

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Охрана труда

Практикум

Витебск
2018

УДК 658.382.3 (075.83)

Составители:

С. Г. Ковчур, В. Н. Потоцкий, А. В. Гречаников, И. А. Тимонов

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 6 от 25.06.2018.

Охрана труда : практикум / сост. С. Г. Ковчур [и др.]. – Витебск : УО «ВГТУ», 2018. – 121 с.

Практикум составлен с учетом тематики практических и лабораторных занятий по дисциплине «Охрана труда» примерной программы обучения по вопросам охраны труда для руководителей и специалистов организаций, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 08.08.2003 г. № 92, что соответствует п. 3.6 протокола заседания коллегии Администрации Президента Республики Беларусь от 20.05.2005 г. № 5. В практикуме изложен теоретический материал, необходимый студентам для выполнения лабораторных работ и практических занятий по курсу «Охрана труда».

УДК 658.382.3 (075.83)

© УО «ВГТУ», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1	6
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ	6
1 Цель работы	6
2 Общие положения	6
3 Применяемые приборы и оборудование	10
4 Требования охраны труда при выполнении работы	14
5 Порядок проведения эксперимента	16
6 Содержание отчета по работе	18
7 Рекомендуемая литература	18
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2	19
ИССЛЕДОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	19
1 Цель работы	19
2 Общие сведения	19
3 Применяемые приборы и оборудование	24
4 Требования охраны труда при выполнении работы	25
5 Порядок проведения эксперимента	26
6 Содержание отчета по работе	27
7 Рекомендуемая литература	28
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3	29
ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	29
1 Цель работы	29
2 Общие сведения	29
3 Применяемые приборы и оборудование	34
4 Требования охраны труда при выполнении работы	35
5 Порядок проведения эксперимента	36
6 Содержание отчета по работе	38
7 Рекомендуемая литература	38
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4	39
РАСЧЁТ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА СВЕТИЛЬНИКОВ	39
1 Цель работы	39
2 Общие сведения	39
3 Порядок выполнения работы	42
4 Содержание отчета	43
5 Рекомендуемая литература	43
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5	44
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАНУЛЕНИЯ	44
1 Цель работы	44

2 Общие сведения.....	44
3 Применяемые приборы и оборудование.....	46
4 Требования охраны труда при выполнении работы.....	49
5 Порядок проведения эксперимента.....	49
6 Содержание отчёта по работе.....	50
7 Рекомендуемая литература.....	50
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6.....	51
РАСЧЁТ СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ.....	51
1 Цель работы.....	51
2 Общие сведения.....	51
3 Порядок выполнения работы.....	56
4 Содержание отчета.....	56
5 Рекомендуемая литература.....	57
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7.....	58
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДНИКОВ ТОКА В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ.....	58
1 Цель работы.....	58
2 Общие сведения.....	58
3 Применяемые приборы и оборудование.....	59
4 Требования охраны труда при выполнении работы.....	60
5 Порядок проведения эксперимента.....	61
6 Содержание отчёта по работе.....	61
7 Рекомендуемая литература.....	62
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8.....	63
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ПАРОВ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ.....	63
1 Цель работы.....	63
2 Общие сведения.....	63
3 Применяемые приборы и оборудование.....	66
4 Требования охраны труда при проведении работы.....	67
5 Порядок проведения эксперимента.....	67
6 Содержание отчёта по работе.....	68
7 Рекомендуемая литература.....	68
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9.....	69
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ВЗРЫВАЕМОСТИ ПАРОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ.....	69
1 Цель работы.....	69
2 Общие сведения.....	69
3 Порядок проведения работы.....	75
4 Содержание отчёта.....	76
5 Рекомендуемая литература.....	76

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10	77
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СОСУДОВ (АППАРАТОВ)	77
1 Цель работы	77
2 Общие сведения.....	77
3 Применяемые приборы и оборудование.....	80
4 Требования охраны труда при выполнении работы.....	81
5 Порядок проведения эксперимента.....	82
6 Содержание отчёта по работе	83
7 Рекомендуемая литература.....	83
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11	84
ИССЛЕДОВАНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ШУМА	84
НА РАБОЧИХ МЕСТАХ.....	84
1 Цель работы	84
2 Общие сведения.....	84
3 Применяемые приборы и оборудование.....	86
4 Требования охраны труда при выполнении работы.....	86
5 Порядок проведения эксперимента.....	87
6 Содержание отчёта по работе	89
7 Рекомендуемая литература.....	89
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 12	90
УЧЕТ И РАССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ	90
1 Цель работы	90
2 Общие сведения.....	90
3 Правила заполнения актов по материалам расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.....	98
4 Порядок выполнения работы	101
5 Содержание отчета.....	102
6 Рекомендуемая литература.....	1022
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 13	104
ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ С ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТЬЮ	104
1 Цель работы	104
2 Общие сведения.....	104
3 Порядок выполнения работы	110
4 Содержание отчета.....	111
5 Рекомендуемая литература.....	111
Приложение А.....	112
Приложение Б	116
Приложение В.....	117
Приложение Г	119

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

1 Цель работы

Изучить основные принципы нормирования метеорологических условий в производственных и офисных помещениях, исследовать параметры микроклимата на рабочих местах, ознакомиться с приборами и методикой измерения, сравнить полученные данные с нормативными данными в соответствии с Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 30 апреля 2013 № 33 «Гигиенический норматив «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений».

2 Общие положения

Микроклимат производственных помещений – метеорологические условия внутренней среды производственных помещений, определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха.

Метеорологические условия производственной среды – микроклимат (температура, влажность, скорость движения воздуха) – оказывают значительное влияние на протекание жизненных процессов в организме человека и являются важной характеристикой гигиенических условий труда. Неблагоприятные метеорологические условия приводят к быстрой утомляемости и снижению производительности труда.

Для создания благоприятных условий теплообмена тела человека с окружающей средой рабочей зоны параметры микроклимата в производственных и офисных помещениях регламентируются Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 30 апреля 2013 № 33 «Гигиенический норматив «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений» (табл. 1.1–1.2).

Рабочая зона – это пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих.

Оптимальные микроклиматические условия устанавливаются по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Выбор параметров микроклимата производственных помещений осуществляется в зависимости от периода года и категории работ на основе интенсивности энергозатрат организма.

Холодный период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +10 °С и ниже.

Теплый период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10 °С.

В результате происходящих в организме человека обменных процессов непрерывно выделяется тепло, количество которого зависит от характера выполняемой работы на основе интенсивности энергозатрат (категории работы по тяжести).

Категории работ на основе интенсивности энергозатрат организма (Вт) разграничиваются следующим образом:

1. К категории **Ia** относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий в швейном производстве, сфере управления и т. п.).

2. К категории **Iб** относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140–174 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (контролёры, мастера в различных видах производства).

3. К категории **IIa** относятся работы с интенсивностью энергозатрат 175–232 Вт, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определённого физического напряжения (прядельно-ткацкое и обувное производство).

4. К категории **IIб** относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233–290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переносом тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в литейных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий).

5. К категории **III** относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий кузнечных цехов с ручной ковкой и т. п.).

Таблица 1.1 – Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
		воздуха, °С	поверхностей, °С		
Холодный	Ia	22–24	21–25	60–40	0,1
	Iб	21–23	20–24	60–40	0,1
	IIa	19–21	18–22	60–40	0,2
	IIб	17–19	16–20	60–40	0,2
	III	16–18	15–19	60–40	0,3
Теплый	Ia	23–25	22–26	60–40	0,1
	Iб	22–24	21–25	60–40	0,1
	IIa	20–22	19–23	60–40	0,2
	IIб	19–21	18–22	60–40	0,2
	III	18–20	17–21	60–40	0,3

Таблица 1.2 – Допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температуры воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температуры воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia	20,0–21,9	24,1–25,0	19,0–26,0	15–75	0,1	0,1
	Iб	19,0–20,9	23,1–24,0	18,0–25,0	15–75	0,1	0,2
	IIa	17,0–18,9	21,1–23,0	16,0–24,0	15–75	0,1	0,4
	IIб	15,0–16,9	19,1–22,0	14,0–23,0	15–75	0,2	0,3
	III	13,0–15,9	18,1–21,0	12,0–22,0	15–75	0,2	0,4
Теплый	Ia	21,0–22,9	25,1–28,0	20,0–29,0	15–75	0,1	0,2
	Iб	20,0–21,9	24,1–28,0	19,0–28,0	15–75	0,1	0,3
	IIa	18,0–19,9	22,1–27,0	17,0–28,0	15–75	0,1	0,4
	IIб	16,0–17,9	21,1–27,0	15,0–28,0	15–75	0,2	0,5
	III	15,0–16,9	20,1–26,0	14,0–27,0	15–75	0,2	0,5

Перепад температуры воздуха по высоте рабочей зоны при всех категориях работ допускается до 3 °С. Колебания температуры воздуха по горизонта-

ли в рабочей зоне, а также в течение смены допускаются до 4 °С – при легких работах, до 5 °С – при средней тяжести работах и до 6 °С – при тяжелых работах, при этом абсолютные значения температуры воздуха, измеренной на разной высоте и в различных участках помещений, в течение смены не должны выходить за пределы допустимых величин, указанных в таблице 1.2.

Терморегуляция – это совокупность физиологических и химических процессов в организме человека, направленных на поддержание температуры тела в пределах 36,6 °С. Поэтому при изменении внешних условий в организме происходит усиление или ослабление интенсивности окислительных процессов (биохимическая терморегуляция), а также путём отдачи тепла в окружающую среду излучением – 40–47 %, конвекцией – 28–35 %, с выделением влаги – 13–27 % и около 5 % тепла расходуется на согревание принимаемой пищи, воды и выдыхаемого воздуха (физическая терморегуляция).

Следовательно, тепло Q , выделяемое человеком, отводится в окружающую среду благодаря конвекции воздуха телом q_K , теплопроводности через одежду q_T , излучению $q_{И}$, процессу тепло- и массообмена (при испарении влаги, выводимой на поверхность потовыми железами) $q_{П}$ и при дыхании $q_{Д}$

$$Q = q_K + q_T + q_{И} + q_{П} + q_{Д} \quad (1.1)$$

Тепловое ощущение человека определяется действием температуры, влажности, скорости движения воздуха и температуры окружающих поверхностей. Поэтому необходима такая величина, которая определяла бы тепловые ощущения человека и являлась бы функцией величин, характеризующих состояние производственной среды. Выразить «комфортные условия» какими-либо физическими единицами невозможно, поэтому введены условные единицы измерения в виде так называемых эффективной и эффективно-эквивалентных температур.

Под **эффективной температурой (ЭТ)** понимают температуру насыщенного неподвижного воздуха, обладающего такой же охлаждающей способностью, как воздух с заданными значениями температуры и влажности.

Под **эквивалентно-эффективной температурой (ЭЭТ)** понимают температуру неподвижного насыщенного воздуха, который создает то же тепловое ощущение или обладает той же охлаждающей способностью, как и воздух с заданными оптимальными параметрами температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Если при определении категории работ и значений ЭТ или ЭЭТ воздуха тепловое ощущение находится на уровне комфортного, то при более высокой ЭТ или ЭЭТ оно характеризуется как ощущение перегрева; при более низкой ЭТ или ЭЭТ ощущение излишнего охлаждения. Чем больше отклонение ЭТ или ЭЭТ от комфортного значения, тем выше степень дискомфорта. На рисунке 1.1

изображена номограмма, по которой можно определить значения ЭТ и ЭЭТ для разнообразных сочетаний параметров микроклимата на рабочих местах.

Мероприятия по обеспечению нормальных метеорологических условий на рабочих местах в производственных помещениях носят комплексный характер. К ним относятся: рациональное построение технологического процесса, правильное использование оборудования, теплоизоляция нагретых поверхностей оборудования и материалопроводов, использование соответствующих систем вентиляции, кондиционирования и отопления.

3 Применяемые приборы и оборудование

3.1. *Термометры.* Измерение температуры на рабочих местах и вообще в рабочей зоне, как правило, проводят на высоте 1,0–1,5 м от рабочей площадки (или уровня пола), а при значительном изменении температуры воздуха по высоте - дополнительно на уровне ног человека (0,1–0,3 м). Наиболее распространенными приборами для измерения температуры воздуха являются ртутные и спиртовые термометры. В работе используются ртутные термометры со шкалой, позволяющей произвести измерения с точностью до 0,1 °С.

3.2. *Психрометры.* Стационарный психрометр Августа состоит из двух одинаковых ртутных термометров: сухого и влажного. Резервуар влажного термометра окутан батистом или другой достаточно гигроскопичной материей (марля, кисея), конец которой в виде неплотного жгута опущен в наполненный дистиллированной водой стаканчик 1. По этому жгуту 2 с резервуара к термометру поступает влага взамен испаряющейся. Сухой термометр показывает температуру окружающего воздуха, влажный – более низкую температуру, вследствие испарения воды с поверхности его резервуара.

Аспирационный психрометр Ассмана МВ-4М состоит из двух ртутных термометров, укрепленных в металлической оправе и заключенных в защитные металлические трубки 2, сообщающиеся общим воздухопроводом с вентилятором, который находится в головке прибора 1. Через трубку с равномерной скоростью под действием вентилятора протягивается исследуемый воздух, благодаря чему обеспечивается постоянство психрометрического коэффициента $A = 0,00067$, а также устраняется влияние теплового облучения. Перед подвеской психрометра в зоне измерения приводят в движение его вентилятор с помощью заводного механизма. Через 4–5 минут после запуска вентилятора, не выключая его, можно снимать показания прибора. Относительная влажность воздуха определяется с помощью номограммы, представленной на рисунке 1.2.

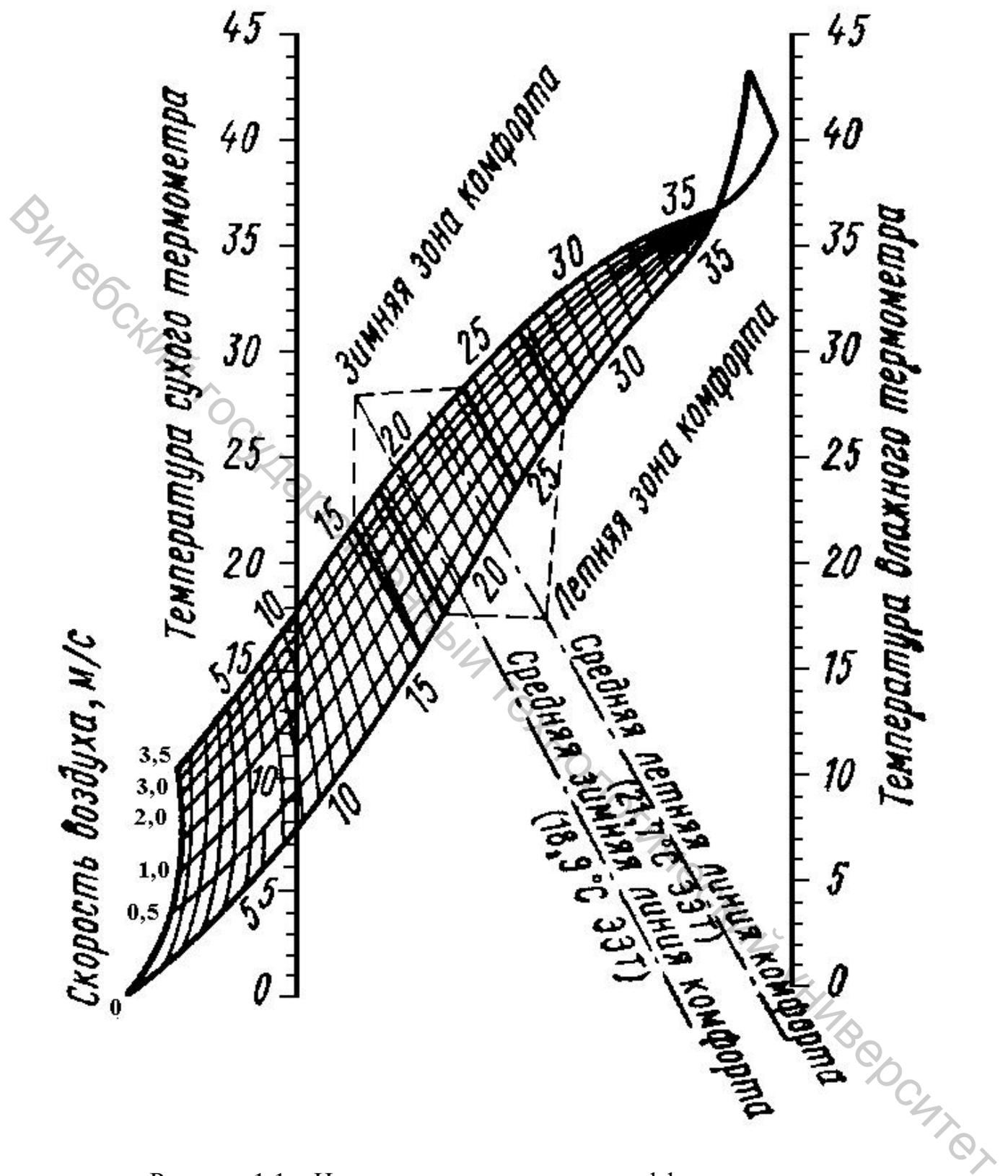


Рисунок 1.1 – Номограмма эквивалентно-эффективных температур

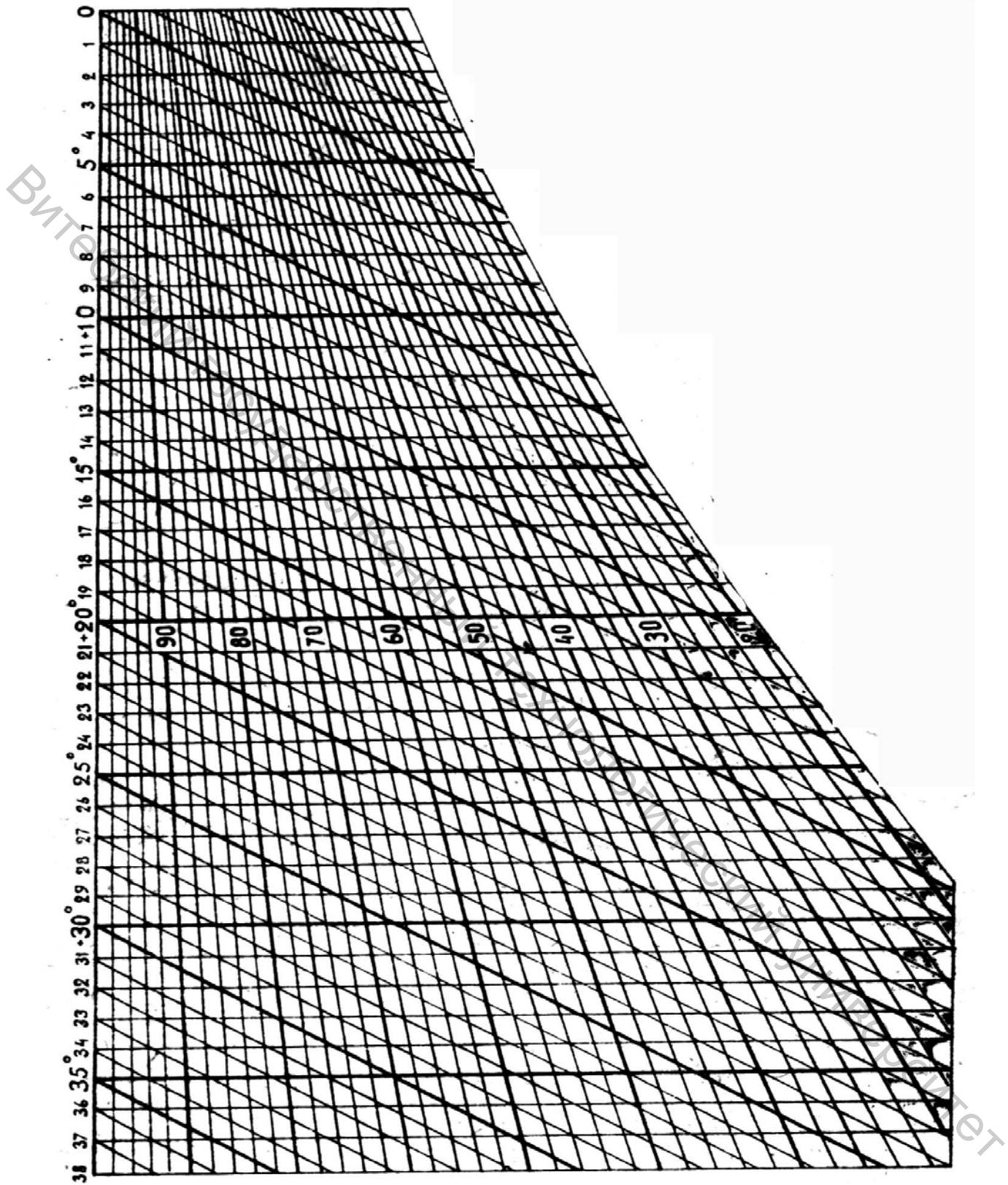


Рисунок 1.2 – Номограмма для определения влажности для психрометра Ассмана

3.3. *Термографы.* Термографы служат для регистрации температуры окружающего воздуха во времени. Приемной частью термографов М-16А является изогнутая биметаллическая пластина 1, один конец которой жёстко закреплен, а другой через передаточный механизм 2 соединен со стрелкой 3. При изменении температуры воздуха биметаллическая пластина, состоящая из двух металлов с различными коэффициентами линейного расширения, начинает деформироваться. Эта деформация, пропорциональная изменению температуры, через передаточный механизм передается на стрелку. Конец стрелки снабжен пером, заполненным специальными, медленно высыхающими чернилами. Запись температур производится на ленте (суточной или недельной диаграмме), опоясывающей барабан, который приводится в движение часовым механизмом.

3.4. *Гигрографы.* Гигрографы используют для регистрации во времени изменений относительной влажности воздуха. Чувствительным элементом гигрографа М-21А, реагирующим на изменение влажности воздуха, является пучок обезжиренных человеческих волос 2, укрепленный в концевых зажимах 1 на поперечном кронштейне. Пучок волос в средней части захвачен крючком 4, являющимся одним из плеч передаточного механизма 5. Внутреннее плечо 6 (в корпусе прибора) имеет противовес, под действием которого происходит натяжение пучка волос. При изменении относительной влажности происходит удлинение (при увеличении влажности) или сокращение (при уменьшении влажности) пучка волос. Эта деформация через передаточный механизм передается на стрелку 7 с пером. Записывающий механизм аналогичный механизму термографа.

3.5. *Гигрометры.* Действие гигрометра основано на свойстве обезжиренного органического человеческого волоса (или пленки органического происхождения) изменять свою длину в зависимости от изменения относительной влажности окружающего воздуха, а именно удлиняться при увеличении относительной влажности и укорачиваться при ее уменьшении. Изменение длины волоса (пленки) передается стрелке, перемещающейся по шкале. Гигрометр является прибором для определения влажности воздуха при отрицательных температурах. Точность показаний его очень мала, ошибка измерений может достигать до 10 %.

3.6. *Анемометры.* Для измерения скорости движения воздуха применяют анемометры чашечные и крыльчатые. В чашечном анемометре приемной частью служит крестовина с четырьмя полушариями, укрепленная на вертикальной оси и защищенная от механических повреждений проволочной защитой. Под действием ветра полушария вращаются, что отмечается счетчиком. Чашечные анемометры применяют при замерах больших скоростей (5–20 м/с) и в условиях часто меняющихся направлений движения воздуха.

При замерах скоростей (0,5–5 м/с) и однонаправленном движении воздуха применяют крыльчатые анемометры. Приемная часть представляет собой легкую крыльчатку, посаженную на получервячную ось, внутри которой натя-

нута стальная струна, служащая осью крыльчатки. Вращение крыльчатки посредством зубчатой передачи редуктора передается на стрелки прибора.

Тарировочный график для определения скорости движения воздуха анемометром представлен на рисунке 1.3.

3.7. Барометры. В практике метеорологических наблюдений для измерения атмосферного давления применяют барометры-анероиды разных моделей. Простейший из них имеет металлическую анероидную коробку, деформирующуюся с изменением атмосферного давления. Деформация с помощью передаточного механизма приводит в движение стрелку, перемещающуюся на неподвижном циферблате.

3.8. Вентилятор. Для создания искусственного потока воздуха используется бытовой вентилятор, двигатель которого питается напряжением 220 В. С помощью наклонной плоскости осуществляется изменение площади сечения в прямоугольном воздуховоде, что позволяет изменять скорость движения воздушного потока.

4 Требования охраны труда при выполнении работы

К выполнению работы допускаются лица, прошедшие инструктаж по охране труда.

Перед началом работы визуально убедиться в исправном состоянии лабораторной установки.

При выполнении работы:

1. Запрещается включать электрический вентилятор при отсутствии преподавателя или лаборанта.

2. Запрещается оставлять приборы и оборудование без присмотра.

3. Запрещается самостоятельно устранять неисправность приборов и оборудования.

4. При работающем вентиляторе быть внимательными и соблюдать осторожность.

5. При работе с ртутными термометрами быть особо внимательными, не допускать действий, которые могут привести к повреждению термометров.

6. После выполнения лабораторной работы необходимо выключить вентилятор и навести порядок на рабочем месте.

Требования безопасности в аварийной ситуации:

В случае появления дыма или запаха горелой изоляции произвести немедленное отключение вентилятора, принять меры к тушению, при необходимости вызвать по телефону 101 пожарное подразделение и покинуть помещение.

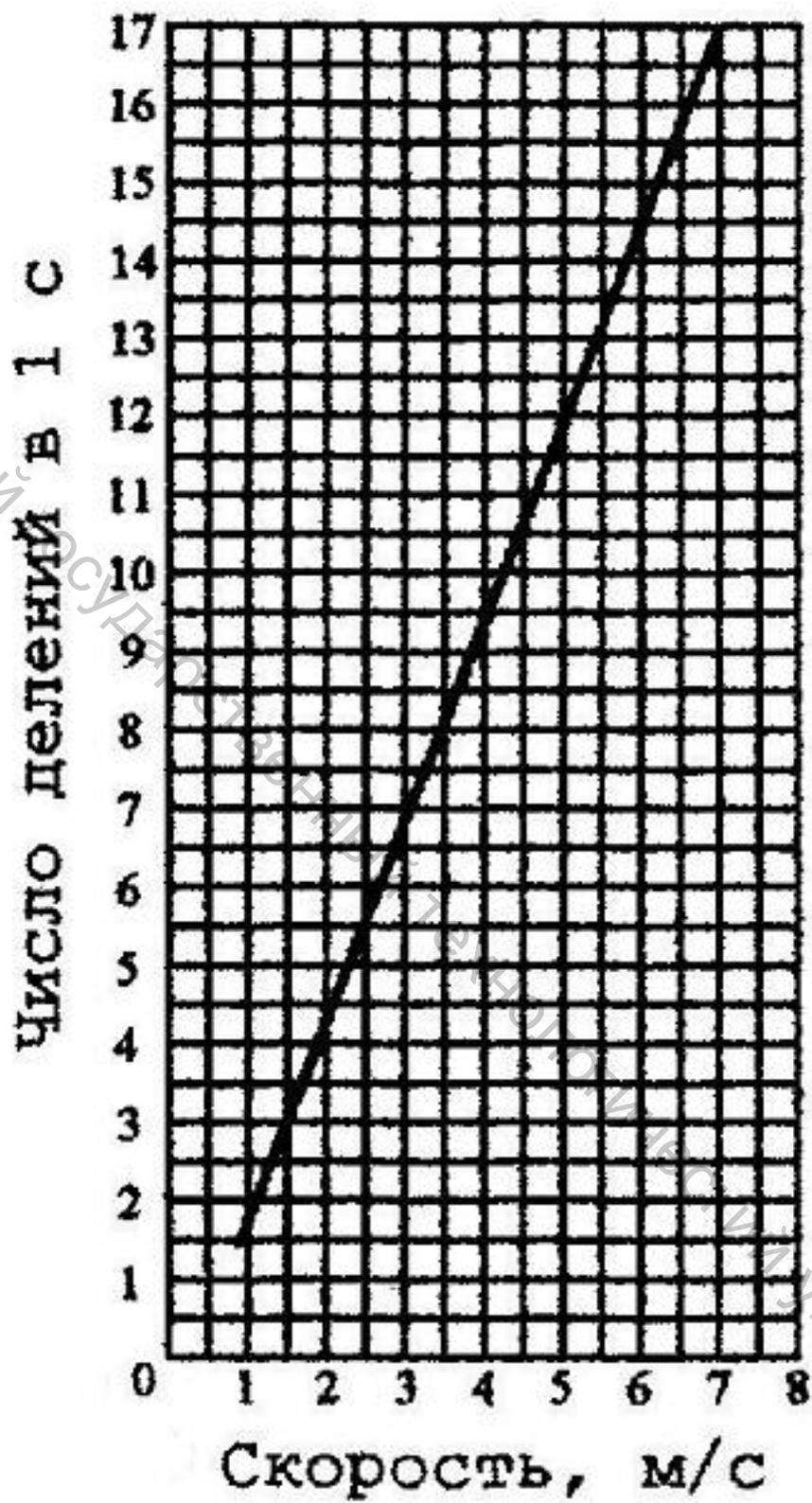


Рисунок 1.3 – Тарировочный график для определения скорости движения воздуха анемометром

5 Порядок проведения эксперимента

Схема экспериментальной установки (стенда) для исследования метеорологических условий на рабочих местах изображена на рисунке 1.4.

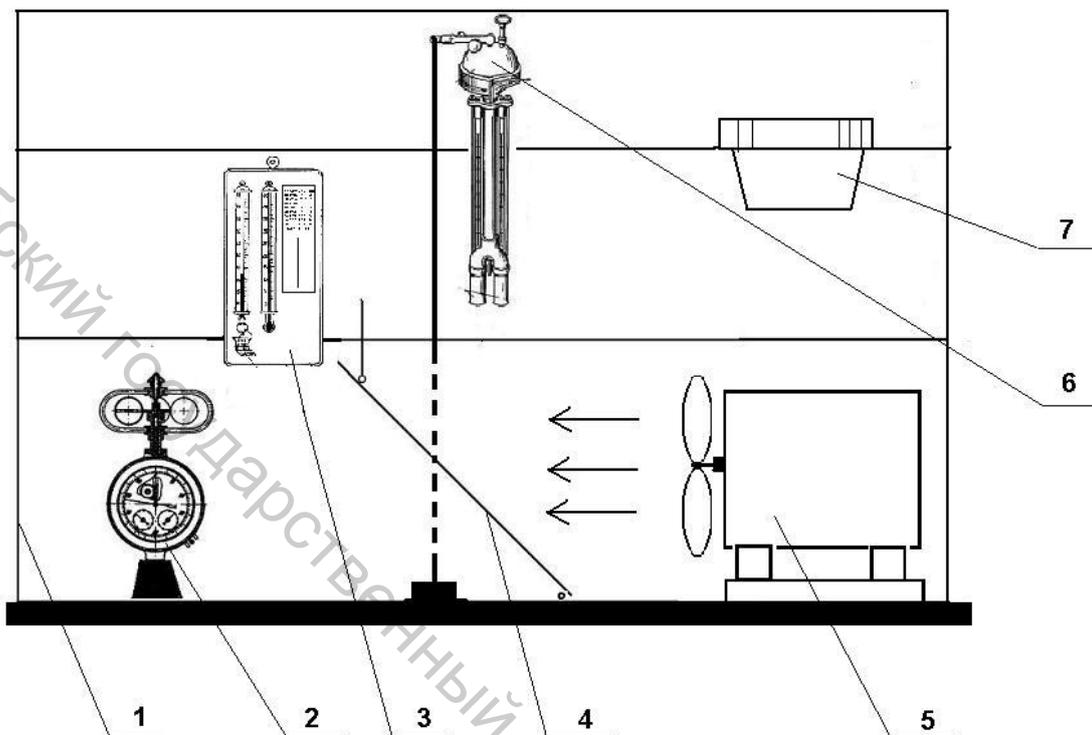


Рисунок 1.4 – Схема экспериментальной установки (стенда) для исследования параметров микроклимата на рабочем месте: 1 – кожух, 2 – анемометр чашечный, 3 – стационарный психрометр Августа, 4 – подвижная пластина для регулирования воздушного потока, 5 – вентилятор, 6 – аспирационный психрометр Ассмана МВ-4М, 7 – барометр

5.1. Определить температуру воздуха в лаборатории на высоте 1,0 м от пола по термометру на установке.

5.2. Определить температуру воздуха в лаборатории на высоте 0,1 м от пола по термометру на установке.

5.3. Определить перепад температуры по высоте помещения.

5.4. Определить температуру воздуха на высоте 1,0 м от пола по термометру, установленному на стене с оконными проемами.

5.5. Найти разность температуры воздуха по горизонтали лаборатории.

5.6. Используя психрометр, определить относительную влажность воздуха в лаборатории на высоте 1 м или 1,5 м от пола.

5.7. Определить атмосферное давление по барометру.

5.8. Определить показания влажного и сухого термометров стационарного психрометра при неподвижном воздухе.

5.9. По номограмме (рис. 1.1) определить эффективную температуру воздуха, которой соответствует точка пересечения прямой, соединяющей показания сухого и влажного термометров с нижней кривой (скорость движения воздуха равна нулю).

5.10. Создавая скорости движения воздуха от 1 м/с до 5 м/с (не менее пяти произвольных вариантов), определить показания сухого и влажного термометров стационарного психрометра при каждом значении скорости воздушного потока. При каждой установившейся скорости воздушного потока обдув сухого и влажного термометров психрометра производить не менее 1 минуты до снятия показаний психрометра.

5.11. По номограмме (рис. 1.1) определить эффективные и эффективно-эквивалентные температуры воздуха (с учетом скорости движения воздуха).

5.12. Построить график зависимости эффективно-эквивалентной температуры от скорости движения воздуха.

5.13. Результаты всех замеров и расчетов внести в таблицы 1.3 и 1.4 протокола проведения эксперимента.

Таблица 1.3 – Протокол проведения эксперимента «Результаты исследования метеорологических условий на рабочих местах»

Наименование параметра или положения	Размерность параметра	Место измерения и прибор	Результат измерения	Краткий вывод на соответствие ТНПА
Температура воздуха на высоте 1,0 м	°С	Стенд, термометр		
Температура воздуха на высоте 0,1 м	°С	Стенд, термометр		
Перепад температуры воздуха по высоте помещения	°С	-----		
Температура воздуха на высоте 1,0 м	°С	Стена с окнами, термометр		
Разность температуры воздуха по горизонтали помещения	°С	-----		
Температура сухого термометра	°С	Психрометр аспирационный		-----
Температура влажного термометра	°С	Психрометр аспирационный		-----
Относительная влажность воздуха на высоте 1,5 м от пола	%	Номограмма (рис. 1.2)		
Атмосферное давление	мм. рт. ст.	Стенд, барометр		

Таблица 1.4 – Протокол проведения эксперимента «Эффективная и эффективно-эквивалентная температура воздуха при разных скоростях его движения»

Наименование параметра	Скорость движения воздуха, м/с					
	0					
Показания сухого термометра (стационарный психрометр), °С						
Показания влажного термометра (стационарный психрометр), °С						
Эффективная температура воздуха, °С		–	–	–	–	–
Эффективно-эквивалентная температура воздуха, °С	–					

6 Содержание отчета по работе

- 6.1. Название работы.
- 6.2. Цель работы.
- 6.3. Схема экспериментальной установки (рис. 1.4).
- 6.4. Протокол проведения эксперимента (табл. 1.3 и 1.4).
- 6.5. График зависимости эффективно-эквивалентной температуры воздуха от скорости его движения $t_{\text{ээт}} = f(V)$.
- 6.6. Выводы.
- 6.7. Список литературы.

7 Рекомендуемая литература

1. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.
2. Требования к условиям труда работающих и содержанию производственных объектов : [утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 08.07.2016 № 85].
3. Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях : [утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.04.2013 № 33].
4. СНБ 4.02.01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Введ. впервые. 2004–0 –01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2004. – 32 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ИССЛЕДОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

1 Цель работы

Ознакомиться с порядком нормирования естественного освещения, с приборами и методами определения качества естественного освещения на рабочих местах.

2 Общие сведения

Освещение – это использование световой солнечной энергии и искусственных источников света для обеспечения зрительного восприятия окружающего мира. Весь предметный мир, воспринимаемый органом зрения человека, образуется излучением, сосредоточенным в узкой полосе электромагнитных волн длиной от 380 до 760 нм, составляющих так называемую область видимых лучей.

Освещение производственных помещений подразделяется на естественное, искусственное и совмещенное.

Естественное освещение – это освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Искусственное освещение – освещение, создаваемое устройствами, предназначенными для превращения какого-либо вида энергии в оптическое излучение.

Совмещенное освещение – это освещение, при котором недостаточное естественное освещение дополняется, как правило, искусственным в течение рабочего дня с автоматическим регулированием для обеспечения нормативного уровня освещенности рабочей поверхности.

Во всех производственных помещениях с постоянным пребыванием в них людей для работ в дневное время следует предусматривать естественное освещение, как более экономичное и совершенное с точки зрения санитарно-гигиенических требований по сравнению с искусственным освещением.

Для гигиенической оценки освещенности используют светотехнические качественные и количественные показатели, принятые в физике, показанные на рисунке 2.1.

Количественные показатели – световой поток, освещенность, коэффициент отражения, сила света и яркость.

Качественные показатели – фон, видимость, контраст.

Человеческий глаз воспринимает *видимое излучение* – часть спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длин волн от 380 до 770 нм (от 380×10^{-9} м до 770×10^{-9} м).

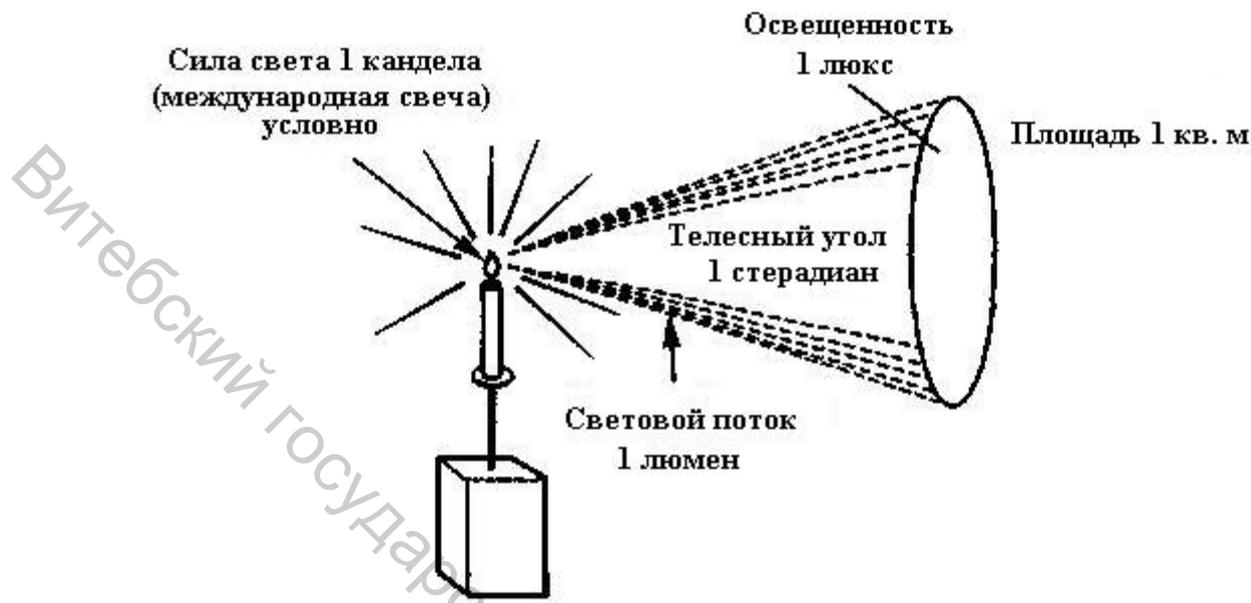


Рисунок 2.1 – Схема зависимости световых величин

Световой поток (F). Видимое излучение, оцениваемое по световому ощущению, которое оно производит на человеческий глаз, называется световым излучением, а мощность такого излучения – световым потоком.

Единицей измерения светового потока является люмен (лм), который имеет размерность кандела (кд) \times стерадиан (ср). Один люмен – это световой поток от эталонного точечного источника в одну международную свечу, помещенного в вершине телесного угла в 1 стерадиан.

Стерадиан (ср) – единица телесного угла, представляющая собой пространственный угол, вырезающий на сфере радиуса 1 м поверхность площадью 1 м^2 .

Сила света (I) – пространственная плотность светового потока F , численно равная отношению светового потока dF , исходящего от точечного источника, к величине телесного угла $d\omega$, в пределах которого он распространяется

$$I = \frac{dF}{d\omega}, \quad (2.1)$$

где dF – световой поток, лм; $d\omega$ – телесный угол, ср.

Освещенность – это поверхностная плотность светового потока, численно равная отношению светового потока dF , равномерно падающего на освещаемую поверхность, к площади этой поверхности dS

$$E = \frac{dF}{dS}, \quad (2.2)$$

где dF – световой поток, лм; dS – площадь плоской поверхности, m^2 .

Световой поток в 1 лм, равномерно распределенный на $1 m^2$ плоской поверхности, равен 1 лк (люкс).

В природных условиях освещенность поверхности Земли в лунную ночь составляет примерно 0,2 лк, а в солнечный день доходит до 100 000 лк.

Яркость (L) – это поверхностная плотность силы света в данном направлении. Единицей измерения яркости является кандела на $1 m^2$ (кд/ m^2).

Яркость является величиной, непосредственно воспринимаемой глазом человека. Яркость объекта восприятия зависит от освещенности и его отражательной способности. Отражательная способность окружающих нас предметов неодинакова, поэтому при постоянстве солнечного освещения мы можем воспринимать множество оттенков окружающего нас мира.

Объект различения – это рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые требуется различать в процессе работы.

Естественное освещение подразделяется на **боковое, верхнее и комбинированное**.

Боковое естественное освещение – это естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах.

Верхнее естественное освещение – это естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания.

Естественное освещение характерно тем, что создаваемая в помещении освещенность изменяется в широких пределах. Эти изменения обуславливаются временем дня, временем года, метеорологическими факторами, то есть состоянием облачности и отражающими способностями земного покрова. Поэтому характеризовать естественное освещение абсолютным значением освещенности на рабочих местах не представляется возможным.

В качестве нормируемой величины освещенности взята относительная величина – **коэффициент естественной освещенности (KEO , %)**, который представляет собой отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным и после отражений от внутренних поверхностей помещения) E_i , к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода $E_{н.г.}$.

$$KEO = \left(\frac{E_i}{E_{н.г.}} \right) \cdot 100\%. \quad (2.3)$$

Нормирование естественного освещения осуществляется в соответствии с ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение. Строитель-

ные нормы проектирования». Численные значения КЕО определяются с учетом следующих факторов: характеристика зрительной работы; системы освещения. Нормируемые значения $KEO_{НОРМ}$ приведены в приложении А. Значения коэффициента естественной освещенности нормируется для каждого вида освещения.

Нормированные значения KEO_N в зависимости от ориентации световых проемов помещения по сторонам света и условиям светового климата следует определять по формуле

$$KEO_N = KEO_{НОРМ} \cdot m, \quad (2.4)$$

где $KEO_{НОРМ}$ – нормированное значение КЕО, приведенное в приложении А, %; m – коэффициент светового климата, определяемый по таблице 2.1.

Световой климат – это совокупность условий естественного освещения в той или иной местности за период более десяти лет.

Нормируемое значение КЕО при **одностороннем боковом** освещении должно быть обеспечено:

- в учебных и учебно-производственных помещениях школ, школ-интернатов, профессионально-технических, средних специальных и высших учебных заведений – в расчетной точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1,2 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов;

- в производственных помещениях глубиной до 6,0 м в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1,0 м от стены или линии заглубления зоны, наиболее удаленной от световых проемов;

- в крупногабаритных производственных помещениях глубиной более 6,0 м в точке на условной рабочей поверхности, удаленной от световых проемов:

- на 1,5 высоты от пола до верха световых проемов – для зрительных работ I–IV разрядов;

- на 2,0 высоты от пола до верха световых проемов – для зрительных работ V–VII разрядов;

- на 3,0 высоты от пола до верха световых проемов – для зрительных работ VIII разряда.

При **двухстороннем боковом** освещении помещений любого назначения от симметрично расположенных световых проемов нормируемое значение КЕО должно быть обеспечено в центре помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза и рабочей поверхности.

При **верхнем или комбинированном** естественном освещении помещений любого назначения нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или плоскости пола). Первая и последняя

точки принимаются на расстоянии 1,0 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

Таблица 2.1 – Значения коэффициента светового климата

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата m	
		Брестская область, Гомельская область	Остальная территория
В наружных стенах зданий	<i>C</i>	0,9	1
	<i>CB, C3</i>	0,9	1
	<i>3, B</i>	0,9	1
	<i>ЮВ, ЮЗ</i>	0,85	1
	<i>Ю</i>	0,85	0,95
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	<i>C-Ю</i>	0,9	1
	<i>CB-ЮЗ ЮВ-C3</i>	0,9	1
	<i>B-3</i>	0,85	1
В фонарях типа «Шед»	<i>C</i>	0,9	1
В зенитных фонарях	–	1	1

Допускается деление помещений на зоны с боковым освещением (зоны, примыкающие к наружным стенам с окнами) и зоны с верхним освещением. Нормирование и расчет естественного освещения в каждой зоне производится независимо друг от друга.

Характерный разрез помещения – это поперечный разрез посередине помещения, плоскость которого перпендикулярна к плоскости остекления световых проемов (при боковом освещении) или к продольной оси пролетов помещения. В характерный разрез помещения должны попадать участки с наибольшим количеством рабочих мест, а также точки рабочей зоны, наиболее удаленные от световых проемов.

Условная рабочая поверхность – условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

Неравномерность естественного освещения – это отношение среднего значения к минимальному значению коэффициента естественного освещения в пределах характерного разреза помещения (при верхнем и комбинированном естественном освещении) и отношение максимального значения к минимальному значению коэффициента естественного освещения в пределах характерного разреза помещения (при боковом освещении).

На количественную и качественные характеристики естественного освещения отрицательное влияние оказывает степень загрязненности заполнений световых проемов. В связи с этим необходима регулярная очистка стекол

световых проемов в производственных помещениях не реже двух раз в год, а в цехах со значительным выделением пыли, дыма, копоти – не реже четырех раз в год.

3 Применяемые приборы и оборудование

На практике при исследовании коэффициентов естественной освещенности соблюдают ряд требований:

1. Замеры освещенности внутри и снаружи помещения производятся одновременно.
2. Замеры освещенности возможны лишь при небе, затянутом облаками.
3. Наружная горизонтальная освещенность измеряется на открытом месте, освещенном всем небосводом.

Исследования влияния загрязнения световых проемов на количественную и качественную характеристики естественного освещения проводятся на лабораторном стенде, представляющем собой вертикально установленный лист оконного стекла, разделенного на четыре части. Одна часть стекла не имеет загрязнения поверхности, вторая – имеет загрязнение с обеих сторон, третья – только наружное, четвертая – только внутреннее загрязнение.

Для измерения освещенности используется люксметр «ТКА-ПКМ», зарегистрированный в реестре средств измерений 24248-04, схема которого представлена на рисунке 3.2. Принцип работы прибора заключается в преобразовании фотоприемным устройством оптического излучения в электрический сигнал с последующей цифровой индикацией числовых значений освещенности. Люксметр состоит из фотоэлемента 2, соединенного с милливольтметром 1 с помощью кабеля 3. Шкалы 6 милливольтметром последнего проградуированы в килолюксах и в люксах с диапазоном измерений от 10 до 200 000 лк.

Для измерения освещенности излучения достаточно расположить фотометрическую головку прибора в плоскости измеряемого объекта. Появление на жидкокристаллическом экране 5 символа «1...» информирует о превышении значением измеряемого параметра установленного энергетического диапазона и о необходимости перехода на последующие пределы измерения. При измерениях освещенности более 20 лк необходимо перевести переключатель 4 в положение «0–200 лк». При измерениях освещенности более 200 лк необходимо перевести переключатель 4 в положение «0–2000 лк».

При измерениях освещенности более 2 000 лк необходимо перевести переключатель 4 в положение «0–20 клк».

При измерениях освещенности более 20 000 лк необходимо перевести переключатель 4 в положение «0–200 клк».

При проведении измерения освещенности необходимо проследить за тем, чтобы на окна фотоприемников не падала тень от оператора, производящего измерения, а также тень от временно находящихся посторонних предметов и других людей.

Включить прибор, выбрав необходимый канал измерения, и считать с цифрового индикатора измеренное значение освещённости.

После окончания работы выключить прибор поворотом переключателя в положение «Выкл.».

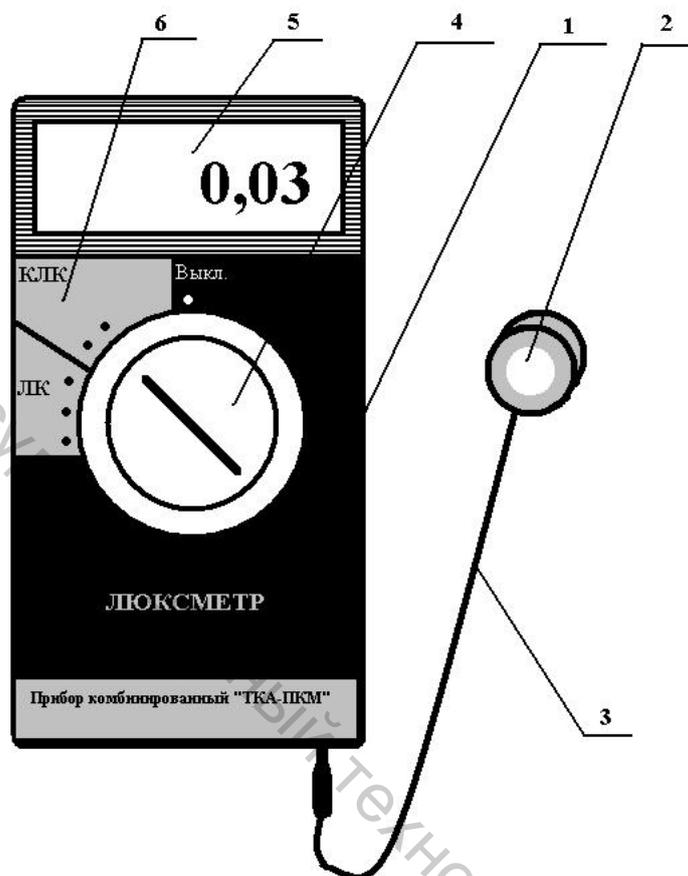


Рисунок 2.2 – Схема люксметра «ТКА-ПКМ»: 1 – милливольтметр; 2 – фотоэлемент; 3 – кабель; 4 – переключатель; 5 – ЖКИ; 6 – шкалы измерения

4 Требования охраны труда при выполнении работы

К выполнению лабораторной работы допускаются лица, прошедшие инструктаж по охране труда.

Перед началом работы визуально убедиться в исправном состоянии используемых приборов.

При работе с приборами запрещается:

1. Оставлять прибор без присмотра.
2. Самостоятельно устранять неисправность прибора.

Во время проведения лабораторной работы аккуратно обращаться с люксметром, не допускать его падения.

5 Порядок проведения эксперимента

В первую очередь проводят исследования влияния загрязнения на характеристику естественного освещения. Степень загрязнения световых проемов оценивается величиной, обратной величине коэффициента пропускания света. Приложив плотно к тому или иному участку листового стекла на стенде фотоэлемент объективного люксметра, записывают его показания. Все измерения следует проводить быстро, чтобы существенно не изменилась наружная освещенность.

Результаты измерения $E_{\text{ч}}$, $E_{\text{Н,В}}$, $E_{\text{Н}}$ и $E_{\text{В}}$ вносят в протокол, рассчитывают $C_{\text{с}}$, $C_{\text{Н}}$ и $C_{\text{В}}$ по соответствующим формулам (2.5–2.7) и данные расчета вносят также в протокол эксперимента.

Степень суммарного загрязнения ($C_{\text{с}}$) определяется как отношение освещенности при прохождении света через стекло с наружным и внутренним загрязнением ($E_{\text{Н,В}}$) к освещенности при прохождении света через чистое стекло ($E_{\text{ч}}$)

$$C_{\text{с}} = \frac{E_{\text{Н,В}}}{E_{\text{ч}}} \quad (2.5)$$

Степень наружного загрязнения ($C_{\text{Н}}$) оценивается по отношению освещенности при прохождении света через стекло с наружным загрязнением ($E_{\text{Н}}$) к освещенности при прохождении света через чистое стекло ($E_{\text{ч}}$)

$$C_{\text{Н}} = \frac{E_{\text{Н}}}{E_{\text{ч}}} \quad (2.6)$$

Степень внутреннего загрязнения ($C_{\text{В}}$) оценивается по отношению освещенности при прохождении света через стекло с внутренним загрязнением ($E_{\text{В}}$) к освещенности при прохождении света через чистое стекло ($E_{\text{ч}}$)

$$C_{\text{В}} = \frac{E_{\text{В}}}{E_{\text{ч}}} \quad (2.7)$$

Для исследования коэффициентов естественной освещенности необходимо получить задание у преподавателя, затем с помощью люксметра ТКП измерить наружную горизонтальную освещенность под открытым небом и освещенность в точках характерного разреза помещения (указанного преподавателем) и результаты занести в протокол эксперимента (табл. 2.2). По формуле (3.3) рассчитать коэффициенты естественной освещенности и построить график

распределения KEO в пределах характерного разреза помещения. Определить нормируемое значение $KEO_{НОРМ}$ для данного помещения по ТКП 45-2.04-153-2009 (приложение А). Рассчитать нормируемое значение KEO_H в зависимости от ориентации световых проемов помещения по сторонам света и условиям светового климата. Сравнить рассчитанное значение с нормируемое значение $KEO_{НОРМ}$ для данного помещения по ТКП 45-2.04-153-2009 (приложение А). Произвести оценку неравномерности естественного освещения (H) по формуле

$$H = \frac{KEO_{\max}}{KEO_{\min}} \quad (3.8)$$

где KEO_{\max} – максимальное значение коэффициента естественного освещения в пределах характерного разреза помещения; KEO_{\min} – минимальное значение коэффициента естественного освещения в пределах характерного разреза помещения.

Таблица 2.2 – Протокол проведения эксперимента

Наружная горизонтальная освещенность $E_{н.г.}$, лк	Расстояние i -ой точки измерения от окна L_i , м	Освещенность в i -той точке помещения E_i , лк	KEO , %	Неравномерность естественного освещения, H	Влияние загрязнения светопроемов на характеристику естественного освещения							
					$E_{ч}$, лк	$E_{н.в.}$, лк	E_H , лк	E_B , лк	C_C	C_H	C_B	
	1											
	2											
	3											
	⋮											
	⋮											

6 Содержание отчета по работе

- 6.1. Название лабораторной работы.
- 6.2. Цель работы.
- 6.3. Схема люксметра (рис. 2.3).
- 6.4. Протокол проведения эксперимента (табл. 2.2).
- 6.5. График распределения KEO ($KEO = f(L)$).

6.6. Вывод.

6.7. Список литературы.

7 Рекомендуемая литература

1. ТКП 45-2.04-153-2009. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. – Взамен СНБ 2.04.05–98 ; введ. 2010–01–01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 100 с.

2. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.

3. Требования к условиям труда работающих и содержанию производственных объектов : [утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 08.07.2016 № 85].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

1 Цель работы

Ознакомиться с порядком нормирования искусственного освещения, а также с методами и приборами для определения состояния искусственного освещения на рабочих местах, приобрести практические навыки в оценке искусственного освещения.

2 Общие сведения

Искусственное освещение применяется в часы суток, когда естественный свет недостаточен, или в помещениях, где он отсутствует.

Искусственное освещение подразделяется на **рабочее, освещение безопасности, дежурное и охранное**. При необходимости часть светильников того или иного вида освещения может использоваться для **дежурного** освещения.

Рабочее освещение – это освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

Освещение безопасности (резервное освещение) – это та часть аварийного освещения, которая позволяет продолжать работу при аварийном отключении рабочего освещения.

Освещение безопасности подразделяется на аварийное и эвакуационное.

Аварийное освещение – это освещение, позволяющее продолжать работу (освещение безопасности, резервное освещение) или обеспечивать эвакуацию людей (эвакуационное освещение) при аварийном отключении рабочего освещения. Аварийное освещение обеспечивается независимым источником питания. Аварийное освещение должно обеспечивать на рабочих поверхностях освещенность не менее 5 % от рабочего, но не менее 2 лк внутри здания и 1 лк на территории предприятия.

Эвакуационное освещение – это та часть аварийного освещения, которая обеспечивает освещение путей эвакуации, подсветку мест размещения несветовых указателей и функционирование световых указателей направления эвакуации при аварийном отключении рабочего освещения. Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк.

Дежурное освещение – это энергосберегающее освещение, используемое в нерабочее время.

Охранное освещение – это освещение, предусматриваемое вдоль границ охраняемой территории при отсутствии специальных технических средств охраны.

Объект различения – это рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые требуется различать в процессе работы.

Рабочее искусственное освещение обеспечивается системами общего или комбинированного освещения, показанными на рисунке 3.1.

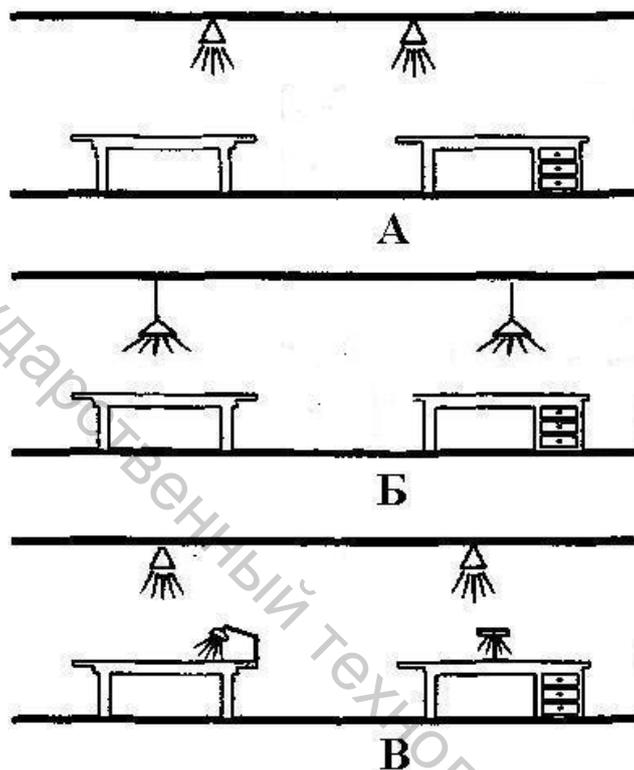


Рисунок 3.1 – Системы искусственного рабочего освещения:
А – общее равномерное; Б – общее локализованное; В – комбинированное (общее и местное)

Общее освещение – это освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (*общее равномерное освещение*) или применительно к расположению оборудования (*общее локализованное освещение*).

Общее освещение в помещениях общественных зданий должно быть равномерным.

Общее локализованное освещение следует предусматривать:

- в помещениях со стационарным крупным оборудованием (торговые залы магазинов, архиво- и книгохранилища);
- в выставочных помещениях с постоянно фиксированными плоскостями экспозиции;

– в помещениях, в которых рабочие места расположены группами, сосредоточенными на отдельных участках (пошивочные и ремонтные мастерские, гладильные, лаборатории);

– в помещениях, на разных участках которых выполняются работы различной точности, требующие разных уровней освещенности.

Если по характеру выполняемой работы требуется усиленное освещение рабочего места, а общего освещения недостаточно, то в этом случае устраивается дополнительное **местное освещение**.

Комбинированное освещение – это освещение, при котором к общему освещению добавляется местное.

Совмещенное освещение – это освещение, при котором недостаточное естественное освещение дополняется, как правило, искусственным в течение рабочего дня с автоматическим регулированием для обеспечения нормативного уровня освещенности рабочей поверхности.

Совместное освещение используется в помещениях, в которых выполняются работы I–III разрядов, а также в помещениях, где естественного освещения недостаточно, а фактический коэффициент естественной освещенности составляет 80 % и менее от нормативного при боковом освещении, 50 % и менее – при верхнем освещении. Для искусственного освещения при совмещенном освещении используется система общего искусственного освещения. Освещенность рабочих поверхностей при совмещенном освещении должна быть не ниже нормативных значений при искусственном освещении.

Нормирование и расчет искусственного освещения производится в соответствии с ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования». В приложении А приведены нормативные значения минимальной освещенности искусственного освещения, а также нормативные значения КЕО для совмещенного освещения.

Рациональная освещенность устанавливается в соответствии с основными функциями органа зрения человека. Освещение должно быть достаточно равномерным, не должно ослеплять глаз и создавать блики на рабочей поверхности.

Для искусственного освещения помещений применяют газоразрядные лампы низкого и высокого давления (люминесцентные, ДРЛ, металлогалогенные, натриевые, ксеноновые, светодиодные), а также лампы накаливания.

Газоразрядные лампы – это приборы, в которых излучение оптического диапазона спектра возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металлов, а также за счет явления люминесценции. От газоразрядных ламп можно получить световой поток практически в любой части спектра.

Лампы ДРЛ. Четырехэлектродные дуговые ртутные люминесцентные лампы высокого давления с люминофорным покрытием на колбе. Их недостаток – преобладание в спектре лучей сине-зеленой части, длительность разгара-

ния при включении, большая пульсация светового потока, значительное снижение светового потока к концу службы.

Металлогалогенные и натриевые лампы ДРИ (с галоидными соединениями) и ДНаТ (высокого давления). Натриевые лампы ДНаТ (дуговые натриевые трубчатые) обладают наивысшей эффективностью и удовлетворительной цветопередачей. Их применяют для освещения цехов с большой высотой, где требования к цветопередаче невысоки.

Ксеноновые лампы ДКсТ (дуговые ксеноновые трубчатые) обладают стабилизированным разрядом и не нуждаются поэтому в балластном сопротивлении. Эти лампы применяют в основном только для освещения территорий предприятий.

Люминесцентные лампы. Люминесцентные лампы имеют форму цилиндрической трубки. Внутренняя поверхность трубки покрыта тонким слоем люминофора, который служит для преобразования ультрафиолетового излучения, возникающего при электрическом разряде в парах ртути, в видимый свет. В зависимости от распределения светового потока по спектру путем применения разных люминофоров различают несколько типов ламп: дневного света (ЛД), дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ), холодного белого (ЛХБ), теплого белого (ЛТБ) и белого цвета (ЛБ).

Светодиодные лампы

Светодиод, или светоизлучающий диод – это полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении. Они не боятся ударов, бросков тока, характеризуются низким энергопотреблением, в 100 раз меньшим, чем у соответствующих ламп накаливания, высоким сроком службы (около 10 лет), пожаробезопасны, и, самое главное, световая отдача может достигать 200 лм/Вт.

Газоразрядным лампам при работе их от переменного тока присущи колебания светового потока во времени, что может вызвать **стробоскопический эффект** – это явление искажения зрительного восприятия вращающихся, движущихся или сменяющихся объектов в мелькающем свете, возникающее при совпадении кратности частотных характеристик движения объектов и изменения светового потока во времени в осветительных установках, выполненных газоразрядными источниками света, питаемыми переменным током.

Недостатком газоразрядных ламп также является некоторая сложность их включения в сеть, связанная с особенностями разряда (стартерные и бесстартерные). Другой недостаток этих ламп обусловлен зависимостью характеристик от их теплового режима, поскольку температура определяет давление паров рабочего вещества. Номинальный режим устанавливается только спустя некоторое время после их включения. Газоразрядные лампы содержат различное количество паров ртути (от 60 до 120 мг).

Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения. В осветительных установках используют лампы накаливания многих типов: ва-

куумные (НВ), газонаполненные биспиральные (НБ), биспиральные с криптоксеноновым наполнением (НБК), зеркальные с диффузно-отражающим светом и др.

Недостатком ламп накаливания является то, что коэффициент полезного действия ламп накаливания едва достигает 3 %, и световая отдача их составляет 7–20 лм/Вт.

Для освещения помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы. Использование ламп накаливания для общего освещения допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп. Для местного освещения кроме разрядных источников света следует использовать лампы накаливания, в том числе галогенные. Применение ксеноновых ламп внутри помещений не допускается.

Лампы накаливания следует использовать преимущественно для местного и переносного освещения; для освещения помещений с временным пребыванием людей; во взрывоопасных и других помещениях с тяжелыми условиями труда, если по техническим причинам применение газоразрядных ламп нецелесообразно.

При выполнении в помещениях зрительных работ I–III, IVа, IVб, IVв, Va разрядов следует применять систему комбинированного освещения. Предусматривать систему общего освещения допускается при технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения, что конкретизируется в отраслевых нормах освещения, согласованных с органами государственного санитарного надзора.

В помещениях без естественного света освещенность рабочей поверхности, создаваемую светильниками общего освещения в системе комбинированного, следует повышать на одну ступень.

В производственных помещениях освещенность проходов и участков, где работа не производится, должна составлять не более 25 % нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения, но не менее 75 лк – при разрядных лампах и не менее 30 лк – при лампах накаливания.

Совокупность источника света и осветительной арматуры называется **электрическим светильником**. По распределению светового потока в пространстве различают светильники прямого, преимущественно прямого, рассеянного, преимущественно отраженного и отраженного света (рис. 3.2). Выбор тех или иных светильников зависит от характера выполняемых в помещении работ, степени запыленности и загазованности воздушной среды, коэффициентов отражения окружающих поверхностей, эстетических требований. В зависимости от конструктивного исполнения различают светильники открытые, защищенные, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащитные, взрывозащищенные, взрывобезопасные. По назначению светильники делятся на светильники общего и местного освещения.



Рисунок 3.2 – Распределение светового потока в светильниках:
 а – прямой и преимущественно прямой; б – отраженный и преимущественно отраженный; в – рассеянный

3 Применяемые приборы и оборудование

3.1. Для измерения освещенности помещений используется люксметр Ю-116, внешний вид которого представлен на рисунке 3.3. Принцип его действия основан на фотоэлектрическом эффекте, то есть преобразовании световой энергии в электрическую. Люксметр состоит из фотоэлемента, соединенного с милливольтметром. Шкалы последнего проградуированы в люксах с пределами измерений: нижняя – от 0 до 30 лк, верхняя – от 0 до 100 лк. Увеличение пределов измерений осуществляется за счет применения насадок, которые надеваются на фотоэлемент. В комплект входят три насадки с коэффициентами ослабления: $M = 10$, $P = 100$. Перечисленные насадки применяются вместе с матовой полусферической насадкой «К».

При использовании насадок предел измерений по верхней и нижней шкалам увеличивается. Новые значения пределов измерений в зависимости от комплекта применяемых насадок указаны в правой части прибора. В левой колонке указаны предельные значения нижней шкалы прибора в зависимости от применяемого комплекта насадок (КМ, КР), в правой – предельные значения верхней шкалы.

Благодаря применению насадок с помощью люксметра Ю-116 можно измерять освещенность до 10000 лк.

Перед началом измерений необходимо соединить фотоэлемент с люксметром, то есть вилку фотоэлемента вставить в гнездо прибора, **строго соблюдая полярность**. Для того чтобы прибор при этом не вынимать из футляра, в последнем напротив соединительного гнезда сделан специальный вырез. Включение прибора производится нажатием одной из кнопок в правой нижней части прибора (левая – нижняя шкала, правая – верхняя).

Измерение освещенности следует начинать по шкале 0–30 (нажимается левая кнопка). Если при этом стрелка на шкале прибора смещается в крайнее правое положение, необходимо переключиться на шкалу 0–100 (надавливается

правая кнопка). Если в этом случае стрелка прибора окажется в крайнем правом положении, следует использовать поочередно насадки КМ, КР (в зависимости от освещенности), каждый раз начиная измерение по нижней шкале.



Рисунок 3.3 – Внешний вид люксметра Ю-116

Смещение стрелки прибора в крайнее левое положение шкалы свидетельствует о том, что измеряемая освещенность мала. При этом следует заменить насадки с большим коэффициентом ослабления на насадки с меньшим коэффициентом или снять их совсем.

При определении освещенности фотоэлемент устанавливается горизонтально на рабочих местах. По окончании работы отсоединить фотоэлемент от люксметра и аккуратно уложить комплектующие элементы в футляр.

3.2. Светильник местного освещения с переменной высотой подвески.

3.3. Сменные рабочие поверхности с различной цветностью.

3.4. Угломер для определения угла наклона рабочей поверхности к горизонту.

4 Требования охраны труда при выполнении работы

К выполнению лабораторной работы допускаются лица, прошедшие инструктаж по охране труда.

Перед началом работы визуально убедиться в исправном состоянии используемых приборов, наличии и целостности электрической лампочки.

При работе с приборами запрещается:

1. Оставлять приборы без присмотра.
2. Самостоятельно устранять неисправность приборов.
3. Самостоятельно заменять перегоревшую лампу светильника.

Во время проведения лабораторной работы аккуратно вращать ручку вариатора высоты подвеса светильника, чтобы не разбить лампу светильника.

5 Порядок проведения эксперимента

Исследование искусственного освещения осуществляется на лабораторной установке, схематически изображенной на рисунке 3.4.

Светильник с лампой 6 подвешивается на гибком тросике внутри отсека 5 без естественного света. Высота подвеса светильника определяется линейкой измерительной 7 и меняется вариатором высоты подвеса 8. На дне отсека 5 размещаются сменные рабочие поверхности 3 с различной цветностью наружной поверхности. Освещенность измеряется люксметром типа Ю-116. Датчик люксметра – фотоэлемент 2 – фиксируется либо непосредственно на середине сменной рабочей поверхности светочувствительным элементом в направлении к светильнику, либо на стенке отсека 5 при обращении светочувствительного элемента в сторону сменной рабочей поверхности в зависимости от проведения того или иного опыта. Угол наклона плоскости фотоэлемента к рабочей поверхности определяют угломером 4.

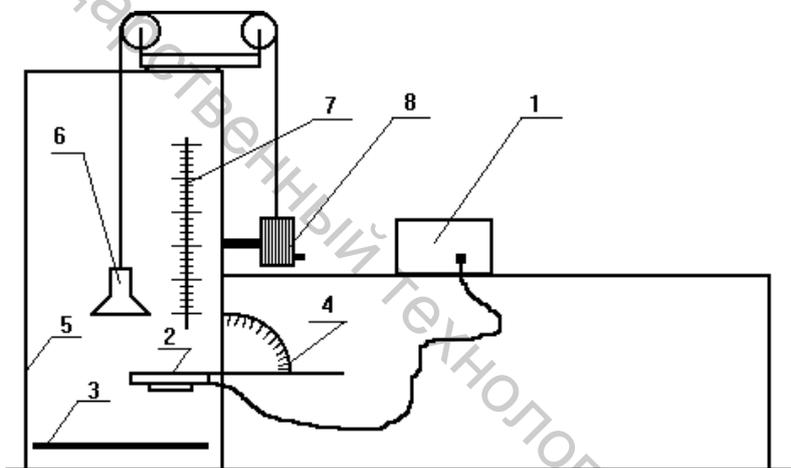


Рисунок 3.4 – Схема лабораторной установки для исследования искусственного освещения: 1 – люксметр типа Ю-116; 2 – фотоэлемент; 3 – сменная рабочая поверхность; 4 – угломер; 5 – отсека без естественного света; 6 – светильник с лампой; 7 – линейка измерительная; 8 – вариатор высоты подвеса светильника

5.1. Исследование зависимости освещенности от высоты подвеса светильника и от цвета рабочей поверхности (табл. 3.1).

5.1.1. Разместить фотоэлемент 2 люксметра 1 посередине пола отсека 5.

5.1.2. Установить сменную рабочую поверхность 3 и закрыть дверь отсека.

5.1.3. Включить светильник 6 в электрическую цепь и измерить освещенность при начальной высоте подвеса светильника. Записать показания в таблицу 4.3.

5.1.4. Вариатором 8 снижать высоту подвеса светильника и через каждые 20 см измерять освещенность. Данные замеров освещенности занести в таблицу 4.3. Поменять сменную рабочую поверхность и повторить измерения по заданным высотам.

5.1.5. На одном графике построить кривые изменения освещенности в зависимости от высоты подвеса и цвета рабочей поверхности. Сделать вывод. Определить, при какой высоте светильника достигается одинаковая освещенность и какому разряду зрительной работы она соответствует (приложение А).

5.2. Исследование зависимости освещенности рабочей поверхности от угла наклона и цвета рабочей поверхности (табл. 3.1).

5.2.1. Установить фотоэлемент 2 на площадку угломера 4 при угле наклона 0° .

5.2.2. Установить сменную рабочую поверхность, закрыть дверь отсека 5 и включить светильник в электрическую сеть.

5.2.3. Вариатором 8 зафиксировать светильник 6 на такой высоте, при которой достигается освещенность, заданная преподавателем.

Таблица 3.1 – Исследование изменения освещенности в зависимости от высоты подвеса и цвета рабочей поверхности

Высота подвеса светильника h , м	Освещенность рабочей поверхности E , лк; $\alpha = 0^\circ$							
	Цвет рабочей поверхности (фон)							
	красный	коричневый	желтый	зеленый	голубой	серый	черный	белый
1.2								
1.0								
0.8								
0.6								

5.2.4. Изменяя угол наклона площадки угломера (или фотоэлемента) от 0° до 90° через каждые 15° , замерить освещенность и данные занести в таблицу 3.2.

5.2.5. Поменять сменную рабочую поверхность и повторить п. 4.2.4 для каждого из цветов рабочей поверхности.

5.2.6. На одном графике построить кривые изменения освещенности от угла наклона и цвета рабочей поверхности (фотоэлемента). Сделать вывод.

5.2.7. Сравнить изменение освещенности в зависимости от фона (цвета рабочей поверхности) и угла наклона рабочей поверхности к источнику света. Сделать вывод.

Таблица 3.2 – Исследование изменения освещенности в зависимости от угла наклона и цвета рабочей поверхности

Угол наклона рабочей поверхности α	Освещенность рабочей поверхности E , лк; $h=0,6$ м							
	Цвет рабочей поверхности (фон)							
	красный	коричневый	желтый	зеленый	голубой	серый	черный	белый
0°								
15°								
30°								
45°								
60°								
75°								
90°								

6 Содержание отчета по работе

- 6.1. Название лабораторной работы.
- 6.2. Цель работы.
- 6.3. Схема экспериментальной установки (рис. 3.4).
- 6.4. Протоколы проведения экспериментов (табл. 3.1, 3.2).
- 6.5. Графики зависимости освещенности от высоты подвеса светильника и цвета рабочей поверхности $E = f(h)$, а также угла наклона и цвета рабочей поверхности $E = f(\alpha)$.
- 6.6. Выводы.
- 6.7. Список литературы.

7 Рекомендуемая литература

1. ТКП 45-2.04-153-2009. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. – Взамен СНБ 2.04.05–98 ; введ. 2010–01–01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 100 с.
2. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.
3. Требования к условиям труда работающих и содержанию производственных объектов : [утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 08.07.2016 № 85].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4 РАСЧЁТ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА СВЕТИЛЬНИКОВ

1 Цель работы

Рассчитать необходимое количество светильников для освещения цеха методом светового потока.

2 Общие сведения

Расчет искусственного освещения можно проводить с использованием метода светового потока, точечного метода и методом удельной мощности.

Расчет искусственного освещения в цехе методом светового потока производится по формуле

$$N = \frac{E_H \cdot S \cdot z \cdot k}{\eta \cdot F}, \quad (4.1)$$

где N – число светильников, обеспечивающее требуемую освещенность в помещении, шт; E_H – нормируемая освещенность, лк (приложение А); F – световой поток одной лампы, лм (табл. 4.3); S – площадь помещения, м²; k – коэффициент запаса, зависящий от состояния воздушной среды в помещении (1÷2); z – поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность освещенности в помещении (1.1÷1.3); η – коэффициент использования светового потока, принимаемый по таблице 4.2, в зависимости от типа светильника, индекса помещения i , коэффициентов $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{ст}}$ и $\rho_{\text{р}}$ отражения потолка, стен и рабочей поверхности (в формулу значение коэффициента нужно подставлять в долях единицы).

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{a \cdot b}{[h_p \cdot (a + b)]}, \quad (4.2)$$

где a и b – длина и ширина помещения, м; h_p – высота подвеса светильников, м.

Коэффициент отражения побеленных потолков принимается равным $\rho_{\text{п}} = 50 \%$, стен, покрытых на высоту 1,8 м глазурованной плиткой, $\rho_{\text{ст}} = 50 \dots 70 \%$.

Коэффициент отражения стен и потолка ξ зависит от характера отражающей поверхности:

– побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами – $\xi = 70 \%$;

– побеленные стены при не завешанных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолки – $\xi = 50$ %;

– бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями – $\xi = 30$ %;

– стены и потолки в помещениях с большим количеством тёмной пыли; сплошное остекление без штор; красный неоштукатуренный кирпич; стены с тёмными обоями – $\xi = 30$ %.

Таблица 4.1 – Примерные источники света для производственных и офисных помещений

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность, лк	Примерные типы источников света
Контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению (контроль готовой продукции на швейных фабриках, тканей на текстильных фабриках, сортировка кожи, подбор красок для цветной печати и т. п.)	300 и более	ЛДЦ, ЛДЦ УФ, (ЛХЕ)
Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению (ткачество, швейное производство, цветная печать и т. д.)	300 и более	ЛБЦТ, ЛДЦ, ЛДЦ УФ
Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению (сборка радиоаппаратуры, прядение, намотка проводов и т. п.)	500 и более, 300, 400 150, 200 менее 150	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, НЛВД + МГЛ ЛБ, (ЛХБ), НЛВД + МГЛ, ДРЛ ЛБ, ДРЛ, НЛВД + МГЛ (ЛН, КГ)
Требования к цветоразличению отсутствуют (механическая обработка металлов, пластмасс, сборка машин, инструментов и т. п.)	500 и более, 300, 400 150, 200 менее 150	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ ЛБ, (ЛХБ), МГЛ (ДРЛ) НЛВД + МГЛ ЛБ, (ЛХБ), МГЛ (ДРЛ) НЛВД + МГЛ, НЛВД + ДРЛ ЛБ, (ДРЛ), НЛВД (ЛН, КГ)

Таблица 4.2 – Коэффициент использования светового потока η

Индекс площади помещения i	Коэффициент использования светового потока для люминесцентных светильников η						
	диффузного прямого света с решётчатым затенителем 15°			подвесного, открытого сверху с решётчатым затенителем 15°			Плафона с с решётчатым затенителем 30°
	при различных значениях ξ_{Π} и ξ_{Σ} (в % соответственно)						
	30	50	70	50	50	70	70
	10	30	50	30	50	50	70
0,5	15	17	20	13	15	17	23
0,7	23	25	26	19	21	24	30
0,9	27	29	31	22	24	28	33
1,1	30	31	33	24	27	31	36
1,25	31	33	35	26	28	33	38
1,5	33	34	37	28	30	35	40
1,75	34	36	38	29	32	37	41
2,0	36	37	39	31	33	39	43
2,25	37	39	41	32	35	40	44
2,5	38	39	42	33	36	42	46
3,0	39	41	43	35	37	44	47
4,0	41	42	44	38	39	47	50
5,0	42	43	45	39	41	49	52

Таблица 4.3 – Светотехнические характеристики источников искусственного освещения

Тип источника света	Маркировка	Светоотдача, лм/Вт		Коэффициент запаса, $K_{ЭЛ}$	Срок службы, ч
		Диапазон	Обычная		
Лампы накаливания	ЛН	8-18	12	1,1	1000
Галогенные лампы накаливания	КГ	16-24	18	1,1	2000
Ртутно-вольфрамовые лампы	РВЛ	20-28	22	1,2	6000
Ртутные лампы высокого давления	ДРЛ	36-54	50	1,3	12000
Натриевые лампы высокого давления	ДНаТ	90-120	100	1,3	12000
Металлогалогенные лампы высокого давления	ДРИ	70-90	80	1,3	12000
Люминесцентные лампы низкого давления	ЛБ	60-80	70	1,3	10000
Люминесцентные лампы низкого давления с улучшенной цветопередачей	ЛБЦТ	70-95	90	1,25	10000
Компактные люминесцентные лампы низкого давления	КЛ	60-70	67	1,25	9000
Натриевые лампы низкого давления	ДНаО	120-180	–	1,3	12000

3 Порядок выполнения работы

1. В соответствии с выбранным вариантом (табл. 4.4) рассчитать необходимое количество светильников для освещения помещения методом светового потока.

Таблица 4.4 – Примерные варианты задания

№ варианта	Min размер объекта различения, мм	Высота помещения, м	Длина помещения, м	Ширина помещения, м
1	0,14	2,5	50	15
2	0,20	3,0	60	20
3	0,35	3,5	70	25
4	0,40	4,0	80	30
5	0,60	4,5	90	35
6	0,80	5,0	100	25
7	1,00	2,5	110	30

Окончание таблицы 4.4

8	3,00	3,0	120	35
9	4,00	4,0	130	40
10	Общее наблюдение	5,0	140	45

4 Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Расчёт системы освещения.
4. Литература.

5 Рекомендуемая литература

1. ТКП 45-2.04-153-2009. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. – Взамен СНБ 2.04.05–98 ; введ. 2010–01–01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 100 с.
2. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАНУЛЕНИЯ

1 Цель работы

Определить истинную величину полного сопротивления петли фаза-ноль и экспериментально оценить возможность отключения поврежденной электрической установки от сети при помощи автоматического выключателя.

2 Общие сведения

Для предотвращения поражения человека электрическим током применяют различные защитные меры: *защитное заземление, зануление, электрическое разделение сетей, применение малых напряжений, изоляция, защитное отключение, выравнивание потенциалов, оградительные устройства, электрозащитные средства и блокировки, предупредительная сигнализация, знаки безопасности.*

Занулением называется присоединение к неоднократно заземленному нулевому проводу корпусов и других нетоковедущих металлических частей оборудования, которые вследствие повреждения изоляции могут оказаться под напряжением. На рисунке 5.1 представлена принципиальная схема зануления.

Задача зануления – устранение опасности поражения людей током при пробое напряжения на корпус и переходе напряжения на корпус. Решается эта задача автоматическим отключением поврежденной установки от сети.

Принцип действия зануления – превращение пробоя на корпус в однофазное короткое замыкание (то есть замыкание между фазным и нулевым проводом) с целью создания большого тока, способного обеспечить срабатывание защиты и тем самым автоматически отключить поврежденную установку от питающей сети.

В качестве средств защиты используются плавкие предохранители или автоматические выключатели, устанавливаемые в сети потребителей энергии. Скорость отключения поврежденной установки от питающей сети составляет 5–7 с при защите установки плавкими предохранителями и 1–2 с при защите автоматами.

Область применения – трехфазные четырехпроводные сети напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью. Обычно это сети напряжением 380/220 и 220/127 В.

Назначение нулевого провода – создание тока замыкания цепи с малым сопротивлением, чтобы этот ток был достаточным для быстрого срабатывания защиты.

Согласно требованиям «Правил устройства электроустановок» *нулевой провод должен иметь проводимость не меньше половины проводимости фазного провода.*

Назначение повторного заземления нулевого провода – уменьшение опасности поражения людей током, возникающей при обрыве нулевого провода и замыкании фазы на корпус за местом обрыва.

Согласно требованиям «Правил устройства электроустановок» *сопротивление повторного заземления нулевого провода не должно превышать 100 м.*

Назначение заземления нейтрали – снижение до безопасного значения напряжения относительно земли нулевого проводника (и всех присоединенных к нему корпусов) при случайном замыкании фазы на землю.

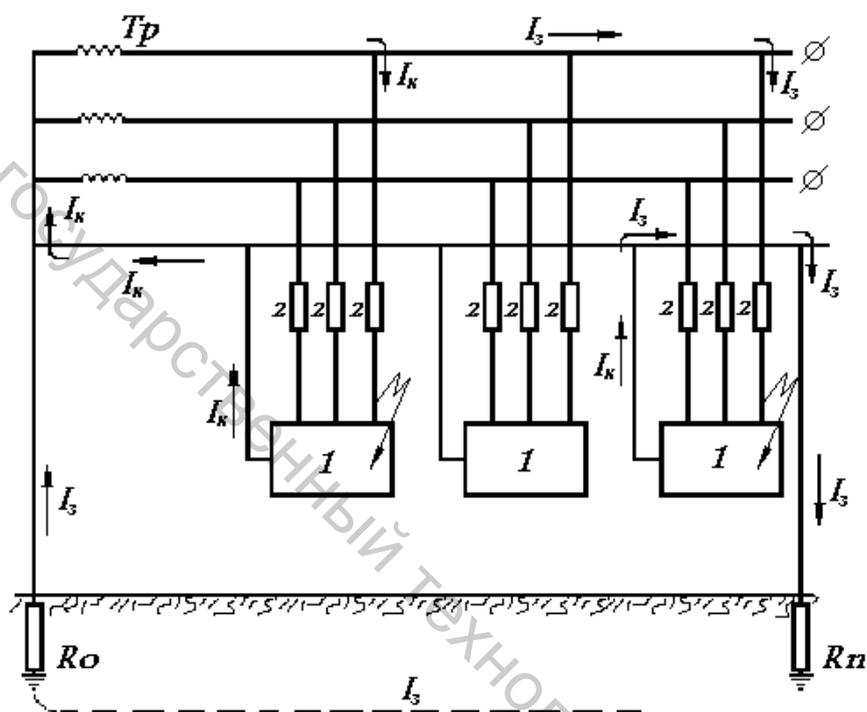


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема зануления: 1 – корпус электроустановки; 2 – аппараты защиты от токов короткого замыкания; R_0 – сопротивление заземления нейтрали источника тока; R_n – сопротивление повторного заземления нулевого провода; I_k – ток короткого замыкания при неповрежденном нулевом проводе; I_s – ток короткого замыкания при обрыве нулевого провода в сети с повторным заземлением нулевого провода

Защитное отключение – быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки или питающей сети при возникновении в ней опасности поражения током.

Устройства защитного отключения (УЗО) должны обеспечивать автоматическое отключение неисправной электроустановки за время не более 0,2 с. Основными частями УЗО являются прибор защитного отключения и автоматический выключатель.

Прибор защитного отключения – совокупность отдельных элементов, которые реагируют на изменение какого-либо параметра электрической сети и дают сигнал на отключение автоматического выключателя.

Автоматический выключатель – устройство, служащее для включения и отключения цепей, находящихся под нагрузкой, и при коротких замыканиях. Он должен отключать цепь автоматически при поступлении сигнала прибора защитного отключения.

Недоступность токоведущих частей электроустановок для случайного прикосновения может быть обеспечена рядом способов: изоляцией токоведущих частей, размещением их на недоступной высоте, ограждением и др.

Электрическое разделение сети – это разделение электрической сети с помощью специальных разделяющих трансформаторов на отдельные электрически не связанные между собой участки. В результате изолированные участки сети обладают большим сопротивлением изоляции и малой емкостью проводов относительно земли, за счет чего значительно улучшаются условия безопасности.

Применение малого напряжения. При работе с переносным ручным электроинструментом необходимо, чтобы электроинструмент и переносные лампы работали от напряжения не выше 42 В. Кроме того, в особо опасных помещениях и при неблагоприятных условиях для работы ручных электроинструментов и ламп требуется еще более низкое напряжение – 12 В.

Двойная изоляция – это электрическая изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции. Рабочая изоляция предназначена для изоляции токоведущих частей электроустановки, обеспечивая ее нормальную работу и защиту от поражения током. Дополнительная изоляция предусматривается дополнительно к рабочей для защиты от поражения током в случае повреждения рабочей изоляции.

3 Применяемые приборы и оборудование

В данной работе рассматривается зануление оборудования. На рисунке 5.2 показана схема лабораторного стенда для измерения сопротивления петли фаз-нуль с помощью вольтметра и амперметра (рис. 5.2 а), а также экспериментальной проверки срабатывания автомата при коротком замыкании фазы на корпус электрической установки (рис. 5.2 б).

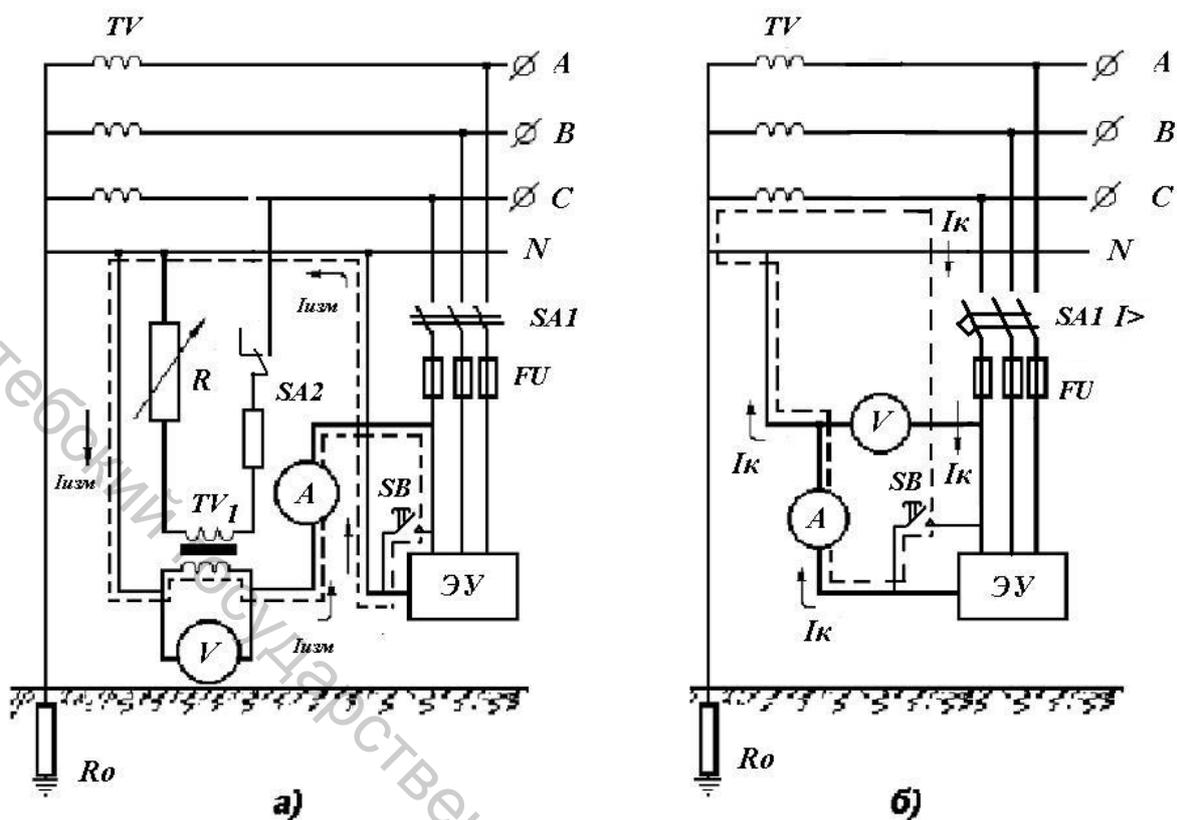


Рисунок 5.2 – Схема экспериментального стенда: а) измерение сопротивления петли фаза-ноль: *TV* – трансформатор, питающий сеть; *A* – амперметр; *V* – вольтметр; *TV1* – понижающий трансформатор; *R* – реостат; *SA1* – рубильник; *SA2* – тумблер; *SB* – кнопка короткого замыкания фазы на корпус зануленного электрооборудования; *ЭУ* – электроустановка; *FU* – предохранитель; б) определение эффективности защиты линии автоматом при пробое фазы на зануленный корпус электроустановки: *TV* – трансформатор, питающий сеть; *A* – амперметр; *V* – вольтметр; *SA1* – автомат АП50-3МГ; *SB* – кнопка короткого замыкания фазы на корпус электроустановки; *ЭУ* – электроустановка; *FU* – предохранитель (пунктирными линиями показано направление токов короткого замыкания)

Для измерения используется понижающий трансформатор напряжением 12 В, реостат, амперметр, вольтметр и проводники. При проведении измерения испытуемая электрическая установка отключена от сети.

Один вывод вторичной обмотки понижающего трансформатора присоединяется к нулевому проводу как можно ближе к силовому трансформатору, чтобы учесть сопротивление нулевого провода на всем участке, где проходит испытательный ток, другой – к одному из фазных проводов, идущих к электроприемнику, после рубильника, который отключен.

Фазный провод и корпус электроприемника соединяются надежной перемычкой, имитирующей замыкание на корпус.

После включения рубильника *SAI* реостатом в цепи устанавливается некоторый ток, достаточный для отсчета показаний вольтметра *U_{изм}* и амперметра *I_{изм}*. Частное от деления этих показаний есть сопротивление петли фаза-ноль *R_{ф-0}*. При этом измерении не учитывается сопротивление силового трансформатора *R_т*. Сопротивление петли фаза-ноль будет равно

$$R_{\phi-0} = \frac{U_{ИЗМ}}{I_{ИЗМ}}. \quad (5.1)$$

Соответствующий этому измерению ток однофазного короткого замыкания *I_к* определяют по формуле

$$I_k = A_1 \cdot A_2 \cdot \frac{U_{\phi}}{R_{ИЗМ} + R_T} = 0,85 \cdot \frac{U_{\phi}}{R_{\phi-0}}, \quad (5.2)$$

где $A_1 = 0,95$ – коэффициент, учитывающий возможное снижение напряжения сети в эксплуатационном режиме; $A_2 = 0,9$ – коэффициент, учитывающий погрешности приборов и наличие переходного сопротивления в месте замыкания фазы на корпус.

Значение *R_т* для трансформаторов мощностью $P \leq 1000$ кВА колеблется в пределах от 0,05 до 1,5 Ом;

У трансформаторов выше 1000 кВА *R_т* имеет небольшое значение и им можно пренебречь ($R_T \approx 0,052$ Ом).

Следует отметить, что при измерении не учитывается сопротивление фазного провода на участке *A-B*. В результаты измерения входит сопротивление вспомогательных проводников, соединяющих вторичную обмотку понижающего трансформатора *TV* с сетью.

Для экспериментальной проверки срабатывания автомата при коротком замыкании фазы на корпус электрической установки используются вольтметр, амперметр, автоматический выключатель типа АП50-ЗМГ.

Для обеспечения надежного отключения необходимо, чтобы ток короткого замыкания превышал ток срабатывания расцепителя автоматического выключателя или номинальный ток плавкой вставки предохранителя

$$I_k(\text{расч}) \gg k \cdot I_n(\text{сраб}), \quad (5.3)$$

где $I_k(\text{расч})$ – расчётный ток плавкой вставки или расчётный ток срабатывания расцепителя автоматического выключателя, А; $I_n(\text{сраб})$ – номинальный ток плавкой вставки или номинальный ток срабатывания расцепителя автоматического выключателя, А; k – коэффициент надежности, принимаемый по ПУЭ равным 1,4 для автоматов до 100 А; 1,25 – для прочих автоматов; 3 – при защи-

те плавкими вставками или автоматами, имеющими расцепители с обратной зависимостью от тока характеристикой; 4 – при защите предохранителями и 6 – при защите автоматами во взрывоопасных установках.

4 Требования охраны труда при выполнении работы

4.1. Перед началом работы необходимо визуально убедиться в исправном состоянии испытательного стенда и исправности зануления установки.

4.2. Не допускается проведение работы на испытательном стенде в случае повреждения изоляции токоведущих частей.

4.3. Запрещается нажимать кнопки «SB» при отсутствии преподавателя (или лаборанта).

4.4. При замеченных неполадках в схеме испытательного стенда, неисправности приборов и т. д., прекратить исследования, отключить стенд от сети и поставить в известность преподавателя.

4.5. По окончании работы незамедлительно обесточить испытательный стенд.

5 Порядок проведения эксперимента

5.1. Измерение сопротивления петли фаза-ноль с помощью вольтметра и амперметра.

5.1.1. Подключить стенд к электрической сети путем вставки электрической вилки в розетку.

5.1.2. Включить в сеть понижающий трансформатор *TV* путем включения тумблера SA2.

5.1.3. Измерить напряжение в цепи ($U_{зм}$) и результат занести в протокол эксперимента.

5.1.4. Замкнуть на не более 3 секунды цепь низкой стороны понижающего трансформатора *TV* путем нажатия кнопки «SB» и записать показания амперметра. Опыт повторить три раза и взять среднее значение показаний амперметра, которое занести в протокол эксперимента.

5.1.5. Рассчитать сопротивление петли фаза-ноль $R_{\phi-0}$ по формуле (5.1). При этом принять мощность трансформатора, питающего сеть, более 1000 кВА. Результат расчета занести в протокол эксперимента.

5.2. Определение эффективности защиты при пробое фазы на зануленный корпус электроустановки:

5.2.1. Отключить на стенде понижающей трансформатор *TV* выключением тумблера SA2. При этом автоматически к электрической сети подключается вторая часть стенда по экспериментальной проверке срабатывания автомата при коротком замыкании фазы на корпус электрической установки.

5.2.2. Включить на стенде автомат SA1 (АП50-3МГ) и занести в протокол

эксперимента показания вольтметра (U_{ϕ}).

5.2.3. Принять мощность трансформатора, питающего сеть более 1000 кВА, и рассчитать ток короткого замыкания по формуле (5.2), используя найденное значение $R_{\phi-0}$.

5.2.4. Замкнуть цепь, имитирующую короткое замыкание фазы на корпус электроустановки, путем нажатия кнопки «SB» и зафиксировать показания амперметра и вольтметра. На слух определить время срабатывания автомата АП50-3МГ (менее 1 с или более 1 с). Опыт повторить три раза, взять среднее значение показаний амперметра и занести в протокол эксперимента.

5.2.5. Отключить стенд от электрической сети и привести в порядок рабочее место.

6 Содержание отчёта по работе

- 6.1. Наименование лабораторной работы.
- 6.2. Цель работы.
- 6.3. Схема испытательного стенда (рис. 5.3).
- 6.4. Протокол проведения экспериментов (табл. 5.1).
- 6.5. Выводы.
- 6.6. Список литературы.

Таблица 5.1 – Протокол проведения экспериментов

Определение сопротивления петли фаза-ноль			Определение эффективности защиты при пробое фазы на зануленный корпус		
$U_{ИЗМ}$, В	$I_{ИЗМ}$, А	$R_{\phi-0}$, Ом	U_{ϕ} , В	$I_{Н(сраб)}$, А	$I_{К(расч)}$, А

7 Рекомендуемая литература

1. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.
2. ТКП 181-2009. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей : [с изм. 1]. – Введен 2014-03-11. – Минск : Минэнерго, 2014. – 538 с.
3. ТКП 427-2012. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. – Введен 2012-11-28. – Минск : Минэнерго, 2012. – 88 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

РАСЧЁТ СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

1 Цель работы

Рассчитать систему заземления.

2 Общие сведения

Защитным заземлением называется преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Заземлителем называется один или несколько металлических электродов (например, стальных стержней, труб, полос и др.), находящихся в соприкосновении с землей.

Заземляющее устройство – это совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

При замыкании токоведущей части электроустановки (провод, обмотка и др.) на землю или на заземленный корпус на заземляющем устройстве возникает напряжение относительно земли, обусловленное стеканием тока с заземлителя.

Напряжением относительно земли при замыкании на землю или на корпус называется напряжение между этим корпусом и зоной нулевого потенциала, расположенной на расстоянии 20 м и более от места замыкания на землю.

Сопротивление заземляющего устройства определяется как отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя на землю.

Защитное действие заземления (рис. 6.1) состоит в том, что человек, случайно прикоснувшийся к токоведущим частям, находящимся под напряжением, включается в электрическую цепь параллельно заземлению, поэтому резко уменьшается ток, проходящий через тело человека.

ТКП 181–2009 предписывают, чтобы в качестве защитной меры от воздействия напряжения прикосновения в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также в наружных электроустановках при сетях с изолированной нейтралью все металлические нетоковедущие части электрооборудования при номинальном переменном напряжении более 42 В и постоянном 110 В, а также конструкции механического и технологического оборудования были присоединены к заземляющему устройству. При напряжении 380 В и более переменного тока и 440 В и более постоянного тока защитное заземление требуется во всех электроустановках. Заземление электроустановок не требуется при переменных напряжениях 42 В и менее и постоянных 110 В и менее во всех случаях, за исключением взрывоопасных установок. Во взрывоопасных зонах заземлению подлежит электрооборудование всех напряжений.

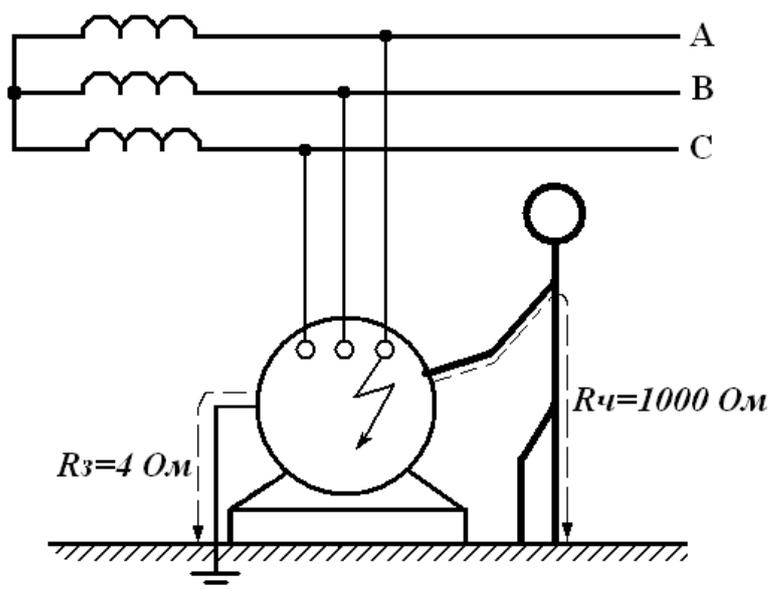


Рисунок 6.1 – Схема защитного заземления: R_z – сопротивление защитного заземления; R_c – сопротивление человека

Заземлению подлежат корпуса электрических машин и аппаратов, трансформаторов, светильников, ручные приводы выключателей и разъединителей, каркасы распределительных щитов и пультов управления, металлические конструкции распределительных устройств и кабельных линий, кабельные муфты и оболочки, металлические трубы и оболочки электропроводок, металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников, вторичные обмотки измерительных трансформаторов.

Заземлению не подлежат: арматура подвесных и штыри опорных изоляторов, кронштейны и осветительная арматура при установках их на деревянных опорах и конструкциях (если это не требуется по условиям молниезащиты); электрооборудование, установленное на металлических заземленных конструкциях, если в местах контакта с ними металлических нетоковедущих частей электрооборудования обеспечен надежный электрический контакт. Не подлежат заземлению также корпуса электроизмерительных приборов, реле и т. п., установленных на щитах и в шкафах и на стенах камер распределительных устройств; корпуса электроприемников с двойной изоляцией (некоторые бытовые электроприемники, ручной инструмент); рельсовые пути, выходящие за территорию электростанций, подстанций, предприятия (во избежание выноса опасных электрических потенциалов).

Согласно ПУЭ сопротивление заземляющих устройств в установках напряжением до 1000 В, работающих с изолированными от земли нейтралью, не должно превышать 4 Ом. При мощности источника питания до 100 кВ·А сопротивление заземляющего устройства может быть не более 10 Ом (имеются в виду малая протяженность электрической сети и, следовательно, большое сопротивление изоляции сети относительно земли).

В соответствии с ТКП 181–2009 для заземляющего устройства рекомендуется (в качестве заземлителя) в первую очередь использовать *естественные заземлители*, то есть проложенные в земле стальные трубы водопроводов и артезианских скважин, погруженные в землю каркасы зданий и сооружений. Запрещается использовать в качестве заземлителей металлические трубы горючих жидкостей и газов.

Для большей надежности заземляющего устройства необходимо заземляемое оборудование соединить с естественными заземлителями не менее чем двумя отдельными проводниками, присоединенными к заземлителю в разных местах. Это присоединение выполняется сваркой, а для труб – с помощью стальных хомутов, стянутых болтами. В качестве заземляющих проводников для присоединения к естественным заземлителям используются стальная проволока (катанка), стальная полоса, угловая сталь.

Искусственные заземлители (электроды, погружаемые в грунт) могут быть выполнены из стальных стержней длиной 5 м круглого сечения или угловой стали, а также из прямоугольных стержней, погруженных в грунт на глубину 2–3 м.

В зависимости от расположения заземлителей относительно заземляемого электрооборудования различают заземления выносное и контурное. При *выносном заземлении* заземлители размещают в стороне от заземляемого оборудования, и в этом случае корпуса оборудования находятся вне зоны растекания токов в земле. Следовательно, при выносном заземлении человек, стоящий на земле и касающийся корпуса электрооборудования с поврежденной изоляцией, оказывается под полным напряжением корпуса относительно земли, и защитное действие такого заземления обусловлено только достаточно малым его сопротивлением.

При *контурном заземлении*, применяемом обычно в открытых распределительных устройствах, заземлители располагаются вокруг заземляемого оборудования, вблизи от него. При этом из-за небольшого расстояния между отдельными электродами-заземлителями внутри контура заземления любая точка поверхности грунта имеет значительный потенциал в случае замыкания на корпус заземленного оборудования. В то же время между разными точками внутри контура разность потенциалов будет незначительна. Таким образом, напряжение прикосновения для человека, находящегося внутри контура заземляющего устройства, будет весьма малым по сравнению с напряжением относительно земли. По той же причине внутри контура этого заземляющего устройства будет невелико и шаговое напряжение. Для выравнивания потенциалов внутри контура прокладывают дополнительные горизонтальные полосы, образующие сетку, а металлические строительные и производственные конструкции должны быть присоединены к сети заземления или зануления.

Заземляющую магистраль в помещении прокладывают по контуру вдоль стен. Вводы магистрали от заземлителя в помещение для присоединения их к внутреннему контуру выполняют в нескольких местах, что обеспечивает

надежную связь заземляемого оборудования с заземлителем. От внутренней заземляющей магистрали (контура) делают ответвления к заземляемым объектам электрооборудования. *Не допускается заземление отдельных элементов электроустановки последовательно путем установки перемычек от одного к другому*, так как при отсоединении одного какого-либо корпуса, например при ремонте, окажутся незаземленными другие. Все соединения элементов заземляющего устройства необходимо выполнить сваркой внахлестку, а присоединение к корпусам электрооборудования – с помощью болтов или сваркой.

В качестве заземляющих проводников кроме специально предназначенных можно использовать металлические конструкции зданий и производственного оборудования, а также стальные трубы электропроводки. При этом в местах соединений труб соединительные муфты приваривают к трубам или в стыках труб приваривают перемычки, обеспечивающие надежный контакт с заземлителем.

Расчёт системы заземления производится следующим образом. Сначала определяется сопротивление одиночного заземлителя (Ом)

$$R_{TP} = 0,366 \frac{\rho}{L} \left(\ln \frac{2L}{D} + 0,5 \ln \frac{4t + L}{4t - L} \right), \quad (6.1)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м; L – длина трубы, м; D – наружный диаметр трубы, м; t – глубина заложения трубы, м.

Глубина заложения трубы определяется по формуле

$$t = t_0 + \frac{L}{2}, \quad (6.2)$$

где t_0 – глубина промерзания грунта, м.

Сопротивление заземляющего устройства в электроустановках с напряжением до 1000 В не должно превышать 4 Ом, в электроустановках с напряжением свыше 1000 В – не более 10 Ом. Поэтому, как правило, необходимо использовать несколько заземлителей, соединенных между собой стальной полосой.

Число труб в системе заземления определяется по формуле

$$n = \frac{R_{TP}}{R_3 \cdot \eta_{Э.ТР}}, \quad (6.3)$$

где R_3 – нормируемое значение сопротивления заземления; $\eta_{Э.ТР}$ – коэффициент экранирования труб (табл. 6.1).

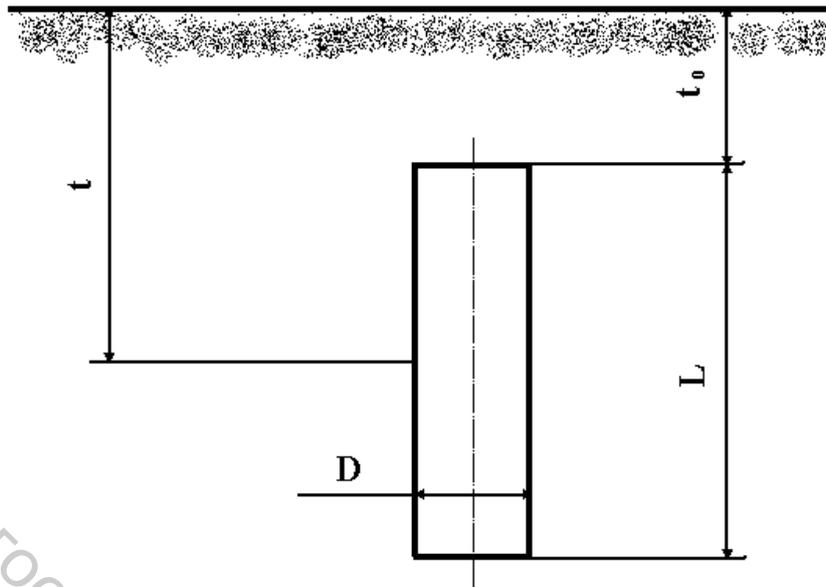


Рисунок 6.2 – Схема заземления

Таблица 6.1 – Коэффициент экранирования трубчатых заземлителей $\eta_{Э.ТР}$ без учёта влияния соединяющей их полосы

Число заземлителей	$\eta_{Э.ТР}$, при отношении расстояния между трубами к их длине ($L:l$)					
	Трубы расположены в ряд			Трубы расположены по контуру здания		
	3	2	1	3	2	1
2	0,93	0,9	0,83	–	–	–
5	0,87	0,8	0,68	–	–	–
10	0,83	0,7	0,55	0,78	0,67	0,50
20	0,77	0,62	0,47	0,72	0,60	0,43
30	0,75	0,60	0,40	0,71	0,59	0,42
50	0,73	0,58	0,38	0,68	0,52	0,37

Полученное значение n следует округлить до ближайшего целого числа. Сопротивление соединительной полосы (Ом) определяется по формуле

$$R_{II} = 0,366 \frac{\rho}{l_{II}} \cdot \lg \frac{2l_{II}^2}{b \cdot h}, \quad (6.4)$$

где $l_{II} = 1,5 \cdot a \cdot n$ – длина соединительной полосы, м; $a = 1,5 \cdot l$ – расстояние между заземлителями, м; n – количество заземлителей; b – ширина полосы, выбирается из ряда значений, м: 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; $h = t_0$ или $h = t$ – глубина заложения полосы, м.

Общее сопротивление системы заземления (Ом) определяется по формуле

$$R_3^{ОБЩ} = \frac{1}{\frac{\eta_{Э.П.}}{R_П} + \frac{\eta_{Э.ТР.}}{R_{ТР}} \cdot n}, \quad (6.5)$$

где $\eta_{Э.П.}$ – коэффициент экранирования полосы (табл. 6.2).

Таблица 6.2 – Коэффициент экранирования полосы связи трубчатых заземлителей $\eta_{Э.П.}$

Число заземлителей	$\eta_{Э.П.}$ при отношении расстояния между трубами к их длине ($L:l$)					
	3	2	1	3	2	1
	Трубы расположены в ряд			Трубы расположены по контуру здания		
2	0,95	0,91	0,81	0,75	0,58	0,50
5	0,90	0,85	0,72	0,71	0,50	0,41
10	0,79	0,70	0,59	0,55	0,39	0,33
20	0,65	0,55	0,40	0,44	0,32	0,27
30	0,57	0,45	0,30	0,40	0,30	0,23
50	0,49	0,35	0,21	0,37	0,27	0,21

3 Порядок выполнения работы

1. В соответствии с выбранным вариантом (табл. 6.3) рассчитать систему заземления, для которой будут применены стальные трубы с наружным диаметром 0,06 м, соединенные между собой стальной полосой.

4 Содержание отчета

- 4.1. Название работы.
- 4.2. Цель работы.
- 4.3. Расчёт системы заземления.
- 4.4. Литература.

Примерные варианты задания

Таблица 6.3 – Варианты заданий

№ варианта	L, м	Грунт	ρ , Ом·м	Глубина промерзания грунта, м	Напряжение питающей сети, В
1	1,5	Песок	700	0,6	220
2	1,6	Супесок	300	0,5	380
3	1,7	Суглинок	100	0,4	220
4	1,8	Глина	40	0,3	380
5	1,9	Чернозём	200	0,2	1220
6	2,0	Смешанный грунт	100	0,6	220
7	2,1	Гравий, щебень	2000	0,5	380

Окончание таблицы 6.3

8	2,3	Лес	250	0,4	220
9	2,4	Каменистая почва	4000	0,3	380
10	2,5	Торф	20	0,2	1220

5 Рекомендуемая литература

1. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.
2. ТКП 181-2009. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей : [с изм. 1]. – Введен 2014-03-11. – Минск : Минэнерго, 2014. – 538 с.
3. ТКП 427-2012. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. – Введен 2012-11-28. – Минск : Минэнерго, 2012. – 88 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДНИКОВ ТОКА В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ

1 Цель работы

Ознакомиться с прибором для измерения сопротивления изоляции и экспериментально определить соответствие сопротивления изоляции существующим нормам.

2 Общие сведения

Наземная электрическая изоляция различных токоведущих проводов является основой электробезопасности. Надежная и качественная электроизоляция может обеспечить практически 100%-ную электробезопасность.

Повреждение или отсутствие изоляции проводов и токоведущих частей электроустановок является одной из основных причин аварий и несчастных случаев.

Материал изоляции должен соответствовать условиям окружающей среды и особенностям эксплуатации электрооборудования, то есть должен быть устойчив к действию агрессивных веществ, влаги, нагреву и механическим воздействиям.

На практике электрическая изоляция может быть разрушена от механических повреждений, действия химически активной среды, повышенной температуры, неправильной эксплуатации электроустановок. При этом может появиться напряжение на корпусах, которые обычно не находятся под напряжением.

Сопротивление изоляции в сетях с напряжением до 1000 В должно быть не менее 0,5 МОм.

Сопротивление изоляции $R_{ИЗ}$ электрических машин зависит от их мощности и рассчитывается по формуле

$$R_{ИЗ} = \frac{U}{1000 + \frac{N}{100}}, \quad (7.1)$$

где $R_{ИЗ}$ – сопротивление изоляции, МОм; U – напряжение тока, В; N – мощность машины, кВт.

Сопротивление изоляции – величина непостоянная, зависящая от приложенного напряжения (рис. 7.1).

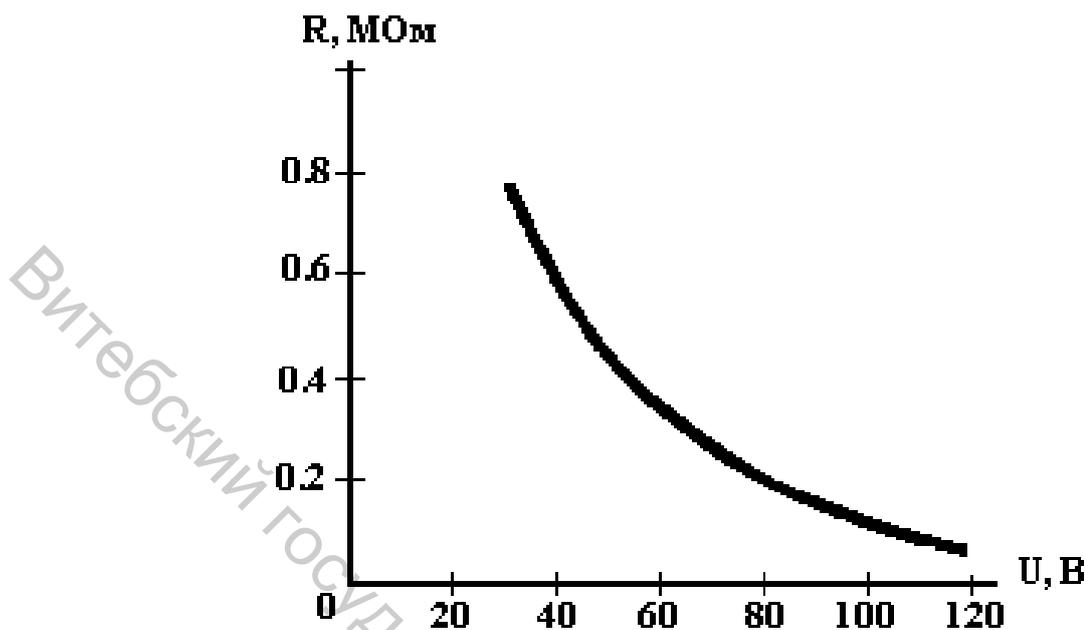


Рисунок 7.1 – Зависимость сопротивления изоляции $R_{из}$ от приложенного напряжения U

Новые и прошедшие ремонт электроустановки (электрооборудование) могут быть приняты в эксплуатацию только после проверки сопротивления изоляции с удовлетворительным результатом. Кроме того, исправность изоляции проверяют периодически во время эксплуатации электрооборудования не реже одного раза в год в сырых и не реже двух раз в год в особо сырых помещениях.

В сетях напряжением до 1000 В наиболее распространенный вид периодического контроля изоляции – измерение ее сопротивления мегомметром. Сопротивление изоляции измеряют у каждой фазы по отношению к земле и между фазами. Изоляция считается удовлетворительной, если ее сопротивление на участке сети между двумя предохранителями составляет не менее 0,5 МОм.

Помимо периодического существует и постоянный (непрерывный) контроль изоляции. Он проводится, как правило, под рабочим напряжением в течение всего периода работы электроустановки и включает в себя измерение сопротивления изоляции сети относительно земли и автоматическую сигнализацию (световую или звуковую) при снижении сопротивления.

3 Применяемые приборы и оборудование

Измерение сопротивления изоляции специально подобранных проводников производится с помощью мегомметра М 1101. Прибор состоит из генератора постоянного тока с ручным приводом, логометра и добавочных сопротивлений. Принципиальная схема мегомметра представлена на рисунке 7.2.

Шкала прибора имеет два ряда отметок: правая шкала соответствует пределу измерения от 0 до 500 МОм, левая – от 0 до 1000 кОм. Для переключения прибора на ту или иную шкалу имеется специальный переключатель L . Измеряемое сопротивление присоединяется к зажимам Z_1 и Z_2 .

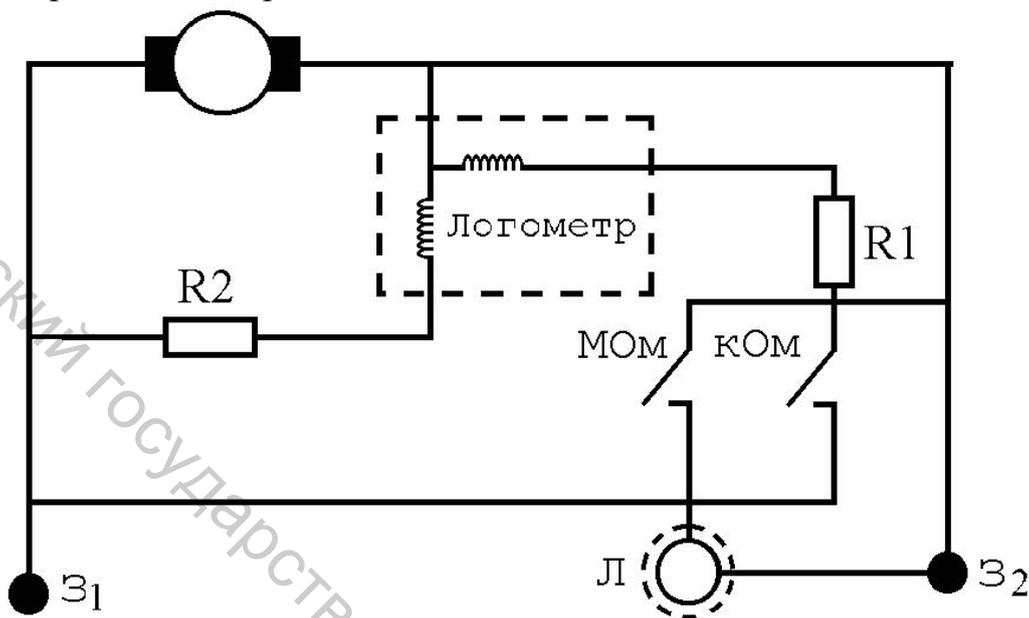


Рисунок 7.2 – Принципиальная электрическая схема мегомметра М 1101:
 L – переключатель; R_1 – добавочное сопротивление в цепи рабочей рамки логометра; R_2 – сопротивление в цепи противодействующей рамки логометра;
 Z_1, Z_2 – пружинные зажимы прибора

Генератор мегомметра рассчитан на работу при скорости вращения рукоятки 120 об/мин, вращение рукоятки передаётся якорю генератора через зубчатую передачу, доводящую скорость вращения якоря до 1920 об/мин.

При вращении якоря в обмотке генератора индуцируется переменный ток, который при помощи коллектора выпрямляется и подаётся в схему. Генератор снабжен специальным центробежным регулятором.

Чтобы исключить влияние поверхностных токов утечки, выведен третий зажим «Э» (экран). С той же целью логометр и переключатель, а также «Л» экранированы от токов утечки. Экранировка показана на схеме пунктиром. Измерение сопротивления изоляции можно производить от токов утечки без экранирования и с экранированием. Экранированием обычно пользуются при измерении сопротивления, например, изоляции кабеля и изоляции приборов с электрическим экраном.

4 Требования охраны труда при выполнении работы

4.1. Не допускается включение выпрямителя в электрическую сеть без заземления и при обнаружении нарушения изоляции электрических проводов.

4.2. Не допускается включение установки и проведение опытов при сня-

том ограждении установки.

4.3. Не допускается оставлять включенную установку без присмотра.

4.4. Не допускается нахождение на рабочем месте посторонних лиц.

4.5. При замеченных недостатках в работе установки прекратить исследования, обесточить установку и поставить в известность преподавателя.

4.6. После выполнения лабораторной работы необходимо обесточить установку и навести порядок на рабочем месте.

5 Порядок проведения эксперимента

5.1. После ознакомления с устройством мегомметра М1101 составляется его принципиальная электрическая схема с указанием входящих в неё элементов.

5.2. Производится проверка исправности прибора. Для чего вращают ручку генератора при разомкнутых зажимах и следят за тем, чтобы стрелка установилась на отметку ∞ шкалы мегомов, если переключатель находится в положении $M\Omega$, или на отметку 0 той же шкалы мегомов, если переключатель находится в положении $k\Omega$. В противном случае прибор неисправен.

5.3. В зависимости от величины измеряемого сопротивления ставится переключатель на $k\Omega$ или $M\Omega$. К зажимам «Л» и «З» присоединяется измеряемое сопротивление.

5.4. Вращается ручка генератора со скоростью 120 об/мин. Отсчёт производится по соответствующей шкале. Мегомметр может применяться только для измерения изоляции цепей, не находящихся под напряжением. Перед измерением необходимо убедиться в отсутствии напряжения в испытуемых электрических цепях.

5.5. Полученные данные занести в протокол проведения экспериментов (табл. 7.1).

Таблица 7.1 – Протокол проведения экспериментов

Класс электрооборудования по напряжению в сети питания	№ образца провода с изоляцией	Сопротивление изоляции провода, МОм	Вывод по соответствию $R_{из}$ нормам
до 1000 В			
свыше 1000 В			

6 Содержание отчёта по работе

6.1. Наименование лабораторной работы.

6.2. Цель работы.

- 6.3. Принципиальная схема прибора (рис. 7.2).
- 6.4. Таблица результатов экспериментов (табл. 7.1).
- 6.5. Выводы.
- 6.6. Список литературы.

7 Рекомендуемая литература

1. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.
2. ТКП 181-2009. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей : [с изм. 1]. – Введен 2014-03-11. – Минск : Минэнерго, 2014. – 538 с.
3. ТКП 427-2012. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. – Введен 2012-11-28. – Минск : Минэнерго, 2012. – 88 с.
4. Правила устройства электроустановок [утв. Минэнерго СССР : перераб. и доп.]. – 6-е изд. – Москва : Энергоатомиздат, 2007. – 648 с. : ил.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ПАРОВ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

1 Цель работы

Изучить методику определения температуры вспышки паров горючих жидкостей и категории пожарной опасности производства.

2 Общие сведения

Большинство промышленных предприятий отличается повышенной пожарной опасностью, так как их характеризуют сложность производственных процессов и установок, наличие значительного количества огнеопасных жидкостей, горючих газов, твердых сгораемых материалов, большого количества емкостей и аппаратов, в которых находятся пожароопасные продукты под давлением, разветвленной сети трубопроводов с запорно-пусковой и регулирующей арматурой, большого количества электроустановок.

Пожарная опасность – возможность возникновения или развития пожара, заключенная в каком-либо веществе или процессе.

Пожароопасность веществ и материалов – это совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения.

Горение – быстро протекающая реакция окисления горючего вещества, сопровождающаяся выделением значительного количества тепла и излучением света. Горение возможно только при наличии горючего вещества, окислителя и источника зажигания.

Пожароопасность веществ и материалов определяется показателями, выбор которых зависит от агрегатного состояния вещества (материала) и условий его применения.

Все горючие жидкости способны испаряться, и их горение происходит в паровой фазе, находящейся над поверхностью жидкости; количество паров зависит от состава жидкости и ее температуры. Горение жидкости, как и любого горючего вещества, начинается с воспламенения, которое возможно только при условии частичного испарения жидкости и смешивания ее паров с воздухом.

Вспышка – быстрое горение горючей смеси паров жидкости с воздухом, не сопровождающееся образованием области сжатых газов.

Температура вспышки – наименьшая температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от постороннего внешнего источника. При такой температуре еще не возникает устойчивого горения вещества, так как скорость образования паров и газов незначительна, и поэтому наблюдается только сгорание образовавшейся смеси, после чего пламя гаснет.

В зависимости от температуры вспышки жидкости подразделяются на *легковоспламеняющиеся (ЛВЖ)* с температурой вспышки паров не выше 61 °С (в закрытом тигле) или 66 °С (в открытом тигле) и *горючие (ГЖ)* с температурой вспышки выше 61 °С и 66 °С соответственно. К ЛВЖ относятся, например, бензин, керосин, ацетон и др., к ГЖ – минеральные и растительные масла и др.

Горючие и легковоспламеняющиеся жидкости, испаряясь, образуют паровоздушные смеси, способные воспламениться от какого-либо источника зажигания, например, от искры, трения, удара и т. п. Горение паровоздушных смесей имеет взрывной характер. От точки воспламенения зона химической реакции (пламя) со скоростью нескольких метров в секунду распространяется в сторону несгоревшей смеси и за короткое время (доли секунды) смесь оказывается прореагировавшей во всем объеме. При сгорании первоначальный объем смеси увеличивается в 7–10 раз, и если горение происходит в закрытом объеме, то соответственно возрастает давление на стенки сосуда. Поэтому взрыв паровоздушной смеси в производственном помещении (в аварийном случае) может вызвать разрушение здания.

При оценке пожарной опасности жидкости также учитывается ее температура кипения, плотность паров по воздуху, нижний и верхний температурные и концентрационные пределы распространения пламени.

Температура воспламенения – эта температура, при которой вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что после воспламенения их от внешнего источника зажигания возникает устойчивое горение.

Температура самовоспламенения – самая низкая температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся самопроизвольным возникновением пламенного горения. Температура самовоспламенения зависит от многих факторов: химической природы горючего вещества, состава смеси, давления, состояния стенок сосуда и т. п. По температуре самовоспламенения определяется группа взрывоопасной смеси (при выборе взрывозащищенного электрооборудования).

Самовозгорание – процесс самонагревания вещества, заканчивающийся горением. Чем ниже температура, при которой происходит самовозгорание, тем вещество более опасно.

Некоторые вещества обладают способностью энергично адсорбировать кислород воздуха, при этом возникают реакции окисления, сопровождающиеся выделением теплоты. Если теплоотдача во внешнюю среду затруднена, то температура системы повышается, процесс окисления ускоряется и может наступить момент произвольного загорания вещества без внешнего источника воспламенения.

Температура вспышки всегда меньше температуры воспламенения данной жидкости. Поэтому пожарная опасность жидкости характеризуется температурой вспышки. Экспериментально ее определяют при помощи прибора Мартенс-Пенского типа ПВНЭ (прибора типа ПГВ-1) по различным методикам.

Предварительную температуру вспышки (по Кельвину) можно прибли-

женно рассчитать, пользуясь эмпирической формулой

$$T'_B = 0,736 \cdot T_K, \quad (8.1)$$

где T'_B – предварительная температура вспышки, К; T_K – температура кипения жидкости, К.

$$T_K = t_K + 273. \quad (8.2)$$

Предварительно температура вспышки в °С определяется по формуле

$$t'_B = T'_B - 273, \quad (8.3)$$

где t'_B – предварительная температура вспышки, °С;

Пример расчета предварительной температуры вспышки:

– температура кипения бензола составляет 80,10 °С.

$$T_K = 80,1 + 273 = 353,1 \text{ К.}$$

Предварительная расчетная температура вспышки (К):

$$T'_B = 0,736 \cdot 353,1 = 260,7 \text{ К.}$$

Предварительная расчетная температура вспышки (°С):

$$t'_B = 260,7 - 273 = -12,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Поправку на величину атмосферного давления определяют по формуле

$$\Delta t = 0,345 \cdot (P - 101,3), \quad (8.4)$$

где Δt – поправка на барометрическое давление, °С; P – барометрическое давление в момент испытания, кПа; 101,3 кПа – барометрическое давление в нормальных условиях.

Расчетная температура вспышки определяется по формуле

$$t_B = t'_B + \Delta t. \quad (8.5)$$

Основными направлениями предупреждения воспламенения являются: поддержание температуры жидкости ниже температуры вспышки, добавка негорючих или тормозящих горение жидкостей; использование взрывозащитного оборудования; проведение мероприятий по уменьшению электризации жидкости; надежное уплотнение аппаратуры и трубопроводов при нагреве жидкости выше температуры самовоспламенения, препятствующее проникновению окислителя; заполнение свободного объема над жидкостью негорючими газами или парами (азот, углекислый газ, водяной пар и т. п.).

3 Применяемые приборы и оборудование

3.1. Прибор для экспериментального определения температуры вспышки паров горючих и легковоспламеняющихся жидкостей с электрическим подогревом (ПВНЭ), представленный на рисунке 8.1, состоит из следующих основных частей: реакционного сосуда (латунного тигля) 1 внутренним диаметром и высотой 56 мм, крышки тигля 2, на которой подвижная заслонка 3 с механизмом открывания 8, фитильная зажигательная лампочка (фитиль) 11, наклонная трубка 10 для установки термометра 12 и мешалки 7 с гибким валиком 5. Мешалка имеет лопасть для перемешивания жидкости. В комплект прибора входит также электрическая нагревательная лампа (на рисунке 6.1 не показана).

В крышке 2 имеются отверстия – одно в центре и два меньшего размера по бокам, которые открываются при смещении подвижной заслонки 3. При повороте зубец 9, закрепленный на подвижной заслонке 3, упирается в зажигательную лампочку (фитиль) 11 и в тот момент, когда заслонка полностью откроет все отверстия, пламя зажигательной лампочки вводится через центральное отверстие в реакционный сосуд 1. Для зажигания паров жидкости в смеси с воздухом используют фитиль, заправленный легким маслом.

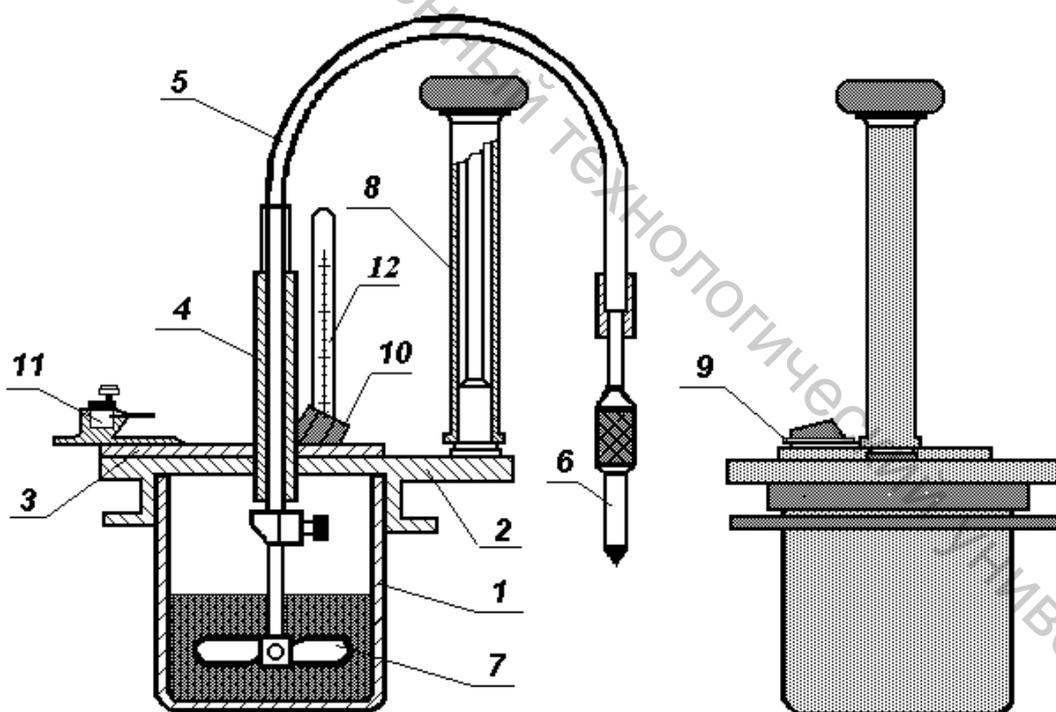


Рисунок 8.1 – Прибор для определения температуры вспышки вещества в закрытом тигле: 1 – тигель, 2 – крышка тигля, 3 – подвижная заслонка, 4 – трубка, 5 – гибкий вал, 6 – ручка гибкого вала; 7 – лопасти мешалки; 8 – механизм открывания заслонки; 9 – зубец для наклона зажигательной лампочки; 10 – трубка для установки термометра; 11 – фитиль; 12 – ртутный термометр

- 3.2. Набор сосудов с различными горючими жидкостями.
- 3.3. Термометр с пределами измерения от 0 до 150 °С.
- 3.4. Барометр-анероид с термометром.

4 Требования охраны труда при проведении работы

- 4.1. Не допускать разлива и разбрызгивания исследуемой жидкости на рабочем месте.
- 4.2. Не включать электронагреватель (электроплитку) прибора ПВНЭ в сеть без разрешения преподавателя или лаборанта.
- 4.3. Не допускать действий, которые могут привести к разрушению ртутного термометра.
- 4.4. Не вынимать термометр из прибора.
- 4.5. Не допускать перегревания ЛВЖ не более чем на 5 °С по сравнению с расчетной температурой вспышки.
- 4.6. При обнаружении каких-либо неисправностей в установке поставить в известность преподавателя или лаборанта.
- 4.7. После проведения экспериментов немедленно обесточить установку и привести в порядок рабочее место.

5. Порядок проведения эксперимента

- 5.1. Изучить устройство прибора для экспериментального определения температуры вспышки.
- 5.2. Рассчитать предварительную температуру вспышки жидкости, пользуясь эмпирической формулой (8.1) при заданной температуре кипения. Определить истинную температуру вспышки паров испытуемой жидкости по формулам (8.3) и (8.4).
- 5.3. Экспериментально определить температуру вспышки испытуемой жидкости.
 - 5.3.1. Включить в сеть электронагреватель (электроплитку) прибора.
 - 5.3.2. Скорость нагрева жидкости должна быть 1 °С/мин (если температура вспышки ниже 50 °С) или 5-6 °С/мин (если вспышка происходит в интервале 50–150 °С). При нагреве жидкости необходимо постоянно ее перемешивать.
 - 5.3.3. Испытания проводят, начиная с температуры на 10 °С меньше ожидаемой температуры вспышки через 1 °С, если она ниже 50 °С, и через 2 °С, если она выше 50 °С. При достижении такой температуры жидкости зажигают фитиль. Во время испытания производят перемешивание и, поворачивая головку механизма заслонки так, чтобы тело фитиля доходило до центра отверстия крышки, производят зажигание паровоздушной смеси внутри тигля. Отверстие крышки разрешается оставлять при этом открытым не более 1 с. Если вспышка не произошла, испытуемую жидкость продолжают перемешивать, повторяя операцию зажигания через указанные ранее промежутки температуры

жидкости. За температуру вспышки принимают температуру, показываемую термометром при появлении над поверхностью жидкости ясно различимого синего пламени.

5.4. Результаты исследований занести в таблицу 8.1 протокола отчета по работе.

Таблица 8.1 – Протокол проведения эксперимента

Наименование горючей жидкости	Номера проб на вспышку и показания термометра, °С					Барометрическое давление, кПа	Поправка на барометрическое давление, °С	Расчетное значение температуры вспышки, °С	Экспериментальное значение температуры вспышки, °С	Категория помещения по пожароопасности
	1	2	3	4	5					

6 Содержание отчёта по работе

- 6.1. Название лабораторной работы.
- 6.2. Цель работы.
- 6.3. Схема устройства прибора для определения температуры вспышки (рис. 8.1).
- 6.4. Протокол проведения эксперимента (табл. 8.1).
- 6.5. Выводы.
- 6.6. Список использованной литературы.
- 6.7. Категория помещения по взрыво-пожароопасности (приложение Б).

7 Рекомендуемая литература

1. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.
2. ТКП 474-2013. Категорирование помещений, зданий и наружных установок. – Взамен НПБ 5-2005. – Введен 2013-01-29. – Минск : Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2013. – 57 с.
3. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь ППБ РБ 01-2014 : [утв. Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 01.07.2014 : с изм. и доп., утв. Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 28.08.2014]. – Минск : Энергопресс, 2014. – 200 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ВЗРЫВАЕМОСТИ ПАРОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

1 Цель работы

Ознакомиться с методами определения взрыво- и пожароопасных свойств горючих и легковоспламеняющихся жидкостей; определить концентрационные и температурные пределы взрываемости паров горючих и легковоспламеняющихся жидкостей в смеси с воздухом при атмосферном давлении.

2 Общие сведения

Современные предприятия характеризуются использованием, переработкой и получением большого количества пожаро- и взрывоопасных продуктов.

Взрывоопасной средой являются смеси веществ (газов, паров и пылей) с окислителями (кислородом, озоном, хлором, оксидами азота и др.).

Основными параметрами, характеризующими взрывоопасность среды, являются: температура вспышки, температурные и концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения), нормальная скорость распространения пламени, минимальная энергия зажигания и др.

Взрыв паровоздушных смесей возможен только в определенном диапазоне концентраций, то есть они характеризуются концентрационными пределами взрываемости.

Нижним и верхним концентрационными пределами взрываемости НКПВ и ВКПВ называются соответственно минимальная и максимальная концентрации горючих газов, паров и пылей в смеси с воздухом, при которых они способны взрываться от внешнего источника зажигания с последующим распространением пламени по смеси.

Концентрацией называется отношение объема пара, находящегося в смеси, к объему всей паровоздушной смеси.

Интервал между нижним и верхним концентрационными пределами взрываемости называется **областью (диапазоном) взрываемости**. Величины пределов взрываемости используют при расчете допустимых концентраций внутри технологических аппаратов, вентиляции, а также при определении предельно допустимой взрывоопасной концентрации паров и газов при работе с применением искрящего инструмента.

Значения НКПВ для паров различных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей различны, и чем меньше НКПВ, тем более опасной является жидкость, так как при испарении, например, случайно пролившейся жидкости быстрее образуется взрывоопасная смесь и, следовательно, раньше наступает аварийная обстановка. Чем шире диапазон между НКПВ и ВКПВ, тем опасней являются легковоспламеняющиеся жидкости. Для газов и паров жидкости

НКПР и ВКПР определяются в объемных процентах, для пыли и волокон – в граммах на кубический метр.

Особенность паровоздушной смеси состоит в том, что концентрация паров в воздухе при данных температуре и давлении не может быть более определенной величины. Это следует из свойств двухфазных систем жидкость – пар. Для каждой жидкости, находящейся в закрытом сосуде, при данных значениях давления и температуры наступает равновесное состояние, при котором количество испаряющихся и конденсирующихся молекул вещества равно. Такой пар называется *насыщенным*. Таким образом, при данных температуре и давлении максимально возможная концентрация пара в воздухе представляет собой определенную для данной жидкости величину.

Экспериментально концентрационные пределы определяют путем пробных попыток поджечь паровоздушную смесь с различной концентрацией пара. Кроме объемных пределов воспламенения для паровоздушных смесей, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей имеются температурные пределы воспламенения (взрываемости).

Нижним и верхним температурными пределами воспламенения (НТПВ_п, ВТПВ_п) паров в воздухе называются такие температуры вещества, при которых его насыщенные пары образуют в воздухе концентрации, равные нижнему или верхнему концентрационному пределу взрываемости.

Температурные пределы взрываемости учитывают при расчете безопасных температурных режимов закрытых технологических аппаратов с жидкостями и летучими твердыми веществами, работающих при атмосферном давлении.

Горение газовых смесей всегда происходит в кинетической области, то есть при горении заранее перемешанного горючего газа (паров) с воздухом.

Фронт пламени – узкая зона, в которой подогревается смесь и протекает химическая реакция; оба участка примерно равны и в зависимости от скорости пламени составляют вместе от 1–2 до десятых долей миллиметра (при атмосферном давлении).

Распространение пламени произвольной формы, не осложненное внешними воздействиями, происходит от каждой точки фронта пламени по нормали к его поверхности. Такое горение называется *нормальным*.

Нормальная скорость распространения пламени ($V_H < 10$ м/с) является фундаментальной характеристикой определенной горючей смеси и представляет собой минимальную скорость пламени.

Турбулизация горячей смеси – это неупорядоченное движение отдельных объемов газа, приводящее к неодинаковому развитию поверхности фронта пламени при общем увеличении его поверхности и соответствующему росту скорости его распространения.

Взрывное горение – достаточно быстрое сгорание горючей смеси, при котором скорость пламени равна десяткам и сотням метров в секунду, но не превосходит скорость распространения звука в данной среде.

При определенных условиях нормальное и взрывное горение может перейти в особую форму – **детонацию**, при которой скорость распространения пламени превышает скорость распространения звука в данной среде и может достигать 1000–5000 м/с. Чаще всего детонация возникает при горении газов в трубопроводах большой длины при определенных концентрациях горючего вещества в воздухе или кислороде (от 6,5 до 15 % ацетилена в смеси с воздухом; от 27 до 35 % водорода в смеси с кислородом и т. д.). Детонационное горение вызывает наиболее сильные разрушения производственного оборудования. Скорость детонационной волны и давление в ней не зависят от скорости реакции в пламени, а определяются тепловым эффектом реакции и теплоемкостями продуктов сгорания.

Горение пылей. Наибольшую пожарную опасность представляет пыль, находящаяся в воздухе, то есть аэрозвесь; она способна не только гореть, но и взрываться. Наиболее важным свойством пыли является ее сильноразвитая поверхность; она определяет адсорбционную способность пыли, склонность к электризации, в значительной степени – ее химическую активность и др. Горение осевшей пыли (аэрогеля) по своему характеру не отличается от горения твердых веществ, но протекает более энергично. Горение же аэрозвесей подчиняется многим законам горения газовых смесей, но по сравнению с ними протекает более медленно и неполно.

Воспламенение (взрыв) аэрозвеси в замкнутом объеме приводит к значительному повышению давления, обычно в 4–6 раз. Повышение давления при взрывах аэрозвесей объясняется двумя причинами: образованием газообразных продуктов сгорания, объем которых значительно превышает объем сгоревших твердых частиц, и нагреванием газообразных продуктов сгорания до высоких температур.

В соответствии с «Правилами устройства электроустановок»:

Взрывоопасная зона – помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси.

При определении взрывоопасных зон принимается, что взрывоопасная зона в помещении занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5 % свободного объема помещения. Взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5 % свободного объема помещения. Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

Пожароопасная зона – пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Классификация помещений по взрыво- и пожароопасности представлена в приложении В.

Для многих горючих и легковоспламеняющихся жидкостей концентрационные и температурные пределы известны и приводятся в справочниках. С относительной степенью точности нижний и верхний концентрационные взрываемости могут быть определены методом расчета по формулам:

$$НКПВ_{\Pi} = \frac{100}{4,76 \cdot (N - 1) + 1}, \% \quad (9.1)$$

$$ВКПВ_{\Pi} = \frac{4 \cdot 100}{4,76 \cdot N + 4}, \% \quad (9.2)$$

где N – число молекул кислорода, необходимое для полного сгорания одной молекулы вещества, где $N = 4$.

Пример расчета нижнего и верхнего концентрационных пределов взрываемости ацетона.

Ацетон – CH_3COCH_3 ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) – молекулярный вес 58,08. Температура кипения 56,2 °С (329,2 К). Температура самовоспламенения паров 465 °С (738 К). Нормальная скорость распространения пламени 1,2 м/с. Теплоемкость горючей смеси $C_p = 1,05 \cdot 10^3$ Дж/кг·К. Теплопроводность горючей смеси $\lambda = 20,7 \cdot 10^{-3} - 24,1 \cdot 10^{-3}$ Вт/м·К. Плотность горючей смеси $\rho = 0,7905$ г/см³. Область воспламенения: 2,2–13,0 %. Температурные пределы воспламенения: НТПВ – 20°С, ВТПВ +6 °С. Определяем число молекул кислорода, необходимое для полного сгорания одной молекулы вещества $\text{C}_3\text{H}_6\text{O} + 4\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$.

В лабораторной работе определение пределов взрываемости паровоздушных смесей выполняется по упрощенной методике. При этом расчетно определяют концентрационные пределы распространения пламени, а по ним – температурные, используя соотношение

$$C = \frac{P_n}{P_0} \cdot 100, \% \quad (9.3)$$

где C – объемная концентрация пара в воздухе, определяется экспериментальным путем, %; P_0 – атмосферное давление, определяемое по барометру и равное сумме парциальных давлений компонентов смеси, мм. рт. ст.; P_n – парциальное давление пара жидкости, мм. рт. ст.

Парциальное давление – давление пара или газа, которое он производил бы один, занимая такой же объем, какой занимает вся смесь.

Определив расчетно-концентрационные пределы, по формулам (9.1) и (9.2) вычисляют значения P_n , соответствующие этим пределам. Затем, прини-

мая значения P_n равным давлению насыщенного пара, можно определить температуру насыщенного пара, то есть температурный предел распространения пламени. Для многих жидкостей связь между давлением и температурой насыщенного пара известна и может быть выражена аналитически. Ввиду того, что такая зависимость обычно бывает довольно сложной, параметры насыщенного пара проще определить по номограмме и таблицам, приведенным в справочниках. На рисунке 9.1 приведена номограмма для определения параметров насыщенного пара горючих жидкостей. Для нахождения по номограмме температуры насыщенного пара (по давлению насыщенного пара) надо провести прямую через точку, обозначенную номером для соответствующей жидкости (табл. 9.1) и точку на шкале давлений. Точка пересечения прямой со шкалой температур соответствует температуре насыщенного пара данной жидкости при давлении P_n . Для жидкостей, точки которых расположены на номограмме слева от шкалы давлений, температура берется по левой шкале; для тех, что справа – по правой.

Таблица 9.1 – Перечень жидкостей к номограмме

Наименование жидкостей	Химическая формула	Плотность жидкости при 20 °С, г/см ³	Номер точки на номограмме
Диэтиловый эфир	$C_2H_5OC_2H_5$	0,7135	1
Этилформиат	$HCO_2C_2H_5$	0,92	2
Метилацетат	CH_3COCH_2	0,925	3
н-Гексан	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	0,6595	4
Бензол	C_6H_6	0,879	5
Толуол	$C_6H_5CH_3$	0,867	6
Ацетон	CH_3COCH_3	0,7905	7
Метиловый спирт	CH_3OH	0,7915	8
Этиловый спирт	C_2H_5OH	0,7895	9
н-Пропиловый спирт	C_3H_7OH	0,8035	10
н-Бутиловый спирт	C_4H_9OH	0,8086	11

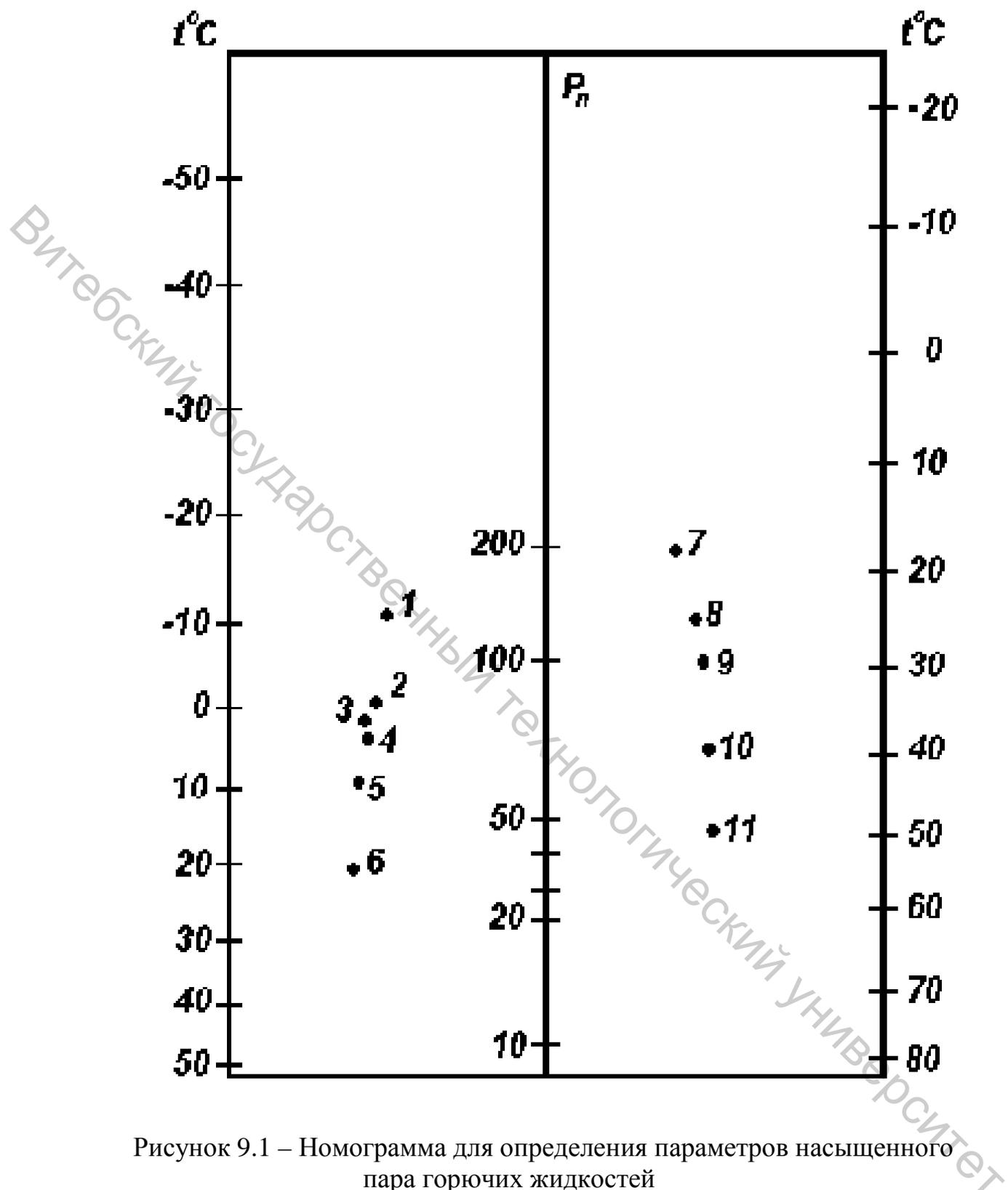


Рисунок 9.1 – Номограмма для определения параметров насыщенного пара горючих жидкостей

3 Порядок проведения работы

3.1. По заданию преподавателя выбрать 4–5 жидкостей (табл. 9.1) и составить уравнения реакций горения, определив необходимое число молекул кислорода для проведения реакции.

3.2. Определить по формуле (9.1) значение нижнего концентрационного предела воспламенения.

3.3. Определить по формуле (9.2) значение верхнего концентрационного предела воспламенения.

3.4. Определение нижнего температурного предела воспламенения. Нижний температурный предел воспламенения определяется по нижнему концентрационному пределу распространения пламени, определенному в п. 5.2. Для этого необходимо по формуле (9.3) определить давление насыщенного пара, соответствующее НКПВ_п; по номограмме (рис. 9.1) или справочным данным определить температуру, соответствующую давлению насыщенного пара. Определенная таким образом температура является нижним температурным пределом распространения пламени для испытуемой горючей жидкости.

3.5. Определение верхнего температурного предела воспламенения. Верхний температурный предел воспламенения определяется по верхнему концентрационному пределу распространения пламени, определенному в п. 5.3. Затем необходимо по формуле (9.3) определить давление насыщенного пара, соответствующее ВКПВ_п; по номограмме (рис. 9.1) или справочным данным определить температуру, соответствующую давлению насыщенного пара. Определенная таким образом температура является верхним температурным пределом распространения пламени для испытуемой горючей жидкости.

3.6. Данные расчётов внести в протокол проведения исследований (табл. 9.2).

3.7. Определить категорию помещения по взрыво- и пожароопасности (приложение Б).

3.8. Определить класс помещения по взрыво- и пожароопасности (приложение В).

Таблица 9.2 – Протокол проведения исследований

Наименование жидкости	Химический состав	Расчетное значение НКПВ _п , %	Расчетное значение ВКПВ _п , %	Значение НТПВ _п , °С	Значение ВТПВ _п , °С	Категория помещения по взрыво- и пожароопасности	Класс помещения по взрыво- и пожароопасности

4 Содержание отчёта

- 4.1. Название лабораторной работы.
- 4.2. Цель работы.
- 4.3. Уравнения реакций процесса горения.
- 4.4. Расчёты НКПВ_П, ВКПВ_П для каждой жидкости.
- 4.5. Протокол проведения расчётов (табл. 9.2).
- 4.6. Список литературы.
- 4.7. Категория помещения по взрыво- и пожароопасности (приложение Б).
- 4.8. Класс помещения по взрыво- и пожароопасности (приложение В).

5 Рекомендуемая литература

1. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.
2. ТКП 474-2013. Категорирование помещений, зданий и наружных установок. – Взамен НПБ 5-2005. – Введен 2013-01-29. – Минск : Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2013. – 57 с.
3. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь ППБ РБ 01-2014 : [утв. Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 01.07.2014 : с изм. и доп., утв. Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 28.08.2014]. – Минск : Энергопресс, 2014. – 200 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СОСУДОВ (АППАРАТОВ)

1 Цель работы

Ознакомиться с методами определения утечки газов из аппарата.

2 Общие сведения

Герметичность оборудования (аппаратов), коммуникаций, арматуры имеет очень важное значение для безопасной работы предприятий, цехов, отделений, отнесенных к пожаро- и взрывоопасным производствам.

Утечка токсичных газов и паров из технологических аппаратов может вызвать отравление обслуживающего персонала, если их концентрация в воздухе рабочей зоны производственного помещения превысит предельно допустимую концентрацию (ПДК).

Предельно допустимой концентрацией (ПДК) является концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Условия безопасности персонала, обслуживающего технологические аппараты с возможными выделениями токсичных газов и паров, обеспечивается, если

$$C \leq C_{\text{ПДК}}, \quad (10.1)$$

где C – концентрация токсичного или вредного вещества в воздухе рабочей зоны помещения, мг/м³; $C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация вещества, мг/м³.

Абсолютно исключить утечку среды из технологического оборудования практически невозможно из-за утечки веществ в помещение через неплотности разъемных соединений оборудования и условие безопасности при этом реализуется применением приточно-вытяжной вентиляции.

Сосуд, работающий под давлением, представляет собой герметически закрытую емкость, предназначенную для ведения химических или тепловых процессов, а также для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов и жидкостей под давлением. Границей сосуда являются входные и выходные штуцера.

Также сосуды, работающие под давлением, делятся на:

– **стационарные** – относятся постоянно установленные сосуды, предназначенные для эксплуатации в одном определенном месте (автоклавы, резервуары, колонны, реакторы, аппараты и т. п.);

– **передвижные** – это сосуды, предназначенные для временного использования в различных местах или во время их перемещения (баллоны, цистерны, бочки).

На основании Закона Республики Беларусь «О промышленной безопасности», безопасность устройства, изготовления и эксплуатации сосудов, работающих под давлением, определяется Правилами по обеспечению промышленной безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением.

Таблица 10.1 – Сфера действия правил по обеспечению промышленной безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением

Правила распространяются	Правила не распространяются
<p>на оборудование под давлением более 0,07 МПа пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии), воды при температуре более 115 °С, иных жидкостей при температуре, превышающей температуру их кипения при избыточном давлении 0,07 МПа, применяемое на ОПО, ПОО;</p> <ul style="list-style-type: none"> – паровые котлы, в том числе котлы-бойлеры, а также автономные пароперегреватели и экономайзеры; – водогрейные и пароводогрейные котлы; – энерготехнологические котлы: паровые и водогрейные, в том числе содорегенерационные котлы; – котлы-утилизаторы (паровые и водогрейные); – котлы передвижных и транспортабельных установок; – котлы паровые и жидкостные, работающие с высокотемпературными органическими и неорганическими теплоносителями (далее – термоасляные котлы); – котлы с электрическим обогревом, электродные котлы (далее – электрокотлы); – трубопроводы пара и горячей воды (далее – трубопроводы); – трубопроводы в пределах котла; – паровые котлы, переведенные в водогрейный режим; – трубопроводы для транспортирования теплоносителя термоасляных котлов (далее – термоасляные трубопроводы) в пределах ОПО, ПОО; 	<ul style="list-style-type: none"> – котлы, включая электрокотлы, а также автономные пароперегреватели и экономайзеры, трубопроводы пара и горячей воды, устанавливаемые на морских и речных судах и других плавучих средствах (кроме драг) и объектах подводного применения; – отопительные котлы железнодорожного подвижного состава и специального подвижного состава; – котлы с объемом парового и водяного (жидкостного) пространства 0,002 м³ и менее, у которых произведение значения рабочего давления в МПа на объем в м³ не превышает 0,005; – электрокотлы вместимостью не более 0,025 м³; – трубчатые печи и пароперегреватели трубчатых печей организаций нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности; – сосуды вместимостью не более 0,025 м³ независимо от давления, используемые для научно-экспериментальных целей. При определении вместимости из общей емкости сосуда исключается объем, занимаемый футеровкой, трубами и другими внутренними устройствами. Группа сосудов, а также сосуды, состоящие из отдельных корпусов и соединенные между собой трубами с внутренним диаметром более 100 мм, рассматриваются как один сосуд; – сосуды и баллоны вместимостью не более 0,025 м³, у которых произведение значений давления в МПа на вместимость в м³ не превышает 0,02; – сосуды, работающие под давлением, создающимся при взрыве внутри них в соответствии с

<ul style="list-style-type: none"> – сосуды, работающие под избыточным давлением (далее – сосуды) пара, газов, жидкостей; – баллоны, предназначенные для сжатых, сжиженных и растворенных под давлением газов; – цистерны и бочки для сжатых и сжиженных газов; – цистерны и сосуды для сжатых, сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, в которых избыточное давление создается периодически для их опорожнения; барокамеры 	<p>технологическим процессом или горении в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза;</p> <ul style="list-style-type: none"> – сосуды, работающие под вакуумом; – сосуды, устанавливаемые на морских, речных судах и других плавучих средствах; – сосуды, устанавливаемые на самолетах и других летательных аппаратах; – оборудование под давлением, используемое в тормозных системах и механизмах, обеспечивающих функционирование всего оборудования, установленного на железнодорожном подвижном составе, специальном подвижном составе, автомобилях, других средствах передвижения; – сосуды и трубопроводы атомных энергетических установок, сосуды, а также теплоэнергетическое оборудование, работающие с радиоактивной средой, включая трубопроводы атомных электростанций; – приборы парового и водяного отопления; – сосуды, состоящие из труб с внутренним диаметром не более 150 мм без коллекторов, а также с коллекторами, выполненными из труб с внутренним диаметром не более 150 мм; – части машин, не представляющие собой самостоятельных сосудов (корпуса насосов или турбин, цилиндры двигателей паровых, гидравлических, воздушных машин и компрессоров), в том числе неотключаемые, конструктивно встроенные (установленные на одном фундаменте с компрессором) промежуточные холодильники, и маслоотделители компрессорных установок, воздушные колпаки насосов; – технологические трубопроводы; – трубопроводы, устанавливаемые на подвижном составе железнодорожного, автомобильного и гусеничного транспорта; – трубопроводы I категории с номинальным диаметром менее 50 мм, II, III, IV категорий с номинальным диаметром менее 70 мм согласно приложению 1 к настоящим Правилам; – сливные, продувочные и выхлопные трубопроводы котлов, трубопроводов, сосудов, редукционно-охладительных и других устройств, соединенные с атмосферой, трубопроводы, расположенные в пределах турбины, насоса, паровых, воздушных и гидравлических машин; – магистральные трубопроводы, внутрипромысловые и местные распределительные трубопроводы, предназначенные для транспортиро-
--	---

	вания газа, нефти и других продуктов; – трубопроводы сетей газораспределения и сетей газопотребления; – медицинские барокамеры; – оборудование, изготовленное (произведенное) из неметаллической гибкой (эластичной) оболочки
--	--

На каждом сосуде должна быть прикреплена табличка со следующими данными: товарный знак или наименование изготовителя; наименование или обозначение сосуда; порядковый номер сосуда по системе нумерации предприятия-изготовителя; год изготовления; рабочее давление, МПа; расчетное давление, МПа; пробное давление, МПа; допустимая максимальная и (или) минимальная рабочая температура стенки, °С; масса сосуда, кг.

Все сосуды после их изготовления проходят гидравлическое и (или) пневматическое испытания.

На практике аппараты на *герметичность проверяют следующими методами:*

1. По потере давления за определенный промежуток времени при испытании рабочим давлением.

2. Погружением сосуда, находящегося под давлением инертного газа, в воду и место неплотности определяется по следу всплывающих пузырьков. Так, баллоны для ацетиленовые, наполненные пористой массой, при техническом освидетельствовании испытывают азотом под давлением 0,35 МПа, при этом баллоны погружают в воду на глубину не менее 1 м.

3. При помощи галоидного течеискателя или обмыливанием всех разъемных соединений сосуда, находящегося под давлением газа, водным раствором мыла. Место течи обнаруживается по пузырькам.

4. При помощи электронных приборов.

Достоинством первого метода является то, что с достаточной точностью определяется величина утечки, производится расчет материального баланса и рассчитывается производительность вентиляции. Недостаток этого метода состоит в том, что место течи не устанавливается. Поэтому на практике, как правило, сочетают первый и третий методы.

3 Применяемые приборы и оборудование

Установка, представленная на рисунке 10.1, состоит из экспериментального аппарата 1, представляющего собой цельносварной сосуд емкостью 0,005 м³ с верхней съемной крышкой, соединенной с корпусом аппарата через уплотняющую прокладку 2 плоским фланцем 3 болтами 4, а также динамометрического ключа 5, образцового манометра 6, клапана 7, вентиля 8, компрессора 11, ресивера 9 и системы трубопроводов.

Образцовый манометр 6 имеет 100%-ную шкалу с ценой деления 0,004

МПа и предназначен для регистрации давления в аппарате 1.

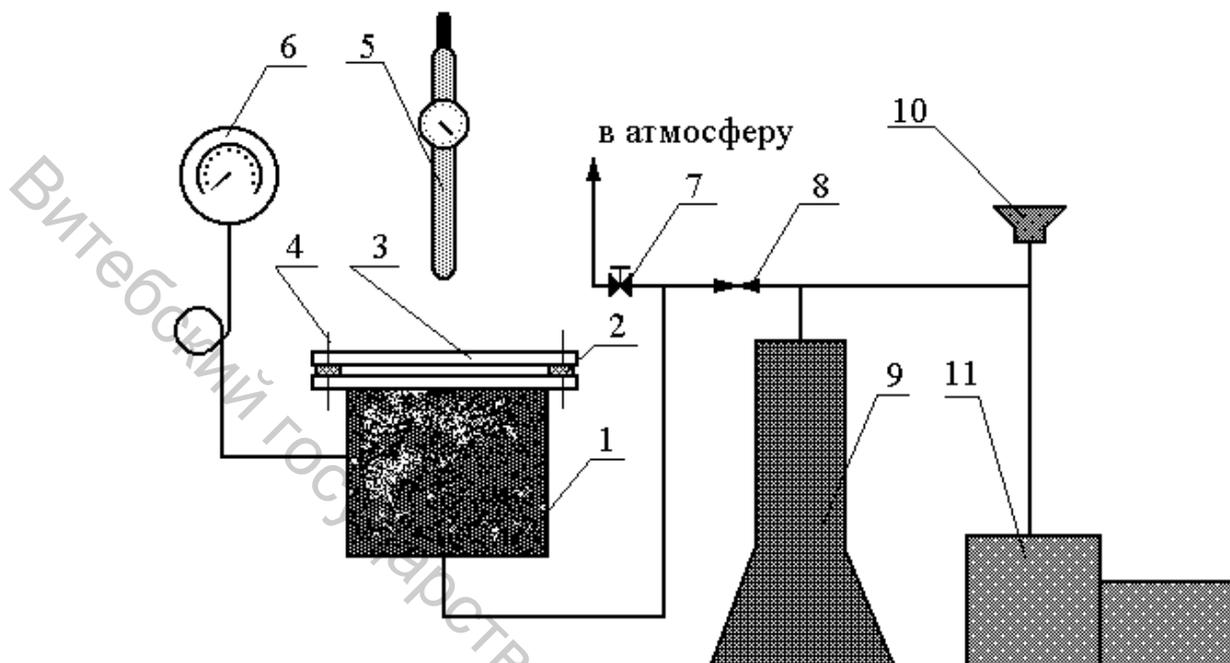


Рисунок 10.1 – Схема экспериментальной установки для исследования герметичности фланцевых соединений: 1 – экспериментальный аппарат; 2 – прокладка из исследуемого материала; 3 – плоский фланец; 4 – болт; 5 – динамометрический ключ; 6 – образцовый манометр; 7 – клапан; 8 – вентиль; 9 – ресивер; 10 – регулятор давления; 11 – компрессор

Давление в аппарате создается компрессором 11. Заданный интервал давления поддерживается регулятором давления 10.

Динамометрический ключ 5 позволяет определить усилие затяжки болтов 4, необходимое для обеспечения герметичности аппарата.

4 Требования охраны труда при выполнении работы

4.1. Не допускается включение выпрямителя в электрическую сеть без заземления и при обнаружении нарушения изоляции электрических проводов.

4.2. Не допускается включение установки и проведение опытов при снятом ограждении установки.

4.3. Не допускать затяжку болтов, если давление в аппарате выше атмосферного (0,1 МПа).

4.4. Не допускается оставлять включенную установку без присмотра.

4.5. Не допускается нахождение на рабочем месте посторонних лиц.

4.6. При замеченных недостатках в работе установки прекратить исследования, обесточить установку и поставить в известность преподавателя.

4.7. После выполнения лабораторной работы необходимо обесточить установку и навести порядок на рабочем месте.

5 Порядок проведения эксперимента

На привалочную поверхность фланца устанавливают прокладку 2 из исследуемого материала (резина, паронит и др.). Затем сверху накладывают съемный фланец 3 и ввинчивают болты 4. Для равномерности затяжки болтов фланцевого соединения гайки закручивают динамометрическим ключом 5 сначала «крест-накрест», а затем «вкруговую» каждую поочередно и записывают в протокол проведения эксперимента показания динамометрического ключа.

В аппарате 1 создают давление 0,1 МПа, закрывают вентиль 8, одновременно включают секундомер и наблюдают падение давления в аппарате в течение 5 минут. Конечное давление фиксируют в протоколе проведения эксперимента. Затем полностью сбрасывают давление в аппарате 1 открытием клапана 7, увеличивают затяжку болтов 4 в соответствии с расчетным усилием затяжки и опыт повторяют. С одной прокладкой необходимо провести 5 опытов.

Рассчитывают усилие затяжки болтов N и в протокол проведения эксперимента заносят результаты расчета коэффициента негерметичности m , а затем строят зависимость $m = f(N)$ по формуле

$$m = \frac{P_H - P_K}{\tau \cdot P_H} = \lambda(N), \quad (10.2)$$

где N – нагрузка на болты, Н.

Момент на ключе M_{KL} определяется экспериментально.

По моменту на ключе M_{KL} определяют усилие затяжки болтов фланцевого соединения

$$N = \frac{M_{KL}}{K \cdot d_o + \frac{\varphi \cdot (D^3 - d_c^3)}{3 \cdot (D^2 - d_c^2)}}, \quad (10.3)$$

где M_{KL} – момент на ключе, Н·м; K – коэффициент, зависящий от конструкции резьбового соединения (принять $K = 0,18$); φ – коэффициент трения на опорной поверхности гайки ($\varphi = 0,3$); D – наружный диаметр опорной поверхности гайки, $D = 0,03$ м; d_c – внутренний диаметр опорной поверхности гайки, $d_c = 0,017$ м.

Основные выкладки расчета занести в протокол проведения эксперимента (табл. 10.2).

Таблица 10.2 – Протокол проведения эксперимента

№ опыта	Наименование материала прокладки	Усилия затяжки болтов $N, Н$	$P_H,$ МПа	$P_K,$ Мпа	$\tau,$ ч	t	Оценка уплотнения
1 2 3 4 5	Резина						
1 2 3 4 5	Паронит						

6 Содержание отчёта по работе

- 6.1. Наименование лабораторной работы.
- 6.2. Цель работы.
- 6.3. Схема экспериментальной установки (рис. 10.1).
- 6.4. Протокол проведения эксперимента (табл. 10.1).
- 6.5. Расчет усилий затяжки болтов.
- 6.6. График зависимости $t = f(N)$.
- 6.7. Выводы.
- 6.8. Список литературы.

7 Рекомендуемая литература

1. Республика Беларусь. Законы. О промышленной безопасности :принят палатой представителей 10декабря 2015 г. : одобрен Советом Республики 18декабря 2015 г. : зарегистрирован в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 14января 2016 г. № 2/2352.

2. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2008 № 240.

3. Правила по обеспечению промышленной безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением : [утв. Постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 28.01.2016 № 7] : зарегистрированы в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 4февраля 2016 г. N 8/30621.

4. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11

ИССЛЕДОВАНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ШУМА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

1 Цель работы

Ознакомиться с общими понятиями о звуке и его воздействии на организм человека, нормированием шума и приборами для его измерения; научиться определять фактические уровни шума, а также производить оценку эффективности звукопоглощающих экранов.

2 Общие сведения

Шумом называется совокупность звуков различной интенсивности и частоты, вызывающая неприятные субъективные ощущения у человека и приводящая к снижению работоспособности и ухудшению состояния здоровья человека.

Различают ударный, механический и аэро-, газо- и гидродинамический шум. *Ударным шумом* сопровождаются ударные технологические операции: ковка, штамповка, клепка. *Механический шум* происходит при трении и биении узлов и деталей машин и механизмов. Аэро-, газо-, гидродинамический шум возникает в аппаратах и трубопроводах при больших скоростях движения воздуха, газа или жидкости, а также при резких изменениях направления их движения и давления.

Физическими характеристиками шума являются частота, мощность и сила звуковых колебаний (звука).

Звук представляет собой колебательное движение упругой среды, воспринимаемое нашим органом слуха. Движение звуковой волны в воздухе сопровождается периодическим повышением и понижением давления. Периодическое повышение давления в воздухе по сравнению с атмосферным давлением в невозмущенной среде называется **звуковым давлением**. Чем больше давление, тем сильнее раздражение органа слуха и ощущение громкости звука. В акустике звуковое давление измеряется в Н/м^2 или Па. Звуковая волна характеризуется частотой f , Гц, силой звука I , Вт/м^2 , звуковой мощностью W , Вт. Скорость распространения звуковых волн в атмосфере при 20°C и нормальном атмосферном давлении равна 344 м/с . Скорость звука не зависит от частоты звуковых колебаний и при неизменных параметрах среды является постоянной величиной. При повышении температуры воздуха скорость звука возрастает примерно на $0,71\text{ м/с}$ на 1°C .

Органы слуха человека воспринимают звуковые колебания в интервале частоты от 16 до 20000 Гц. Колебания с частотой до 16 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не воспринимаются органами слуха.

Минимальная сила звука, воспринимаемая ухом, называется **порогом**

слышимости ($I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$), а соответствующее ему звуковое давление $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$. Порог болевого ощущения наступает при силе звука $I_0 = 10^2 \text{ Вт/м}^2$, а соответствующее ему звуковое давление – $2 \cdot 10^2 \text{ Па}$.

Поэтому для удобства вычислений принято оценивать звуковое давление не в абсолютных, а в относительных единицах – **белах** (Б). Так как орган слуха человека способен различать изменение уровня интенсивности звука на 0,1 Б, то для практического использования удобнее единица в 10 раз меньше – децибел (дБ).

Уровень интенсивности звука L , дБ, определяется по формуле

$$L = 10 \cdot \lg(I / I_0), \quad (11.1)$$

где I – интенсивность звука, Вт/м^2 ; I_0 – интенсивность звука, принимаемая за порог слышимости, равная 10^{-12} Вт/м^2 .

Так как интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, то эту формулу можно записать в виде

$$L = 10 \cdot \lg(P^2 / P_0^2) = 20 \cdot \lg(P / P_0). \quad (11.2)$$

Поэтому уровень интенсивности звука L также называют **уровнем звукового давления**.

Пользоваться шкалой децибел очень удобно, так как весь огромный диапазон слышимых звуков укладывается менее чем в 140 дБ. При действии шума более 140 дБ возможен разрыв барабанной перепонки.

Параметры шума оценивают в октавных полосах. **Октава** – это диапазон частот, в котором высшая частота f_2 в два раза больше низшей f_1 . В качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берут среднегеометрическую частоту

$$f_{\text{ср.г}} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}. \quad (11.3)$$

Среднегеометрические частоты октавных полос стандартизированы и для измерения шума составляют 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Нормируемыми параметрами шума на рабочих местах являются: **уровни звукового давления, дБ**, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц; **эквивалентный уровень звука, дБА**, измеряемый по шкале А шумомера, при котором чувствительность всего шумоизмерительного тракта соответствует средней чувствительности органа слуха человека на различных частотах спектра. Допустимые уровни приведены в приложении Г.

Для санитарно-гигиенической оценки оборудования цеха достаточно знать уровень звука (дБА). Чтобы принимать инженерные решения по уменьшению шума, подбирать материалы для звукопоглощения, а также средства ин-

дивидуальной защиты, необходимо знать спектр шума, то есть уровни звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос, дБ.

3 Применяемые приборы и оборудование

Общий вид установки представлен на рисунке 11.1. Камера 1 с откидной крышкой имитирует производственное помещение, в котором имеется источник шума 3. Для измерения параметров шума в камере установлен микрофон 5, соединенный кабелем с шумомером 6. Звукоизолирующий кожух 2 и звукоизолирующие перегородки 4 могут быть выполнены из различных материалов и в каждом конкретном случае выбираются по заданию преподавателя.

Шумомер ВШВ-003-М2 используется для измерения: эквивалентного уровня звука, дБА; уровня звукового давления, дБ; виброскорости, дБ.

При измерении первых двух параметров используется микрофон типа М-101, виброскорости – датчик ДН-3-М1.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В или от батарей.

Шумомер ВШВ-003-М2 построен по принципу преобразования звуковых (и механических) колебаний исследуемых объектов в пропорциональные им электрические сигналы, которые затем усиливаются и измеряются. В качестве преобразователя звуковых колебаний в электрические сигналы используется капсуль микрофонный конденсаторный М-101.

4 Требования охраны труда при выполнении работы

К выполнению лабораторной работы допускаются лица, прошедшие инструктаж по охране труда.

Перед началом работы визуально убедиться в исправном состоянии используемых приборов.

При работе с приборами запрещается:

4.1. Оставлять приборы без присмотра.

4.2. Самостоятельно устранять неисправность приборов.

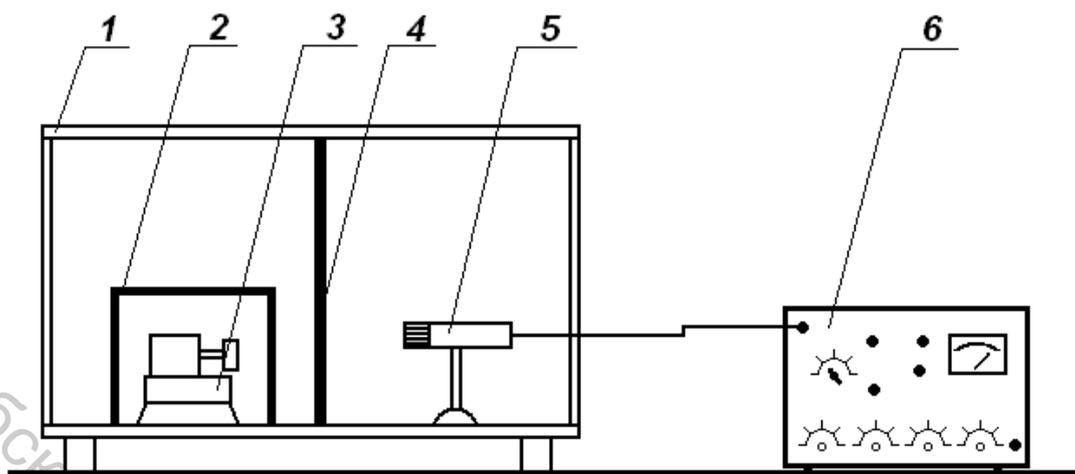


Рисунок 11.1 – Схема установки для исследования параметров производственного шума: 1 – камера; 2 – звукоизолирующий кожух; 3 – источник шума; 4 – звукоизолирующая перегородка; 5 – микрофон; 6 – шумомер

5 Порядок проведения эксперимента

Перед началом работы подготовить протокол проведения эксперимента (табл. 11.1) для занесения результатов измерения.

5.1. Измерение эквивалентного уровня звука (дБА).

Разъем соединительного шнура от микрофона, расположенного в камере, вставить в гнездо на панели шумомера «Вход», совмещая направляющий выступ разъема с пазом гнезда, и зафиксировать навинчиванием внешней обоймы разъема. Вставить вилку прибора в розетку электросети, расположенную сбоку стола. Переключатели прибора установить в положения:

- род работы – F;
- ДЛТ 1, дБ, – 80;
- ДЛТ 2, дБ, – 50;
- ФЛТ, Hz, – ЛИН;
- все кнопки отжаты.

При этом светится индикатор 130 дБ, что свидетельствует об исправности прибора.

Для измерения уровня звука переключатель ФЛТ, Hz, поставить в положение А.

Включить источник шума. Произвести измерение шума без экрана и с экраном (вставить в камеру между источником шума и микрофоном экран).

Если при измерении стрелка измерителя находится в начале шкалы, то следует ввести ее в спектр 0–10 шкалы децибел сначала переключателем ДЛТ 1, дБ (если периодически загорается индикатор ПРГ – перегрузка, то следует

переключить переключатель ДЛТ 1, дБ, на более высокий уровень (вправо), пока не погаснет индикатор ПРГ), затем ДЛТ 2, дБ.

При измерениях низкочастотных составляющих могут возникнуть колебания стрелки измерителя, тогда следует перевести переключатель «Род работы» из положения F в положение S.

Для определения результата измерения следует сложить показание, соответствующее светящемуся индикатору (верхняя строчка), и показание по шкале децибел.

Полученные результаты записать в графу «Уровень звука, дБА» (табл. 11.1).

5.2. Измерение уровня звукового давления, дБ.

Переключатели прибора поставить в положения:

род работы – F;

ДЛТ 1, дБ, – 80;

ДЛТ 2, дБ, – 50;

ФЛТ, Hz, – ОКТ.

Измерение уровня звукового давления на частоте 63 Гц производится при нажатой кнопке Hz, а на частотах 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц – при отжатой кнопке. Переключатель ФЛТ устанавливается при этом на измеряемую частоту. Записать показания прибора в таблицу 11.1.

Для наглядности строятся графики нормативного и фактического уровней звукового давления шума. Точки фактических уровней звукового давления шума установки без экрана и с экраном соединить прямыми линиями. Нормативные значения сглаживают.

Таблица 11.1 – Протокол проведения эксперимента

Показатели	Уровень звукового давления, дБ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								Эквивалентный уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Нормативные значения									
Фактический уровень шума	без экрана								
	с экраном								
Превышение	без экрана								
	с экраном								

По полученным данным делается вывод об эффективности экрана, при-

меняемого для снижения шума.

6 Содержание отчёта по работе

- 6.1. Название лабораторной работы.
- 6.2. Цель работы.
- 6.3. Принципиальная схема лабораторной установки (рис. 11.1).
- 6.4. Протокол проведения эксперимента (табл. 11.1).
- 6.5. Графики нормативного и фактического уровней звукового давления шума L ($L_n = f(f)$ и $L_{\phi} = f(f)$).
- 6.6. Вывод.
- 6.7. Список литературы.

7 Рекомендуемая литература

1. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.
2. Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки : [утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.11. 2011 № 115].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 12

УЧЕТ И РАССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

1 Цель работы

Ознакомиться с «Правилами расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»; приобрести навыки расследования несчастных случаев на производстве и оформления документов расследования.

2 Общие сведения

В соответствии со статьёй 32 Закона «Об Охране труда» порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний устанавливается Правительством Республики Беларусь.

Расследованию и учету в соответствии с настоящими Правилами подлежат все впервые выявленные случаи профессиональных заболеваний, которые включены в перечень (список) профессиональных заболеваний, определяемый Министерством здравоохранения и Министерством труда и социальной защиты.

Порядок проведения технического расследования причин аварий, инцидентов на опасных производственных объектах устанавливается органом, уполномоченным Президентом Республики Беларусь.

Учет и расследование несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний регламентируется специальными Правилами, утвержденными Советом Министров Республики Беларусь. Правила устанавливают единый порядок расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и распространяются на страхователей, страховщиков, а также на граждан Республики Беларусь, иностранных граждан и лиц без гражданства:

– выполняющих (выполнявших) работу на основании трудового договора (контракта);

– являющихся лицами, назначенными на высшие государственные должности, депутатами Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь, членами Совета Республики Национального собрания Республики Беларусь, осуществляющими свои полномочия на профессиональной основе, председателями местных Советов депутатов, а также судьями;

– выполняющих (выполнявших) оплачиваемую работу на основе членства (участия) в организациях любых организационно-правовых форм; глав и членов крестьянских (фермерских) хозяйств, а также руководителей организаций – единственных собственников имущества;

– военнослужащих Вооруженных Сил, других воинских формирований,

лиц рядового и начальствующего состава Следственного комитета, органов внутренних дел, органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям, органов финансовых расследований, Государственного комитета судебных экспертиз при выполнении в организациях работ, не связанных с несением военной службы, исполнением служебных обязанностей;

- содержащихся в организациях уголовно-исполнительной системы (далее – ОУИС), лечебно-трудовых профилакториях (далее – ЛТП) и привлекаемых к выполнению оплачиваемых работ;

- которые проходят обучение, трудовую реабилитацию и (или) практику на производстве, а также лиц, привлекаемых к труду в процессе лечения (трудотерапии) в организациях здравоохранения;

- привлекаемых в установленном порядке к ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, к оплачиваемым общественным работам;

- работающих на основании гражданско-правовых договоров, предметом которых являются выполнение работ, оказание услуг или создание объектов интеллектуальной собственности, в местах, предоставленных страхователем;

- являющихся в соответствии со статьей 30 Кодекса Республики Беларусь об образовании обучающимися (за исключением курсантов и слушателей) и привлекаемых к работам в организациях в период прохождения практики, производственного обучения, стажировки, а также являющихся клиническими ординаторами (далее – обучающиеся).

Под расследование подпадают несчастные случаи, в результате которых работники получили травмы, в том числе отравления, тепловые удары, ожоги, обморожения, утопления, поражения электрическим током, молнией, излучением, телесные повреждения, причиненные другими лицами, а также полученные в результате воздействия животных и насекомых, взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных ситуаций и иные повреждения здоровья, повлекшие за собой необходимость перевода потерпевшего на другую работу, временную (не менее одного дня) утрату им трудоспособности либо трудовое увечье, либо его смерть.

При инициации расследования несчастного случая необходимо также учитывать время и место происшествия.

Время происшествия: в течение рабочего времени, во время дополнительных специальных перерывов и перерывов для отдыха и питания, в периоды времени до начала и после окончания работ, необходимые для следования по территории организации, страхователя к рабочему месту и обратно, для приведения в порядок оборудования, инструментов, приспособлений и средств индивидуальной защиты, выполнения других предусмотренных правилами внутреннего трудового распорядка действий перед началом и после окончания работы, при выполнении работ в сверхурочное время, в выходные дни, государственные праздники и праздничные дни, установленные и объявленные Президентом Республики Беларусь нерабочими.

Места происшествия:

- на территории организации, страхователя или в ином месте работы, в том числе в служебной командировке при выполнении служебного задания, а также в любом другом месте, где потерпевший находился в связи с работой либо совершал действия в интересах организации, страхователя;
- во время следования к месту работы или с работы на транспорте, предоставленном организацией, страхователем;
- на личном транспорте, используемом в рабочее время в соответствии с заключенным в установленном порядке договором (соглашением) между работником и организацией, страхователем об использовании личного транспорта, работающего в интересах организации, страхователя или по соглашению сторон трудового договора;
- на транспорте общего пользования или ином транспорте, а также во время следования пешком при передвижении между объектами обслуживания либо выполнении поручения организации, страхователя;
- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха (водитель, проводник, другой работник);
- при работе вахтовым (экспедиционным) методом во время междусменного отдыха, а также при нахождении на судне в свободное от вахты и судовых работ время;
- при выполнении работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и их последствий;
- при участии в оплачиваемых общественных работах безработных граждан, зарегистрированных в комитете по труду, занятости и социальной защите Минского городского исполнительного комитета, управлениях (отделах) по труду, занятости и социальной защите городских, районных исполнительных комитетов;
- при следовании к месту служебной командировки и обратно:
 - на транспорте общего пользования (кроме транспорта общего пользования, осуществляющего городские перевозки);
 - на транспорте, предоставленном организацией, страхователем;
 - на личном транспортном средстве в случае использования его в производственных целях в соответствии с заключенным в установленном порядке договором (соглашением) между работником и организацией, страхователем;
 - на ином транспорте (при следовании от населенного пункта – местонахождения постоянного места работы к населенному пункту – месту служебной командировки и обратно);
 - при следовании на транспорте общего пользования, осуществляющем городские перевозки, и (или) пешком при перемещении в пределах населенного пункта от места высадки из транспортных средств, перечисленных в абзацах втором – пятом настоящего подпункта, до места служебной командировки и от места служебной командировки до места посадки в транспортные

средства, перечисленные в абзацах втором – пятом настоящего подпункта.

При несчастном случае на производстве все сотрудники, начиная от низшего звена работников до нанимателя, должны четко знать свои действия. Свидетели происшествия принимают меры по предотвращению воздействия травмирующих факторов на потерпевшего, оказанию ему первой помощи, вызову медицинских работников или доставке потерпевшего в организацию здравоохранения. О каждом несчастном случае на производстве потерпевший (при возможности), другие работники немедленно сообщают должностному лицу организации, страхователю.

Должностное лицо организации, страхователя при необходимости немедленно организует оказание первой помощи потерпевшему и принимает меры по предотвращению развития аварийной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц. Обеспечивает до начала расследования несчастного случая сохранение обстановки на месте его происшествия, а если это невозможно – фиксирование обстановки путем составления схемы, фотографирования или иным методом. После выполнения вышеперечисленных мероприятий должностное лицо немедленно сообщает страхователю о происшедшем несчастном случае.

Организация, страхователь при получении сообщения о несчастном случае должна провести следующие действия:

- принимает меры по устранению причин несчастного случая;
- в течение одного рабочего дня сообщает о несчастном случае страхователю потерпевшего (при несчастном случае, произошедшем с работающим у другого страхователя), родственникам потерпевшего, профсоюзу (иному представительному органу работников);
- направляет в организацию здравоохранения запрос о тяжести производственной травмы потерпевшего;
- сообщает о несчастном случае страховщику в течение одного рабочего дня после получения заключения о тяжести производственной травмы потерпевшего с направлением копии заключения о тяжести производственной травмы, а о групповом несчастном случае и несчастном случае со смертельным исходом – в течение одного рабочего дня после получения сообщения о несчастном случае;
- обеспечивает расследование несчастного случая на производстве в соответствии с Правилами.

Наниматель обязан создать лицам, занятым расследованием несчастного случая на производстве, профессионального заболевания, необходимые условия для работы (предоставить помещение, средства связи, транспорт и т. п.), а также организовать оформление и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, разработку и реализацию мероприятий по их профилактике.

Расследование и учет несчастного случая на производстве

Расследование несчастного случая на производстве (кроме группового, со

смертельным или тяжелым исходом) проводится уполномоченным должностным лицом нанимателя с участием уполномоченного представителя профсоюза, специалиста по охране труда. При необходимости для участия в расследовании могут привлекаться соответствующие специалисты иных организаций.

Участие в расследовании несчастного случая на производстве руководителя, на которого непосредственно возложены организация работы по охране труда и обеспечение безопасности труда потерпевшего, не допускается.

Расследование несчастного случая на производстве должно быть проведено в срок не более трех дней. В указанный срок не включается время, необходимое для проведения экспертиз, получения заключений правоохранительных органов, организаций здравоохранения и других органов и организаций.

При расследовании несчастного случая на производстве:

- проводится обследование состояния условий и охраны труда на месте происшествия несчастного случая;

- при необходимости организуется фотографирование места происшествия несчастного случая, поврежденного объекта, составление схем, эскизов, проведение технических расчетов, лабораторных исследований, испытаний, экспертиз и других мероприятий;

- берутся объяснения, опрашиваются потерпевшие (при возможности), свидетели, должностные и иные лица;

- изучаются необходимые документы;

- устанавливаются обстоятельства, причины несчастного случая, лица, допустившие нарушения актов законодательства о труде и об охране труда, разрабатываются мероприятия по устранению причин несчастного случая и предупреждению подобных происшествий.

После завершения расследования уполномоченное должностное лицо нанимателя с участием лиц, участвовавших в расследовании, оформляет акт о несчастном случае на производстве формы Н-1 в четырех экземплярах.

Если на основании документов правоохранительных органов, организаций здравоохранения, судебно-медицинской экспертизы и других результатов расследования установлено, что несчастный случай произошел вследствие противоправных деяний потерпевшего (хищение, угон транспортных средств и иные противоправные деяния), умышленного причинения вреда своему здоровью (самоубийство, попытка самоубийства, членовредительство) либо обусловлен исключительно состоянием здоровья потерпевшего, то такой несчастный случай оформляется актом о непроизводственном несчастном случае формы НП в четырех экземплярах.

Решение об оформлении актом формы НП несчастных случаев, обусловленных исключительно состоянием здоровья потерпевшего, принимается, если в результате расследования не будут выявлены организационные, технические, санитарно-гигиенические, психофизиологические и иные причины, а также факторы производственной среды и производственного процесса, оказавшие влияние на состояние здоровья потерпевшего.

Если грубая неосторожность потерпевшего содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, то при расследовании несчастного случая на производстве или профессионального заболевания определяется и указывается в акте о несчастном случае на производстве или в акте о профессиональном заболевании степень вины потерпевшего в процентах.

Наниматель в течение двух дней по окончании расследования рассматривает материалы расследования, утверждает акт формы Н-1 или акт формы НП и регистрирует его соответственно в журнале регистрации несчастных случаев на производстве или журнале регистрации производственных несчастных случаев.

После утверждения, акты Н-1 или НП направляются по одному экземпляру потерпевшему или лицу, представляющему его интересы, государственному инспектору труда, специалисту по охране труда и страховщику.

Акт формы Н-1 или акт формы НП с документами расследования хранится в течение 45 лет у нанимателя, у которого взят на учет несчастный случай.

Несчастный случай, о котором нанимателю, страхователю не поступило сообщение в течение рабочего дня (смены) или вследствие которого потеря трудоспособности наступила не сразу, расследуется в течение 30 дней, со дня, когда нанимателю стало известно о несчастном случае (поступление заявления от работника или его родственников о несчастном случае, листка нетрудоспособности с записью о производственной травме, иной информации).

Травма, полученная работником и не вызвавшая у него потери трудоспособности или необходимости перевода в соответствии с медицинским заключением на другую (более легкую) работу, учитывается нанимателем в журнале регистрации микротравм.

Специальному расследованию подлежат: групповые несчастные случаи, происшедшие одновременно с двумя и более лицами независимо от тяжести полученных травм; несчастные случаи со смертельным исходом; несчастные случаи с тяжелым исходом.

Специальное расследование несчастного случая

Специальное расследование несчастного случая проводит государственный инспектор труда с участием уполномоченных представителей организации, нанимателя, страхователя, профсоюза, вышестоящей организации. Неучастие или несвоевременное участие в специальном расследовании несчастного случая указанных уполномоченных представителей и других лиц не является основанием для изменения сроков его проведения.

Специальное расследование несчастного случая проводится в течение 15 дней со дня получения сообщения о несчастном случае на производстве. В указанный срок не включается время, необходимое для проведения экспертиз и получения заключений (постановлений, решений) правоохранительных органов, организаций здравоохранения и других. Указанный срок может быть продлен главным государственным инспектором труда области или города Минска до 30 дней. Государственный инспектор труда, представитель органа государ-

ственного специализированного надзора и контроля имеют право в ходе специального расследования опрашивать без свидетелей потерпевшего, должностных лиц и других работников, обращаться за сведениями к иным лицам, получать документы, необходимые для установления обстоятельств и причин несчастного случая, принимать решения о проведении экспертиз, расчетов и других действий.

Уполномоченные представители участвуют в осмотре места происшествия несчастного случая на производстве, опросе, при возможности, потерпевшего (потерпевших), свидетелей, должностных и иных лиц, изучают необходимые документы, могут заявлять ходатайства, излагать свое мнение об обстоятельствах, о причинах несчастного случая, лицах, допустивших нарушения актов законодательства о труде и об охране труда, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных правовых актов, содержащих требования охраны труда, о мерах по предупреждению аналогичных несчастных случаев, вносить другие предложения.

По результатам специального расследования государственным инспектором труда составляется и подписывается заключение о несчастном случае. В соответствии с заключением наниматель в течение одного дня составляет акты формы Н-1 или формы НП на каждого потерпевшего и утверждает их, организует тиражирование документов специального расследования в необходимом количестве экземпляров.

Расследование и учет профессиональных заболеваний

О каждом выявленном или предполагаемом случае острого профессионального заболевания организация здравоохранения в течение 12 часов направляет по установленной форме извещение нанимателю, страхователю по месту работы заболевшего, в территориальный центр гигиены и эпидемиологии, которому подконтролен наниматель, страхователь. В случаях острых профессиональных заболеваний при одновременном профессиональном заболевании двух и более работников извещение составляется на каждого заболевшего.

Организация здравоохранения, помимо направления извещения, немедленно информирует нанимателя, страхователя и территориальный центр гигиены и эпидемиологии по телефону, телеграфу, телефаксу, другим средствам связи о каждом случае:

– острого профессионального заболевания со смертельным исходом, одновременного острого профессионального заболевания двух и более работников;

– заболевания сибирской язвой, бруцеллезом, столбняком, бешенством и другими особо опасными инфекциями при установлении связи с профессиональной деятельностью заболевшего.

В случаях подозрения на хроническое профессиональное заболевание при проведении периодического медицинского осмотра либо при обращении работника организация здравоохранения в двухмесячный срок оформляет необходимые документы и устанавливает окончательный диагноз. При необходимо-

сти заболевший направляется на амбулаторное или стационарное обследование в соответствующую организацию здравоохранения.

Расследование профессионального заболевания проводится врачом-гигиенистом территориального центра гигиены и эпидемиологии с участием уполномоченного должностного лица, нанимателя, страхователя, представителей организации здравоохранения, обслуживающей нанимателя, страхователя, профсоюза.

В расследовании профессиональных заболеваний двух и более человек и профессиональных заболеваний со смертельным исходом принимает участие государственный инспектор труда.

Расследование острого профессионального заболевания проводится в течение трех дней, а хронического профессионального заболевания – четырнадцати дней после получения извещения.

В процессе расследования профессионального заболевания:

- проводится обследование рабочего места, участка, цеха, определяется их соответствие требованиям санитарно-гигиенических нормативов с проведением необходимых лабораторных и инструментальных исследований;

- берутся объяснения, опрашиваются заболевший (заболевшие), свидетели, должностные и иные лица;

- устанавливается обеспеченность заболевшего (заболевших) средствами индивидуальной защиты, санитарно-бытовыми помещениями и устройствами;

- изучаются документы о результатах санитарно-гигиенических обследований, предварительных и периодических медицинских осмотров, выполнении запланированных мероприятий по охране труда;

- устанавливаются причины профессионального заболевания, лица, допустившие нарушения актов законодательства о труде и об охране труда, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных правовых актов, разрабатываются технические, организационные, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, медико-реабилитационные и иные мероприятия по устранению причин и последствий профессионального заболевания.

По результатам расследования врач-гигиенист составляет акт о профессиональном заболевании формы ПЗ-1. Акты формы ПЗ-1 утверждаются главным государственным санитарным врачом города (района).

Утвержденные акты формы ПЗ-1 регистрируются территориальным центром гигиены и эпидемиологии в журнале регистрации профессиональных заболеваний и направляются заболевшему или лицу, представляющему его интересы, нанимателю, страхователю, страховщику, государственному инспектору труда, организации здравоохранения, обслуживающей нанимателя, страхователя.

Наниматель регистрирует акты формы ПЗ-1 в журнале регистрации профессиональных заболеваний и направляет их копии в профсоюз, вышестоящую организацию (по ее требованию).

Наниматель, страхователь обеспечивает хранение актов формы ПЗ-1 в те-

чение 45 лет.

Организации здравоохранения, имеющие отделения профессиональной патологии, организации здравоохранения поликлинического типа ведут журнал учета и наблюдения больных профессиональными заболеваниями.

Расследование хронических профессиональных заболеваний лиц, изменивших место работы, проводится по месту возникновения профессионального заболевания.

Расследование профессионального заболевания, выявленного у пенсионера, который не работает или изменил место работы в пределах Республики Беларусь, проводится у нанимателя, страхователя, у которого имелись условия для возникновения профессионального заболевания. В этом случае извещение о хроническом профессиональном заболевании направляется указанному нанимателю, страхователю, страховщику, в территориальный центр гигиены и эпидемиологии, которому подконтролен наниматель.

Подтвержденные случаи профессиональных заболеваний у лиц, изменивших место работы либо находящихся на пенсии, подлежат регистрации и учету нанимателями, страхователями и территориальными центрами гигиены и эпидемиологии, которым подконтрольны наниматели, страхователи, у которых имелись условия для возникновения профессионального заболевания.

3 Правила заполнения актов по материалам расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний

Заполнение пунктов акта осуществляется путем ответов на поставленные вопросы с учетом подстрочных пояснений.

Все даты кодируются 8 цифрами: первые две цифры показывают дату, следующие две цифры обозначают месяц в году, затем следует четырехзначное число года. Например: 6 мая 1999 г. кодируется 06051999. Часы и минуты кодируются четырьмя цифрами (первые две цифры показывают часы, далее две цифры показывают минуты). Например: 8 часов 15 минут кодируется 0815; 13 часов 5 минут кодируется 1305.

Пол кодируется: мужской – цифрой 1, женский – цифрой 2. Возраст кодируется количеством полных лет потерпевшего на момент несчастного случая.

Общий стаж работы, стаж работы по профессии (должности), при выполнении которой произошел несчастный случай, кодируется количеством полных лет работы (двумя цифрами), а если стаж не превышает 1 года, то в текстовой части отмечается количество месяцев и дней, а в кодовой части акта проставляется 00 (два нуля).

Количество полных часов, отработанных от начала рабочего дня (смены) до несчастного случая, кодируется двузначным числом.

Вид происшествия, причины несчастного случая кодируются в соответствии с классификацией видов происшествий, приведших к несчастному слу-

чаю.

Код

0100 Дорожно-транспортное происшествие

В том числе:

0101 на транспорте организации

0102 на общественном транспорте

0103 на личном транспорте

0104 наезд на потерпевшего транспортного средства

0200 Падение потерпевшего

В том числе:

0201 с высоты

0202 во время передвижения

0203 в колодцы, ямы, траншеи, емкости и т. п.

0300 Падение, обрушение конструкций зданий и сооружений, обвалы предметов, материалов, грунта и тому подобное

0400 Воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей и тому подобное

0500 Поражение электрическим током

0600 Воздействие экстремальных температур

0700 Воздействие вредных веществ

0800 Воздействие ионизирующих излучений

0900 Физические перегрузки

1000 Нервно-психические нагрузки

1100 Повреждения в результате контакта с представителями флоры и фауны (животные, птицы, насекомые, ядовитые растения и т. п.)

1200 Утопление

1300 Асфиксия

1400 Отравление

1500 Нанесение травмы другим лицом

1600 Стихийные бедствия

1700 Взрыв

1800 Пожар

1900 Прочие

Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения кодируется цифрой 1 – при наличии, 0 – при отсутствии.

Диагноз заболевания заполняется и кодируется согласно шифру, указанному в листке нетрудоспособности.

Классификация причин несчастного случая:

0100 Конструктивные недостатки, несовершенство, недостаточная надежность средств производства (машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, транспортных средств)

0200 Несовершенство, несоответствие требованиям безопасности техно-

логического процесса

0300 Отсутствие, некачественная разработка проектной документации на строительство, реконструкцию производственных объектов, сооружений, оборудования

0400 Нарушение требований проектной документации

0500 Техническая неисправность машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, транспортных средств

0600 Эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, транспортных средств

0700 Нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств, машин, механизма оборудования, оснастки, инструмента

0800 Неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест

0900 Неудовлетворительное техническое состояние зданий, сооружений, территории

1000 Нарушение правил пожарной безопасности

1100 Нарушение правил дорожного движения

1200 Отсутствие, неэффективная работа средств коллективной защиты

1300 Нарушение технологического процесса

1400 Привлечение потерпевшего к работе не по специальности

1500 Допуск потерпевшего к работе без обучения, стажировки, проверки знаний и инструктажа по охране труда

1600 Недостатки в обучении и инструктаже потерпевшего по охране труда

1700 Непроведение или некачественное проведение медицинского осмотра потерпевшего

1800 Нарушение требований безопасности труда другими работниками

1900 Отсутствие или неполное отражение требований охраны труда в должностных обязанностях руководителей и специалистов

2000 Невыполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда

2100 Отсутствие у потерпевшего средств индивидуальной защиты

2200 Неисправность выданных потерпевшему средств индивидуальной защиты

2300 Неудовлетворительное состояние производственной среды

В том числе:

2301 недостаточная освещенность

2302 повышенные уровни шума, вибрации

2303 повышенные уровни вредных излучений

2304 повышенные запыленность и загазованность

2305 повышенные или пониженные температура, влажность и подвижность воздуха рабочей зоны

2400 Нарушение потерпевшим трудовой дисциплины, требований нор-

мативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных актов по охране труда

2500 Неприменение потерпевшим выданных ему средств индивидуальной защиты

2600 Нахождение потерпевшего в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения

2700 Низкая нервно-психическая устойчивость потерпевшего

2800 Неудовлетворительный психологический климат в коллективе

2900 Несоответствие психофизиологических данных или состояния здоровья потерпевшего выполняемой работе

3000 Противоправные действия других лиц

3100 Прочие

4 Порядок выполнения работы

4.1. Изучить правила расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

4.2. Изучить правила заполнения актов по специальным формам, заполняемые по окончании расследования несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

4.3. Студенты получают задание с описанием производственной ситуации, при которой произошел несчастный случай и в соответствии с Правилами расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний проводят расследование.

4.4. По материалам расследования составляются Акты по форме Н-1, НП или ПЗ-1.

Примерные варианты задания

Вариант 1. При заточке инструмента на заточном станке во время работы разорвался наждачный круг, и работник получил травму.

Вариант 2. Работник получил травму при изготовлении предметов мебели для личных целей. Эту работу он выполнял на универсальном деревообрабатывающем станке, с которого накануне было снято ограждение, так как проводился плановый осмотр станка.

Вариант 3. Обсуждение производственных вопросов переросло в ссору между мастером А. и технологом Б., в результате которой А. упал и получил травму колена в виде нескольких царапин.

Вариант 4. Курьер организации во время разноски документов споткнулась на межэтажной лестнице. В результате падения наступил перелом левой ноги.

Вариант 5. Работник первой смены Н. из-за плохого самочувствия не смог полностью справиться с полученным заданием. Н. решает самовольно

остаться на вторую смену с целью закончить работу. При выполнении работ на фрезерном станке он получил травму руки.

Вариант 6. Стружкой от обрабатываемой детали рабочий-станочник получил царапину на пальце (микротравму), не вызвавшую ни потери трудоспособности, ни необходимости перевода его на другую работу.

Вариант 7. Рабочий в состоянии алкогольного опьянения подошел к вентиляционной шахте. В результате стробоскопического эффекта не смог различить, что лопасти вентилятора вращаются и, как следствие, получил травму. Часть люминесцентных ламп в светильниках общего освещения не работала.

Вариант 8. Во время ремонтных работ на высоте рабочему Н. понадобился гаечный ключ № 24. В результате коррозии гайка не откручивалась, и Н. решил использовать кусок металлической трубы в качестве рычага. При откручивании гайки ключ сорвался, а Н. потерял равновесие и упал вниз, получив травму позвоночника.

Вариант 9. Во время работ по уборке территории предприятия, инженер-конструктор В. занозил руку, рана показалась незначительной, поэтому в медпункт не обращался. Через несколько дней рана загноилась, что в конечном итоге привело к потере трудоспособности на несколько дней. Рукавицы, которые были выданы В. в момент целевого инструктажа, находились в кармане пиджака пострадавшего.

Вариант 10. После внесения изменений в технологический процесс скорость вращения режущего инструмента увеличилась. Во время работы инструмент сломался, а отлетевший осколок травмировал глаз рабочему. Изменение технологического процесса не было согласовано с профкомом и службой охраны труда.

Вариант 11. Во время обеденного перерыва в столовой программист Х. пролил горячий чай, в результате чего получил ожог второй степени на внутренней стороне бедра.

5 Содержание отчета

- 5.1. Название работы.
- 5.2. Цель работы.
- 5.3. Описание задания и основных моментов расследования.
- 5.4. Акт соответствующей формы.
- 5.5. Литература.

6 Рекомендуемая литература

1. Республика Беларусь. Законы. Об охране труда : принят палатой представителей 14 мая 2008 г. : одобрен Советом Республики 4 июня 2008 г. (в редакции от 12.07.2013 № 61-3) : зарегистрирован в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 26 июня 2008 г. № 2/1453.

2. О расследовании и учете несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 15.01.2004 № 30 (в редакции от 31.07.2015 № 654).

3. Правила возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника, связанного с исполнением им трудовых обязанностей, утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 6 июля 1999 г. № 1028 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь от 4 февраля 2000 г. № 157) (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 1999 г., №54, 5/1211).

4. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 13

ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ С ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТЬЮ

1 Цель работы

Ознакомиться с организацией безопасного производства работ с повышенной опасностью. Приобрести навыки по оформлению документов для выполнения работ с повышенной опасностью.

2 Общие сведения

Безопасность труда при производстве работ с повышенной опасностью. Безопасное производство работ с повышенной опасностью является актуальной задачей. Как показывает анализ, несчастные случаи с тяжелыми последствиями, смертельными исходами, групповые несчастные случаи происходят при выполнении работ с повышенной опасностью. В отдельных отраслях доля таких несчастных случаев выше 50 процентов.

К работам с повышенной опасностью относятся работы, выполнение которых обусловлено наличием опасности для жизни и здоровья работающих (работы на высоте, строительные, строительно-монтажные и ремонтно-строительные работы, работы в действующих электроустановках и др.). Типовой перечень работ с повышенной опасностью, для проведения которых требуется предварительное обучение, стажировка и проверка знаний работников по вопросам охраны труда приведен в приложении 1 к Инструкции о порядке обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний работающих по охране труда, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 28.11.2008 № 175. Наниматели с учетом типового перечня и требований соответствующих нормативных правовых актов определяют перечни профессий и должностей работников, выполняющих работы с повышенной опасностью.

К работам с повышенной опасностью относятся работы, требующие для безопасного их производства особо строгого соблюдения требований безопасности, высокой согласованности в действиях работников, осуществления специальных механических и организационных мер безопасности, а также постоянного контроля за ходом выполнения таких работ со стороны ответственных лиц. Следует отметить, что большинство работ с повышенной опасностью выполняются по наряду-допуску либо по другому разрешающему документу разового характера. На проведение таких работ допускаются лица, которые прошли производственное предварительно теоретическое и производственное обучение. Срок обучения не менее 12 дней, стажировка проводится по приказу, и затем проводится проверка знаний. Проверка знаний по вопросам охраны труда проводится периодически 1 раз в год. Перечень работ, на которые составляется

наряд-допуск, утверждается нанимателем. Право выдачи нарядов-допусков на выполнение работ с повышенной опасностью имеет строго определенный круг должностных лиц согласно перечню, утвержденному руководителем или главным инженером организации. При этом могут быть регламентированы также конкретные установки и виды работ с повышенной опасностью, на которые может выдавать наряд-допуск то или иное должностное лицо. Наряд-допуск выдается лишь на выполнение определенных работ, на одну рабочую смену либо на срок, необходимый для выполнения работы, указанной в наряде-допуске. Наряд-допуск оформляется до начала выполнения работ, при этом заблаговременное его оформление отдельными правилами не допускается. Наряд-допуск определяет характер работ, место проведения, начало, окончание, ответственных лиц, мероприятия по обеспечению безопасности. Лица, которые выдают наряд-допуск, должны быть аттестованными.

Соответствующими правилами предусматриваются ограничения для допуска к выполнению работ с повышенной опасностью работников, не достигших определенного возраста, не имеющих достаточного опыта работы, во многих случаях и признанные пригодными к выполнению соответствующих работ по состоянию здоровья.

Организация безопасного проведения земляных работ. Земляные работы разрешается проводить только по разработанному и утвержденному проекту производства работ.

До начала производства земляных работ в местах расположения действующих подземных коммуникаций необходимо согласовать проведение таких работ с организациями, эксплуатирующими эти коммуникации, разработать и согласовать мероприятия по безопасным условиям труда. Производство земляных работ в зоне действующих подземных коммуникаций необходимо осуществлять под руководством мастера или прораба, а в охранной зоне кабелей, находящихся под напряжением, кабелей связи или действующего газопровода, кроме того под наблюдением работников этих организаций.

Перед началом производства земляных работ на участках с возможным патогенным заражением почвы (свалки, кладбища и т. д.) необходимо получить разрешение центра гигиены и эпидемиологии и выполнять только по наряду-допуску. Котлованы и траншеи, разрабатываемые в местах движения транспорта и прохода людей, должны быть ограждены защитными ограждениями, освещаемыми в ночное время. Места прохода людей через траншеи должны быть оборудованы переходными мостиками с перилами, освещены в ночное время. Рытье котлованов и траншей с вертикальными стенками без крепления допускается на глубину: в насыпных и песчаных грунтах – 1 м; в супесях – 1,25 м; в суглинках и глинах – 1,5 м.

Извлекаемый грунт следует размещать на расстоянии не менее 0,5 м от бровки выемки. Валуну, камни должны быть удалены с откосов.

Перед допуском рабочих в котлованы или траншеи глубиной более 1,3 м должна быть проверена устойчивость откоса или крепления стен.

Разработка роторными или траншейными экскаваторами в суглинках и глинах с вертикальными стенками без крепления допускается на глубину не более 3 м. В местах пребывания рабочих – крепление стенок должно устанавливаться проектом в соответствии со СНиП. При установке крепления верхняя часть его должна выступать над бровкой выемки не менее 15 см. Устанавливать крепления следует в направлении сверху вниз, а разбирать – в обратном направлении.

Требования безопасности при работе на высоте. Регламентированы правилами охраны труда при работе на высоте, утвержденными постановлением Министерства труда РБ от 28 апреля 2001 года № 52 (Национальный реестр правовых актов РБ 2001г № 58,8/6199).

К работам на высоте относятся работы, при которых работающий находится на высоте 1,3 метров и более от поверхности грунта, перекрытия или рабочего настила и на расстоянии не более 2 метров от границы перепада по высоте.

Для работы на высоте используются специальные устройства: леса, подмости, стремянки, переносные лестницы и др.

При строительных, монтажных и ремонтно-эксплуатационных работах допускается использовать лестницы, изготовленные из дерева, металла, стеклопластика.

Лестницы могут быть приставными: раздвижные трехэлементные; приставные и подвесные одноэлементные, стремянки, разборные переносные и т. д. Тетивы и ступеньки деревянных лестниц должны изготавливаться из сосны или древесины твердых пород отборного сорта. Окрашивать лестницы запрещается. Ступеньки деревянных лестниц врезаются в тетиву и через каждые 2 метра скрепляются стяжными болтами. Расстояние между ступенями 300–400 мм. Общая длина приставной деревянной лестницы не более 5 метров. Ширина приставной лестницы или стремянки вверху должна быть не менее 300 мм, внизу – не менее 400 мм.

Приставные лестницы и стремянки снабжаются устройствами, предотвращающими возможность сдвига и опрокидывания (острые концы при работе на грунте и при работе на гладкой поверхности-башмаками из резины). Стремянки должны иметь приспособления, не позволяющие им самопроизвольно раздвигаться. Наклон стремянок не должен быть более 1:3. При работе с приставных, подвесных и приставных раздвижных лестниц на высоте более 1,3 м следует применять испытанный предохранительный пояс, который закрепляется за конструкцию сооружения или за лестницу при условии надежного крепления ее за конструкцию.

Устанавливать лестницу на ступеньки маршей лестничной клетки не допускается. Оптимальный угол установки – 60–75 градусов.

Не допускается: работать с приставной лестницей, стоя на ступеньке, находящейся на расстоянии менее 1 метра от верхнего ее конца; сращивать более двух деревянных приставных лестниц; находиться на ступеньках пристав-

ной лестницы или стремянки более чем одному человеку; принимать или отдавать груз по приставной лестнице и оставлять на ней инструмент; работать на приставных лестницах и стремянках с пневматическим и электрическим инструментом, выполнять газо- и электросварочные работы и т. д. Для выполнения таких работ следует применять строительные леса или стремянки с верхними площадками, ограждающими перилами.

Все переносные лестницы и стремянки испытываются статической нагрузкой после изготовления и капитального ремонта 120 кг, а также в процессе эксплуатации: металлические стремянки и лестницы – 1 раз в 24 месяца, деревянные и стеклопластиковые, а также веревочные подвесные лестницы – 1 раз в 6 месяцев. Дата и результаты периодических осмотров и испытаний лестниц и стремянок записываются в специальных журналах.

Металлические навесные лестницы длиной более 5 м, вертикальные и установленные с углом наклона к горизонту более 75 градусов должны иметь дуговые ограждения, расположенные на расстоянии 0,8 м одно от другого и соседними продольными полосами. Лестницы высотой более 10 м должны иметь площадки для отдыха через каждые 10 метров по высоте.

Работы, выполняемые на высоте выше 5 метров от поверхности грунта, перекрытия или рабочего настила, при которых основным средством защиты от падения с высоты служат предохранительный пояс, относятся к верхолазным. К верхолазным работам могут быть допущены работники, признанные в результате медицинского осмотра пригодными по состоянию здоровья для выполнения таких работ.

Леса, подмости и другие приспособления для выполнения работ на высоте должны изготавливаться по типовым проектам и быть инвентаризованы. Они должны поставляться с паспортом предприятия-изготовителя. В исключительных случаях допускаются к эксплуатации леса, которые сооружаются по индивидуальному проекту с расчетами их элементов на прочность, а также на устойчивость. Работы на высоте должны выполняться с настилов лесов, имеющих соответствующие ограждения, а при невозможности устройства – с использованием предохранительных поясов и канатов страховочных. Металлические леса заземляются и оборудуются грозозащитными устройствами. Нагрузка на настилы лесов, подмостей не должна превышать установленных проектом допустимых значений, а при испытании статическая нагрузка на 20 % больше в течение 1 часа, чем по проекту. Настилы и леса должны иметь ровную поверхность и должны быть оборудованы надежными лестницами для входа и схода с них работников.

Огневые работы. Порядок безопасного проведения таких работ регламентирован Правилами пожарной безопасности и техники безопасности при проведении огневых работ на предприятиях Республики Беларусь (утверждены ГУПО МВД Республики Беларусь 31.07.1992 и Госпроматомнадзором Республики Беларусь 28.07.1992 (с изменениями и дополнениями соответственно от 13.04.1993 и от 11.06.1993)).

Действие Правил распространяется на огневые работы, выполняемые на временных рабочих местах.

Согласно указанным Правилам ответственность за правильность и полноту подготовительных мероприятий, обеспечение мер безопасности при проведении огневых работ, квалификацию персонала, занятого на этих работах, несет начальник подразделения, выдающий наряд-допуск на проведение огневых работ, в ведении которого находятся оборудование, механизмы, здания и сооружения. Перечень должностей работников, имеющих право выдачи наряда-допуска, утверждается руководителем организации. Из числа специалистов организации, прошедших проверку знаний, начальник подразделения назначает лиц, ответственных за подготовку и ответственных за проведение огневых работ.

При выполнении работ сторонними организациями на производственных объектах или территории организации лицом, ответственным за проведение огневых работ, назначается специалист сторонней организации или по согласованию – специалист организации, в которой проводятся огневые работы. Огневые работы разрешается проводить при наличии оформленного наряда-допуска, выданного начальником подразделения или лицом, его заменяющим.

Работы по ликвидации аварии могут проводиться без оформления наряда-допуска, но только до устранения прямой угрозы травмирования людей. Дальнейшие работы по ликвидации аварий и их последствий должны проводиться после оформления наряда-допуска.

Наряд-допуск оформляется в двух экземплярах, на конкретное рабочее место проведения огневых работ, на одну рабочую смену. Первый экземпляр оформленного наряда-допуска передается исполнителям работ, второй – старшему по смене (начальнику смены, участка, отделения и т.п.) или руководителю подразделения, где будут вестись огневые работы. Не менее чем за 2 часа до начала проведения огневых работ уведомляются объектовая пожарная служба и служба охраны труда.

Подготовка оборудования и места проведения огневых работ во взрывоопасных, взрывопожароопасных помещениях, зданиях, сооружениях осуществляется персоналом по письменному распоряжению начальника подразделения.

После выполнения всех подготовительных работ, предусмотренных в распоряжении и наряде-допуске, лицо, ответственное за подготовку, ставит свою подпись в наряде-допуске и передает его ответственному за проведение огневых работ.

Ответственный за проведение огневых работ после проверки полноты проведения подготовительных работ расписывается в наряде-допуске, выясняет у исполнителей состояние здоровья, проверяет наличие средств индивидуальной защиты, проводит целевой инструктаж о мерах безопасности, заполняет соответствующие графы наряда-допуска и докладывает руководителю подразделения о готовности к проведению огневых работ.

Разрешение на проведение огневых работ после проверки места огневых работ дает начальник подразделения, о чем расписывается в наряде-допуске. Допуск на проведение огневых работ осуществляет лицо, ответственное за проведение огневых работ, после приемки оборудования и места производства работ, при положительных результатах состояния воздушной среды и разрешения начальника подразделения.

По окончании огневых работ ответственный за проведение огневых работ расписывается об этом в наряде-допуске и передает его для приемки оборудования старшему по смене (начальнику смены, установки, отделения) или начальнику подразделения. Лицо, принявшее оборудование после окончания огневых работ, расписывается в наряде-допуске и в течение 3–5 часов обеспечивает наблюдение за местом, где производились огневые работы. Наряд-допуск и распоряжение на подготовительные работы должны находиться в подразделении не менее одного месяца.

Если огневые работы не закончены в течение одной смены, наряд-допуск при неизменных условиях проведения работ продлевается начальником подразделения и ответственным за проведение огневых работ на каждую последующую смену, о чем делается запись в наряде-допуске. О продлении наряда-допуска уведомляются объектовая пожарная служба, служба охраны труда. В случае изменения в составе бригады исполнителей работы, это изменение отмечается в наряде-допуске. С введенными в состав бригады исполнителями проводится целевой инструктаж о мерах безопасности при проведении огневых работ.

Примерный перечень мест (условий) производства и видов работ, на выполнение которых необходимо выдавать наряд-допуск

1. Выполнение работ с применением грузоподъемных кранов и других строительных машин в охранных зонах воздушных линий электропередачи, газонефтепродуктопроводов, складов легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, горючих или сжиженных газов.

2. Выполнение любых работ в колодцах, шурфах, замкнутых и труднодоступных пространствах.

3. Выполнение земляных работ на участках с патогенным заражением почвы (свалки, скотомогильники и т. п.), в охранных зонах подземных электрических сетей, газопроводов и других опасных подземных коммуникаций.

4. Осуществление текущего ремонта, демонтажа оборудования, а также производство ремонтных или каких-либо строительно-монтажных работ при наличии опасных факторов действующей организации.

5. Выполнение работ на участках, где имеется или может возникнуть опасность из смежных участков работ.

6. Выполнение работ в непосредственной близости к полотну или проезжей части эксплуатируемых автомобильных или железных дорог (определяется с учетом действующих ТНПА по безопасности труда соответствующих министерств и ведомств).

7. Огневые работы на временных рабочих местах.
8. Работы с применением пиротехнического инструмента.
9. Выполнение монтажных работ с действующих мостовых кранов.
10. Демонтаж стоечных лесов высотой свыше 4 м.
11. Строительно-монтажные работы, выполняемые в зданиях или сооружениях, находящихся в аварийном состоянии, работы по их разборке (разрушению).
12. Кровельные и другие работы на крыше здания, сооружения.
13. Земляные работы в зоне расположения подземных коммуникаций.

3 Порядок выполнения работы

- 3.1. Изучить правила выполнения работ с повышенной опасностью.
- 3.2. Изучить правила заполнения наряда-допуска на выполнение работ с повышенной опасностью.
- 3.3. Студенты получают задание с описанием выполняемой работы с повышенной опасностью.
- 3.4. Составляется наряд-допуск на выполнение работы с повышенной опасностью (приложения 9–18).

Примерные варианты задания

Вариант 1. Работа проводится в колодце по устранению утечки горячей воды на территории предприятия.

Вариант 2. Проводятся земляные работы по благоустройству в охранной зоне, где проложен кабель линий электропередачи.

Вариант 3. Проводится погрузка строительных конструкций автокраном в охранной зоне воздушных линий электропередачи.

Вариант 4. Проводятся электросварочные работы по установке металлических решеток в кабинете административно-бытового корпуса.

Вариант 5. Работа проводится по очистке от льда и снега на плоской крыше здания.

Вариант 6. Проводятся работы по обрезке верхушек деревьев.

Вариант 7. Проводятся работы на проезжей части дороги по замене бордюров, при этом движение транспорта не остановлено.

Вариант 8. Проводится ремонт плоской крыши с применением паяльных ламп.

Вариант 9. Проводятся работы по замене прокладок фланцевых соединений на трубопроводе с аммиаком.

Вариант 10. Проводятся испытания тепловой сети на расчетное давление и расчетную температуру теплоносителя в производственном корпусе.

Вариант 11. Проводится химическая очистка оборудования.

4 Содержание отчета

- 4.1. Название работы.
- 4.2. Цель работы.
- 4.3. Описание задания.
- 4.4. Разработанный наряд-допуск.
- 4.5. Литература.

5 Рекомендуемая литература

1. Охрана труда в лёгкой промышленности : учебное пособие / С. Г. Ковчур [и др.] ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 476 с.

2. Межотраслевые общие правила по охране труда, утвержденные постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 03.06.2003 № 70 (в редакции постановления Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30.09.2011 № 96).

3. Правила охраны труда при работе на высоте утверждены постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 28 апреля 2001 года № 52 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2001 г., № 58, 8/6199).

4. Межотраслевая типовая инструкция по охране труда при работе на высоте, утвержденная постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 27.12.2007 № 187.

5. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь ППБ РБ 01-2014 : [утв. Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 01.07.2014 : с изм. и доп., утв. Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 28.08.2014]. – Минск : Энергопресс, 2014. – 200 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Нормируемые значения освещенности по ТКП 45-2.04-153-2009

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различия, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещённое освещение	
						Освещённость, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослеплённости и коэффициента пульсации	КЕО, е _н , %				
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	
						Всего	В том числе общего							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Тёмный	5000	500	–	20	10	–	–	6,0	2,0
						4500	500	–	10	10				
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	4000	400	1250	20	10				
						3500	400	1000	10	10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	2500	300	750	20	10				
						2000	200	600	10	10				
			г	Средний Большой –	Светлый – Средний	1500	200	400	20	10				
						1250	200	300	10	10				

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	a	Малый	Тёмный	4000 3500	400 400	– –	20 10	10 10	–	–	4,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	2000 1500	200 200	500 400	20 10	10 10				
			г	Средний Большой –	Светлый – Средний	1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10				
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	a	Малый	Тёмный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	–	–	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	Средний Большой –	Светлый – Средний	400	200	200	40	15				
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	a	Малый	Тёмный	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4	0,9
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	500	200	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	400	200	200	40	20				
			г	Средний Большой –	Светлый – Средний	–	–	200	40	20				
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	a	Малый	Тёмный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	–	–	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	–	–	200	40	20				

Окончание таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			г	Средний Большой –	Светлый – Средний	–	–	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от фона и контраста объекта с окном		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Работа со светящи- мся мате- риалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		Независимо от фона и контраста объекта с окном		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Общее наблюде- ние за хо- дом произ- водствен- ного про- цесса, за инженер- ными ком- муникаци- ями		VIII	а	Независимо от фона и контраста объекта с окном		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	Независимо от фона и контраста объекта с окном		–	–	75	–	–	1	0,3	0,7	0,2
			в	Независимо от фона и контраста объекта с окном		–	–	50	–	–	0,7	0,2	0,5	0,2
			г	Независимо от фона и контраста объекта с окном		–	–	20	–	–	0,3	0,1	0,2	0,1

Примечания.

1. Для подразряда норм от Ia до IIIв может приниматься один из наборов нормируемых показателей, приведенных для данного подразряда в графах 7-11.

2. Нормы освещенности, приведенные в таблице А.1, следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях:

- а) при работах I–VI разрядов, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;
- б) при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее (работа на дисковых пилах, гильотинных ножницах и т. п.);
- в) при специальных повышенных санитарных требованиях (например, на предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения 500 лк и менее;
- г) при работе или производственном обучении подростков, если освещенность от системы общего освещения – 300 лк и менее;
- д) при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения – 750 лк и менее;
- е) при наблюдении деталей, вращающихся со скоростью, равной или более 500 об/мин, или объектов, движущихся со скоростью, равной или более 1,5 м/мин;
- ж) при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,1 м² и более;
- з) в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При наличии одновременно нескольких признаков нормы освещенности следует повышать не более чем на одну ступень.

В помещениях, где выполняются работы IV–VI разрядов, нормы освещенности следует снижать на одну ступень при кратковременном пребывании людей или при наличии оборудования, не требующего постоянного обслуживания.

3. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего.

4. Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности:

- а) на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;
- б) то же, общего освещения для разрядов I–V, VI;
- в) на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.

Нормируемые значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

5. Освещенность при работах со светящимися объектами размером 0,5 мм и менее следует выбирать в соответствии с размером объекта различения и относить их к подразряду «в».

6. Показатель ослепленности регламентируется в графе 10 только для общего освещения (при любой системе освещения).

7. Коэффициент пульсации Кп указан в графе 11 для системы общего освещения или для светильников местного освещения, при системе комбинированного освещения. Кп от общего освещения в системе комбинированного не должен превышать 20 %.

8. Предусматривать систему общего освещения для разрядов I–III, IVа, IVб, IVв, Va допускается только при технической невозможности или экономической нецелесообразности применения системы комбинированного освещения, что конкретизируется в отраслевых нормах освещения, согласованных с органами Государственного санитарного надзора.

9. В помещениях, специально предназначенных для работы или производственного обучения подростков, нормированное значение КЕО повышается на один разряд по графе 3 и должно быть не менее 1,0 %.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Категории помещений по взрывопожароопасности в соответствии с ТКП

Категория помещения	Характеристика вещества и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А Взрывопожаро- опасная	Горючие газы с нижним пределом воспламенения 10 % и ниже, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки до 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или один с другим в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б Взрывопожаро- опасная	Горючие газы, нижний предел воспламенения которых свыше 10 %, горючие пыли или волокна, ЛВЖ с температурой вспышки более 28 °С, ГЖ в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1-В4 Пожароопасная	Легковоспламеняющиеся, горючие и трудногорючие жидкости, пожароопасные твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или один с другим только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г1, Г2	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Классы помещения по взрыво- и пожароопасности

Зоны класса В-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы.

Зоны класса В-Ia – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом при нормальных условиях не образуются, а образование их возможно только в результате аварий или неисправностей.

Зоны класса В-Iб – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а образование их возможно только в результате аварий или неисправностей, характеризующихся одной из следующих особенностей:

– горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом распространения пламени (15 % об. и более) и резким запахом (например, машинные залы аммиачных компрессоров);

– помещения, где присутствует газообразный водород, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется.

Зоны класса В-Iв – зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы или ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в зоне, превышающей 5 % свободного объема помещения и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ проводится без применения открытого огня. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с горючими газами и ЛВЖ проводится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

Зоны класса В-Iг – пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ; надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами; открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.

Зоны класса В-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы.

Зоны класса В-IIa – зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния таких смесей не возникают при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Помещения и установки, в которых содержатся жидкости с температурой вспышки выше 61°C и пыли с НКПР выше $65 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$, относятся к пожароопасным и классифицируются по следующим зонам:

Зона класса П-I – помещения, в которых содержатся горючие жидкости (например, масла).

Зона класса П-II – помещения, в которых содержатся горючие пыли с НКПР выше $65 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$.

Зона класса П-IIa – помещения, в которых содержатся твердые горючие вещества, неспособные переходить во взвешенное состояние.

Установки класса П-III – наружные установки, в которых содержатся жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука постоянного шума, а также эквивалентные по энергии уровни звука непостоянного шума для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест с учетом условий тяжести и напряженности труда

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные по энергии уровни звука непостоянного шума, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, обучение и воспитание, медицинская деятельность. Рабочие места проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов ПЭВМ, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, для приема пациентов в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2 Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, 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	63	58	55	52	50	49	60
3 Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля: операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на ВМ	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Окончание таблицы Г.1

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4 Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления, без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5 Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий (за исключением работ, перечисленных в пунктах 1–4 настоящей таблицы)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Подвижной состав железнодорожного и городского рельсового транспорта										
6 Рабочие места в кабинах машинистов тепловозов, электровозов, поездов метрополитена, дизель-поездов и автомотрис	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
7 Рабочие места в кабинах машинистов поездов дальнего следования и пригородных электропоездов, в кабинах водителей и обслуживающего персонала пассажирских помещений трамваев	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Автобусы, троллейбусы, грузовые, легковые и специальные автомобили, а также грузопассажирские автомобили и другой автомобильный транспорт, предназначенный для перевозки пассажиров										
8 Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
9 Рабочие места водителей и обслуживающего персонала троллейбусов, а также грузопассажирских автомобилей и другого автомобильного транспорта, предназначенного для перевозки пассажиров	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
Сельскохозяйственные машины и оборудование, строительно-дорожные, мелиоративные и другие аналогичные виды машин										
10 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

Учебное издание

ОХРАНА ТРУДА

Практикум

Составители:

Ковчур Сергей Григорьевич
Потоцкий Василий Николаевич
Гречаников Александр Викторович
Тимонов Иван Афанасьевич

Редактор *Н.В. Медведева*
Корректор *Т.А. Осипова*
Компьютерная верстка *В.А. Сяборова*

Подписано к печати 20.08.2018. Формат 60x90^{1/16}. Усл. печ. листов 7,6.
Уч.-изд. листов 8,9. Тираж 60 экз. Заказ № 213.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.