

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Солоненко Анна Александровна  
Должность: Директор  
Дата подписания: 29.11.2025 00:55:33  
Уникальный программный ключ:  
d9ba9a2cd160ab0421b570337f8b3092a5f1



**Федеральное агентство по рыболовству**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«Астраханский государственный технический университет»**  
**Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)**  
**федерального государственного бюджетного образовательного**  
**учреждения высшего образования**  
**«Астраханский государственный технический университет»**  
*Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована*  
*ООО «ДКС РУС» по международному стандарту ISO 9001:2015*

**Факультет высшего образования**  
**Кафедра «Технология продуктов питания**  
**и холодильная техника»**

**Безопасность жизнедеятельности**

**Методические указания**

по практическим работам

для обучающихся по направлению подготовки

05.03.06 Экология и природопользование

16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

19.03.03 Продукты питания животного происхождения

35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура

38.03.01 Экономика

38.03.07 Товароведение

**Авторы:** Артюхов И.Л., к.т.н., доцент кафедры «Технология продуктов питания и холодильная техника»

Методические рекомендации по выполнению практической работы по дисциплине утверждены на заседании кафедры «Технология продуктов питания и холодильная техника» протокол №1 от 10 февраля 2025 года

© Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт  
(филиал) ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

Цель методических рекомендаций: оказание помощи обучающимся в выполнении практических заданий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

Подготовка к практическим занятиям предполагает, что студент должен руководствоваться следующими рекомендациями:

1. При работе над конкретной темой обратите внимание на степень доступности для вас базовых учебников, учебных пособий, указанных в списке рекомендованной учебной и универсально-справочной литературы. В интересах доступности литературы, при подготовке к семинарам, указана широкая подборка журналов по каждой теме, а также Internet-ресурсы, имеющие электронные издания.

2. При работе с текстами необходимо обращаться к справочной литературе, поскольку в текстах встречается много новых слов, значение которых оказывается, принципиально важным для адекватного понимания текста.

3. Следующим шагом является изучение основного списка литературы, с обязательным составлением краткого плана-конспекта каждого источника. Важным моментом является поэтапное прочтение всей рекомендованной литературы, поскольку в ней содержится большой объем нового для студента историко-культурного материала, без ознакомления с которым невозможно полноценное освоение темы.

4. Уяснение связи изучаемой темы с уже освоенным учебным материалом.

Практическое занятие - форма организации оцениваемой деятельности обучающегося, заключающаяся в выполнении им комплекса контрольных упражнений, направленных на демонстрацию сформированных умений и навыков, компетенций.

## 1. Структура практических занятий

Практические занятия по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» регламентированы учебным планом

№ п/п	Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)	Образовательные технологии	Формы текущего контроля успеваемости
1.	Раздел 1. Общие вопросы безопасности жизнедеятельности	Проблемная лекция, семинар, анализ конкретной ситуации	Устный опрос
2.	Раздел 2. Производственная санитария Практическая работа № 1 Практическая работа № 2	Проблемная лекция, семинар, анализ конкретной ситуации	Устный опрос, решение заданий
3.	Раздел 3. Пожарная безопасность	Проблемная лекция, семинар, анализ конкретной ситуации	Устный опрос, решение заданий
4.	Раздел 4. Производственная безопасность Практическая работа № 3 Практическая работа № 4	Проблемная лекция, семинар, анализ конкретной ситуации	Устный опрос, решение заданий
5.	Раздел 5. Защита в чрезвычайных ситуациях	Проблемная лекция, семинар, анализ конкретной ситуации	Устный опрос

### План практических занятий:

#### Раздел 1. Общие вопросы безопасности жизнедеятельности

Подготовьте ответы на следующие вопросы:

1. Основные правовые понятия и нормы Российского законодательства в области обеспечения безопасности жизнедеятельности.
2. Теоретические основы безопасности жизнедеятельности.
3. Аксиомы БЖД.
4. Управление безопасностью жизнедеятельности.
5. Правовые и нормативно-технические основы управления.

6. Системы контроля требований безопасности и экологичности.
7. Анализ производственного травматизма.

## **Раздел 2. Производственная санитария**

1. Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности в техносфере.
2. Критерии комфортности.
3. Метеорологических условий на рабочих местах.
4. Негативные факторы техносферы, их воздействие на человека, техносферу и природную среду.
5. Критерии безопасности - ПДК, ПДУ
6. Расчет естественного и искусственного освещения

## **Раздел 3. Пожарная безопасность**

1. Процесс горения и виды горения
2. Классификация помещений по пожарной опасности.
3. Принципы прекращения горения. Огнетушащие вещества.
4. Принцип действия стационарных установок, предназначенных для тушения пожара.
5. Порядок обеспечения пожарной безопасности на производстве.
6. Расчет пожарной безопасности складского помещения, машинного и аппаратного отделения холодильных установок.

## **Раздел 4. Производственная безопасность**

1. Физические характеристики шума.
2. Источники шума на производстве. Действие шума на организм человека. Нормирование шума.
3. Методы борьбы с шумом на производстве.
4. Причины возникновения вибрации на производстве.
5. Действие вибрации на организм человека.
6. Классификация вибрации, нормирование вибрации.
7. Методы снижения вибрации.
8. Электробезопасность.
9. Анализ опасности поражения электрическим током.
10. Расчет защитного заземления
11. Качество воздуха рабочей зоны.
12. Производственная вентиляция.
13. Расчёт температуры воздуха и кратность воздухообмена в помещениях холодильников.

## **Раздел 5. Защита в чрезвычайных ситуациях**

1. Классификация чрезвычайных ситуаций
2. Ликвидация последствий ЧС природного и техногенного характера
3. Определение концентрации и состава пыли в воздухе рабочей зоны.
4. Действия населения в условиях распространения аварийно химически опасных веществ и радиозащитных веществ.
5. Методы и средства оказания первой помощи.
6. Средства индивидуальной защиты и защитные сооружения ГО.
7. Особенности применения СИЗ.
8. Ионизационные излучения.

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

#### **Рекомендации по выполнению практической работы**

Практическая работа выполняется по одному из десяти вариантов. Номер варианта работы определяет последняя цифра номера зачетной книжки студента (последняя цифра от 1 до 9 соответствует номеру варианта, цифра 0 соответствует варианту № 10).

Практическая работа оформляется на листах формата А4 в печатном виде шрифтом размером не менее 12. Кроме основного текста работа должна иметь титульный лист (см. приложение) и список использованной литературы (по образцу на с. 48).

В каждом задании студент дает краткое изложение или обоснование ответа. Практическая работа должна быть представлена на проверку не позже, чем за две недели до начала сессии.

#### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.**

##### **Обеспечение нормальных показателей микроклимата производственной среды**

##### **1. Порядок выполнения практической работы:**

- 1.1. Ознакомиться с содержанием теоретической части методических указаний (см. п. 3).
- 1.2. Ответить на контрольные вопросы (см. п. 4.).
- 1.3. Приступить к выполнению задания по определению составляющих параметров микроклимата по заданному нормой комплексному значению °PT (см. п. 5):
  - 1.3.1. Изучить методику определения составляющих параметров микроклимата по заданному нормой значению результирующей температуры °PT, приведённой в прил. 1.
  - 1.3.2. Приступить к определению составляющих параметров микроклимата, используя для расчёта данные табл. 8 (см. п. 3). Номер варианта данных для расчёта составляющих параметры микроклимата выбирается в соответствии с последней цифрами учебного шифра студента.
  - 1.3.3. По результатам выполнения практического задания заполнить протокол № 1.

1.3.4. Разработать мероприятия по нормализации показателей микроклимата и профилактике неблагоприятного воздействия микроклимата на организм человека.

## 2. Общие сведения о микроклимате производственной среды

В соответствии с Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» СанПиН 2.2.4.3359-16, показателями (параметрами), характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

1) *температура воздуха (°C)* - параметр, отражающий тепловое состояние воздушной среды, обусловленное кинетической энергией движения молекул газов воздуха;

2) *температура поверхностей (°C)* — параметр, отражающий тепловое состояние поверхностей ограждающих конструкций (стен или перегородок, потолка или подволока, пола или палубы), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств;

3) *относительная влажность воздуха (%)* - параметр, отражающий содержание в воздухе водяных паров;

4) *скорость движения воздуха (м/с)* — параметр, зависящий от неравномерности нагрева воздушных масс, действия вентиляционных систем и характера технологического оборудования;

5) *интенсивность теплового облучения (Вт/м<sup>2</sup>)* - параметр, зависящий от мощности электромагнитных излучений нагретых тел с длиной волны от 780 до 10<sup>6</sup> нм (1 нм = 10<sup>-9</sup> м).

Каждый из указанных параметров в зависимости от его количественной оценки может оказывать влияние на теплообмен организма человека с окружающей средой, вызывая изменения в протекании физиологических процессов, и таким образом влиять на самочувствие человека. Комплексное воздействие на человека перечисленных параметров обуславливает тот или иной микроклимат на рабочем месте. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Сочетание показателей микроклимата зависит от времени года, характера производства, степени тяжести выполняемой работы. Благоприятный микроклимат на производстве является важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и в профилактике заболеваний. Неблагоприятный микроклимат не только снижает работоспособность человека, но и может вызвать опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе и профессиональных.

Во избежание нарушений теплового баланса организма человека показатели микроклимата регламентируются Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» СанПиН 2.2.4.3359-16.

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы устанавливают оптимальные и допустимые значения показателей микроклимата для рабочей зоны производственных помещений и предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

*Оптимальные условия микроклимата* установлены 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.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведённым в табл. 1.

Таблица 1

Оптимальные величины параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений

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

*Допустимые условия микроклимата* установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. 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.

Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 2, а их величины зависят от сезона года и категории выполняемых работ.

Устанавливаются допустимые показатели микроклимата на рабочих местах в таких случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины микроклимата. СанПиН 2.2.4.3359-16 при этом предъявляет ряд специальных требований к перепаду температуры воздуха и пределам относительной влажности при температуре воздуха выше 25 °С. Так например, перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3 °С, перепад температуры воздуха по горизонтали а также её изменения в течение смены не должны превышать:

при категории работ Ia и Ib - 4 °С;

при категории Па и Пб - 5 °С;

при категории работ Ш - 6 °С.

В то же время абсолютные значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в табл. 2.

Таблица 2

Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах производственных 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 температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более <*>
Холодный	Іа (до 139)	20,0 - 21,9	24,1 - 25,0	19,0 - 26,0	15 - 75 <*>	0,1	0,1
	Іб (140 - 174)	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0	15 - 75	0,1	0,2
	Па (175 - 232)	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0 - 24,0	15 - 75	0,1	0,3
	Пб (233 - 290)	15,0 - 16,9	19,1 - 22,0	14,0 - 23,0	15 - 75	0,2	0,4
	Ш (более 290)	13,0 - 15,9	18,1 - 21,0	12,0 - 22,0	15 - 75	0,2	0,4
Теплый	Іа (до 139)	21,0 - 22,9	25,1 - 28,0	20,0 - 29,0	15 - 75 <*>	0,1	0,2
	Іб (140 - 174)	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0	15 - 75 <*>	0,1	0,3
	Па (175 - 232)	18,0 - 19,9	22,1 - 27,0	17,0 - 28,0	15 - 75 <*>	0,1	0,4
	Пб (233 - 290)	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0 - 28,0	15 - 75 <*>	0,2	0,5
	Ш (более 290)	15,0 - 17,9	20,1 - 26,0	14,0 - 27,0	15 - 75 <*>	0,2	0,5
<p>Примечания. &lt;*&gt; При температуре воздуха 25 °С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии с требованиями п.1.          &lt;*&gt; При температурах воздуха 26 - 28 °С скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии с требованиями п.2.</p>							

п.1. При температуре воздуха на рабочих местах 25 °С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

- а) 70% - при температуре воздуха 25 °С;
- б) 65% - при температуре воздуха 26 °С;
- в) 60% - при температуре воздуха 27 °С;
- г) 55% - при температуре воздуха 28 °С.

п.2. При температуре воздуха 26 - 28 °С скорость движения воздуха, указанная в таблице 2. для теплого периода года, должна соответствовать диапазонам:

- а) 0,1 - 0,2 м/с - для категории работ Ia;
- б) 0,1 - 0,3 м/с - для категории работ Ib;
- в) 0,2 - 0,4 м/с - для категории работ Pa;
- г) 0,2 - 0,5 м/с - для категорий работ Pb и П.

При использовании спецодежды для защиты от вредных факторов среды, материалы которой ухудшают теплообмен организма с окружающей средой (низкая воздухо- и паропроницаемость  $< 50 \text{ дм}^3/\text{м}^2$  и  $< 40 \text{ мг}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$  соответственно, низкая гигроскопичность  $< 7\%$ ), величины температуры воздуха, соответствующие верхней границе допустимых значений в теплый период года, должны быть снижены на 2 °С.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих на рабочих местах от производственных источников (материалов, изделий и прочего), нагретых до температуры не более 600 °С, приведены в таблице 2.3.

Таблица 3

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников, нагретых до температуры не более 600 °С

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более
50 и более	35
25 - 50	70
не более 25	100

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от источников излучения, нагретых до температуры более 600 °С (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и другие), не должны превышать 140 Вт/м<sup>2</sup>. При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела с обязательным использованием средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать, в зависимости от категории работ, следующих величин:

- а) 25 °С - при категории работ Ia;
- б) 24 °С - при категории работ Ib;
- в) 22 °С - при категории работ Pa;
- г) 21 °С - при категории работ Pb;
- д) 20 °С - при категории работ П.

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины параметров микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу, условия микроклимата следует рассматривать как вредные и опасные.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия, направленные на нормализацию теплового состояния организма работающего (спецодежда, средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха с нормируемыми показателями микроклимата, регламентация времени непрерывного пребывания в неблагоприятном микроклимате).

При температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин время пребывания работников (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено (см. табл. 4 и 5).

Таблица 4

Допустимая продолжительность пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч		
	Iа - Iб	IIа - IIб	III
32,5	1	-	-
32,0	2	-	-
31,5	2,5	1	-
31,0	3	2	-
30,5	4	2,5	1
30,0	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29,0	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28,0	8	6	5
27,5	-	7	5,5
27,0	-	8	6
26,5	-	-	7
26,0	-	-	8

Среднесменная температура воздуха ( $T_B$ ) рассчитывается по формуле:

$$T_B = \left[ \sum_1^n t_{B_i} \cdot \tau_i \right] / 8,$$

где  $t_{B_1}, t_{B_2} \dots t_{B_n}$  - температура воздуха на соответствующих участках рабочего места, °С;

$\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  - время (ч) выполнения работы на соответствующих участках рабочего места; 8 - продолжительность рабочей смены, ч.

При этом остальные показатели микроклимата (относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, температура поверхностей, интенсивность теплового облучения) на рабочих местах должны быть в пределах допустимых величин, установленных СанПиН 2.2.4.3359-16.

Таблица 5

Допустимая продолжительность пребывания на рабочих местах при температуре воздуха ниже допустимых величин

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

Для оценки сочетанного воздействия параметров микроклимата в целях осуществления мероприятий по защите работающих от возможного перегревания используется ТНС-индекс (индекс тепловой нагрузки среды), нормативные величины которого приведены в табл. 6.

Таблица 6

Допустимые величины ТНС-индекса

Категория работ по уровню энерготрат	Величины ТНС-индекса, °С
Ia (до 139)	22,2 - 26,4
Iб (140 - 174)	21,5 - 25,8

Па (175 - 232)	20,5 - 25,1
Пб (233 - 290)	19,5 - 23,9
Пв (более 290)	18,0 - 21,8

#### Алгоритм определения ТНС-индекса

ТНС-индекс определяется на основе величин температуры смоченного термометра аспирационного психрометра ( $t_{вл.}$ ) и температуры внутри зачерненного шара ( $t_{ш.}$ ). Допускается определять температуру ( $t_{вл.}$ ) путем прямого измерения температуры и относительной влажности воздуха с последующим использованием психрометрических формул.

Температура внутри зачерненного шара измеряется датчиком, помещенным в центр зачерненного полого шара;  $t_{ш.}$  отражает влияние температуры воздуха, температуры поверхностей и скорости движения воздуха. Зачерненный шар должен иметь диаметр 90 мм, минимально возможную толщину и коэффициент поглощения 0,95. Точность измерения температуры внутри шара  $\pm 0,5$  °С.

ТНС-индекс рассчитывается по уравнению:

$$ТНС = 0,7t_{вл.} + 0,3t_{ш.}$$

ТНС-индекс рекомендуется использовать для интегральной оценки тепловой нагрузки среды на рабочих местах, на которых скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с, а интенсивность теплового облучения - 1 200 Вт/м<sup>2</sup>.

Фактор тепловой радиации оказывает существенное влияние на формирование теплового состояния организма человека, что в конечном итоге вызывает ощущение дискомфорта даже в тех условиях, когда температура воздуха, его относительная влажность и скорость движения находятся в пределах нормируемых величин. С этой целью рекомендуется использовать метод результирующей температуры  $^{\circ}PT$  для характеристики условий комфортного микроклимата жилых, общественных и служебных помещений в тёплый и холодный период года, также как и ТНС-индекс, позволяет учесть комплексное физиологическое действие на организм человека сразу нескольких параметров микроклимата. Нормирование по результирующей температуре  $^{\circ}PT$  представлено в табл. 7.

Таблица 7

Нормируемые значения результирующей температуры ( $^{\circ}PT$ ) для помещений, оборудуемых системами кондиционирования воздуха

Наименование помещений	$^{\circ}PT$	
	Теплый период	Холодный период
Жилые, общественные и медицинские	24,1	19,2
Служебные, административные, хозяйственные, лаборатории	20,5	19,8
Центральный пульт управления (ЦПУ)	23,2	18,0

Системами кондиционирования воздуха должны быть оборудованы все жилые, общественные, служебные помещения и т.д., если температура воздуха в них в летний период превышает 25 °С.

### 3. Задание

**По заданному нормой комплексному значению определить составляющие параметры микроклимата**

Для расчета составляющих параметров микроклимата следует пользоваться методикой, приведенной в прил. 1 методических указаний. При этом отдельные параметры микроклимата, составляющие результирующую температуру в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4.3359, принимаются в следующих пределах:

- относительная влажность воздуха  $50 \pm 10\%$  ( $\varphi >$ , %);
- скорость движения воздуха  $v = 0,15$  м/с (допускается до 0,5 м/с);
- показатель, характеризующий среднюю радиационную температуру (алгебраическую разность между температурой воздуха помещений и средней радиационной температурой ограждений  $\Delta t$ ), не должен превышать  $\pm(2 - 4)$  °С (значение средней температуры ограждений на практике берут из расчетов теплоизоляции помещений, а в данной практической работе ее значение задано в таблице вариантов);
- температура воздуха ( $t_c$  - конвекционная) определяется по номограмме из комплексного значения норм в °PT с учетом расчетного значения радиационной температуры и принимаемых величин влажности и подвижности воздуха.

Данные для расчета составляющих параметров микроклимата приведены в табл. 8 и зависят от номера варианта. Нормы результирующих температур °PT приведены в табл. 7.

Пользуясь методикой определения составляющих параметров микроклимата для заданного варианта по номограмме (рис. 1) определить конвекционную температуру воздуха  $t_c$ . Данные расчета свести в протокол № 1.

Протокол № 1

Наименование помещения	$\varphi$ , %	$v$ , м/с	Тёплый период			Холодный период		
			$\Delta t$	°PT	$t_c$	$\Delta t$	°PT	$t_c$

Таблица 8

**Данные для расчёта составляющих параметров микроклимата**

№ вар.	Наименование помещения	$v$ , м/с	$\varphi$ , %	$\Delta t$ , °С	
				Тёплый	Холодный
0	Жилое	0,15	40	+2	-2

1	Жилое	0,2	50	+4	-4
2	Библиотека	0,15	60	+3	-3
3	Библиотека	0,2	50	+2	-2
4	Столовая	0,3	40	+4	-4
5	Столовая	0,15	60	+2	-2
6	Цех	0,3	40	+4	-4
7	Цех	0,2	60	+2	-2
8	ЦПУ	0,15	40	+3	-3
9	ЦПУ	0,15	50	+4	-4

### Методика определения составляющих параметров микроклимата по заданному нормой значению результирующей температуры

Определение метеорологических параметров микроклимата по заданному нормами значению  $^{\circ}PT$  при расчетах систем кондиционирования воздуха производится с помощью "Номограммы результирующих температур ...", приведенной на рис. 1, в следующем порядке:

а) на линии принятой скорости движения воздуха шкалы III номограммы отмечаем точку, соответствующую значению нормируемой величины  $^{\circ}PT$ ;

б) прямую линию, фиксированную у этой точки, перемещаем по одной из веерных горизонтальных линий шкалы V, соответствующей величине принятой относительной влажности воздуха, до совпадения значений температуры по шкале II и шкале V. Полученное значение температуры на шкале II является промежуточной величиной  $N$ ;

в) на шкале IV откладываем значение полученной из расчетов теплоизоляции (см. табл.8) разницы  $\Delta t$  между средней радиационной температурой ограждений и конвекционной температурой воздуха  $\Delta t = (Rt - tc)$ . Точку, соответствующую величине ( $\Delta t$ ), соединяем прямой с принятым значением скорости движения воздуха на шкале I и на пересечении этой прямой со шкалой II определяем поправку на тепловую радиацию  $\delta t$ .

г) искомая конвекционная температура воздуха ( $tc$ ) в кондиционируемом помещении соответствует сумме или разности промежуточной величины и поправки на тепловую радиацию ( $tc = N \pm \delta t$ ) в зависимости от соотношения температуры ограждений и  $tc$  воздуха, полученного в расчетах тепловой изоляции. Поправка на тепловую радиацию ( $\delta t$ ) добавляется к промежуточной величине  $N$ , когда температура ограждений ниже температуры воздуха, и вычитается в случае, когда температура ограждений выше температуры воздуха в помещении;

д) полученное значение  $tc$  можно изменить, варьируя величиной относительной влажности, подвижности воздуха, значений  $\Delta t$ , принятых в пределах, установленных нормами.

Например, требуется определить  $tc$  для расчета системы кондиционирования воздуха в помещении, предназначенного к эксплуатации в тёплый период года.

Принимаем:  $\varphi = 60\%$ ,  $v = 0,15$  м/с. Заимствуем из расчета теплоизоляции:  $\Delta t = + 4$ .

На шкале III номограммы откладываем значение нормы микроклимата в тёплый период года ( $23,2^{\circ}PT$ ) на линии принятой скорости движения воздуха  $0,15$  м/с. Вращая линейку вокруг заданного значения  $^{\circ}PT$ , добиваемся максимального совпадения

температуры на шкале V (на пересечении вертикальной линии с горизонтальной линией принятой относительной влажности - 60 %) и шкале П.

Промежуточная величина  $N$  оказалась равной 26,0. На шкале IV откладываем величину разности между средней температурой ограждений и температурой воздуха  $\Delta t = +4$ . Найденную точку соединяем прямой с принятым значением скорости движения воздуха 0,15 м/с на шкале I и на пересечении этой прямой со шкалой II определяем поправку на тепловую радиацию  $\delta t = +2$ . Искомая конвекционная температура ( $t_c$ ) равна  $26,0 - 2,0 = 24,0$  °.

Требуется определить  $t_c$  для расчета системы кондиционирования в помещении, предназначенной для эксплуатации в холодный период года. Принимаем:  $\varphi = 50$  %;  $v = 0,15$  м/с. Заимствуем из расчета теплоизоляции:  $\Delta t = -4$ . Имея норматив 18,0 °PT, пользуясь аналогичными приемами, находим промежуточную величину, равную 20,5°. Затем находим значение поправки на тепловую радиацию  $\delta t = 2,0$ . Суммируем эти две величины. Искомая конвекционная температура равна 22,5 °С.

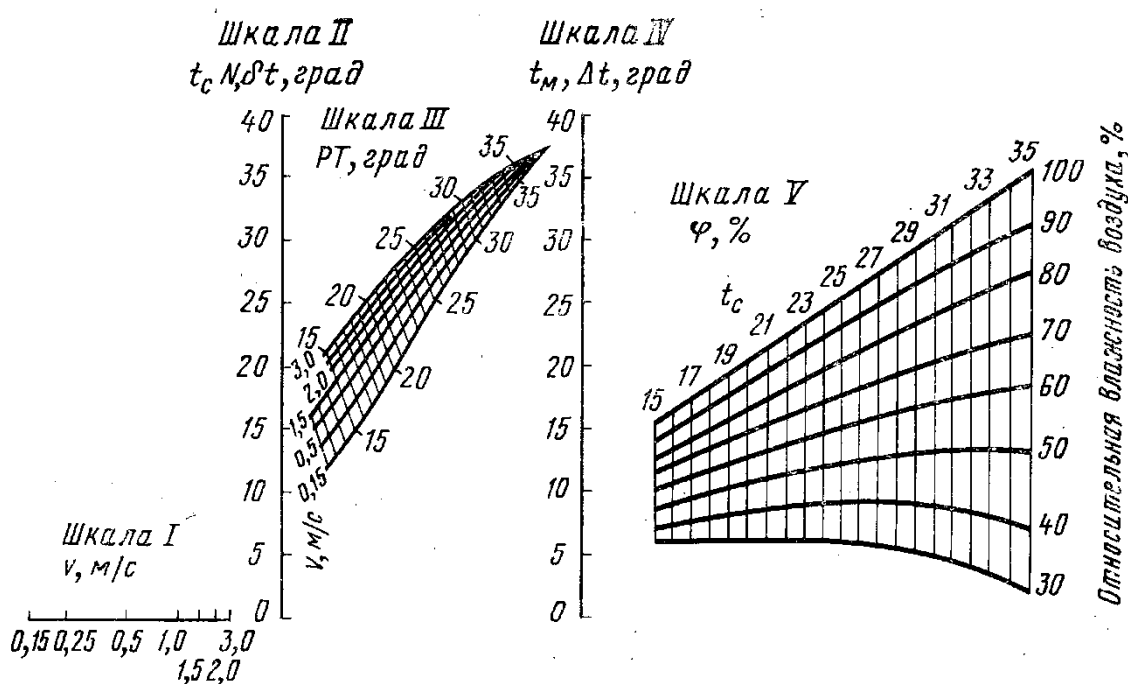


Рис. 1. Номограмма для определения расчётных параметров воздуха в помещениях по заданным результирующим температурам

#### 4. Контрольные вопросы

1. Какие параметры характеризуют микроклимат в рабочих помещениях?
2. Какое влияние на самочувствие человека оказывают понижение и повышение температуры и влажности воздуха?
3. Как влияет на самочувствие человека скорость движения воздуха? Как она замеряется?
4. Каковы оптимальные параметры микроклимата в рабочей зоне и от чего они зависят?
5. Как устроен и как работает аспирационный психрометр?
6. Что такое абсолютная и относительная влажность воздуха?
7. В чем заключается принцип действия бытового кондиционера?
8. Совпадают ли фактические параметры воздуха с оптимальными и допустимыми?
9. Какими должны быть параметры микроклимата в помещении с избытком тепла,

если температура окружающей среды 25 °С?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### Эффективность и качество освещения

#### 2.1. Общие сведения

*Освещение* - получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Оно влияет на настроение и самочувствие, определяет эффективность труда.

Рациональное освещение помещений и рабочих мест - одно из важнейших условий создания благоприятных и безопасных условий труда.

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

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

#### 2.1.1. Светотехнические характеристики освещения

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

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

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

*Сила света  $I_a$*  - пространственная плотность светового потока:

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

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

*Освещенность* - поверхностная плотность светового потока, люкс (лк):

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

где:  $dS$  - площадь поверхности ( $\text{м}^2$ ), на которую падает световой поток  $dF$ . *Яркость  $B$*  - поверхностная плотность силы света в заданном направлении. Яркость, являющаяся характеристикой светящихся тел, равна отношению силы света в каком-либо направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению.

$$B = I_a / dS \cdot \cos \alpha, \quad (3),$$

где  $I_a$  - сила света, кд;  $dS$  - площадь излучающей поверхности,  $\text{м}^2$ ;  $\alpha$  - угол между направлением излучения и плоскостью, град.

Единицей измерения яркости является  $\text{кд}/\text{м}^2$ , это яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света в 1 кд с площади  $1 \text{ м}^2$ .

### 2.1.2. Естественное освещение

Освещенность показывает, какая часть светового потока приходится на единицу площади, и измеряется в люксах (лк). Согласно СНиП 23-05-95 «Строительные нормы и правила. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» наименьшая допустимая освещенность нормируется в зависимости от разряда зрительных работ, фона, зоны и системы освещения (таблица 2; 3).

Естественное освещение подразделяется на *боковое, верхнее и комбинированное* (сочетание бокового с верхним). Боковое освещение помещений осуществляется через световые проемы в наружных стенах, а верхнее - через фонари (световые проемы различной конструкции в покрытии здания).

Для освещения может применяться также и совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Естественное освещение нормируется относительной величиной -коэффициентом естественной освещенности (%), поскольку уровень ее изменяется в течение короткого времени в зависимости от положения солнца.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) представляет собой отношение естественной освещенности в данной точке внутри помещения  $E_{ВН}$  к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности  $E_{Н}$ , создаваемой рассеянным светом полностью открытого небосвода и рассчитывается по формуле:

$$e = \frac{E_{ВН}}{E_{Н}} \cdot 100 \%,$$

где  $e$  – коэффициент естественной освещенности (КЕО), %;  $E_{ВН}$  – освещенность в точке внутри помещения, лк;  $E_{Н}$  – освещенность наружная на горизонтальной поверхности, лк.

Характеристикой светотехнического качества помещения является график изменения значения КЕО в характерном разрезе помещения, перпендикулярном плоскости оконных проемов. Для оценки освещенности помещений с нормированными значениями КЕО сравнивают следующим образом: при одностороннем боковом освещении значения КЕО на расстоянии 1 м от стены, противоположной окнам; при двустороннем боковом освещении –  $e_{баз}$  (в середине сечения); при верхнем освещении –  $e_{ср}$ . В помещениях, для которых определяется КЕО, указывается характерный разрез здания и на линии выбирается базовая точка. Один люксметр располагают в базовой точке, другой - на открытом месте вне помещения. По сигналу наблюдатели одновременно делают отчеты по люксметру. Число повторных отсчетов для определения КЕО должно быть не менее 10:

$$e_{баз} = \frac{\sum E_{баз}}{\sum E_{н}} \cdot 100 \%,$$

где  $\sum E_{н}$ ,  $\sum E_{баз}$ , - суммарные результаты освещенности по числу отсчетов соответственной в базовой точке и на открытом месте, лк.

Для определения КЕО в любой точке помещения один из наблюдателей остается в базовой точке, а второй устанавливает люксметр в точке, где необходимо определить КЕО, и одновременно производит измерение освещенности.

### 2.1.3. Искусственное освещение

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

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

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

*Комбинированное* освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, а также при необходимости создания в процессе работы определенной направленности светового потока. *Местное* освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним участках. Оно может быть стационарным и переносным. Применение только местного освещения в производственных помещениях запрещается, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными местами утомляет зрение, замедляет скорость работы и нередко является причиной несчастных случаев.

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

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

*Аварийное* освещение в помещениях и на местах производства работ необходимо предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса или работы объектов жизнеобеспечения. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

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

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

#### **2.1.4. Источники искусственного освещения**

В качестве источников искусственного освещения применяются *лампы накаливания и газоразрядные лампы*.

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

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

Наибольшее применение в промышленности находят *газоразрядные лампы* низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления, называемые *люминесцентными*, содержат стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором, наполненную дозированным количеством ртути (30-80 мг) и смесью инертных газов под давлением около 400 Па. На противоположных концах внутри

трубки размещаются электроды, между которыми, при включении лампы в сеть, возникает газовый разряд, сопровождающийся излучением преимущественно в ультрафиолетовой области спектра. Это излучение, в свою очередь, преобразуется люминофором в видимое световое излучение. В зависимости от состава люминофора люминесцентные лампы обладают различной цветностью.

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

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

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

### 2.1.5. Нормирование искусственного освещения

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливается в зависимости от характеристики зрительной работы и регламентируется строительными нормами и правилами СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение".

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

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

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

*Контраст* объекта различения с фоном ( $K$ ) определяется отношением абсолютной величины разности яркостей объекта  $B_o$  и фона  $B_\phi$  к наибольшей из этих двух яркостей. Контраст считается большим при значениях  $K$  более 0,5; средним - при значениях  $K$  от 0,2 до 0,5; малым - при значениях  $K$  менее 0,2.

В соответствии со СНиП 23-05-95 все зрительные работы делятся на 8 разрядов в зависимости от размера объекта различения и условий зрительной работы. Допустимые значения наименьшей освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях в соответствии со СНиП 23-05-95 приведены в Приложении 1. (В зарубежных нормах размер объекта различения часто указывают в угловых минутах).

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

$$K_n = (E_{\max} - E_{\min}) / 2E_{\text{ср}} - 100\% \quad (4),$$

где:  $E_{\max}$  - максимальное значение пульсирующей освещенности на рабочей поверхности;

$E_{\min}$  - минимальное значение пульсирующей освещенности;

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

Пульсации освещенности на рабочей поверхности не только утомляют зрение, но и могут вызывать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта за счет появления стробоскопического эффекта. *Стробоскопический эффект* - кажущееся изменение или прекращение движения объекта, освещаемого светом, периодически изменяющимся с

определенной частотой. Например, если вращающийся белый диск с черным сектором освещать пульсирующим световым потоком (вспышками), то сектор будет казаться неподвижным при частоте  $f_{\text{ВСП}} = f_{\text{ВРАЩ}}$ , медленно вращающимся в обратную сторону при  $f_{\text{ВСП}} > f_{\text{ВРАЩ}}$  медленно вращающимся в ту же сторону при  $f_{\text{ВСП}} < f_{\text{ВРАЩ}}$ , где  $f_{\text{ВСП}}$  и  $f_{\text{ВРАЩ}}$  соответственно частоты вспышек и вращения диска. Пульсации освещенности на вращающихся объектах могут вызывать видимость их неподвижности, что в свою очередь, может явиться причиной травматизма.

Значение  $K_n$  меняется от нескольких процентов (для ламп накаливания) до нескольких десятков процентов (для люминесцентных ламп). Малое значение  $K_n$  для ламп накаливания объясняется большой тепловой инерцией нити накала, препятствующей заметному уменьшению светового потока  $F_{\text{ЛН}}$  ламп в момент перехода мгновенного значения переменного напряжения сети через 0 (Рис.1). В то же время газоразрядные лампы обладают малой инерцией и меняют свой световой поток  $F_{\text{ЛН}}$  почти пропорционально амплитуде сетевого напряжения (Рис.1).

Для уменьшения коэффициента пульсации освещенности  $K_n$  люминесцентные лампы включаются в разные фазы трехфазной электрической сети. Это хорошо поясняет нижняя кривая на рис. 1, где показан характер изменения во времени светового потока (и связанной с ним освещенности), создаваемого тремя люминесцентными лампами  $3F_{\text{ЛЛ}}$ , включенными в фазу А и в три различные фазы сети. В последнем случае за счет сдвига фаз на  $1/3$  периода провалы в световом потоке каждой из ламп компенсируются световыми потоками двух других ламп, так что пульсации суммарного светового потока существенно уменьшаются. При этом среднее значение освещенности, создаваемой лампами, остается неизменным и не зависит от способа их включения.

В соответствии со СНиП 23-05-95 коэффициент пульсации освещенности  $K_n$  нормируется в зависимости от разряда зрительных работ с сочетанием с показателем ослепленности  $P$ :

$$P = (s-1) \cdot 10^3, \quad (5)$$

где  $s$  - коэффициент ослепленности, определяемый как:

$$s = (\Delta B_{\text{нор}})_s / \Delta B_{\text{нор}}, \quad (6)$$

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

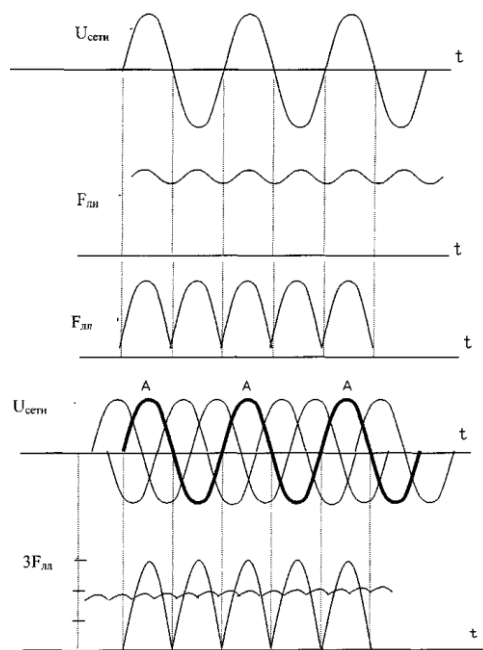


Рис. 1

На освещенность рабочих поверхностей в производственном помещении влияют отражение и поглощение света стенами, потолком и другими поверхностями, расстояние от светильника до рабочей поверхности, состояние излучающей поверхности светильника, наличие светофильтра и т.д. Вследствие этого полезно используется лишь часть светового потока, излучаемого источником света.

### 2.1.6. Коэффициент использования осветительной установки

Расчет искусственного освещения предусматривает: выбор типа источника света, системы освещения и светильника, проведение светотехнических расчетов, распределение светильников и определение потребляемой системой освещения мощности. Величина, характеризующая эффективность использования источников света, называется *коэффициентом использования светового потока или коэффициентом использования осветительной установки* ( $\eta$ ) и определяется как отношение фактического светового потока ( $F_{факт}$ ) к суммарному световому потоку ( $F_{лампы}$ ) используемых источников света, определенному по их номинальной мощности в соответствии с нормативной документацией:

$$\eta = F_{факт} / F_{лампы} \quad (7)$$

Значение фактического светового потока  $F_{факт}$  можно определить по результатам измерений в помещении средней освещенности  $E_{ср}$  по формуле:

$$F = E_{ср} \cdot S \quad (8),$$

где:  $S$  — площадь помещения, м<sup>2</sup>.

При проектировании освещения для оценки светового потока  $F_{факт}$  используется формула:

$$P_{факт} = E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z \quad (9),$$

где:  $E$  - нормируемая освещенность, лм (Приложение 1),  $K_3$  — коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников (обычно  $K_3$  - 1,3 для

ламп накаливания и 1,5 для люминесцентных ламп).  $Z$  -коэффициент неравномерности освещения (обычно  $Z = 1,1 - 1,2$ ).

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

$$B_{отр} = E \cdot \rho / \pi \quad (10),$$

где  $E$  — освещенность поверхности.

## Задание 2.2

### Исследование естественного освещения

**Цель и значение работы.** Измерить и оценить освещенность рабочих мест и помещений. Опыт оценки освещенности потребуется при проектировании и улучшении организации работы производств, цехов, рабочих мест, устройства их освещения в соответствии с санитарными нормами.

**Задание.** Измерить естественную освещенность на основных рабочих местах. Построить характеристику освещенности помещения. Оценить естественную освещенность помещения (лаборатории).

**Базовый материал.** Для выполнения работы студент должен знать, что такое свет, основные его характеристики: освещенность, яркость, сила света, световой поток и т.п. Влияние освещенности на производительность и безопасность деятельности человека, классификацию освещенности.

**Приборы и оборудование.** Люксметр-пульсаметр БЖ1/1м (типа Ю-116). Приспособления для определения величины загрязнения стекол и отражающей способности поверхностей. Рулетка.

Для измерения освещенности служат люксометры. Принцип их действия основан на явлении фотоэффекта, т.е. на трансформации световой энергии в электрическую. Принципиальная схема люксметра показана на рис. 2.

В настоящей работе используют люксметр-пульсаметр БЖ 1/1м. Прибор состоит из измерителя и отдельного фотоэлемента с насадками. Прибор имеет две шкалы: 0-100 и 0-30 лк, на каждой из которых точками отмечено начало диапазона измерений.

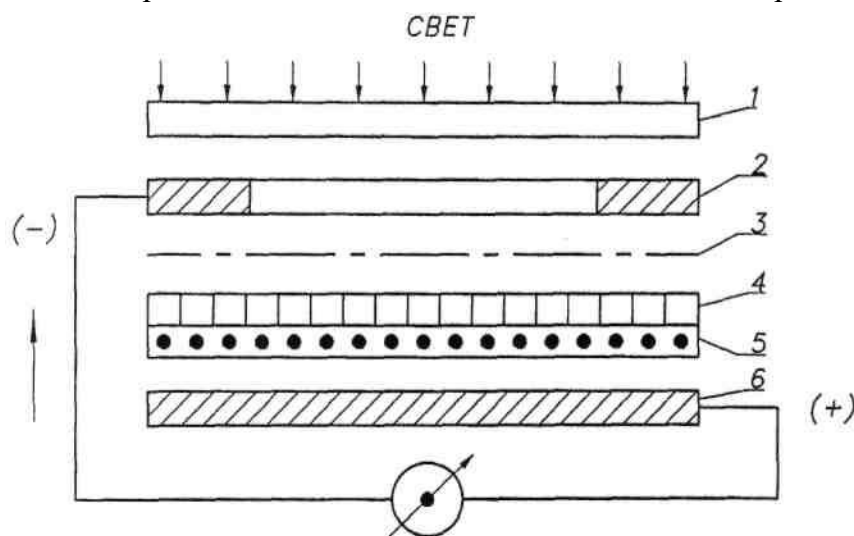


Рис. 2. Схема люксметра-пульсаметра: 1 - светофильтр, 2 - металлическая рамка (кольцо), 3 - прозрачный слой золота, 4 - прозрачный запирающий слой, 5 - слой

селена, 6 - стальная пластинка, 7 – гальванометр

Переключение шкал осуществляется кнопками. Для уменьшения косинусной погрешности применяется насадка на фотоэлемент, представляющей собой полусферу из белой светорассеивающей пластмассы. Для расширения пределов измерения имеется три поглотителя с коэффициентом ослабления 10, 100 и 1000. Прибор не терпит ударов и сотрясений. Если люксметр находился при отрицательных температурах и внесен в теплое помещение, начинать работу следует через 2-3 ч. При замере освещенности датчик ставят на рабочую поверхность в горизонтальное положение. Замеры начинают с наибольшей освещенности, т.е. ставят поглотители на 1000, а затем на 100 и далее и фиксируют сначала на правую кнопку шкалы 0-100, а затем на левую. Значения указателя прибора умножают на коэффициент поглотителя.

**При эксплуатации следует оберегать фотоэлемент от излишней освещенности!**

### *Порядок выполнения работы*

1. Замерить естественную освещенность на рабочих местах, определить КЕО.
2. Построить график изменения освещенности по характерному разрезу помещения. Найти  $e_{\text{баз}}$  на расстоянии 1 м от стены и сравнить с нормами. Решить, какой разряд зрительной работы можно производить в оцениваемом помещении. При определении  $e_i$  (КЕО в каждой точке через 1 м от стены, %) замерить одновременно  $E_n$  и  $E_{\text{баз}}$  в люксах и рассчитать по формулам.
3. Составить отчет по исследованию естественной освещенности, который должен включать элементы методики и показатели наружной освещенности (лк), освещенности в точках графика изменения ее по характерному разрезу помещения, значение КЕО и выводы.

## **Задание 2.3**

### **Исследование источников искусственного освещения**

**Цель работы** - изучение количественных и качественных характеристик освещения; оценка влияния типа светильника и цветовой отделки интерьера помещения на освещенность и коэффициент использования светового потока.

#### **2.3.1 Содержание работы**

Измерить освещенность, создаваемую различными источниками света и сравнить с нормируемыми значениями. По измеренным значениям освещенности определить коэффициент использования осветительной установки. Измерить и сравнить коэффициенты пульсаций освещенности, создаваемой различными источниками света, оценить зависимость коэффициента пульсаций освещенности от способа подключения ламп к фазам трехфазной сети.

#### **2.3.2. Описание лабораторной установки**

Лабораторная установка состоит из макета производственного помещения, оборудованного различными источниками искусственного освещения, и люксметра-пульсметра для измерения значений освещенности и коэффициента её пульсаций. Макет и люксметр-пульсметр устанавливаются на стол лабораторный.

Внешний вид макета представлен на рис.2. Макет имеет каркас 1 из алюминиевого профиля, пол 2, потолок 3, боковые стенки 4, заднюю стенку и переднюю стенку 5. На

заднюю и боковые стенки внутри макета помещения могут устанавливаться накладки темного цвета, которые фиксируются с помощью магнитных защелок.

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

В передней нижней части каркаса 1 предусмотрен проем для установки накладок и измерительной головки 6 люксметра-пульсметра 7 внутрь каркаса.

На полу 2 размещен вентилятор 8 для наблюдения стробоскопического эффекта и охлаждения ламп в процессе работы.

На потолке 3 размещены 7 патронов, в которых установлены две лампы накаливания 9, три люминесцентные лампы 10 типа КЛ9, галогенная лампа 11 и люминесцентная лампа 12 типа СКЛЭН с высокочастотным преобразователем. Вертикальная проекция ламп отмечена на полу 2 цифрами, соответствующими номерам ламп на лицевой панели макета.

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

На передней панели каркаса (рис.3) расположены органы управления и контроля, в том числе:

- лампа индикации включения напряжения сети;
- переключатель для включения вентилятора;
- ручка регулирования частоты вращения вентилятора;
- переключатели (1-7) для включения ламп.

Электропитание ламп накаливания и люминесцентных ламп осуществляется от разных фаз. Схема позволяет включать отдельно каждую лампу с помощью соответствующих переключателей, расположенных на передней панели каркаса (рис.3).

На задней панели каркаса расположен автомат защиты сети и сдвоенная розетка с напряжением 220 В для подключения измерительных приборов.

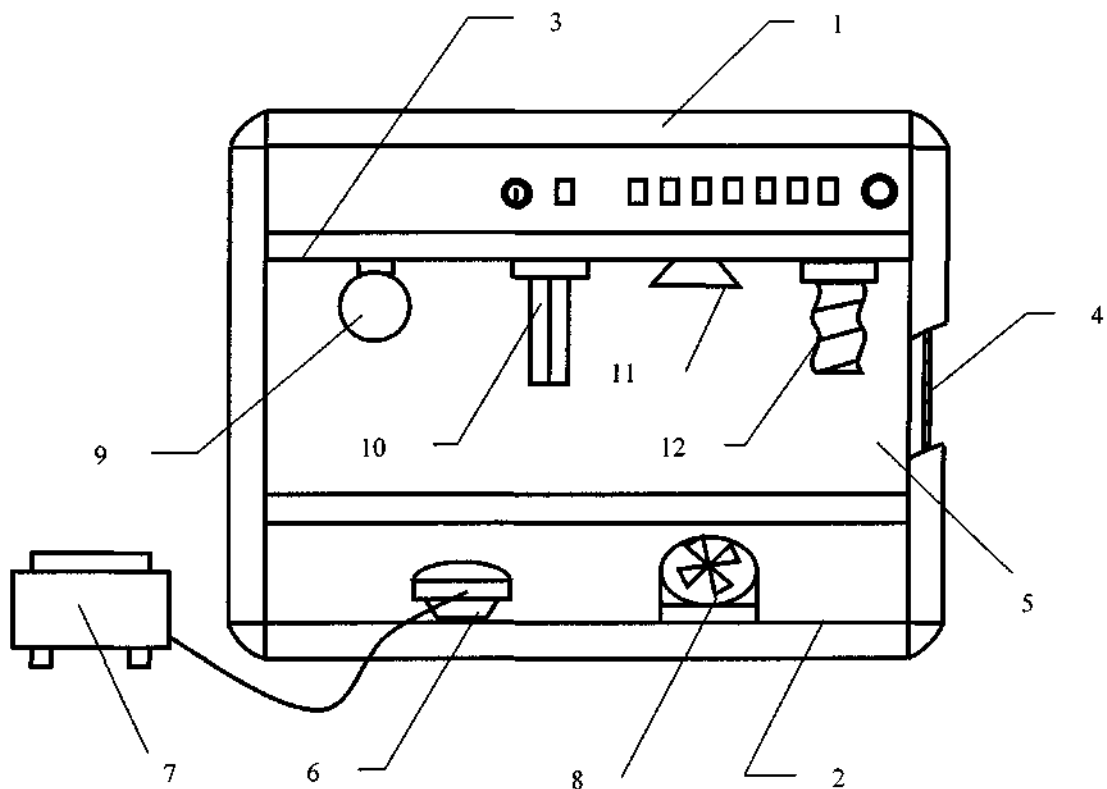


Рис. 2

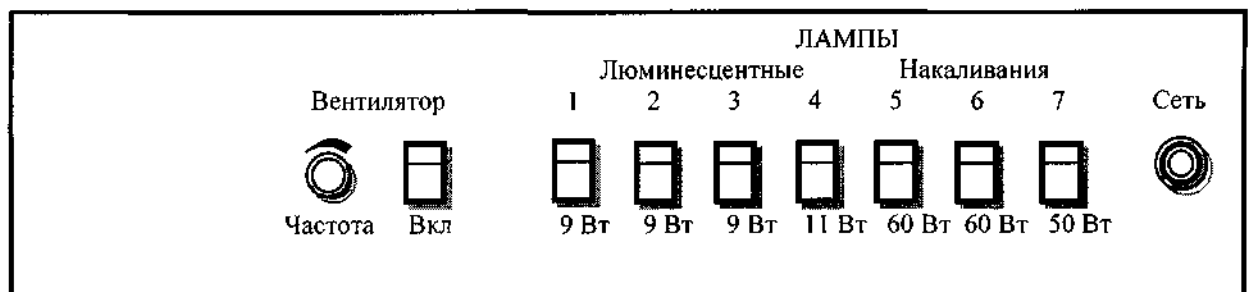


Рис.3

Люксметр-пульсаметр содержит корпус 1 (рис.4), на лицевой панели которого расположен стрелочный индикатор 2, переключатель 3 режима измерения (освещенность Е - коэффициент пульсации  $K_p$ ), переключатель 4 диапазона измерения (100 - 30) и переключатель 5 включения напряжения сети со встроенным индикатором. На задней стенке корпуса 1 закреплен сетевой шнур 6 с вилкой и держатель 7 предохранителя. В качестве приемника светового потока используется измерительная головка 8 с насадками 9. При выключенном питании прибор работает как люксметр (Ю-116) и позволяет измерять освещенность в диапазоне от 5 до 100000 лк. Выбор диапазона определяется насадками. В положении 100 переключателя 4 диапазона измерения с насадками К и М измеряется освещенность до 1000 лк, с насадками К и Р - до 10000 лк и с насадками К и Т - до 100000 лк. В положении 30 переключателя диапазона измерения с этими же насадками измеряется освещенность до 300 лк, 3000 лк и 30000 лк, соответственно.

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

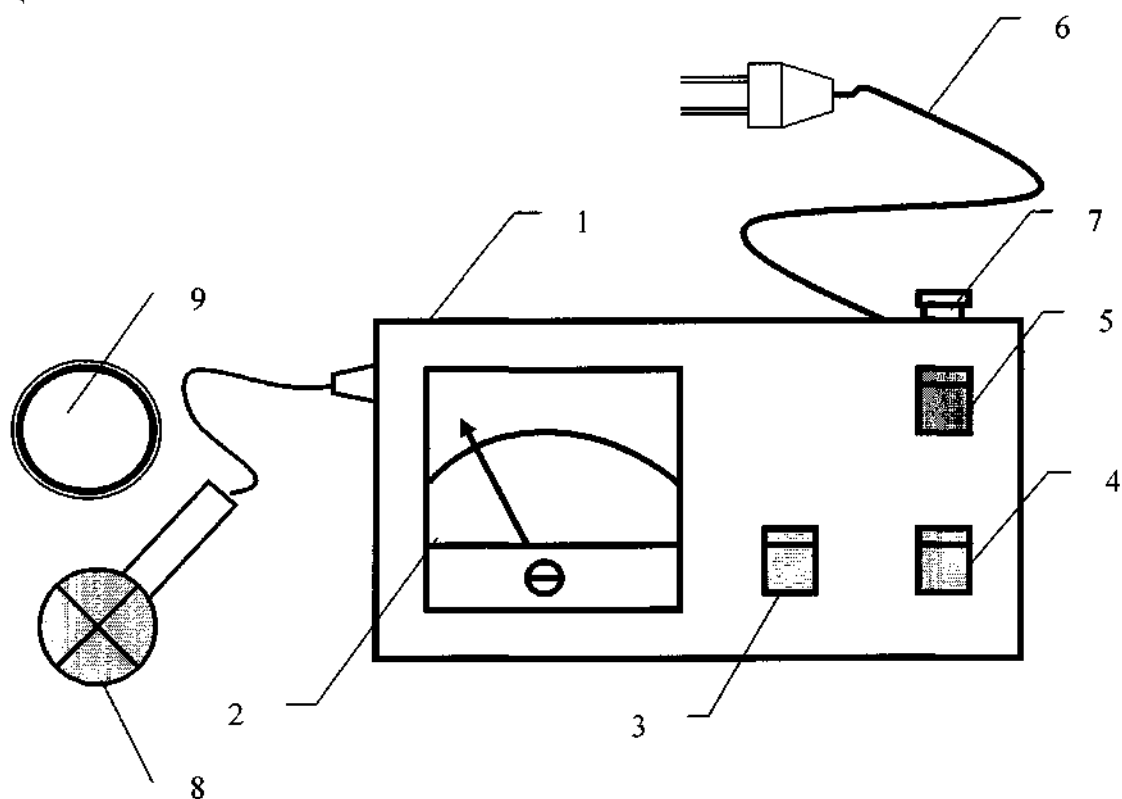


Рис.4

### 2.3.3. Требования безопасности при выполнении практической работы

К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством установки, принципом действия и мерами безопасности при проведении работы.

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

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

### 2.3.4 Порядок проведения практической работы

Установить на стенки макета производственного помещения накладки темного цвета.

#### **ВНИМАНИЕ!**

При установке накладок соблюдать осторожность, чтобы не повредить баллоны ламп на потолке модели помещения.

*При эксплуатации следует оберегать фотозлемент от излишней освещенности!*

Включить установку с помощью автомата защиты, находящимся на задней панели каркаса.

Включить лампы (выбор ламп производится по заданию преподавателя).

Произвести измерение освещенности с помощью люксметра-пульсметра не менее чем в пяти точках макета производственного помещения (в центре и углах пола), определить среднее значение освещенности  $E_{cp}$ .

Убрать наклейки. **ВНИМАНИЕ!**

**При извлечении накладок, особенно на задней стенке, соблюдать осторожность, чтобы не повредить баллоны ламп на потолке модели помещения.**

Произвести измерение освещенности не менее чем в пяти точках макета производственного помещения, определить среднее значение освещенности.

Сравнить полученные в результате измерений значения освещенности с допустимыми значениями освещенности, приведенными в табл. 2; 3 (разряд зрительных работ принять по указанию преподавателя).

По результатам измерений освещенности для варианта с темной и светлой окраской стен вычислить значение фактического светового потока  $F_{факт}$  по формуле:

$$F = E_{cp} \cdot S$$

где  $E_{cp}$  - среднее значение освещенности;  $S$  - площадь макета помещения, м.

Вычислить коэффициент использования осветительной установки  $\eta$  для варианта с темной и светлой окраской стен по формуле (7). Суммарный световой поток  $P_{лампы}$  выбрать по номинальной мощности для каждого типа ламп по табл.1.

Таблица 1

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

\* после минимальной продолжительности горения (2000 часов)

Повторить измерения для другого типа ламп.

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

С помощью люксметра-пульсметра измерить коэффициент пульсации освещенности при включении одной лампы накаливания, а затем - при включении одной люминесцентной лампы типа КЛ9. Сравнить полученные значения.

Измерить и сравнить между собой коэффициенты пульсации освещенности при включении одной люминесцентной лампы, затем - двух и наконец, при включении трех люминесцентных ламп типа КЛ9. (Следует учесть, что люминесцентные лампы включены в три различные фазы трехфазной сети, поэтому измерительную головку люксметра-пульсметра необходимо располагать в геометрическом центре системы включенных ламп).

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

Выключить стенд. Составить отчет о работе.

Таблица 2

## Нормы освещенности

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта, различение с фоном	Характеристика фона	искусственное		естественное		совмещенное			
						освещение							
						Освещенность Б, лк		КЕО е <sub>н</sub> , %					
						При комбинированном освещении	При общем освещении	При верхнем или верхнем и боковом	при боковом освещении		При верхнем или верхнем и боковом	при боковом освещении	
В зоне с устойчивым снежным	На остальной территории	В зоне с устойчивым снежным	На остальной территории										
Наивысшей точности	0,15	1	в	Малый средний Большой	Светлый средний Темный	2500	750	10	2,8	3,5	6	1,7	2,0
Очень высокой точности	0,15-0,3	2	в	Малый средний Большой	Светлый средний Темный	2000	500	7	2,0	2,5	4,2	1,2	1,5
Высокой точности	0,3-0,5	3	в	Малый средний Большой	Средний темный Темный	750	300	5	1,6	2,0	3	1	1,2
Средней точности	0,5-1	4	в	Малый средний Большой	Светлый средний Темный	400	200	4	1,2	1,5	2,4	0,7	0,9
Малой точности	1-5	5	в	Малый средний Большой	Светлый средний Темный		150	3	0,8	1,0	1,8	0,5	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса постоянно			а	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном			75	1	0,2	0,3	0,7	0,2	0,2

Таблица 3

## СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г-горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО е <sub>н</sub> , %		КЕО е <sub>н</sub> , %						
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	Освещенность, лк		Показатель дискомфорта М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более	
при комбинированном освещении	при общем освещении									
Административные здания (управления, конструкторские и проектные организации, научно-исследовательские учреждения и т.п.)										
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	400	200	300	40	15
Проектные залы и	Г-0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500	40	10

комнаты конструкторские, чертежные бюро											
13. Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г-0,8 Экран монитора: В-1,2	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400 200	15	10	
Банковские и страховые учреждения											
Операционный зал, кредитная группа, кассовый зал, помещения пересчета денег	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	15	10	
Серверная, помещения межбанковских электронных расчетов, электронная почта, помещения аппаратуры криптозащиты	Г-0,8							400	40	10	
Помещение алфавитно-цифровых печатающих устройств	Г-0,8				2,1	0,7	500	300		10	
Учреждения общего образования, начального, среднего и высшего специального образования											
Классные комнаты, кабинеты общеобразовательных школ, профессионально-технических учреждений	Рабочие столы и парты: Г-0,8 Середина доски: В-1,5 <*>	4,0	1,5	2,1	1,3			300 (500) <*> 500	40	10 10	
Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории в техникумах и высших учебных заведениях	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7			400	40	10	
Кабинеты информатики и вычислительной техники	Г-0,8 Экран дисплея: В-1	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400 200	15	10	
Прочие вспомогательные здания и помещения											
Санитарно-бытовые помещения:											
а) умывальные, уборные, курительные;	Г-0,0							75			
б) душевые, гардеробные	Г-0,0							50			
Вестибюли и гардеробные уличной одежды:											
а) в вузах, школах, общежитиях, гостиницах, при входах в крупные общественные здания;	Г-0,0			1,2	0,3			150	90		
б) в прочих общественных зданиях	Г-0,0							75			
Лестницы:											
а) главные, лестничные клетки, тамбуры;	Площадки, пол, ступени, Г-0,0							100			

б) остальные лестничные клетки, тамбуры	Площадки, пол, ступени, Г-0,0				0,1			50		
Коридоры и проходы:										
а) главные;	Г-0,0				0,1			75		
б) остальные коридоры	Г-0,0							50		

### Контрольные вопросы

1. Основные понятия и характеристики освещения и единицы измерения.
2. Гигиенические требования к производственному освещению.
3. Дайте понятие естественного, искусственного освещения и его нормирования.
4. Какие источники света применяются для искусственного освещения? Порядок расчета методом коэффициента использования.
5. Какие требования предъявляются к освещению рабочих мест и помещений?
6. Какие существуют системы освещения?
7. Каков принцип действия люксметра?
8. Что такое коэффициент естественного освещения?
9. Почему естественное освещение нормируется относительной величиной, а искусственное - абсолютной?
10. Что учитывается при выборе нормируемой величины освещенности?
11. Как оценивается естественное освещение и искусственное освещение рабочих мест и помещений?
12. Как влияет цвет окраски на отражающую способность поверхностей и как она оценивается?
13. Как влияет на освещенность рабочего места высота подвеса светильника, загрязненность остекления?
14. Визуально оценить освещенность рабочих мест в лаборатории.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

#### Средства обеспечения электробезопасности

**Описание стенда.** Стенд БЖС 6 (далее - стенд) предназначен для выполнения работ по анализу электробезопасности трехфазных электрических сетей переменного тока напряжением до 1000 В, оценке работоспособности устройства защитного отключения (УЗО) и эффективности действия защитного заземления и зануления.

Стенд позволяет моделировать источник питания сети, трехфазный потребитель электроэнергии, подключенный к сети с использованием УЗО, реагирующего на дифференциальный (остаточный) ток, два типа сети: трехфазную трехпроводную с изолированной нейтралью и трехфазную пятипроводную с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В. Лицевая панель стенда представлена на фото 1.

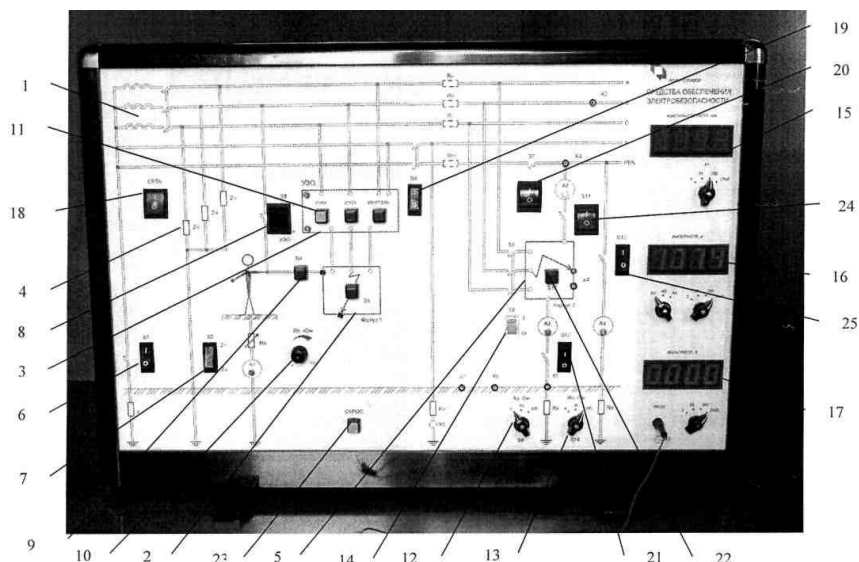


Фото 1.

Цветовыми оттенками панель условно разделена на 3 зоны. В левой и средней зонах размещены мнемосхемы исследуемых электрических цепей с органами управления и контроля их состояния, а в правой расположены цифровые контрольно-измерительные приборы с органами их управления.

Левая зона содержит изображение источника питания (трёхфазной сети) (поз. 1) с фазными и защитными проводниками, электропотребителя (корпус 1, поз. 2), устройства защитного отключения (УЗО) (поз. 3) и цепей, имитирующих прикосновение к фазным проводам. Реально существующие распределённые сопротивления изоляции фазных проводов относительно земли изображены на мнемосхеме в виде сосредоточенных сопротивлений (поз. 4).

Средняя зона содержит изображение электропотребителя (корпус 2) (поз. 5), а также цепей заземления и зануления.

На поле мнемосхемы рядом с изображениями элементов моделируемой сети размещены коммутационные элементы с соответствующими буквенно-цифровыми обозначениями, выполняющие следующие функции:

Ключ S1 (поз. 6) - заземление нейтрали "Ro". Предназначен для изменения режима нейтрали исследуемой сети: положение «O» - изолированная нейтраль; положение «I» - заземленная нейтраль. Значение сопротивления заземления нейтрали равно 4 Ом ;

Переключатель S2 (поз. 7) - изменение значений сопротивления изоляции фазных проводов - "Z1" и "Z2";

Ключ S3 (поз. 8) и кнопка S4 (поз. 9) - имитация прикосновения человека к токоведущим проводам;

Ручка регулятора "R<sub>h</sub>," (поз. 10) - изменение значений сопротивления системы (тело человека + опора);

Кнопки управления УЗО (поз. 11) - "Пуск". "Стоп", "Контроль";

Галетный переключатель S9 (поз. 12) - изменение значения сопротивления заземления - "R3";

Галетный переключатель S14 (поз. 13)- изменение значения сопротивления повторного заземления нейтрали – "R<sub>n</sub> ";

Включение автоматического выключателя - S8 (поз. 14).

Индикация токов и напряжений в моделируемой трёхфазной сети осуществляются встроенными цифровыми измерительными приборами.

Для измерения токов в цепи с человеком используется 4-х разрядный цифровой миллиамперметр (поз. 15) с диапазоном измерений от 0 до 2000 мА.

Для измерения напряжения используется 4-х разрядный цифровой вольтметр (поз. 16) с диапазоном измерений от 0 до 2000 В.

Для измерения токов в электрических цепях используется 4-х разрядный цифровой амперметр (поз. 17) с диапазоном измерений от 0 до 2000 А.

Стенд включается переключателем СЕТЬ (поз. 18). При этом включается внутренняя подсветка переключателя.

Переключатели S6 (поз. 19) и S7 (поз. 20) предназначены для подключения рабочего и защитного проводников нейтрали.

Ключ S12 (поз. 21) и кнопка S10 (поз. 22) предназначены для моделирования аварийного режима работы исследуемых сетей. Положение «0» ключа S12 соответствует нормальному режиму работы сети. При замкнутом ключе S12 и нажатой кнопке S10 моделируется замыкание фазного провода  $B$  на землю; при этом сопротивление растеканию тока в месте замыкания на землю –  $R_3$  может принимать различные значения. Изменяя положение переключателя S9 можно выставить различные значения сопротивления  $R_3$  (4; 10 или 100 Ом).

Сопротивление тела человека имитируется в схеме стенда переменным резистором  $R_h$ , который может подключаться непосредственно к фазному проводу  $B$  питающей сети или к проводу  $B$  на стороне трехфазного потребителя электроэнергии, подключенного к сети через УЗО.

Трехфазный потребитель электроэнергии показан на лицевой панели стенда в виде корпуса 1 (поз. 2), подключенного к сети с помощью УЗО, реагирующего на дифференциальный (остаточный) ток.

С помощью кнопки S5 (поз. 2) моделируется замыкание фазного провода  $B$  на корпус 1. При нажатии на кнопку S5 загорается красный индикатор на корпусе 1 трехфазного потребителя электроэнергии, регистрирующий его подключение к фазному проводу. Стенд позволяет длительно сохранять режим, соответствующий периоду замыкания фазного провода на корпус 1. Для возврата схемы в исходное состояние, после того как измерены все необходимые параметры, следует нажать кнопку «СБРОС» (поз.23). При этом сбрасываются показания всех измерительных приборов.

Ключ S3 предназначен для моделирования прямого прикосновения человека к фазному проводу  $B$  исследуемой сети (положение - I). Нижнее положение ключа S3 (положение «0») - человек непосредственно не касается фазного провода сети, но при последовательном нажатии кнопки S5 и кнопки S4 (поз. 9) человек касается фазного провода  $B$  на стороне трехфазного потребителя электроэнергии.

Значение сопротивления тела человека может быть задано плавно в пределах от 1 кОм (крайнее левое положение ручки регулирования сопротивления резистора  $R_h$  отмеченное точкой) до 100 кОм (крайнее правое положение).

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

Переключатель S11 (поз. 24) предназначен для моделирования режима зануления потребителя, переключатель S13 (поз. 25) - для моделирования режима заземления потребителя (корпус 2).

Активные сопротивления изоляции ( $R_{Ai}$ ,  $R_{Bi}$ ,  $R_{Ci}$ ) и емкости ( $C_{Ai}$ ,  $C_{Bi}$ ,  $C_{Ci}$ ) фазных проводов относительно земли в зоне защиты УЗО моделируются комплексными сопротивлениями  $Z_A$ ,  $Z_B$ ,  $Z_C$  (поз. 4). С помощью переключателя S2 (поз. 7) эти сопротивления могут принимать одно из двух значений  $Z1$  или  $Z2$ , при этом большое сопротивление соответствует «хорошей», а малое - «плохой» изоляции фазных проводов относительно земли.

В правой части лицевой панели стенда размещены индикаторы цифровых приборов: миллиамперметра, амперметра и вольтметра.

*Миллиамперметр* предназначен для измерения тока в цепи (A1) с телом человека и установки УЗО. Он имеет четыре предела измерения.

*Амперметр* предназначен для измерения тока в различных цепях (A2, A3, A4) трехфазного потребителя (корпус 2). Он также имеет четыре предела измерения.

*Вольтметр* предназначен для измерения напряжений в различных точках схемы относительно земли; подключение вольтметра к точкам (гнездам X2-X7) осуществляется с помощью гибкого проводника с однополюсной вилкой (второй вход вольтметра постоянно соединен с «землей» X1).

### **п.3.1 «Анализ электробезопасности трехфазных электрических сетей напряжением до 1 кВ»**

**Цель работы:** Оценить опасность прямого прикосновения человека к фазным проводам электрических сетей напряжением до 1 кВ. Определить влияние сопротивления изоляции фазных проводов относительно земли на опасность поражения человека электрическим током при нормальных режимах работы двух типов сети.

#### **Содержание работы**

1) Сравнить опасность прямого прикосновения человека к фазным проводам двух трехфазных сетей напряжением до 1 кВ - трехпроводной с изолированной нейтралью; четырехпроводной с заземленной нейтралью.

2) При нормальном режиме работы, для каждого типа сети, определить зависимость тока, проходящего через цепь с телом человека при прямом прикосновении к фазному проводу в зависимости от сопротивления тела человека и сопротивления изоляции фазных проводов относительно земли.

#### **Порядок выполнения работы**

*Анализ опасности поражения человека электрическим током при прямом прикосновении к фазному проводу трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью напряжением до 1 кВ при нормальном режиме работы сети.*

1) Изолировать нейтраль - перевести переключатель S1 в нижнее положение; отключить рабочую нейтраль N и защитный PEN-провод - перевести переключатель S6 в нижнее положение.

2) Установить переключатель S2, задающий значения сопротивлений изоляции фазных проводов относительно земли, в верхнее положение "Z1".

3) Установить минимальное значение сопротивления (1 кОм) в цепи с телом человека  $R_h$  (ручка регулятора резистора  $R_h$  должна находиться в крайнем левом положении).

4) Установить переключатель S3 в верхнее положение B для имитации прикосновения человека к фазному проводу B.

5) Включить стенд переключателем СЕТЬ (положение - I). Убедиться в наличии фазного напряжения B с помощью вольтметра ( $U_B = 220$  В).

6) Произвести измерение тока  $I_{hB}$  в цепи с телом человека с помощью миллиамперметра, выбрав необходимый предел измерения. (Протекание тока через тело человека отображается светящимся индикатором на изображении человека).

7) Повторить измерения тока в цепи с телом человека  $I_{hB}$  для другого положения переключателя S2 (положение "Z2")\*.

\* **При переключениях режимов показания миллиамперметра устанавливаются не сразу, поэтому необходимо дождаться установления показаний и после этого записать значения.**

8) Повторить измерения тока в цепи с телом человека  $I_{hB}$  для другого положения ручки регулятора резистора  $R_h$ , (например, при крайнем правом положении ручки, когда  $R_h = 100$  кОм) и двух положений переключателя S2.

2.3.2 Анализ опасности поражения человека электрическим током при прямом прикосновении к фазному проводу трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ при нормальном режиме работы сети.

- 1) Заземлить нейтраль - перевести переключатель S1 в верхнее положение.
- 2) Измерить значения тока в цепи с телом человека  $I_{\text{нв}}$  для разных положений переключателя S2 и ручки регулятора резистора  $R_{\text{н}}$ .
- 3) Выключить стенд (положение переключателя СЕТЬ - 0).

#### **Содержание отчета.**

Обработать результаты измерений, представив их в виде таблиц. Отчет должен содержать схемы сети, иллюстрирующие измерения, выводы по работе.

#### **Библиографический список**

- ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.  
ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

### **п.3.2 «Оценка работоспособности устройства защитного отключения»**

**Цель работы:** Оценить работоспособность устройства защитного отключения (УЗО), реагирующего на дифференциальный (остаточный) ток в сети с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ.

#### **Содержание работы**

- 1) Определить установку срабатывания УЗО.  
Сделать заключение о соответствии параметров УЗО первичным критериям электробезопасности.
- 2) Оценить эффективность защитного отключения сети при заданных параметрах УЗО и сети в зависимости от типа применяемого оборудования и условий поражения человека электрическим током.

#### **Порядок выполнения работы**

*Определить установку срабатывания УЗО.*

- 1) Установить переключатели стенда в положения согласно пункту 2.3.1.
- 2) Установить ручку регулятора резистора  $R_{\text{н}}$  в крайнее правое положение (100 кОм).
- 3) Включить стенд (переключатель СЕТЬ в положении I).
- 4) Измерить значение длительно допустимого тока через тело человека. Для этого необходимо плавно вращать влево ручку резистора  $R_{\text{н}}$ , увеличивая ток  $I_{\text{н}}$  через цепь с телом человека. Определить значение тока  $I_{\text{н}}$ , соответствующее моменту включения индикатора, расположенного на изображении человека.\*\*

**Для более точного определения тока рекомендуется плавно вращать ручку резистора вправо и влево вблизи точки включения индикатора и выбрать из нескольких измеренных значений тока минимальное.**

Ток через тело человека  $I_{\text{н}}$  измеряется с помощью миллиамперметра на пределе измерения 20 мА.

- 5) Установить переключатель S3 в нижнее положение (УЗО).
- 6) Нажать кнопку S5, имитируя замыкание фазного провода  $B$  на корпус 1 потребителя электроэнергии.
- 7) Установить ручку регулятора резистора  $R_{\text{н}}$  в крайнее правое положение (100 кОм).
- 8) Нажать кнопку S4, имитируя прикосновение человека к фазному проводу в зоне защиты УЗО (прикосновение к корпусу 1, находящемуся под фазным напряжением);

9) Включить УЗО нажатием кнопки «ПУСК»; при этом загорается красный индикатор на лицевой панели УЗО. Плавным вращением ручки резистора  $R_h$  влево увеличивать значение дифференциального тока, являющегося входным сигналом для заданного типа УЗО. Значение дифференциального тока, при котором произойдет срабатывание УЗО, будет соответствовать току уставки. При срабатывании УЗО красный индикатор на его лицевой панели погаснет. Одновременно гаснет индикатор на изображении человека, что свидетельствует об отсутствии тока через тело человека.

Значение тока уставки измеряется на пределе миллиамперметра 200 мА.

*Оценка эффективности защитного отключения при заданных параметрах УЗО и сети.*

Рассчитать зависимость дифференциального тока - входного сигнала УЗО  $I_\Sigma = f(I_h)$  при различных соотношениях проводимостей фазных проводов относительно земли в зоне защиты УЗО (в соответствии с заданием преподавателя).

При расчетах использовать следующие зависимости. При использовании УЗО, реагирующего на дифференциальный ток в сети с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ, входной сигнал УЗО может быть представлен в виде:

$$I_\Sigma = I_h + \Delta I,$$

где:  $I_h$  - ток, протекающий в цепи с телом человека при прямом прикосновении к фазному проводу с напряжением  $U_\phi$  в нормальном режиме работы сети;

$\Delta I$  - погрешность (помеха), обусловленная неравенством проводимостей фазных проводов относительно земли.

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + R_0} \approx U_\phi G_h;$$

$$\Delta I = U (Y_{Ai} + a^2 Y_{Bi} + a Y_{Ci})$$

$$G_h = \frac{1}{R_h}$$

$$Y_{Ai} = \frac{1}{R_{Ai}} + j\omega C_{Ai};$$

$$Y_{Bi} = \frac{1}{R_{Bi}} + j\omega C_{Bi};$$

$$Y_{Ci} = \frac{1}{R_{Ci}} + j\omega C_{Ci}$$

Используя полученные зависимости  $I_\Sigma = f(I_h)$  и данные измерений, оценить защитные свойства заданного УЗО и исследуемой сети.

#### **Содержание отчета**

Обработать результаты измерений и расчетов, представив их в виде таблиц. Отчет должен содержать схему подключения УЗО к сети и выводы по работе.

### п.3.3 «Оценка эффективности действия защитного заземления».

**Цель работы:** Оценить эффективность действия защитного заземления в электроустановках, питающихся от трехфазных трехпроводных сетей с изолированной нейтралью и трехфазных пятипроводных сетей с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ.

#### Содержание работы

1. Оценить эффективность действия защитного заземления в электроустановках, питающихся от трехфазных пятипроводных сетей с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ.
2. Определить зависимость изменения напряжения прикосновения при изменении расстояния до заземлителя.

#### Особенности режимов работы стенда

Режим нейтрали сети изменяется переключателем S1 (фото 1, поз.6), причем верхнее положение соответствует режиму заземленной нейтрали, а нижнее - режиму изолированной нейтрали. Нейтральная точка заземляется через сопротивление  $R_0 = 4 \text{ Ом}$ . С помощью переключателя S6 (поз. 19) подключается нулевой рабочий проводник (N-проводник). Переключатель S7 (поз.20) предназначен для подключения нулевого защитного проводника (PEN-проводника). Верхнее положение переключателей соответствует пятипроводной сети, нижнее положение - трехпроводной сети.

Электропотребитель на мнемосхеме показан в виде корпуса 2, подключенного к трехфазной сети через автоматический выключатель S8. Положение I соответствует включению автомата.

Стенд позволяет моделировать два способа защиты: защитное заземление и зануление. Подключение корпуса 2 к защитному PEN -проводнику осуществляется переключателем S11 (поз.24), а к земле -переключателем S12 (поз.21). Сопротивления фазных проводов от нейтральной точки до корпуса 2 имеют постоянное значение  $R_{\phi}=0,1 \text{ Ом}$ , распределенное равномерно по длине провода. Сопротивление повторного заземления PEN-проводника (" $R_n$ ") может изменяться с помощью трехпозиционного переключателя S14 (4; 10 и 100 Ом) (поз.13). Обрыв повторного заземления PEN-проводника имитируется с помощью переключателя S13 (поз.25), нижнее положение которого соответствует обрыву цепи повторного заземления.

Сопротивление заземления  $R_3$  корпуса 2 устанавливается с помощью трехпозиционного переключателя S9 (4; 10 и 100 Ом) (поз.12).

Замыкания фазного провода B на корпус 2 осуществляется кнопкой S10 (поз.22).

Вольтметр подключается к различным точкам схемы через гнезда X2-X7, установленные на лицевой панели стенда, с помощью гибкого проводника, снабженного однополюсной вилкой.

Включение амперметра в нужную цепь осуществляется с помощью переключателя, находящегося под индикатором. При соответствующем подключении загорается лампочка, указывающая на место подключения прибора. В положении A2 измеряется ток короткого замыкания, в положении A3 - ток, протекающий в цепи заземлителя корпуса 2, в положении A4 - ток замыкания на землю через повторное заземление PEN-проводника.

Установка позволяет длительно сохранить режим, соответствующий периоду замыкания фазного провода на корпус 2. Для возврата схемы в исходное состояние после того, как измерены все необходимые параметры, следует нажать кнопку «СБРОС» (поз.23). При этом сбрасываются показания всех измерительных приборов.

### **Порядок выполнения работы**

*Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью*

1. Заземлить нейтраль источника питания (переключатель S1 в верхнем положении).
2. Подключить N и PEN -проводники к источнику питания (S6 и S7 в верхнем положении).
3. Заземлить корпус 2 (переключатель S12 в верхнем положении).
4. Убедиться, что переключатели S11, S13 находятся в нижнем положении.
5. Включить стенд (положение переключателя СЕТЬ -1).
6. Включить автомат S8 (положение I).
7. Установить переключатель амперметра в положение А3.
8. Кнопкой S10 замкнуть фазный провод В на корпус 2.
9. Вольтметром с помощью гибкого проводника измерить следующие напряжения:
  - напряжение на корпусе 2 относительно земли (гнездо X4);
  - напряжение прикосновения при различных расстояниях до заземлителя (гнезда X5, X6, X7) \*

**\*При измерениях с помощью цифровых приборов могут наблюдаться изменения значения последней цифры - в протокол следует заносить среднее значение.**

10. Измерить ток замыкания на землю. \*\*

**\*\*При переходе с одного предела измерения амперметра на другой необходимо дождаться установившегося показания прибора.**

11. Повторить измерения для других положений переключателя R3.
12. Выключить стенд.

### **Содержание отчета**

Обработать результаты измерений, представив их в виде таблиц. Отчет должен содержать принципиальные схемы исследуемых режимов, краткие выводы по каждому из разделов измерений.

#### **п.3.4. «Оценка эффективности действия зануления»**

**Цель работы:** Оценить эффективность действия зануления в трехфазной пятипроводной сети с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В.

#### **Содержание работы**

1. Оценить эффективность действия зануления в сети без повторного заземления PEN-проводника.
2. Оценить эффективность действия зануления в сети с повторным заземлением PEN-проводника.
3. Оценить эффективность использования повторного заземления PEN-проводника при его обрыве.

#### **5.3 Порядок выполнения работы**

*5.3.1 Определение тока короткого замыкания при замыкании фазного провода на корпус.*

1. Заземлить нейтраль источника тока (перевести S1 в верхнее положение).
2. Подключить N и PEN-проводники к источнику питания (переключатели S6, и S7 в верхнем положении).
3. Подключить корпус 2 к PEN-проводнику (переключатель S11 в верхнем положении).
4. Убедиться, что переключатели S12, S13 находятся в нижнем положении.
5. Включить стенд (положение переключателя СЕТЬ -1).

6. Подключить корпус 2 к сети (положение автомата S8 -1).
7. Произвести замыкание фазного провода *B* на корпус 2 кнопкой S10.
8. Снять показания амперметра, при этом переключатель амперметра должен находиться в положении A2.
9. Отключить стенд (переключатель СЕТЬ в положении 0).

*Определения распределения потенциалов вдоль PEN-проводника без и при наличии повторного заземления.*

1. Включить стенд (положение переключателя СЕТЬ -1).
3. Подключить корпус 2 к сети (положение автомата S8 -1).
4. Произвести замыкание фазного провода *B* на корпус 2 кнопкой S10 (переключатель S13 в нижнем положении 0).
5. Вольтметром с помощью гибкого проводника измерить следующие напряжения:
  - напряжение на PEN-проводнике относительно земли (гнездо X3);
  - напряжение на корпусе относительно земли (гнездо X4).
6. Выключить стенд (переключатель СЕТЬ в положении 0).
7. Подключить повторное заземление PEN-проводника (переключатель S13 в верхнем положении I).
8. Установить значения  $R_n = 4$  Ом.
9. Включить стенд (переключатель СЕТЬ в положении I).
10. В соответствии с п.п. 4 и 5 измерить напряжение на корпусе, на PEN - проводнике относительно земли (гнездо X3), а также ток короткого замыкания.

II. Установив переключатель амперметра в положение A3, измерить ток замыкания на землю.

12. Отключить стенд (переключатель СЕТЬ в положении «0»).
13. Установить значения  $R_n = 10; 100$  Ом, соответственно произвести измерения аналогично п. 10.
15. Выключить стенд (переключатель СЕТЬ в положении «0»).

### 5.3.3 Оценка эффективности повторного заземления при обрыве PEN-проводника.

1. Отключить повторное заземление  $R_n$  от PEN-проводника (переключатель S13 в нижнем положении 0).
2. Произвести обрыв PEN-проводника между корпусами 1 и 2, для чего перевести переключатель S7 в нижнее положение «0».
3. Включить стенд (переключатель СЕТЬ в положении I).
4. Включить автомат защиты (S8 в положении I).
5. Произвести замыкание фазного провода *B* на корпус 2 кнопкой S10.
6. Вольтметром с помощью гибкого проводника измерить следующие напряжения:
  - напряжение на PEN-проводнике относительно земли (гнездо X3);
  - напряжения корпуса относительно земли (гнездо X4).
7. Установив переключатель амперметра в положение A3, измерить ток замыкания на землю.
8. Выключить стенд (переключатель СЕТЬ в положении 0).
9. Подключить повторное заземление к PEN-проводнику (переключатель S13 в верхнем положении).
10. Установить значение  $R_n = 4$  Ом.
11. Включить стенд (переключатель СЕТЬ в положении I).
12. В соответствии с п. 6 измерить напряжения на корпусе, на PEN-проводнике относительно земли (гнездо X3), а также ток замыкания на землю.
13. Установить значения  $R_n = 10; 100$  Ом, соответственно произвести измерения напряжений и тока.
14. Выключить стенд (переключатель СЕТЬ в положении 0).

### Содержание отчета

Обработать результаты измерений, представив их в виде таблиц. Отчет должен содержать принципиальные схемы исследуемых режимов, результаты измерений напряжения на PEN-проводнике относительно земли при отсутствии и наличии повторного заземления, а также при обрыве PEN-проводника и замыкании на корпус 2, краткие выводы по каждому из разделов измерений.

### **Контрольные вопросы**

1. Основные методы и средства защиты человека от поражения электрическим током.
2. Каков порядок организации безопасной эксплуатации электроустановок?
3. Для чего делается заземление электроустановок?
4. Для чего устраивают зануление электрооборудования и как?
5. Почему нельзя устанавливать заземлители с сопротивлением больше нормируемой величины?
6. Как определить сопротивление заземлителя прибором?
7. Как определить удельное сопротивление грунта?
8. Почему нельзя устанавливать заземлители с сопротивлением больше нормируемой величины?
9. При каком напряжении электрического тока человек ощущает пороговый ток?
10. Какое сопротивление заземлителей должно быть для установок (380/220 В), согласно нормативу?
11. Что такое напряжение шага (НШ)? Меры безопасности при попадании в зону действия (НШ).
12. В чём опасность трёхфазных электрических сетей с заземлённой нейтралью?
13. В чём опасность электрических цепей с изолированной нейтралью?
14. На какие категории и как разделяются помещения по опасности поражения электрическим током?
15. Что производит электрический ток при протекании через тело человека?
16. В чём опасность сетей однофазного постоянного тока?
17. Как осуществляется зануление электроустановок?
18. Виды и принцип работы системы защитного отключения?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4**

### **Исследование методов защиты от вибрации**

**Цель работы.** Ознакомиться с явлением вибрации, её нормированием, аппаратурой для измерения параметров вибрации оборудования и оценить эффективность средств виброзащиты.

**Задания.** Изучить характеристики вибрации и основные приборы для измерения. Произвести измерения виброускорения и виброскорости для общей и локальной вибрации во всём диапазоне частот. По результатам измерений оценить эффективность виброзащиты.

**Базовый материал.** Колебания твердых тел, воспринимаемые человеком как сотрясения, называют вибрацией, которая вызывает у человека расстройство нервной системы, утомление, спазмы периферических сосудов и виброболезнь. Вибрация характеризуется частотой колебаний, виброперемещением, виброскоростью и виброускорением. Частота колебаний  $f$ , Гц, - число полных колебаний за единицу времени. Амплитуда колебаний  $A$ , м, - максимальное смещение колеблющейся точки от положения равновесия. Скорость  $V$ , м/с, и ускорение  $a$ , м/с<sup>2</sup>, вибрации определяют из следующих соотношений:

$$v = 2\pi \cdot f \cdot A, \quad a = 4\pi \cdot f^2 \cdot A,$$

где  $v$  – виброскорость, м/с;  $f$  – частота колебаний, Гц;  $A$  – амплитуда колебаний, м;  $a$  – виброускорение, м/с<sup>2</sup>.

**Приборы и оборудование.** Для измерения вибрации в лабораторных условиях рабочее место оборудуется генератором колебаний ГФ-1, имитирующим рабочее место оператора, измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М3 (рис. 5), вибропреобразователь ДН-4-М1, вибропоглощающими приставками из различных материалов. Действие прибора основано на преобразовании механических колебаний, воспринимаемых пьезоэлектрическим датчиком, в электрические сигналы.

Примечание: При возникновении перегрузки на лицевой панели генератора загорается светодиод «Перегрузка». Необходимо выключить питание генератора тумблером «сеть». Повторное включение сетевого питания возможно только после погасания светодиода «Перегрузка».

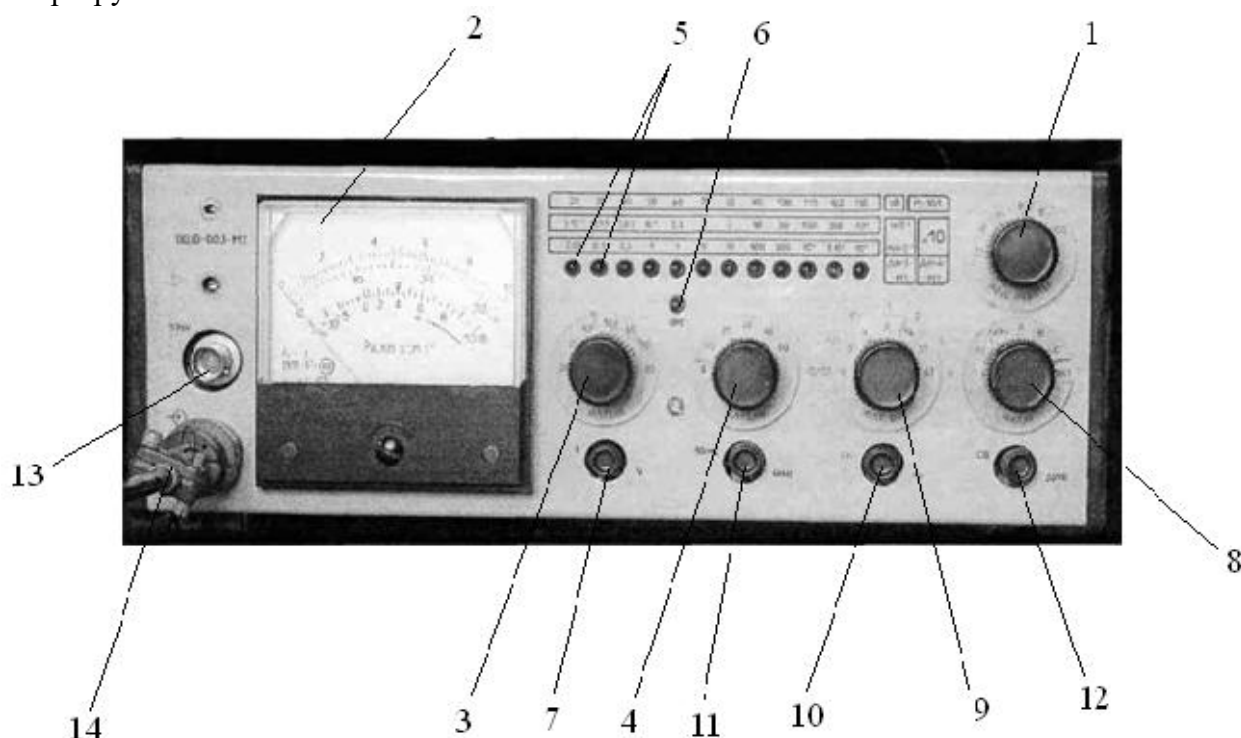


Рис. 5. Общий вид передней панели прибора ВШВ-003-М3

На лицевой панели прибора выведены следующие органы управления, регулирования и индикации:

1- переключатель РОД РАБОТЫ с положениями:

«0» - для выключения прибора;

« $\text{—|}$ » - для контроля состояния батарей;

« $\Delta$ » - для включения измерителя в режим калибровки;

F, S, 10S – для включения измерителя в режим измерения с постоянной времени F (быстро), S (медленно), 10S – 10 секунд;

2 – шкала показывающего измерительного прибора;

3 - переключатель ДЛТ1, dB;

4 - переключатель ДЛТ2, dB;

5 - единичные индикаторы (далее индикаторы) 20, 30, ..., 130 dB;  $3 \cdot 10^{-3}$ ,  $0,01 \dots 10^3 \text{ mm} \cdot \text{S}^{-2}$ ;  $0,03$ ;  $0,1 \dots 10^4 \text{ mm} \cdot \text{S}^{-1}$ , предназначенные для выбора пределов измерения звукового давления, виброускорения и виброскорости соответственно;

6 - индикатор ПРГ – для индикации перегрузки измерительного тракта;

- 7 - кнопка (а, V) – для переключения измерителя из режима измерения виброускорения (**кнопка отжата**), в режим измерения виброскорости (кнопка нажата);
- 8 - переключатель ФЛТ, Hz – с положениями:
- 1; 10 – для включения фильтра высоких частот (ФВЧ) 1; 10 Гц, ограничивающих частотный диапазон при измерении виброускорения, виброскорости;
- ЛИН – для включения фильтра низких частот (ФНЧ) 20 кГц, ограничивающего частотный диапазон при измерении уровня звукового давления по характеристике ЛИН;
- А, В, С – для включения корректирующих фильтров А, В, С;
- ОКТ – для включения измерителя в режим частотного анализа в октавных полосах;
- 9 - переключатель ФЛТ ОКТ;
- 10 - кнопка кНz , Hz для включения одного из четырнадцати октавных фильтров со средними геометрическими частотами 1 Гц, .... 8 кГц;
- 11 - кнопка 10 кНz, 4 Hz – для включения ФНЧ 10 кГц или 4 кГц, ограничивающих частотный диапазон при измерении виброускорения, виброскорости;
- 12 - кнопка СВ, ДИН – для измерений в режиме свободного или диффузного поля;
- 13 - гнездо 50 mV – выход с калибровочного генератора;
- 14 - гнездо (→) - для подсоединения предусилителя микрофонного ВПМ – 101.

Измерение уровней звукового давления в диапазоне частот от 2 Гц до 18 кГц с частотной характеристикой ЛИН, в октавных и третьоктавных полосах частот от 2 Гц до 16 кГц.

Установить переключатель измерителя в положения:

РОД РАБОТЫ – F

ДЛТ1, dB – 80;

ДЛТ2, dB – 50;

ФЛТ, Hz - ЛИН;

Все кнопки отжаты. При этом светится индикатор 130 dB.

Произвести измерение уровня звукового давления, при этом предусилитель ВПМ-101 с капсюлем направить в сторону излучателя звука.

Если при измерении стрелка измерителя находится в начале шкалы, то следует ввести её в сектор 6-10 шкалы децибел сначала переключателем ДЛТ1, dB (если периодически загорается индикатор ПРГ, то следует переключить ДЛТ1, dB на более высокий уровень (влево), пока не погаснет индикатор ПРГ), затем ДЛТ2, dB.

### *Методические указания*

Оценивать величину вибрации, как и шума, принято не по абсолютным значениям, а по их логарифмическим уровням, дБ:

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{a_0},$$

где  $L_a$  - уровень виброускорения, дБ;  $a$  - действующее ускорения, м/с;  $a_0$  – опорное значение виброускорения ( $a_0 = 3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup>).

$$L_v = 20 \lg \frac{v}{v_0},$$

где  $L_v$  – уровень виброскорости, дБ;  $v$  – действующая скорость, м/с<sup>2</sup>;  
 $v_0 = 5 \times 10^{-8}$  –опорное значение виброскорости, м/с;

Нормирование вибрации по ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» осуществляется по среднеквадратичным значениям виброскорости и по соответствующим логарифмическим уровням вибрации в октавных полосах,

аналогичных измерениям шума. При измерении общей вибрации приняты стандартные оси координат X, Y, Z. Нормы вибрации (табл. 1; 2; 3) установлены для рабочей смены – 8 ч.

Таблица 1

Предельно допустимые величины параметров вибрации		
Частота колебаний, Гц	Амплитуда колебаний, мм	Скорость колебательных движений, мм/с (дБ относительно $5 \cdot 10^{-5}$ мм/с)
2,0 (1,4-2,8)	1,2800 (3,11 -0,61)	11,2 (107)
4,0 (2,8-5,6)	0,2800 (0,61-0,13)	5,0 (100)
8,0 (5,6-11,2)	0,0560 (0,13-0,041)	2,0 (92)
16,0 (11,2-22,4)	0,0280 (0,041 -0,02)	2,0 (92)
31,5 (22,4-45)	0,0140 (0,02-0,01)	2,0 (92)
63,0 (45-90)	0,0072 (0,01 -0,005)	2,0 (92)

Примечание. В скобках даны граничные значения

Таблица 2

Действие вибрации	Частота, Гц						
	$10^{-1}$	1	10	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$
Укачивание	■						
Основные резонансы тела		■	■				
Затруднение дыхания		■	■				
Вредное влияние на зрение		■	■				
Вредное влияние на сердечнососудистую систему			■	■			
Ухудшение координации рук, непостоянство давления стопы на опору		■					
Ухудшение качества работы человека-оператора		■	■				
Нагревание тканей, разрушение клеток					■	■	■

Таблица 3

Допустимые значения вибрации в жилых помещениях

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Допустимые значения по осям			
	виброускорения		виброскорости	
	$\text{м/с}^2 \cdot 10^{-3}$	дБ	$\text{м/с}^2 \cdot 10^{-4}$	дБ
2	4,0	72	3,2	76
4	4,5	73	1,8	71
8	5,6	75	1,1	67
16	11,0	81	1,1	67

31,5	22,0	87	1,1	67
63	45,0	93	1,1	67

Примечания: В дневное время в помещениях допустимо превышение нормативных уровней на 5 дБ;

Для непостоянной вибрации к допустимым значениям уровней, приведенным в таблице вводится поправка – 10 дБ, а абсолютное значение умножается на 0,32.

### Описание стенда

Внешний вид стенда представлен на рис. 6. В состав стенда входит собственно вибростенд 1, на вибростоле которого устанавливается объект 2 виброизоляции и один из виброзащитных модулей 3. Каждый из модулей состоит из двух параллельных пластин, между которыми установлены либо пружины либо прокладка из полиуретана. Объект 3 виброизоляции представляет собой пластину с наборными грузами (стальные или алюминиевые пластинки с прорезями). Объект виброизоляции и сменные виброзащитные модули хранятся в укладочном ящике. К объекту 2 виброизоляции крепится вибропреобразователь 4 типа ДН-4-М1 измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М3 (поз.5), который располагается на лабораторном столе рядом с вибростендом 1. Там же располагается генератор сигналов БЖ4/1м (поз.6), от которого питается вибростенд 1.

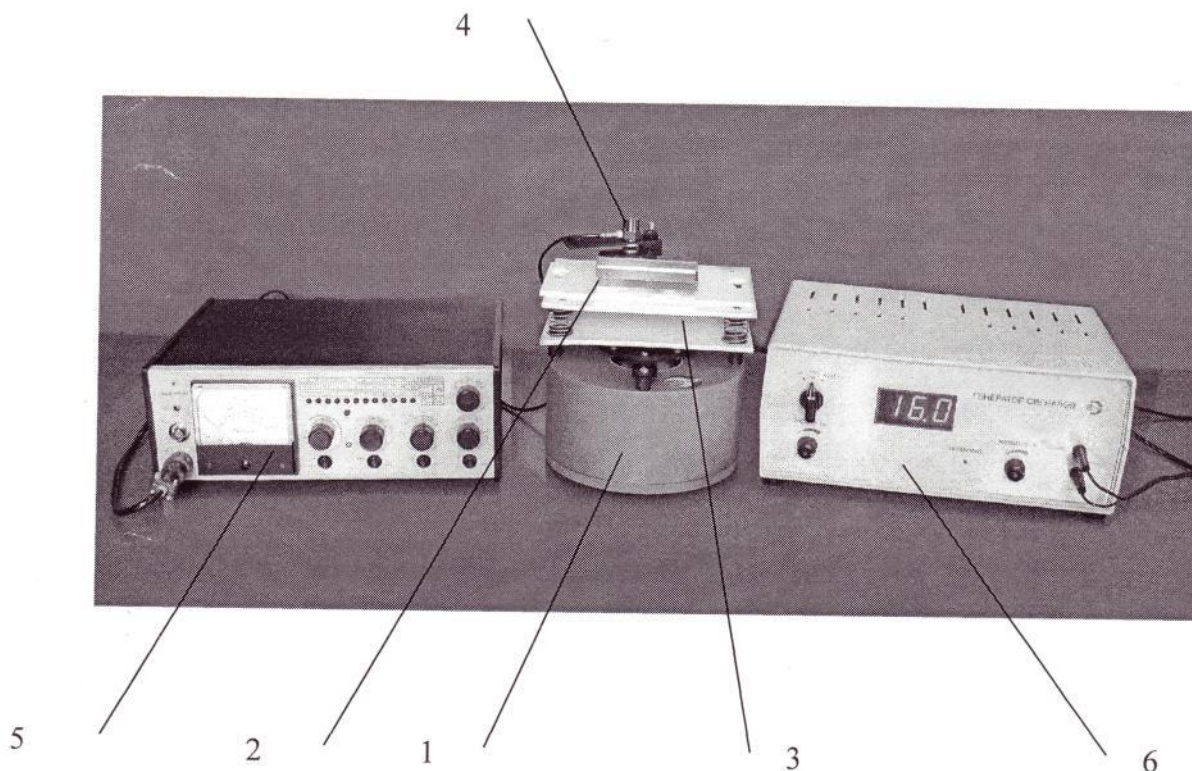


Рис. 6. Внешний вид вибростенда

1- вибростенд; 2 – объект виброизоляции (стальные и алюминиевые пластины); 3 – виброзащитный модуль; 4 – вибропреобразователь ДН-4-М1; 5 – измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М3; 6 – генератор сигналов.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить методику исследования, устройство и принцип действия приборов. Установка состоит из генератора сигналов ГФ – 1, вибропреобразователя ДН-4-М1 и измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М3. Применение ВШВ-003-М3 такое же, как при

измерении шума (работа «Исследование шума») с той разницей, что вместо микрофона используется вибропреобразователь ДН-4-М1.

При **измерении виброускорения** переключатели измерителя установить в положения: ДЛТ1, dB - 80 ; ДЛТ2 , dB - 50. Все кнопки отжаты, светится индикатор 130 dB. В зависимости от частотного диапазона измерения переключатель ФЛТ, Hz установить в положение «1» или «10»; нажать или отжать кнопку 10kHz, 4kHz. Переключатель РОД РАБОТЫ установить в положения F (Fast – быстрые измерения) или S (Slow – медленные измерения), или 10S. При измерении общей вибрации – «1»; кнопка 4kHz нажата; при измерении локальной вибрации – «10»; кнопка 4kHz отжата.

Произвести измерения, изменяя при необходимости положения переключателей ДЛТ1, dB, ДЛТ2 , dB.

Произвести отсчёт показаний измерителя в  $m \cdot S^{-2}$ .

При работе с вибропреобразователем ДН-4-М1 показание необходимо умножить на 10.

### Измерение виброускорений в октавных полосах частот.

Переключатель ФЛТ, Hz установить в положение ОКТ, переключателем ФЛТ, ОКТ и кнопкой kHz, Hz включить необходимый октавный фильтр. При измерении общей вибрации (частоты 2; 4; 8; 16; 31,5 и 63 Гц) и локальной вибрации (частоты 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500 и 1000 Гц) в диапазоне от 2 Гц до 63 Гц кнопка kHz, Hz нажата, а начиная с 0,125 кГц кнопка kHz, Hz отжата.

Повторить операции в соответствии с пунктом предыдущего подраздела, производя отсчет показаний измерителя в  $m \cdot S^{-2}$ .

Заполнить таблицу результатов измерений ( табл. 4 ).

Таблица 4

Материал прокладки под объектом виброизоляции	<b>Виброускорение ( <math>a, m \cdot S^{-2}</math> ) при среднегеометрических частотах, Гц</b>				
	31,5	63	125	250	500
Без прокладки					
Вибрационный модуль № 1					
Вибрационный модуль № 2					
Вибрационный модуль № 3					
Вибрационный модуль № 4					

По результатам измерений оценить эффективность виброзащиты Э для каждой октавной полосы частот:

$$\mathcal{E} = \left[ \frac{(a - a_{ВЗ})}{a} \right] \cdot 100\%,$$

где  $a$  – среднеквадратичное значение виброускорения до применения виброзащиты,  $m/c^2$ ;

$a_{ВЗ}$  – среднеквадратичное значение виброускорения после применения виброзащиты,  $m/c^2$ .

Результаты расчетов занести в табл. 5.

Таблица 5

Материал прокладки под объектом виброизоляции	Эффективность виброзащиты Э, % при среднегеометрических частотах, Гц				
	31,5	63	125	250	500
Вибрационный модуль № 1					
Вибрационный модуль № 2					
Вибрационный модуль № 3					
Вибрационный модуль № 4					

### Измерение виброскорости

Нажать кнопку «а, V» и повторить операции как с измерением виброускорения, отсчитывая показания измерителя в  $\text{mm}\cdot\text{S}^{-1}$

2. Определить вибрацию рабочего места оператора: общую и в различных частотных полосах, без виброизоляции и с виброизолирующими пластинами. Результаты измерений занести в отчет.

3. Составить отчет. Сформулировать основную задачу работы. Привести основные элементы методики. Заполнить таблицу результатов измерений (табл. 6).

Таблица 6

Материал прокладки под объектом виброизоляции	Виброскорость ( $v$ , $\text{mm}\cdot\text{S}^{-1}$ ) при среднегеометрических частотах, Гц				
	31,5	63	125	250	500
Без прокладки					
Вибрационный модуль № 1					
Вибрационный модуль № 2					
Вибрационный модуль № 3					
Вибрационный модуль № 4					

4. Построить гистограмму изменения виброскорости по октавным полосам по фактическим и нормативным данным. Сделать анализ и дать рекомендации по нормализации вибрации.

### Контрольные вопросы

1. Источники вибрации, ее физический смысл.
2. Вредно воздействие вибрации на человека.
3. Какими параметрами характеризуется вибрация?
4. Какие приборы используют для измерения вибрации, принцип их работы.
5. Как пользоваться прибором ВШВ-003-М3 для замера вибрации?

7. Каковы основные меры защиты от вибрации?
8. Как оценить эффективность виброзащиты?
9. Основные технические методы и средства борьбы с вибрацией.
10. Чем характеризуется явление резонанса?
11. Что такое вибропоглощение и от чего оно зависит?
12. Что понимают под виброизоляцией. Привести примеры.
13. Способы гашения нежелательных резонансов виброзащищаемых объектов.
14. По каким критериям классифицируют вибрацию?
15. Каковы методы измерения вибрации?
16. В чём заключается нормирование вибрации?
17. К чему приводит вибрация частотой более 30 Гц?
18. Расскажите о действии вибрации на человека.

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, формируемых в ходе освоения данной дисциплины (модуля)**

<b>Процедуры оценивания</b>
<b>Опрос</b> - фронтальная форма контроля, представляющая собой ответы на вопросы преподавателя в устной форме.
<b>Контрольная работа</b> – самостоятельная письменная аналитическая работа, которая способствует углубленному изучению пройденного теоретического материала

**Шкалы оценивания представлены в Положении о рейтинге ДРТИ**

*Шкала оценки устного ответа (опрос)*

Уровень / оценка	Описание
Продвинутый уровень («отлично»)	Правильно, всесторонне в полном объеме излагает знания: дает определения, раскрывает содержание понятий, верно использует терминологию; демонстрирует всестороннее и полное понимание смысла изученного материала
Углубленный уровень («хорошо»)	Правильно, в полном объеме излагает знания: дает определения, раскрывает содержание понятий, верно использует терминологию; демонстрирует понимание смысла изученного материала; допускает малозначительные ошибки
Базовый уровень («удовлетворительно»)	Правильно излагает базовые знания: дает определения, раскрывает содержание понятий, верно использует терминологию; демонстрирует понимание основного смысла изученного материала
Нулевой уровень («неудовлетворительно»)	Содержание знаниевого компонента не раскрыто; допускает значительные ошибки в изложении теоретического основ, не дает ответы на вопросы, в том числе вспомогательные

### *Шкала оценки выполнения контрольной работы*

Уровень / оценка	Описание
Продвинутый уровень («отлично»)	Демонстрирует полное понимание поставленных вопросов. Представленный ответ по вопросам контрольной работы отличается оригинальностью и логичностью изложения
Углубленный уровень («хорошо»)	Демонстрирует значительное понимание сути поставленных вопросов. Поставленные контрольные вопросы раскрыты в достаточном объеме, но присутствуют несущественные неточности
Базовый уровень («удовлетворительно»)	Демонстрирует частичное понимание сути поставленных вопросов. Поставленные контрольные вопросы в целом раскрыты, но присутствуют значительные неточности в формулировке требуемых определений
Нулевой уровень («неудовлетворительно»)	Ответы на поставленные вопросы не получены

### *Шкала оценивания устного ответа на зачете*

	Критерии, показатели выполнения типовых контрольных заданий
Базовый уровень («зачтено»)	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.  Продемонстрировано умение реализовать компетенцию в типовых ситуациях и в ситуациях повышенной сложности, а также в нестандартных и непредвиденных ситуациях, создавая при этом новые правила и алгоритмы действий.
Нулевой уровень («не зачтено»)	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Отсутствует умение реализовать компетенцию в типовых ситуациях.

### **Рекомендуемая литература**

1. **Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности** : учебник / Н. И. Акинин, Л. К. Маринина, А. Я. Васин [и др.] ; под общей редакцией Н. И. Акинина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-3891-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116363> (дата обращения: 12.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. **Бурашников, Ю. М.** Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда на предприятиях пищевых производств : учебник / Ю. М. Бурашников, А. С. Максимов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-2497-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93587> (дата обращения: 13.08.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. **Вишняков, Я.Д.** Безопасность жизнедеятельности: учебник для академического бакалавриата / Я. Д. Вишняков [и др.]; под общ. ред. Я. Д. Вишнякова. — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 430 с. [Электронный ресурс]. — URL <https://biblio-online.ru/book/B2C6C2A6>
4. **Безопасность жизнедеятельности:** Учебное пособие / В.М. Маслова, И.В. Кохова, В.Г. Ляшко; Под ред. В.М. Масловой. - 3 изд., перераб. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 240 с. [Электронный ресурс]. — URL: <http://znanium.com/catalog/product/367408>
5. **Безопасность жизнедеятельности:** Учебное пособие / Ш.А. Халилов, А.Н. Маликов, В.П. Гневанов; Под ред. Ш.А. Халилова. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. - 576 с. [Электронный ресурс]. — URL: <http://znanium.com/catalog/product/238589>
6. **Графкина, М.В., Нюнин, Б.Н., Михайлов, В.А.** Безопасность жизнедеятельности: Учебник / М.В. Графкина, Б.Н. Нюнин, В.А. Михайлов. - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 416 с. [Электронный ресурс]. — URL: <http://znanium.com/catalog/product/365800>
7. **Мурадова, Е.О.** Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие / Е.О. Мурадова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 124 с. [Электронный ресурс]. — URL: <http://znanium.com/catalog/product/364801>
8. **Семехин, Ю.Г.** Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Ю.Г. Семехин; Под ред. проф. Б.Ч. Месхи. - М.: НИЦ Инфра-М: Академцентр, 2012. - 288 с. [Электронный ресурс]. — URL: <http://znanium.com/catalog/product/314442>
9. **Артюхов, И.Л.** Лабораторный практикум по безопасности жизнедеятельности : учебно-методическое пособие / И.Л. Артюхов – Москва : Экон-Информ, 2011. – 135 с.: ил. - 100 экз. - ISBN - Текст : непосредственный.
10. **ГОСТ 12.0.003-15.** Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация = Occupational safety standards system. Dangerous and harmful working factors. Classification : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. № 602-ст : введен в действие в качестве национального стандарта : дата введения 2017-03-01 / подготовлен Обществом с ограниченной ответственностью "Экожилсервис", ФГБОУ ВПО "Пермский национальный исследовательский политехнический университет"- Москва : Стандартиформ, 2016. — . — URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 2.08.2021). — Режим доступа свободный. - Текст: электронный.
11. **Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах :** (СанПиН 2.2.4.3359) : официальное издание : утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 21.06.2016 : введены в действие 01.01.2017. – Москва, 2017 : — . — URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 29.08.2021). – Режим доступа свободный. - Текст: электронный.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

*Образец оформления титульного листа*

**Федеральное агентство по рыболовству**  
**ДМИТРОВСКИЙ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
**(филиал) федерального государственного бюджетного образовательного**  
**учреждения высшего образования**  
**«Астраханский государственный технический университет»**  
**(ДРТИ ФГБОУ ВО "АГТУ")**

Направление подготовки

---

**Практическая работа**  
по дисциплине **«Безопасность жизнедеятельности»**  
Номер варианта \_\_\_\_\_

Выполнил(а): студент(ка) \_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество студента, подпись)

Проверил (а): доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_ И.Л. Артюхов

(подпись преподавателя)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Рыбное 202\_\_

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Цель работы \_\_\_\_\_

2. Теоретический материал (кратко) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Применяемые приборы и оборудование \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Задание \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Порядок выполнения практической работы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. Таблица наблюдений (графики, схемы) \_\_\_\_\_

№ п/п	Показатель	Величина замера (единицы измерения)	Нормы		Результат
			Оптимальные	Допустимые	

7. Формулы и расчёт основных параметров \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8. Выводы (сравнить полученные результаты с ГОСТ, СНиП, Сан ПиН и другими нормативными документами; указать наличие вредных и опасных факторов и предложить мероприятия по их устранению).