В лабораторной работе наружная освещенность измеряется на том же этаже, что и внутренняя освещенность (второй этаж) на расстоянии 1 м от наружной стены.

Каждое измерение освещенности внутри помещения должно сопровождаться одновременным измерением внешней или наружной освещенности.

Измерения производятся двумя наблюдателями с помощью двух люксметров желательно одинаковой марки. Для соблюдения одномоментности измерений освещенности наблюдатели должны быть оснащены хронометрами или средствами связи.

Измерение в каждой точке для исключения случайных ошибок следует проводить не менее трех раз, полученные результаты необходимо усреднять.

После сопоставления фактического и нормированного значения КЕО решается вопрос о необходимости повышения или сохранения фактического значения освещенности от естественного освещения и определяется класс условий труда по фактору «Естественное освещение».

13.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы и подготовке отчета

Лабораторную работу выполняет бригада в количестве не более двух студентов.

Перед началом работы изучите полностью настоящие указания и устройство люксметров – см. рис. 13.2. Получите у преподавателя вариант работы, подготовьте таблицу (см. табл. 13.4) для записи результатов эксперимента. При

выполнении лабораторной работы используются: два люксметра «ТКА-ЛЮКС» (см. рис. 13.2), рулетка. Также для связи между членами бригады в процессе эксперимента студентам рекомендуется пользоваться личными мобильными телефонами.

Таблица 13.4

Результаты замеров естественной освещенности

Измеряемые параметры естественной освещенности для расчета КЕО в лаборатории	Порядковый номер измерения освещенности, лк			Среднее значение освещенности, лк
	1	2	3	
Освещенность внутренняя $E_{в}$				
Освещенность наружная $E_{н}$				

Люксметр «ТКА-ЛЮКС» состоит из фотометрической головки 1 (см. рис. 13.2) и блока обработки сигналов 2, связанных между собой многожильным гибким кабелем. Органы управления режимами работы 3 и жидкокристаллический индикатор 4 расположены на блоке обработки сигналов. Отсчетным устройством прибора является жидкокристаллический индикатор, на табло которого при измерениях индицируются числа от 0 до 1999 с плавающей запятой. На задней стенке блока обработки сигналов расположена крышка батарейного отсека.

Диапазон измерений освещенности «ТКА-ЛЮКС» от 1 до 200 000 лк. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения освещенности $\pm 6\%$.

В процессе измерения экран фотометрической головки люксметра располагают в плоскости рабочего места или в другой, например вертикальной или горизонтальной, плоскости, в которой исследуется уровень освещенности. Проследите за тем, чтобы на окно фотоприемника не падала тень от студента, производящего измерение, а также тень от временно находящихся посторонних предметов. Для проведения измерения необходимо включить прибор, повернув переключатель диапазонов против часовой стрелки, выбрать подходящий для

конкретной ситуации диапазон, считать с цифрового индикатора 4 измеренные значения освещенности и записать их в таблицу.



Рис. 13.2. Люксметр «ТКА-ЛЮКС»:
1 – блок обработки сигналов; 2 – фотометрическая головка;
3 – органы управления режимами работы; 4 – жидкокристаллический индикатор

13.4.1. Последовательность выполнения работы

В процессе работы производится одновременное измерение естественной горизонтальной освещенности внутри помещения лаборатории кафедры техносферной безопасности (E_v) и наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом всего небосвода (E_n) на расстоянии 1 м от наружной стены. Необходимо, чтобы фотоэлемент люксметра был прикреплен к мерной линейке. Полученные значения E_v и E_n используются при расчете коэффициента естественной освещенности e (КЕО) (%) – см. формулу (13.1).

1) Получите у преподавателя вариант выполнения лабораторной работы в соответствии с табл. 13.5.

Варианты выполнения лабораторной работы

Номер варианта	Административный район	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Задание для расчетной части
1	Московская область	Север	Площадь окон
2	Дагестанская Республика	Северо-запад	Площадь световых фонарей
3	Калининградская область	Юго-запад	Площадь световых фонарей
4	Алтайский край	Юг	Площадь окон
5	Тверская область	Восток	Площадь световых фонарей
6	Архангельская область	Северо-восток	Площадь окон
7	Республика Саха (Якутия)	Юго-восток	Площадь световых фонарей
8	Республика Тува	Юго-запад	Площадь световых фонарей
9	Ростовская область	Запад	Площадь окон
10	Мурманская область	Северо-восток	Площадь окон

2) По своему усмотрению распределите задачи в бригаде. Один из студентов измеряет естественную горизонтальную освещенность внутри помещения лаборатории кафедры техносферной безопасности, другой студент – наружную горизонтальную освещенность, создаваемую светом всего небосвода. Каждый студент должен взять для проведения замеров люксметр «ТКА-ЛЮКС» и мобильный телефон для поддержания связи в бригаде.

3) Перед замером освещенности внутри помещения выключите в лаборатории искусственное освещение и определите контрольную точку, расположенную на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов. Для этого при помощи рулетки необходимо отмерить от стены 1 м и любым доступным способом (мелом или предметом) отметить контрольную точку.

4) Перед замером освещенности, создаваемой светом всего небосвода, необходимо воспользоваться мерной линейкой, выставить с помощью этой линейки фотоэлемент люксметра из окна на расстоянии 1 м от стены и произвести измерения, при этом на фотоэлемент люксметра не должны падать тени, например от деревьев.

5) Свяжитесь по мобильному телефону или голосом с другим членом бригады и одновременно произведите по три замера освещенности в соответствии с рекомендациями по работе с люксметром, изложенными выше. Данные замеров внесите в табл. 13.4.

6) Используя средние значения полученных замеров, произведите расчет КЕО по формуле (13.1).

7) Определите характеристику зрительной работы, наименьший размер объекта различения, разряд и подразряд зрительной работы, которую можно выполнять при полученном значении КЕО по табл. 13.2.

8) Используя нормативное значение КЕО e_N , полученное по табл. 13.2, рассчитайте e_N по формуле (13.2). Для расчета используйте значения характеристик географического района и ориентацию световых проемов по сторонам горизонта, соответствующие вашему варианту задания.

9) В соответствии с полученным вариантом задания и данными из табл. 13.6 рассчитайте по формулам (13.3) или (13.4) площадь световых проемов или фонарей.

Таблица 13.6

**Исходные данные для расчета площади боковых световых проемов (окон)
или площади световых фонарей**

Номер варианта	S_{Π}	k_3	η_0	$K_{зд}$	τ_1	τ_2	r_1	r_2	η_{ϕ}	K_{ϕ}
1	122	1,15	6,5	1,7	0,08	0,6	1,05	–	–	–
2	20	1,60	–	1,6	0,88	0,8	–	1,10	5	1,3
3	70	1,20	–	1,4	0,35	0,7	–	1,05	11	1,2
4	64	1,55	22,0	1,5	0,16	0,6	6,0	–	–	–
5	150	1,70	–	1,3	0,73	0,7	–	1,20	4	1,0
6	145	1,35	9,5	1,7	0,60	0,8	9,5	–	–	–
7	80	1,75	–	1,0	0,87	0,6	–	1,30	16	1,1
8	100	1,65	–	1,4	0,70	0,8	–	1,55	7	1,4
9	78	1,50	33,0	1,0	0,55	0,7	2,20	–	–	–
10	92	1,80	10,0	1,7	0,91	0,6	10,0	–	–	–

Значение τ_3 для окон принять равным единице, для фонарей – 0,9;

значение τ_4 для всех вариантов принять равным единице;

значение τ_5 для всех вариантов принять равным 0,9.

13.4.2. Указания по подготовке отчета по работе

Отчет оформляется индивидуально каждым студентом на двойном тетрадном листе и должен быть выполнен в следующей последовательности:

1) Запишите цель работы, вычертите схему внешнего вида люксметра «ТКА-ЛЮКС», укажите составные части люксметра и назначение органов управления.

2) Начертите табл. 13.4 для записи результатов измерений.

3) Произведите необходимые измерения естественной освещенности E_v и E_n , заполните табл. 13.4.

4) Произведите расчет значения e_H по формуле (13.1).

5) Определите характеристику зрительной работы для полученного значения КЕО по табл. 13.2.

6) Произведите расчет значения e_N по формуле (13.2).

7) В соответствии с полученным вариантом задания рассчитайте по формулам (13.3) или (13.4) площадь световых проемов или фонарей.

8) Сформулируйте выводы по результатам проделанной работы.

13.5. Меры безопасности

1) Не касайтесь электрических проводов лабораторных стендов при перемещении по лаборатории в процессе проведения измерений.

2) Соблюдайте меры электробезопасности. Запрещается самостоятельно доставать источники питания из люксметра.

3) Соблюдайте осторожность при проведении измерений, не высовывайтесь из окна, пользуйтесь мерной линейкой.

13.6. Вопросы для программированного контроля готовности к выполнению работы

1. В каких единицах измеряется КЕО?

2. Каков правильный вариант записи формулы для расчета коэффициента естественной освещенности помещений (КЕО)?

3. Как расшифровывается КЕО?

4. К какой группе административных районов по ресурсам светового климата относится Калининградская область?

5. По какому документу осуществляется нормирование естественного освещения?

6. Сколько измерений естественной освещенности необходимо производить в каждой точке для исключения случайных ошибок?

7. Какие измерения нужно произвести в ходе выполнения лабораторной работы?

8. Что необходимо получить в результате расчетов по данной лабораторной работе?

9. Для определения какого параметра необходимо знать группу административных районов по ресурсам светового климата?

10. На каком расстоянии от наиболее удаленной от световых проемов стены необходимо измерять освещенность при выполнении лабораторной работы?

13.7. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

1. Назовите виды естественного освещения.

2. Расскажите о значении естественного света.

3. Дайте определение коэффициента естественной освещенности. В каких нормативных документах содержатся требования к численным значениям этого коэффициента?

4. От каких факторов зависит КЕО?

5. От каких параметров зависит конструктивное исполнение световых проемов в производственных зданиях?

6. Расскажите о нормировании естественного освещения.

7. Расскажите о последовательности определения КЕО.

8. Объясните причины намечающейся тенденции к более широкому и эффективному использованию естественного света.

9. Назовите приборы для измерения освещенности и расскажите об их устройстве.

10. Какие специальные устройства предусматривают для естественного освещения в ограждающих поверхностях зданий?

11. Каким образом в соответствии с МУ 2.2.4.706-98/МУ ОТ РМ 01-98 2.2.4 выбираются контрольные точки измерения освещенности для различных типов помещений?

Литература

1. СП 52.13330.2016 «СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение».

2. МУ 2.2.4.706-98/МУ ОТ РМ 01-98. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Оценка освещения рабочих мест. Методические указания.

**ОБЩИЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ,
РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
К ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

1. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / В. М. Минько [и др.]; под общ. ред. В. М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – 363 с.

2. Минько, В. М. Охрана труда в машиностроении / В. М. Минько. – Москва: Издательский центр «Академия», 2017. – 256 с.

3. Занько, Н. Г. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Н. Г. Занько, К. Р. Малаян, О. Н. Русак; под ред. О. Н. Русака. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 672 с.

4. Минько, В. М. Охрана труда: учеб. пособие / В. М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 332 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	3
Лабораторная работа № 1 «Исследование микроклимата в производственных помещениях».....	6
Лабораторная работа № 2 «Контроль загрязнения воздуха».....	30
Лабораторная работа № 3 «Защита от теплового излучения».....	48
Лабораторная работа № 4 «Исследование освещенности рабочих мест».....	64
Лабораторная работа № 5 «Исследование производственного шума и звукоизолирующей способности некоторых конструкций».....	87
Лабораторная работа № 6 «Исследование влияния электрического тока на организм человека»	110
Лабораторная работа № 7 «Исследование ионизирующих излучений»	129
Лабораторная работа № 8 «Исследование сопротивления заземляющих устройств»	155
Лабораторная работа № 9 «Исследование систем автоматической пожарной сигнализации».....	180
Лабораторная работа № 10 «Исследование удельного электрического сопротивления грунта»	195
Лабораторная работа № 11 «Специальная оценка условий труда в промышленности».....	206
Лабораторная работа № 12 «Испытание вытяжной вентиляционной установки».....	228
Лабораторная работа № 13 «Исследование естественной освещенности».....	247
ОБЩИЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	270

Учебное пособие

**Виктор Михайлович Минько,
Наталья Анатольевна Евдокимова,
Ирина Жоржевна Титаренко,
Ирина Александровна Филатова**

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Редактор Г. Е. Смирнова
Компьютерная верстка Е. В. Мироновой*

Подписано в печать 6.08.2019 г. Формат 60×90^{1/16}.
Уч.-изд. л. 14,7. Печ. л. 17,0. Тираж 200 экз. Заказ № .

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