

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ

Часть II

Учебное пособие



Санкт-Петербург
2005

Колосов Ю.В., Красильщикова С.В., Проценко А.Н. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания по выполнению лабораторных работ. Учебное пособие. СПб, СПбГУИТМО, 2005. 40 с.

В учебном пособии изложены вопросы производственной санитарии, техники безопасности и охраны окружающей среды, приводятся необходимые теоретические сведения, описание установок и приборов, методика проведения работы и оформления полученных результатов.

Подготовлено на кафедре лазерных технологий и экологического приборостроения.

Рекомендовано Учебно-методической комиссией инженерно-физического факультета в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений всех специальностей.

© Ю.В. Колосов, С.В. Красильщикова, А.Н. Проценко,
2005.

© Санкт-Петербургский государственный университет
информационных технологий, механики и оптики,
2005.

Содержание

1. Лабораторная работа № 8. Определение дозы облучения источником ионизирующего излучения.....	4
2. Лабораторная работа № 9. Исследование искусственного освещения на рабочем месте.....	11
3. Лабораторная работа № 10. Исследование эффективности очистки воздуха от вредных газообразных веществ.....	26
4. Лабораторная работа № 11. Исследование эффективности очистки водопроводной воды.....	33
Литература.....	40

Лабораторная работа № 8

Определение дозы облучения источником ионизирующего излучения

Цель работы – научиться определять дозу облучения при воздействии на человека ионизирующего излучения и оценивать радиационную опасность в зоне облучения.

Содержание работы

1. Измерить мощность эквивалентной дозы на различном расстоянии от источника ионизирующего излучения.
2. Рассчитать эквивалентную дозу облучения и оценить опасность пребывания в зоне облучения.

Краткие теоретические сведения

Ионизирующим излучением называется излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к образованию в этом веществе ионов разного знака.

Источниками ионизирующего излучения могут быть радиоактивные вещества (радионуклиды) и электрофизические устройства (рентгеновские аппараты, ускорители, высоковольтные электроустановки, дефектоскопы и др.), которые применяют в контрольно-измерительных приборах и системах автоматики, в научно-исследовательских работах, медицине, атомной энергетике.

Различают следующие виды ионизирующего излучения:

- *альфа-излучение* – поток ядер атомов гелия;
- *бета-излучение* – поток электронов или позитронов;
- *гамма-излучение* и *рентгеновское* (тормозное или характеристическое) *излучение* – фотонное (электромагнитное) излучение;
- *нейтронное излучение* – поток электронейтральных частиц ядра.

Все виды ионизирующих излучений при уровнях облучения человека, превышающих допустимый, представляют особую опасность для жизни и здоровья людей. Ионизация живой ткани приводит к разрыву молекулярных связей, образованию вредных химических соединений, не свойственных организму. Это приводит к гибели клеток, нарушению биологических процессов и обмена веществ. Даже при незначительных дозах облучения происходит торможение функций кроветворных органов, нарушение свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, ослабление действия иммунной системы.

Продолжительное воздействие ионизирующего излучения на организм человека может вызвать два вида эффектов, которые клинической медициной относятся к болезням: *детерминированные пороговые эффекты* – лучевая болезнь, лучевой дерматит, лучевая катаракта, лучевое бесплодие и др. и *стохастические* (вероятностные) *беспороговые эффекты* – злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни.

Степень вредного воздействия разных видов ионизирующего излучения на человека зависит от их проникающей способности и удельной ионизации – числа пар ионов, образующихся в тканях организма на каждом сантиметре пути пробега. В ряду альфа-бета-гамма- и рентгеновского излучений проникающая способность возрастает, а удельная ионизация уменьшается.

При работе с источниками ионизирующего излучения может возникнуть внешнее, внутреннее и комбинированное облучение персонала.

Внешнее облучение обусловлено действием источников, находящихся на рабочих местах и в помещениях; *внутреннее облучение* – радиоактивной пылью, попавшей в организм вместе с воздухом, пищей, водой; *комбинированное облучение* – совместным действием внешнего и внутреннего.

При внешнем облучении наиболее опасны рентгеновское и гамма-излучения. При внутреннем – все виды излучения (особенно альфа), действующие непрерывно и практически на все органы.

Для оценки радиационной обстановки и ожидаемых медицинских последствий облучения людей от источников ионизирующего излучения используются следующие основные показатели.

Активность (A) – мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида:

$$A = dN/dt, \quad (8.1)$$

где dN – ожидаемое число спонтанных ядерных превращений, происходящих за промежуток времени dt .

Единицей активности является беккерель (Бк). Используемая ранее внесистемная единица активности кюри (Ки) составляет $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Поглощенная доза (D) – величина энергии ионизирующего излучения, переданная облучаемому веществу:

$$D = de/dm, \quad (8.2)$$

где de – средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме; dm – масса вещества в этом объеме.

Поглощенная доза измеряется в джоулях, деленных на килограмм (Дж/кг), и имеет специальное название – грей (Гр). Используемая ранее внесистемная единица поглощенной дозы – рад равна 0,01 Гр.

Эквивалентная доза ($H_{T,R}$) – поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида ионизирующего излучения:

$$H_{T,R} = W_R D_T, \quad (8.3)$$

где D_T – средняя поглощенная доза в органе или ткани T ; W_R – взвешивающий коэффициент для данного вида ионизирующего излучения, учитывающий эффективность (опасность) этого излучения в индуцировании биологических эффектов.

Для рентгеновского, гамма- и бета- излучений взвешивающий коэффициент $W_R = 1$, для альфа-частиц – 20.

При одновременном воздействии нескольких видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения:

$$H_T = \sum_R H_{T,R}, \quad (8.4)$$

Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

Эффективная доза (E) применяется для оценки риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности.

Эффективная доза представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты:

$$E = \sum_T W_T H_T, \quad (8.5)$$

где H_T – эквивалентная доза в органе или ткани T; W_T – взвешивающий коэффициент для этого органа или ткани T.

Значения взвешивающих коэффициентов W_T для органов и тканей, таких как костный мозг, легкие, желудок, печень, кожа и др. в зависимости от их разной чувствительности в возникновении стохастических эффектов радиации установлены от 0,01 до 0,2.

Единица эффективной дозы – зиверт (Зв).

Для обеспечения безопасности в условиях воздействия на человека ионизирующего излучения применяются Нормы радиационной безопасности НРБ-99, которые устанавливают основные пределы доз облучения для следующих категорий облучаемых лиц: персонала (группы А и Б) и всего населения (см. табл. 1).

Предел дозы (ПД) – величина годовой эффективной или эквивалентной дозы облучения от техногенных источников ионизирующего излучения, которая не должна превышать в условиях нормальной работы.

Таблица 1

Основные пределы доз (выписка из НРБ-99)

Нормируемые величины	Пределы доз	
	персонал (группа А)	население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год		
в хрусталике глаза	150 мЗв	15 мЗв
в коже	500 мЗв	50 мЗв
в кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

Персонал – лица, работающие с техногенными источниками излучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б).

Обеспечение безопасности работающих с источниками ионизирующего излучения осуществляют путем соблюдения Норм радиационной безопасности, применения защиты временем, расстоянием, экранирования источников излучения, использования средств индивидуальной защиты.

Продолжительность пребывания работника в зоне облучения не должна превышать времени, в течение которого человек при данной мощности излучения получает эквивалентную или эффективную дозу, равную пределам доз (ПД), установленных Нормами радиационной безопасности.

Мощность дозы излучения прямо пропорциональна активности точечно-го радионуклида и обратно пропорциональна квадрату расстояния до его источника. Следовательно, при возможности использования нуклидов малой активности и соблюдения необходимого расстояния, можно в ряде случаев обеспечить защиту населения, включая персонал, от вредного воздействия ионизирующего излучения.

Если за счет указанных мероприятий не удастся снизить дозу облучения до допустимого уровня, то применяют защитные устройства – экраны.

Экраны предназначены для поглощения либо ослабления ионизирующего излучения. Конструктивно они могут быть передвижными или стационарными. Защитные экранами служат стенки контейнеров для перевозки радиоактивных веществ, стенки сейфов для их хранения, стенки герметичных боксов для работы с открытыми радионуклидами, корпуса приборов, в которых используются источники ионизирующего излучения и др.

Выбор материала для изготовления защитного экрана зависит от вида ионизирующего излучения, энергии излучения, активности источника и др.

Для защиты от альфа-излучения применяют экраны из фольги, плексигласа и стекла толщиной несколько миллиметров.

Экраны для защиты от бета-излучения изготавливают из материалов с малой атомной массой: алюминия, стали, жести, плексигласа, стекла, которые дают наименьшее тормозное (рентгеновское) излучение. При применении экранов из тяжелых материалов существует опасность возникновения квантов больших энергий. Наиболее эффективно использование комбинированных экранов, у которых со стороны источника бета-излучения располагают материал с малой атомной массой, а за ним с большой.

Для защиты от гамма-излучения и рентгеновского излучения применяют материалы с большой атомной массой и высокой плотностью: свинец, чугун, сталь, вольфрам и т.п. Стационарные экраны, являющиеся частью строительных конструкций, изготавливают из бетона и баритобетона.

Материалом для изготовления эластичных экранов и средств индивидуальной защиты (фаргуков, перчаток и др.) служит свинцовая резина.

Смотровые окна в защитных экранах и в установках с источниками излучения изготавливают из свинцового стекла, стекла с жидким наполнителем (бромистым и хлористым цинком) и др.

Необходимую толщину защитного экрана определяют по справочным таблицам и номограммам.

Описание лабораторной установки

Общий вид установки показан на рис.1. На оптической скамье 1 установлен контейнер 2, закрытый крышкой 3, внутри которого находится исследуемый источник гамма-излучения – радионуклид Co^{60} (кобальт 60).

Мощность эквивалентной дозы излучения, создаваемой радионуклидом, в лабораторной работе измеряется универсальным интенсиметром типа "Луч-А", предназначенным для качественного и количественного дифференцированного определения бета- и гамма-излучений.

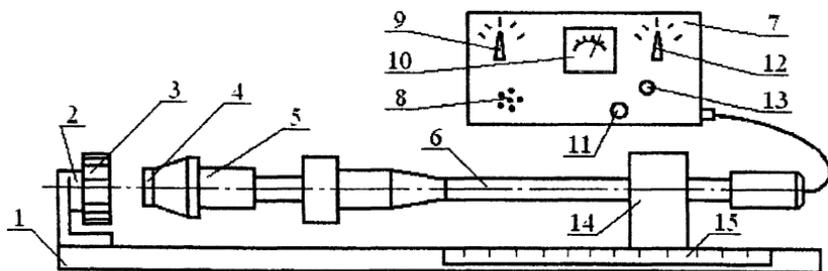


Рис. 1. Общий вид лабораторной установки

Интенсиметр типа "Луч-А" состоит из трех основных частей: датчика 5, где размещен соответствующий счетчик, закрытый стальным экраном 4 толщиной 2 мм для регистрации в процессе измерения только гамма-излучения; гильзы 6, установленной на подвижной подставке 14; пульта управления 7, на передней панели которого расположены: телефон в резонаторе 8 для звуковой индикации наличия излучения, переключатель рода работ 9, стрелочный измерительный прибор – микроамперметр 10, ручка потенциометра "РЕЖИМ" 11 для калибровки измерительного прибора, переключатель поддиапазонов 12, кнопка "СБРОС" 13 для сброса показаний прибора.

Принцип работы интенсиметра "Луч-А" состоит в измерении тока, возникающего в ионизационной камере счетчика при облучении ее бета- или гамма-излучением.

Порядок выполнения работы

1. Включить интенсиметр, повернув переключатель 9 влево и установив его в положение "ИЗМ" (питание прибора от сети).

2. Дать интенсиметру прогреться не менее трёх минут.
3. Переключатель 12 установить в положение "РЕЖ".
4. Вращением ручки 11 установить стрелку микроамперметра на режимную метку – треугольный индекс на неоцифрованной части шкалы прибора.
5. Переключателем 12 установить поддиапазон "X 2".
6. Открыть контейнер 2 с источником ионизирующего излучения C_{α}^{60} .
7. Записать в отчет время начала работ при открытом контейнере T_1 .
8. Установить датчик 5 вплотную к контейнеру так, чтобы метка на подвижной подставке 14 была совмещена с нулевым делением масштабной линейки 15, закрепленной на оптической скамье 1.

9. Измерить суммарную мощность эквивалентной дозы P_c , создаваемой исследуемым источником ионизирующего излучения и одновременно естественным радиоактивным фоном, источниками которого являются космическое излучение и природные источники излучения.

ВНИМАНИЕ! Отсчет следует производить по показаниям стрелки прибора 10, если показанию 0,5 имп/с и более. Для этого:

- нажать кнопку 13 "СБРОС";
- выждать время (1 мин) и снять показания стрелки прибора; данные отчета получают путем умножения показаний прибора на 2 – множитель установленного поддиапазона "X 2";

Если показания стрелочного прибора менее 0,5 имп/с, то измерения следует производить при помощи звукового индикатора 8. Для этого:

- переключатель 9 повернуть влево и установить в положение "ЗВУК",
- сосчитать количество звуковых импульсов за время 60 с.

10. Произвести сброс показаний прибора кнопкой 13 "СБРОС". В дальнейшем сброс осуществлять после каждого замера.

11. Измерить суммарную мощность эквивалентной дозы P_c на расстояниях, указанных в таблице отчета, перемещая подвижную подставку 14 с датчиком 5 по оптической скамье 1.

Для сокращения до минимума времени работы с открытым источником ионизирующего излучения рекомендуется заносить результаты измерений P_c в таблицу отчета в виде: а) при измерении по стрелочному прибору – в делениях шкалы, имп/с; б) при измерении по количеству звуковых импульсов – в импульсах в минуту.

12. Повторить измерение суммарной мощности эквивалентной дозы P_c на заданных расстояниях. Данные занести в таблицу отчета.

13. Закрыть контейнер 2 крышкой 3.

14. Записать в отчет время окончания работ с открытым контейнером T_2 .

15. Так как в последующих расчетах необходимо учитывать величину естественного радиоактивного фона, то следует также произвести два раза измерение мощности дозы естественного фона P_{Φ} на максимальном удалении датчика 5 от закрытого контейнера с радионуклидом (30 см).

Обработка результатов измерений

1. Вычислить выборочное среднее результатов измерений мощности эквивалентной дозы P :

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i, \quad (8.6)$$

где P_i – результат i -го измерения P ; n – число измерений P_i .

2. Перевести результаты измерений мощности эквивалентной дозы P в мкЗв/ч, пользуясь градуировочной шкалой (рис.2):

а) если результат измерений мощности эквивалентной дозы P получен при звуковой индикации в импульсах в минуту, вычислить количество импульсов за 1 с, и получив P в имп/с, по градуировочной шкале, определить P в мкЗв/ч;

б) если результат измерения P получен в делениях шкалы, то следует полученное число удвоить (см. п. 9), а далее по градуировочной шкале определить P в мкЗв/ч.

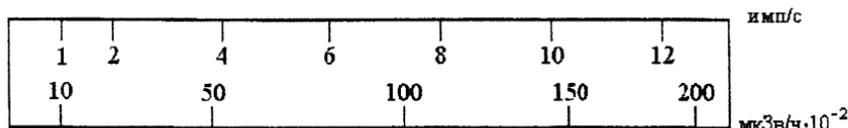


Рис. 2. Градуировочная шкала

3. Вычислить мощность эквивалентной дозы, создаваемой источником ионизирующего излучения, на заданных расстояниях $P_{ист}$, мкЗв/ч:

$$P_{ист} = P_c - P_\phi \quad (8.7)$$

4. Построить график зависимости $P_{ист} = f(R)$.

5. Определить продолжительность облучения при работе с открытым контейнером T , ч:

$$T = T_2 - T_1 \quad (8.8)$$

6. Рассчитать полученную за время работы с открытым контейнером эквивалентную дозу облучения H , мкЗв на заданных расстояниях до источника ионизирующего излучения:

$$H = P_{ист} \cdot T \quad (8.9)$$

7. Определить средненедельный допустимый уровень облучения кожи $H_{доп}$ с учетом величины годового предела эквивалентной дозы для населения (см. табл. 1). Количество рабочих недель в году принять равным 50.

8. Сравнить величину средненедельного допустимого уровня облучения кожи с полученной в ходе эксперимента эквивалентной дозой H и сделать вывод о возможности пребывания людей при данной дозе облучения.

Лабораторная работа № 9

Исследование искусственного освещения на рабочем месте

Цель работы – изучение количественных и качественных характеристик освещения; оценка влияния типа источника света и цветовой отделки интерьера помещения на освещенность и коэффициент использования светового потока.

Содержание работы

1. Измерить освещенность на рабочем месте при использовании различных источников света и сравнить с нормируемым значением.
2. Определить коэффициент использования светового потока.
3. Измерить и сравнить коэффициенты пульсаций освещенности, создаваемой различными типами источников света, оценить зависимость коэффициента пульсаций освещенности от способа подключения ламп к сети.
4. Произвести расчет искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока.

Краткие теоретические сведения

Освещение – необходимый фактор не только для нормального функционирования организма человека, но и для осуществления любых работ. Около 90 % из общего объема информации о внешней среде человек получает через зрительный аппарат. Скорость и правильность восприятия информации во многом зависит от освещения: при некачественном или недостаточном освещении быстро наступает зрительное утомление, снижается общая работоспособность и реактивность организма.

На производстве недостаточное освещение затрудняет, а в некоторых случаях делает невозможным осуществление рабочих операций, снижает производительность и качество труда и может явиться причиной аварий, травматизма и профессиональных заболеваний.

При освещении производственных помещений используют *естественное освещение*, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода; *искусственное освещение*, создаваемое электрическими источниками света, и *совмещенное освещение*, при котором в светлое время суток недостаточное естественное освещение дополняется искусственным.

Светотехнические характеристики освещения. Свет имеет сложную корпускулярно-волновую природу и представляет собой часть оптической области спектра – видимое излучение с длиной электромагнитных волн от 0,38 до 0,77 мкм, обеспечивающее зрительное восприятие. Наибольшая чувствительность зрения к излучению с длиной волны 0,555 мкм (желто-зеленый цвет) и значительно уменьшается к границам видимого спектра.

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

Световой поток Φ – мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею зрительному ощущению.

За единицу светового потока принят люмен (лм).

Сила света I_a – пространственная плотность светового потока:

$$I_a = d\Phi/d\omega, \quad (9.1)$$

где $d\Phi$ – световой поток (лм), равномерно распределяющийся в внутри элементарного телесного угла $d\omega$ (ср).

Единица измерения силы света – кандела (кд), равная световому потоку в 1 лм, распространяющемуся внутри телесного угла в 1 ср.

Освещенность – поверхностная плотность светового потока:

$$E = d\Phi/dS, \quad (9.2)$$

где dS – площадь поверхности (m^2), на которую падает световой поток $d\Phi$.

Единица измерения освещенности – люкс (лк).

Яркость B – поверхностная плотность силы света в заданном направлении. Яркость, являющаяся характеристикой светящихся тел, равна отношению силы света в данном направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению:

$$B = I_a/dS \cdot \cos\alpha, \quad (9.3)$$

где I_a – сила света в данном направлении, кд; dS – площадь излучающей поверхности, m^2 ; α – угол между направлением излучения и плоскостью, град.

Единицей измерения яркости является $кд/м^2$.

Искусственное освещение. Для создания искусственного освещения в осветительных установках используют светильники.

Светильник – представляет собой совокупность электрического источника света и осветительной арматуры, предназначенной для перераспределения излучаемого источником светового потока в требуемом направлении, предохранения глаз работающих от слепящего действия источника света, для подвода электрического питания, крепления и защиты источника света от механических повреждений и воздействия окружающей среды.

Искусственное освещение в производственных помещениях применяют при работе в темное время суток, при недостаточном естественном освещении или в помещениях, где оно отсутствует.

Искусственное освещение по конструктивному исполнению бывает *общее* и *комбинированное*, когда к общему освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочих местах.

Общее освещение равномерное или локализованное предназначено для освещения всего помещения с помощью светильников, размещенных в верхней части помещения. *Общее равномерное освещение* создает условия для выполнения работ в любом месте освещаемого пространства. При *общем локализованном освещении* светильники размещают с учетом расположения рабочих мест, что позволяет создавать на местах повышенную освещенность.

Комбинированное освещение рекомендуется устраивать при выполнении точных зрительных работ, для освещения наклонных рабочих поверхностей, на рабочих местах, где оборудование создает резкие тени, а также при необходимости создания в процессе работы определенной направленности светового потока с помощью местных светильников.

Применение одного местного освещения в производственных помещениях запрещается, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными местами приводит к зрительному напряжению, замедляет скорость работы и может стать 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 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 (электростанций, установок водоснабжения и др.).

Эвакуационное освещение следует предусматривать в местах, отведенных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей из помещений в количестве более 50 человек.

Охранное освещение устраивается вдоль границ территории, охраняемой в ночное время.

Источники искусственного освещения. В качестве источников света в осветительных установках применяются лампы накаливания и газоразрядные лампы.

В *лампах накаливания* источником света является раскаленная вольфрамовая нить. Благодаря удобству в эксплуатации, простоте в изготовлении, отсутствию дополнительных пусковых устройств, надежности работы при колебаниях напряжения в сети и различных метеорологических условиях, возможности производства для сетей малых напряжений (12, 24, 36 В) лампы накаливания пока еще являются распространенными источниками света.

Наряду с отмеченными преимуществами лампы накаливания имеют и существенные недостатки: малую световую отдачу (отношение создаваемого лампой светового потока к её электрической мощности) – не более 20 лм/Вт, сравнительно небольшой срок службы – менее 2000 часов, спектральный состав света, в котором преобладают желтые и красные лучи, значительно отличающийся от солнечного, что искажает цветопередачу.

В зависимости от конструкции лампы накаливания бывают вакуумные, газонаполненные биспиральные с криптоновым наполнением, зеркальные с диффузно-отражающим слоем.

Все большее распространение получают *галогенные лампы накаливания*. Наличие в колбе галогенной лампы паров йода позволяет повысить температуру накала вольфрамовой нити, в результате световая отдача увеличивается до 40 лм/Вт и спектр излучаемого света приближается к естественному. Кроме того пары вольфрама, испаряющегося с нити накала, соединяются с йодом и вновь оседают на нить, препятствуя её истощению. Срок службы этих ламп до 3 тыс. ч.

Газоразрядные лампы – это источники света низкого и высокого давления, в которых видимое излучение возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металлов, а также за счет явления люминесценции.

Наиболее распространенные газоразрядные лампы низкого давления – *люминесцентные*. Они имеют форму цилиндрической стеклянной трубки с двумя электродами, наполненную дозированным количеством ртути и смесью инертных газов. Внутренняя поверхность трубки покрыта тонким слоем люминофора, который преобразует ультрафиолетовое излучение, возникающее при газовом электрическом разряде, в видимый свет.

Люминесцентные лампы в зависимости от применяемого в них люминофора создают разный спектральный состав света и бывают белого (ЛБ), теплого белого (ЛТБ), и холодного белого света (ЛХБ), дневного света (ЛД), дневного света с исправленной цветопередачей (ЛДЦ).

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 относят лампы ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные); галогенные лампы ДРИ (дуговые ртутные с йодидами); ксеноновые лампы ДКСТ (дуговые ксеноновые трубчатые) и др.

Основным преимуществом газоразрядных ламп перед лампами накаливания является большая светоотдача от 40 до 110 лм/Вт. Они имеют значительно больший срок службы – свыше 10 тыс. ч., низкую температуру поверхности лампы, близкий к солнечному свету спектр излучения, обеспечивающий высокое качество цветопередачи. Кроме того, газоразрядные люминесцентные лампы обеспечивают более равномерное освещение и рекомендуются для применения в светильниках общего освещения.

Существенным недостатком газоразрядных ламп, питающихся от электрической сети переменного тока, является пульсация светового потока вследствие малой инерционности свечения люминофора. Это может привести к появлению *стробоскопического эффекта*, который проявляется в искажении зрительного восприятия движущихся или вращающихся объектов. При кратности или совпадении частоты пульсации светового потока и частоты вращения объекта вместо одного предмета видны изображения не-

скольких, искажаются скорость и направление движения. Стробоскопический эффект опасен, так как вращающиеся части механизмов, детали, инструмент могут показаться неподвижными и стать причиной травматизма.

К недостаткам газоразрядных ламп следует также отнести, необходимость применения специальных пусковых устройств, зависимость работоспособности от температуры окружающей среды и величины питающего напряжения, у ламп высокого давления наблюдается длительный период разгорания.

Нормирование искусственного освещения. Допустимая величина наименьшей освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливается в соответствии с требованиями строительных норм и правил СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» (см. табл. 2) в зависимости от характера зрительной работы, применяемой системы освещения, типа используемых источников света.

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 различить в процессе работы (например, точка, линия, знак, нить, пятно, трещина, риска и т. п.).

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

Коэффициент отражения ρ характеризует способность поверхности отражать падающий на нее поток, определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока $\Phi_{отр}$ к падающему на нее потоку $\Phi_{пад}$.

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

Важными нормируемыми показателями, характеризующими качество освещения, в соответствии с СНиП 23-05-95 являются *показатель ослепленности* R и *коэффициент пульсации освещенности* $K_{п}$.

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

Коэффициент пульсации освещенности $K_{п}$ (%) определяется по формуле

$$K_{п} = 100 (E_{\max} - E_{\min}) / 2 \cdot E_{\text{ср}}, \quad (9.4)$$

где E_{\max} , E_{\min} и $E_{\text{ср}}$ – максимальное, минимальное и среднее значение освещенности за период её колебания, лк.

Таблица 2

Допустимая наименьшая освещенность рабочих поверхностей
в производственных помещениях (по СНиП 23-05-95)

Характеристи- ка зрительной работы	Наимель- ший или эквива- лентный размер объекта различе- ния, мм	Разряд зритель- ной работы	Подраз- ряд зритель- ной работы	Контраст объекта с фоном	Характе- ристика фона	Искусственное освещение							
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя освещенности P и коэффициента пульса- ции освещенности Кп, %				
						при системе комбина- ционного освещения		при системе общего осве- щения	P	Кп, %			
						всего	в том числе от общего						
Наивысшей точности	Менее 0,15		а	Малый	Темный	5000	500	—	20	10			
				Средний	Средний	4500	500	1250	10	10			
			в	Малый	Темный	4000	400	1000	20	10			
				Средний	Светлый	3500	400	750	10	10			
			г	Малый	Средний	2500	300	600	20	10			
				Средний	Средний	2000	200	500	10	10			
				Большой	Темный	1500	200	400	20	10			
				Большой	Светлый	1250	200	300	10	10			
			Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000	400	—	20	10
							Средний	Средний	3500	400	750	10	10
в	Малый	Темный				3000	300	600	20	10			
	Средний	Светлый				2500	300	500	10	10			
г	Малый	Средний				2000	200	400	20	10			
	Средний	Средний				1500	200	300	10	10			
	Большой	Темный				1000	200	300	20	10			
	Большой	Светлый				750	200	200	10	10			
Высокой точ- ности	От 0,30 до 0,50	III				а	Малый	Темный	2000	200	500	40	15
							Средний	Средний	1500	200	400	20	15
			в	Малый	Темный	1000	200	300	40	15			
				Средний	Светлый	750	200	200	20	15			
			г	Малый	Средний	750	200	300	40	15			
				Средний	Средний	600	200	200	20	15			
				Большой	Темный	—	—	—	—	—			
				Большой	Светлый	400	200	200	40	15			
			Средней точ- ности	Св. 0,15 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	40	20
							Средний	Средний	500	200	200	40	20
в	Малый	Темный				—	—	—	—	—			
	Средний	Светлый				400	200	200	40	20			
г	Малый	Средний				—	—	—	—	—			
	Средний	Средний				—	—	—	—	—			
	Большой	Темный				—	—	200	40	20			
	Большой	Светлый				—	—	—	—	—			
Малой точно- сти	Св.1 до5	V				а	Малый	Темный	400	200	300	40	20
							Средний	Средний	—	—	200	40	20
			в	Малый	Темный	—	—	—	—	—			
				Средний	Светлый	—	—	200	40	20			
			г	Малый	Средний	—	—	—	—	—			
				Средний	Средний	—	—	—	—	—			
				Большой	Темный	—	—	—	—	—			
				Большой	Светлый	—	—	200	40	20			

Значение K_n меняется от нескольких процентов (для ламп накаливания) до нескольких десятков процентов (для газоразрядных ламп).

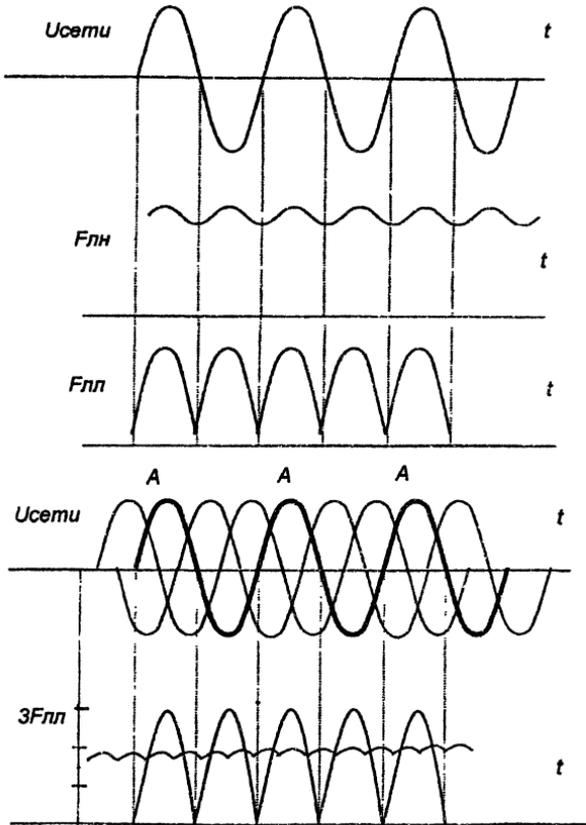


Рис. 3. Пульсации светового потока при однофазном и трехфазном питающем напряжении

Малое значение K_n для ламп накаливания объясняется большой тепловой инерцией нити накала, препятствующей заметному уменьшению светового потока лампы накаливания $F_{\text{лн}}$ в момент перехода мгновенного значения переменного напряжения сети через 0 (см. рис.3). В то же время газоразрядные лампы (в том числе люминесцентные) обладают малой инерцией и меняют свой световой поток $F_{\text{гд}}$ почти пропорционально амплитуде сетевого напряжения.

Для уменьшения коэффициента пульсации освещенности K_p люминесцентные лампы включаются в разные фазы трехфазной электрической сети. Это хорошо поясняет нижняя кривая на рис. 3, где показан характер изменения во времени суммарного светового потока, создаваемого тремя люминесцентными лампами $3F_{\text{дл}}$, включенными в первом случае в одну фазу, например, фазу А сети, а затем в разные фазы трехфазной сети.

В последнем случае за счет сдвига фаз в трехфазной сети на $1/3$ периода “провалы” в световом потоке каждой из ламп компенсируются световыми потоками двух других ламп, в результате пульсации суммарного светового потока (следовательно, и освещенности) существенно меньше.

Показатель ослепленности P – это критерий оценки слепящего действия источников света, определяемый по формуле

$$P = (S - 1) \cdot 10^3, \quad (9.5)$$

где S – коэффициент ослепленности, рассчитываемый по формуле

$$S = (\Delta B_{\text{пор}})_s / \Delta B_{\text{пор}}, \quad (9.6)$$

где $\Delta B_{\text{пор}}$ – пороговая разность яркости объекта и фона при обнаружении объекта на фоне равномерной яркости, кд/м^2 ; $(\Delta B_{\text{пор}})_s$ – пороговая разность яркости объекта и фона при наличии в поле зрения блеского (яркого) источника света, кд/м^2 .

Расчет искусственного освещения. Для расчета *общего равномерного освещения* горизонтальной рабочей поверхности применяют метод коэффициента использования светового потока.

Основная расчетная формула метода имеет вид

$$\Phi = (E \cdot S \cdot k_z \cdot z) / (N \cdot \eta \cdot n), \quad (9.7)$$

где Φ – световой поток лампы, лм ; E – допустимая наименьшая освещенность, лк ; S – площадь помещения, м^2 ; k_z – коэффициент запаса; z – коэффициент неравномерности освещенности (для люминесцентных ламп $z = 1,1$); N – число светильников, шт.; η – коэффициент использования светового потока (в долях единицы); n – число ламп в светильнике, шт.

Порядок выполнения расчета искусственного освещения. При расчете обычно задаются типом и числом светильников N . Допустимая наименьшая освещенность E устанавливается в соответствии с назначением помещения по СНиП 23-05-95. Для определения по светотехническому справочнику коэффициента использования светового потока η находится индекс помещения i и оцениваются коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка $\rho_{\text{п}}$, стен $\rho_{\text{ст}}$ и рабочей (расчетной) поверхности $\rho_{\text{рп}}$.

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = (A \cdot B) / [h \cdot (A + B)], \quad (9.8)$$

где A – длина помещения, м ; B – ширина помещения, м ; h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м .

Затем по формуле (9.7) рассчитывается требуемый световой поток Φ и по светотехническому справочнику выбирается стандартная лампа, обеспе-

чивающая этот поток. В практике допускается отклонение светового потока выбранной лампы $\Phi_{\text{гост}}$ от расчетного в пределах от -10% до $+20\%$.

Относительное отклонение светового потока δ , % определяется:

$$\delta = 100 (\Phi - \Phi_{\text{гост}}) / \Phi. \quad (9.9)$$

При невозможности выбора источника, удовлетворяющего допустимому отклонению, корректируется число светильников или высота их подвеса.

Описание лабораторной установки.

Общий вид установки представлен на рис.4. Установка состоит из макета производственного помещения с установленными в нем различными источниками света и измерительным прибором люксметр-пульсаметром.

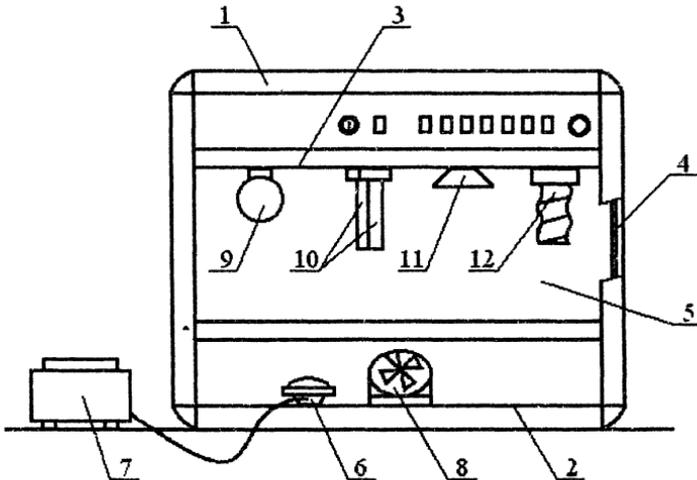


Рис. 4. Общий вид лабораторной установки

Макет помещения выполнен в виде каркаса 1 с передней стенкой 5 из тонированного стекла. Задняя и боковые стенки являются съемными и могут устанавливаться любой из двух сторон внутрь макета, фиксируясь в проемах каркаса с помощью магнитных защелок. Одна сторона стенок окрашена в светлые тона, другая – в темные тона.

В передней стенке 5 макета предусмотрено окно для размещения внутри каркаса измерительной головки 6 люксметра-пульсаметра 7. На полу макета 2 стоит вентилятор 8 для наблюдения стробоскопического эффекта.

На потолке макета 3 внутри каркаса установлены источники света: две лампы накаливания 9, три однотипных люминесцентных лампы 10, галогенная лампа накаливания 11 и люминесцентная лампа 12.

Место расположения ламп на потолке отмечено на полу макета цифрами, соответствующими номерам ламп на передней панели макета (рис. 5):

- № 1, 2, 3 – люминесцентные лампы типа КЛ 9 мощностью 9 Вт;
 № 4 – люминесцентная лампа типа СКЛЭН с высокочастотным преобразователем 11 Вт;
 № 5 – лампа накаливания 60 Вт;
 № 6 – криптоновая лампа накаливания 60 Вт;
 № 7 – галогенная лампа накаливания 50 Вт.

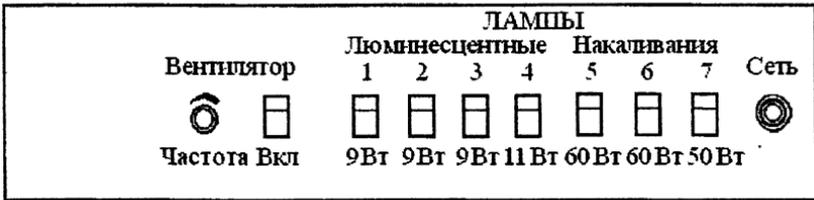


Рис. 5. Передняя панель макета

На передней панели макета расположены органы управления и контроля: лампа индикации включения напряжения сети; переключатель для включения вентилятора; ручка регулирования частоты вращения вентилятора; переключатели для включения соответствующих ламп.

Включение электропитания установки производится автоматом защиты, переключатель которого находится на задней панели каркаса (слева вверху).

Люксметр-пульсаметр (рис. 6) предназначен для измерения освещенности и коэффициента пульсации освещенности. Он состоит из измерительной

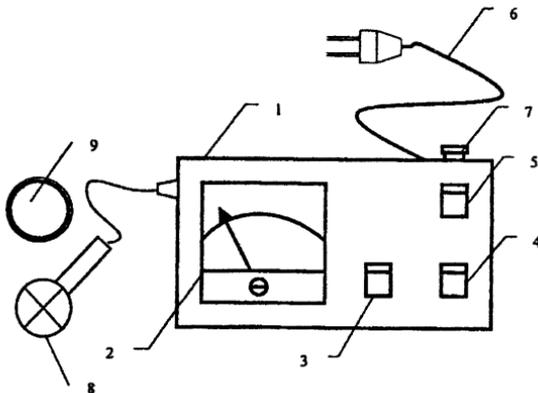


Рис. 6. Общий вид люксметра-пульсаметра

головки 8 и корпуса 1, на лицевой панели которого расположены стрелочный индикатор 2, переключатель режима измерения 3 (в положении "Е" из-

меряется освещенность, в положении “К_п” – коэффициент пульсации освещенности), переключатель диапазонов измерения 4, переключатель 5 для включения прибора в сеть и индикатор наличия напряжения.

В качестве приемника светового потока в измерительной головке прибора используется фотоэлемент, закрытый для расширения диапазона измерения освещенности насадкой 9 – поглощающим светофильтром.

При включении питания люксметра-пульсметра и установки переключателя 3 в положение “К_п” прибор позволяет измерять коэффициент пульсации освещенности в диапазоне от 0 до 30 % или от 0 до 100 % в зависимости от положения переключателя 4.

Порядок проведения лабораторной работы

1. Установить заднюю и боковые стенки макета производственного помещения таким образом, чтобы стороны, окрашенные в темные тона были обращены внутрь каркаса. При установке стенок нижняя окрашенная половина стенки должна быть темнее верхней.

2. Включить установку с помощью переключателя автомата защиты, который находится на задней панели каркаса (вверху слева).

3. Поставить переключатель 3 люксметра-пульсметра в положение “Е”. Поочередно включить лампы № 1, 4, 5, 6, 7 и произвести измерение освещенности не менее чем в пяти точках внутри макета на рабочей поверхности (обязательно измерить в центре и в углах).

Внимание! Фотоэлемент люксметра-пульсметра закрыт поглощающим светофильтром с коэффициентом ослабления 100. Поэтому при измерении освещенности показания прибора надо умножить на 100 и занести в отчет.

4. Рассчитать среднее значение освещенности на рабочей поверхности $E_{\text{ср}}$, создаваемой каждой из ламп.

5. Установить стенки макета таким образом, чтобы стороны, окрашенные в светлые тона, были обращены внутрь каркаса.

6. Повторить измерение освещенности при тех же лампах и рассчитать среднее значение освещенности $E_{\text{ср}}$.

7. Сравнить полученные в результате измерений (п.п. 4 и 6) значения освещенности, создаваемой на рабочем месте каждой из ламп, с допустимым наименьшим значением (см. табл. 2), выбранным с учетом заданных преподавателем условий зрительной работы. Сделать вывод о достаточности освещенности на рабочем месте.

8. По результатам измерений освещенности для варианта с темной и светлой окраской стен вычислить для каждой из ламп значение фактического светового потока $\Phi_{\text{факт}}$ по формуле

$$\Phi_{\text{факт}} = E_{\text{ср}} S, \quad (9.10)$$

где $E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности, лк; S – площадь рабочей поверхности, м² (в макете равна 0,4 м²).

9. Рассчитать коэффициент использования светового потока η для варианта с темной и светлой окраской стен по формуле

$$\eta = \Phi_{\text{факт}} / \Phi_{\text{лампы}} \quad (9.11)$$

Световой поток $\Phi_{\text{лампы}}$ для каждого типа используемых ламп выбирается с учетом их номинальной мощности из таблицы 3.

Таблица 3

Технические характеристики источников света

Тип ламп	Номинальная мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм.
Лампа накаливания	60	730
Лампа накаливания криптоновая	60	800
Лампа люминесцентная КЛ 9	9	600
Лампа люминесцентная СКЛЭН	11	700
Лампа галогенная	50	850

10. Сравнить значения коэффициентов использования светового потока разных типов источников света при различной окраске стен.

11. Перевести переключатель люксметра-пульсметра в положение «К_п» и измерить коэффициент пульсации освещенности K_p при включении одной лампы накаливания, а затем – одной люминесцентной лампы типа КЛ 9. Сравнить полученные значения и сделать вывод.

12. Измерить и сравнить между собой коэффициенты пульсации освещенности при включении одной люминесцентной лампы типа КЛ 9, затем – двух и далее – трех ламп типа КЛ 9. При измерении следует учесть, что люминесцентные лампы включаются в три различные фазы сети, поэтому измерительную головку люксметра-пульсметра необходимо располагать в геометрическом центре системы включенных ламп.

13. Выключить люксметр-пульсметр.

14. Ознакомиться с явлением стробоскопического эффекта. Включить люминесцентную лампу типа КЛ 9 в центре установки и вентилятор. Вращая ручку «Частота», регулируемую скорость вращения лопастей вентилятора, подобрать такую частоту, при которой возникает стробоскопический эффект – лопасти кажутся неподвижными.

15. Выключить вентилятор и установку.

16. Произвести расчет искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока (вариант задания указывается преподавателем). Исходные данные для расчета приведены в табл. 4.

Таблица 4

Исходные данные для расчета искусственного освещения

Исходные данные	Варианты		
	I	II	III
	Назначение помещения		
	Конструкторское бюро	Машиный зал ВЦ	Фотометрическая лаборатория
Длина помещения A , м	12	15	8
Ширина помещения B , м	9.5	10	6
Высота подвеса h , м	3	3	2.3
Тип светильников	ЛСП 01	ЛОУ 1П	ЛСП 02
Количество светильников N , шт.	10	15	12
Количество ламп в светильнике n , шт.	2	2	2
Коэффициент отражения потолка $\rho_{п}$, %	70	80	50
Коэффициент отражения стен $\rho_{ст}$, %	50	30	50
Коэффициент отражения рабочей поверхности $\rho_{рп}$, %	10	10	10
Коэффициент запаса k_z	1,3	1,4	1,3

16.1. Вычислить площадь помещения S .

16.2. Рассчитать индекс помещения i по формуле (9.8).

16.3. Найти значение коэффициента использования светового потока η (см. табл. 5).

16.4. Выбрать допустимое значение освещенности E для указанного помещения (см. табл. 6).

16.5. Рассчитать световой поток лампы Φ по формуле (9.7).

16.6. По полученному световому потоку Φ подобрать стандартную лампу и определить её мощность (см. табл. 7).

16.7. Определить величину относительного отклонения светового потока δ по формуле (6.9) и установить: удовлетворяет ли выбранная лампа допустимым отклонениям (от -10% до $+20\%$).

17. Составить отчет с результатами измерений и расчета освещенности.

Таблица 5

Значения коэффициента использования светового потока

	Тип светильника														
	ЛСП 01					ЛОУ ИП					ЛСП 02				
$\rho_{\text{п}},\%$	70	70	50	50	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
$\rho_{\text{ст}},\%$	50	50	50	30	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_{\text{рп}},\%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
i	Коэффициент использования светового потока $\eta, \%$														
0,5	28	26	25	22	19	28	26	19	17	14	28	27	21	18	16
0,6	32	30	30	26	23	31	29	23	20	18	33	32	23	22	20
0,7	36	34	34	30	26	36	34	28	24	22	38	36	30	26	24
0,8	39	36	36	32	29	39	37	30	26	24	42	39	33	29	28
0,9	42	39	38	35	31	43	40	34	29	27	46	42	37	32	31
1,0	44	41	40	37	33	46	42	36	32	30	49	45	40	35	34
1,1	46	42	42	39	35	48	44	38	34	31	52	48	42	38	36
1,25	48	44	43	41	37	51	47	41	36	34	55	50	45	40	39
1,5	51	47	46	44	40	55	50	45	40	37	60	54	49	45	44
1,75	54	49	48	46	42	58	53	48	42	40	63	57	52	48	47
2,0	55	50	49	47	44	60	55	49	44	41	65	59	55	51	49

Таблица 6

Нормы освещенности помещений в зданиях научно-исследовательских учреждений (выписка из СНиП 23-05-95)

Помещения	Освещенность рабочих поверхностей, лк
1. Конструкторские и чертежные бюро	500
2. Вычислительный центр: помещение подготовки и обработки информации, машинный зал; помещения для программистов;	400
3. Аналитические лаборатории	300
4. Лаборатории, химические, физические, спектрографические, фотометрические, микроскопические и электронных устройств.	400
	300

Таблица 7

Технические данные люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм (после 100 ч горения)	Длина лампы, мм
ЛДЦ 20-4 ЛД 20-4 ЛХБ 20-4 ЛТБ 20-4 ЛБ 20-4	20	780 870 890 925 1120	604,0
ЛДЦ 30-4 ЛД 30-4 ЛХБ 30-4 ЛТБ 30-4 ЛБ30-4	30	1375 1560 1605 1635 1995	908,8
ЛДЦ 40-4 ЛД 40-4 ЛХБ 40-4 ЛТБ 40-4 ЛБ 40-4	40	2100 2225 2470 2450 2850	1213,6
ЛДЦ 65-4 ЛД 65-4 ЛХБ 65-4 ЛТБ 65-4 ЛБ 65-4	65	2900 3390 3630 3780 4325	1514,2
ЛДЦ 80-4 ЛД 80-4 ЛХБ 80-4 ЛТБ 80-4 ЛБ 80-4	80	3380 3865 4220 4300 4960	1514,2
ЛХБ 150	150	8000	1514,2

Лабораторная работа № 10
Исследование эффективности очистки воздуха
от вредных газообразных веществ

Цель работы – научиться определять концентрацию вредных газообразных веществ в воздушной среде, оценивать эффективность очистки воздуха от вредных веществ.

Содержание работы

1. Измерить концентрацию вредного вещества в воздушной среде.
2. Оценить эффективность очистки воздуха от вредных газообразных веществ с помощью различных очистных устройств.

Краткие теоретические сведения

Воздушная среда, составляющая земную атмосферу, представляет собой смесь газов. Сухой атмосферный воздух содержит 20,95% кислорода; 78,08% азота; 0,03% углекислого газа; 0,93% аргона, неона и других инертных газов и 0,01% прочих газов. Указанное процентное содержание отдельных составляющих воздуха характеризует его как чистый. Воздух такого состава наиболее благоприятен для дыхания. Однако в окружающей среде существует масса источников, загрязняющих воздух вредными веществами, которые выделяются в виде пыли, пара и газа.

Вредными веществами называют вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья.

Химические вещества на производстве, оказывающие токсическое действие на организм человека и как следствие нарушение нормальной жизнедеятельности (отравление), называются *промышленными ядами*.

Источниками выделения вредных веществ в производственных помещениях могут быть технологические процессы в цехах горячей и холодной обработки материалов, в механосборочных цехах – сварочные, гальванические и окрасочные операции, технологическое оборудование: печи пламенного нагрева, насосы, компрессоры, газопроводы, баллоны, а также производственный персонал.

Вредные вещества могут поступать в организм человека через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, неповрежденную кожу. Через дыхательные пути вредные вещества проникают в организм в виде паров, газов и пыли; через желудочно-кишечный тракт – с загрязненных рук при приеме пищи; через кожу проникают только вещества, хорошо растворяющиеся в жирах или в воде.

Основным и наиболее опасным является поступление веществ через органы дыхания, так как в этом случае вредные вещества проникают непосредственно в кровь и разносятся по всему организму.

Степень опасности действия вредного вещества на человека зависит от физико-химических свойств поступающего в организм вещества, концентрации его в воздухе, времени и характера воздействия.

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на:

- *общетоксические вещества* (углеводороды, спирты, анилин, сероводород, синильная кислота и ее соли, соли ртути, оксид углерода (II), вызывающие расстройства нервной системы, мышечные судороги, нарушение структуры ферментов, влияющие на работу кроветворных органов;
- *раздражающие вещества* (хлор, аммиак, диоксид серы, пары кислот, оксиды азота и др.), воздействующие на слизистые оболочки, верхние и глубокие дыхательные пути;
- *сенсibiliзирующие вещества* (органические нитрокрасители – лаки и краски, растворители, формальдегид, антибиотики), повышающие чувствительность организма к химическим веществам и приводящие к аллергическим реакциям;
- *канцерогенные вещества* (хром, никель, асбест, ароматические углеводороды, циклические амины), вызывающие, как правило, злокачественные опухоли;
- *мутагенные вещества* (этиленамин, окись этилена, хлорированные углеводороды, соединения свинца и ртути и др.), приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации;
- *вещества, влияющие на репродуктивную (детородную) функцию* (ртуть, свинец, стирол, борная кислота, аммиак, радиоактивные вещества), вызывающие возникновение врожденных пороков развития и отклонений у потомства.

Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на четыре класса опасности:

- 1-й – чрезвычайно опасные;
- 2-й – высокоопасные;
- 3-й – умеренно опасные;
- 4-й – малоопасные.

Важно отметить комбинированное действие вредных токсичных веществ (ядов) на здоровье человека. *Комбинированное действие* – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления.

Различают несколько типов комбинированного действия ядов в зависимости от эффектов токсичности: аддитивного, потенцированного, антагонистического и независимого действия.

Аддитивное действие – это суммарный эффект смеси ядов, равный сумме эффектов действующих компонентов. Аддитивность характерна для ве-

шествв однонаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма.

При *потенцированном действии* (синергизме) компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Эффект комбинированного действия в этом случае больше аддитивного.

Антагонистическое действие – эффект комбинированного действия менее ожидаемого. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого, эффект меньше аддитивного.

При *независимом действии* комбинированный эффект не отличается от изолированного действия каждого яда в отдельности. Преобладает эффект наиболее токсичного вещества.

Наряду с комбинированным влиянием ядов возможно их комплексное действие, когда яды поступают в организм одновременно, но разными путями: через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, органы дыхания и неповрежденный кожный покров и т. д.

Для ограничения неблагоприятного воздействия вредных веществ на организм человека применяют гигиеническое нормирование их содержания в воздушной среде.

В соответствие с ГОСТ 12.1.005 - 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» устанавливаются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Предельно допустимая концентрация ($\text{мг}/\text{м}^3$) – это концентрация вредного вещества, которая при ежедневной работе 8 ч. или при другой продолжительности, но не более 41 ч. в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Рабочей зоной считается пространство, ограниченное 2 м над уровнем пола (или площадки), на котором находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного (аддитивного) действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них в воздухе помещений и их ПДК не должна превышать единицы:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1, \quad (10.1)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – концентрация каждого вещества в воздухе, $\text{мг}/\text{м}^3$; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации этих веществ, $\text{мг}/\text{м}^3$.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ, не обладающих однонаправленным действием, ПДК остаются такими же, как и при изолированном воздействии.

Мероприятия по оздоровлению воздушной среды. Требуемое состояние воздуха в производственных помещениях может быть обеспечено выполнением определенных мероприятий, основными из которых являются:

1. Механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими. Автоматизация процессов, сопровождающихся выделением вредных веществ, не только повышает производительность, но и улучшает условия труда, поскольку рабочие выводятся из опасной зоны.

2. Применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадание их в рабочую зону. При проектировании новых технологических процессов и оборудования необходимо добиваться исключения или резкого уменьшения выделения или значительного уменьшения выделения вредных веществ в воздух производственных помещений. Этого можно достичь, например, заменой токсичных веществ нетоксичными, переходом с твердого и жидкого топлива на газообразное, применением электрического высокочастотного нагрева заготовок, пылеподавлением водой при измельчении и транспортировке хрупких или сыпучих материалов и т. д.

Большое значение имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества, в частности, нагревательных печей, газопроводов, насосов, компрессоров и т. д.

3. Устройство вытяжной вентиляции для удаления из производственных помещений образующихся вредных веществ.

4. Очистка удаляемого или поступающего воздуха, содержащего вредные вещества.

Очистка удаляемого воздуха от газо- и пылеобразных вредных веществ основана на использовании ряда физико-химических методов. К ним относятся: абсорбция, хемосорбция, адсорбция, каталитическое дожигание и др.

При *абсорбции* происходит поглощение жидкостями паро- и газообразных веществ из загрязненного воздуха. *Хемосорбция* заключается в промывке очищаемого воздуха растворами, вступающими в химические реакции с газообразными примесями в удаляемом воздухе.

Адсорбция представляет собой процесс поглощения газов или паров поверхностью твердых веществ – адсорбентов. В качестве адсорбентов используют активированный уголь, силикагель, глинозем.

Каталитическое дожигание применяют для превращения токсичных смесей газов в нетоксичные или малоопасные. В производственных помещениях образующиеся смеси газов дожигают в специальных устройствах, где в присутствии катализатора (платины, никеля, меди и др.) протекают реакции, снижающие токсичность удаляемых с воздухом веществ.

5. Применение средств индивидуальной защиты органов дыхания: респираторов, противогазов, изолирующих дыхательных аппаратов.

Описание лабораторной установки

Общий вид лабораторной установки для проведения исследований показан на рис. 7. Установка включает в себя стол 1, на столешнице 2 которого установлена вертикальная панель 3. На панели находятся устройства очистки воздуха: адсорберы 4 и 5 и водяной абсорбер 6. На панели также расположены многоканальный кран-распределитель 7 и камера-смеситель 8. Под столешницей на коврике 10 установлен вентилятор 9.

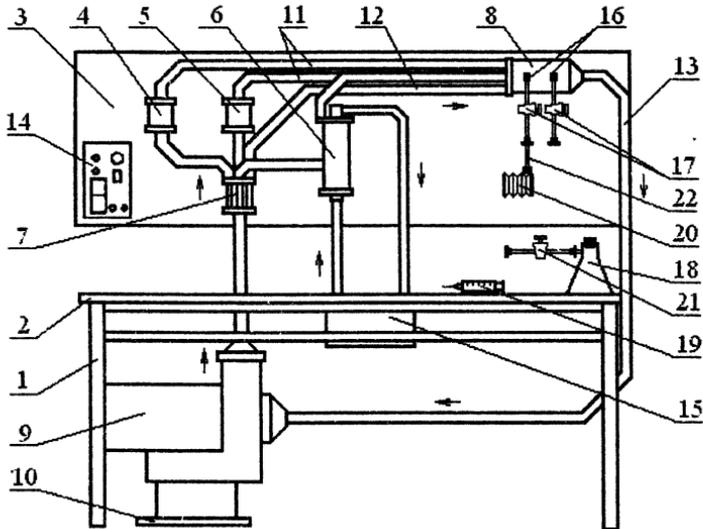


Рис. 7. Общий вид лабораторной установки

С помощью вентилятора в магистралях установки создается воздушный поток, поступающий в кран-распределитель 7. Кран-распределитель обеспечивает возможность подключения соответствующей воздушной магистрали: или одной из трех магистралей очистки воздуха 11, соединенных с абсорбером 6, адсорберами 4 и 5 или свободной магистрали 12. Далее по одной из подключенных магистралей воздушный поток попадает в камеру-смеситель 8 и по магистрали 13 возвращается к вентилятору. Таким образом, пневмосистема установки является замкнутой.

На вертикальной панели 3 расположен блок управления 14, на лицевой панели которого находятся тумблеры для включения установки, вентилятора и насоса гидросистемы абсорбера 6.

Адсорберы 4 и 5 представляют собой цилиндрические емкости, заполненные сорбентом: адсорбер 4 заполнен активированным углем, адсорбер 5 – силикагелем.

Водяной абсорбер 6 выполнен в виде цилиндрической емкости, внутри которой имеется разбрызгиватель с решеткой для создания мелкодисперсной водяной среды.

Гидросистема абсорбера 6 представляет собой прямоугольную емкость с водой 15, на дне которой установлен насос. Вода с помощью насоса подается по напорной трубке в разбрызгиватель абсорбера и сливается по “возвратной” трубке в емкость 15. Таким образом, в лабораторной установке гидросистема абсорбера является замкнутой.

Камера-смеситель 8, выполненная в виде цилиндрической емкости, служит для введения в воздушный поток пневмосистемы вредного вещества, перемешивания воздуха с введенным веществом, отбора проб загрязненного и очищенного воздуха. Введение вредного вещества в камеру-смеситель и отбор проб воздуха из пневмосистемы осуществляется с помощью присоединенных к камере через резиновые пробки 16 стеклянных кранов 17.

Колба 18 с резиновой пробкой используется для хранения вредного вещества и размещается на столешнице 2.

Шприц 19 для отбора вредного вещества из колбы 18 и аспиратор 20 для отбора проб воздуха из пневмосистемы выдаются преподавателем.

Указания мер безопасности

Запрещается включать насос гидросистемы абсорбера 6, когда выключен вентилятор и воздушный поток не проходит через абсорбер.

Порядок проведения лабораторной работы

1. Включить установку в сеть.
2. Многоканальный кран-распределитель 7 перевести в положение, при котором воздушный поток будет проходить по свободной магистрали 12.
3. Из колбы с надписью «аммиак» отобрать 200 мл загрязненного аммиаком воздуха и ввести в камеру-смеситель 8. Для этого шприц 19 вместимостью 150 мл подсоединить к крану 21 колбы, открыть кран колбы, немного приоткрыть горлышко склянки и втянуть в шприц 100 мл загрязненного аммиаком воздуха из склянки.
4. Подсоединить шприц к правому крану 17 камеры-смесителя 8, открыть кран и ввести загрязненный воздух из шприца в камеру-смеситель.
5. Закрыть правый кран камеры-смеситель.
6. Описанные выше действия в п.п. 3 – 5 повторить еще один раз.
7. С помощью тумблера на блоке управления включить вентилятор и дать возможность загрязненному аммиаком воздуху перемешаться с воздухом пневмосистемы в течение одной минуты.
8. Выключить вентилятор.
9. Получить у преподавателя аспиратор типа АМ 5 и индикаторную трубку для определения концентрации аммиака. Подключить к аспиратору индикаторную трубку.

9. Подсоединить индикаторную трубку 22 вместе с аспиратором 20 к левому крану 17 камеры-смеситель.

10. Открыть для отбора пробы воздуха левый кран и прокачать через индикаторную трубку с помощью аспиратора 500 мл загрязненного воздуха (для чего сделать пять сжатий «груши» аспиратора).

11. Закрыть левый кран камеры-смеситель.

12. Определить концентрацию аммиака в воздухе пневмосистемы установки по длине окрашенного столбика реактива с помощью калибровочной шкалы на упаковочной коробке индикаторных трубок.

13. Перевести кран-распределитель 7 в положение, при котором воздух будет проходить по магистрали через адсорбер 4 с активированным углем и повторить действия в соответствии с п. 3.

14. Включить вентилятор и обеспечить прохождение загрязненного воздуха через адсорбер 4 в течение 5 минут.

15. Получить у преподавателя новую индикаторную трубку, подключить ее одним концом к аспиратору, а другим — к левому крану камеры-смеситель.

16. Выключить вентилятор и произвести отбор пробы очищенного воздуха в соответствии с п. 10.

17. Определить эффективность очистки воздуха Ξ , % по формуле:

$$\Xi = 100 (K_3 - K_0) / K_3, \quad (10.2)$$

где K_3 – концентрация вредного вещества в загрязненном воздухе, $г/м^3$;

K_0 – концентрация вредного вещества в очищенном воздухе, $г/м^3$.

18. Вынуть пробку 16 с левым краном 17 из камеры-смесителя 8, включить вентилятор и произвести поочередно продувку четырех магистралей пневмосистемы.

ВНИМАНИЕ! Каждую магистраль продувать в течение 30 с, для чего необходимо переключать кран-распределитель 7 через указанный интервал времени. После завершения продувки выключить вентилятор.

19. Произвести действия в соответствии с п.п. 3 – 6.

20. Перевести кран-распределитель в положение, при котором воздух будет проходить через адсорбер 5 с силикагелем и повторить действия в соответствии с п.п. 14-18.

21. Перевести кран-распределитель в положение, при котором воздух будет проходить через магистраль соединенную с абсорбером 6 и повторить действия в соответствии с п.п. 3 – 6.

22. С помощью тумблера на блоке управления включить насос гидросистемы абсорбера, при этом заработает разбрызгиватель абсорбера 6.

23. Произвести действия в соответствии с п.п. 14 – 17.

24. Выключить насос гидросистемы абсорбера и произвести действия в соответствии с п. 18.

26. Составить отчет о проведенной работе.

Лабораторная работа № 11

Исследование эффективности очистки водопроводной воды

Цель работы — ознакомиться с методами очистки воды от вредных примесей и оценить эффективность очистки водопроводной воды с помощью фильтров и очистительной установки.

Содержание работы

1. Определить содержание вредных примесей в неочищенной водопроводной воде и после ее очистки.
2. Оценить эффективность очистки водопроводной воды с помощью различных фильтров и очистительной установки.

Краткие теоретические сведения

Вода представляет собой стабильное соединение кислорода и водорода — H_2O . Человеческий организм на 60 – 70% состоит из воды. Вода доставляет в клетки организма питательные вещества (витамины, минеральные соли) и уносит отходы жизнедеятельности. Кроме того, вода участвует в процессе терморегуляции и дыхания. Для нормальной работы всех систем человеку необходимо как минимум 1,5 л воды в день. Однако употребление загрязненной воды может привести к неблагоприятным последствиям для человека как немедленно, так и через несколько лет.

Опасность употребления некачественной воды может быть микробиологической: вода в природе содержит множество микроорганизмов, некоторые из которых вызывают у человека тяжелые заболевания, такие, например, как холера, тиф, гепатит или гастроэнтерит.

Загрязнение воды может быть и химическим: в воду могут попасть такие вредные для человека примеси, как пестициды, гербициды, нитраты и нитриты (ядовитые соли азотистой кислоты), тяжелые металлы (например, свинец), хлор при хлорировании воды на станциях водоочистки.

Пестициды – это токсичные химические вещества, применяемые для защиты возделываемых культур и лесов от вредителей. Пестициды хорошо растворяются в воде и поэтому могут попадать в реки и озера, например, с дождевой водой.

Гербициды — это органические соединения, применяемые в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками. Могут попадать в питьевую воду, особенно в сельской местности.

Нитраты — это удобрения, необходимые для развития растений. Без учета искусственных удобрений их содержание в воде составляет обычно менее 10 мг/л. Загрязнение окружающей среды может привести к повышению концентрации (до уровня более чем 45 мг/л). Тогда нитраты становятся опасными для здоровья.

Свинец – особо токсичный металл, если он растворен в воде. Основные источники загрязнения воды свинцом – старые водопроводные трубы.

Станции водоочистки не способны бороться со свинцом, так как он появляется в воде уже после ее очистки.

Хлор — это дезинфицирующее вещество, применяемое для очистки водопроводной воды от микроорганизмов.

Согласно действующим Санитарным правилам и нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 *питьевой* считается вода, пригодная к употреблению внутрь и отвечающая критериям качества.

Важным показателем качества питьевой воды является *показатель кислотности рН* — величина, характеризующая концентрацию ионов водорода в растворах. Для абсолютно чистой воды рН равен 7. При рН = 7 — нейтральная кислотность, при рН > 7 — пониженная кислотность (щелочная среда), при рН < 7 — повышенная кислотность (кислая среда).

Установлено, что употребление воды с тем или иным показателем рН может влиять на общее состояние организма, увеличивая или уменьшая количество кислоты в желудке. Так, при гастрите и других заболеваниях желудка, связанных с повышенной кислотностью, не рекомендуется употреблять воду с рН меньше 7.

Методы очистки воды. Считается, что вода, прошедшая очистку и отвечающая требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 безопасна и пригодна к употреблению. Наиболее распространенные способы очистки воды: хлорирование, механическая фильтрация, сорбция, ионный обмен, обратный осмос, электрохимическая очистка, дистилляция и кипячение.

Хлорирование воды, применяющееся на водоочистных станциях практически всех развитых стран мира, спасло немало людей от холеры и других вирусов, и концентрация хлора в водопроводной воде не является опасной для здорового человека. Однако для людей, страдающих астматическими и аллергическими заболеваниями, присутствие хлора, даже в малых концентрациях, ухудшает самочувствие. Кроме того, хлор взаимодействует с органическими соединениями, находящимися в водопроводной воде, с образованием хлорорганических соединений, таких, например, как хлороформ.

Механическая фильтрация — самый простой способ очистки воды, который обеспечивает улавливание частиц нерастворимых в воде веществ за счет разницы размеров самих частиц и каналов фильтра, по которым протекает очищаемая вода. Например, колонки, заполненные гранулированным активированным углем с диаметром гранул 100 – 1000 микрон, способны эффективно задерживать частицы примерно такого же размера.

Однако большая часть нерастворенных в воде частиц имеет гораздо меньший размер — 0,1 – 20 микрон. Кроме того, фильтром не улавливаются микроорганизмы, так как их размер 0,4 – 3 микрона.

Сорбцией называют процесс поглощения примесей из очищаемой жидкости твердыми телами, а поглощающие твердые тела — *сорбентами*. Наиболее широко используются *активированные угли* — универсальные сор-

бенты, удаляющие примеси различной химической природы. Гранулированные активированные угли очищают воду от органических примесей, а также от активного хлора. В то же время для удаления тяжелых металлов и бактерий активированный уголь неэффективен.

Ионный обмен — это специфический случай сорбции заряженных частиц (ионов), когда поглощение одного иона сопровождается выходом в раствор другого иона, входящего в состав сорбента. При этом ион, присутствие которого в воде нежелательно, фиксируется на сорбенте. Сорбенты, работающие по такому механизму, называются *ионообменными материалами или ионитами*. Иониты способны извлекать из воды одни растворенные соли, замещая их другими солями (например, соли кальция и магния могут заменяться солями натрия). Еще одно из применений ионитов — умягчение жесткой воды, то есть удаление из воды избыточного содержания ионов кальция и магния.

Чаще всего в процессе водоочистки ионный обмен используется для удаления из воды катионов тяжелых металлов (например, свинца), представляющих опасность для здоровья человека, а также удаления нитратов.

Обратный осмос — это очистка воды при помощи обратноосмотической мембраны. Вода при таком способе очистки пропускается через мембрану, поры которой пропускают воду, но не пропускают растворенные в ней примеси — ни вредные, ни полезные. Система обратного осмоса позволяет получать воду очень высокой степени очистки. Обратным осмосом можно удалять из воды даже одновалентные ионы, например, ионы натрия и хлора. Обратноосмотические установки обязательно должны содержать активированный уголь, так как сама мембрана не задерживает низкомолекулярную органику и бактерии.

Однако этот способ имеет ряд существенных недостатков:

- во-первых, обратноосмотические установки очень дороги;
- во-вторых, они имеют, как правило, низкую производительность (20-25 л в сутки), а потому в ряде случаев требуется накопительная емкость;
- в-третьих, вода перед обратноосмотической мембраной должна обязательно пройти тщательную механическую фильтрацию;
- в-четвертых, вода после такой обработки становится «слишком чистой» и не содержит необходимых организму микроэлементов, что требует их добавления в воду после фильтрации;
- в-пятых, при работе установки обратного осмоса в дренаж сбрасывается от 50 до 75 % очищаемой воды. Пользователь получает лишь 25 – 30 % хорошо очищенной воды.

Электрохимическая очистка основана на сложных окислительно-восстановительных реакциях, которые происходят в воде при воздействии на нее сильного электрического тока. Этот способ экономичен, так как позволяет достигнуть высокой производительности при небольших затратах.

Дистилляция – менее распространенный вид очистки воды, так как достаточно дорог. В дистилляционных системах вода сначала испаряется, а затем конденсируется. При этом происходит разделение жидких многокомпонентных смесей на отличающиеся по составу фракции путем частичного испарения смеси и конденсации образующихся паров. Методом дистилляции можно отделить жидкость от растворенных в ней твердых веществ или жидкостей с сильно отличающимися температурами кипения.

Стерилизация – это полное очищение воды от микроорганизмов действием высоких температур или фильтрацией. Фильтрация, как правило, применяется на промышленных установках при больших объемах стерилизуемой воды.

Кипячение – наиболее доступный и известный способ доочистки воды является одной из разновидностей стерилизации. Кипячение достаточно эффективно, но имеет и свои недостатки.

Положительным свойством кипячения является его способность при температуре 100 °С убивать в воде большинство болезнетворных бактерий. При кипячении в открытом объеме происходит также частичное улетучивание органических соединений, имеющих низкую температуру кипения.

Однако недостатком кипячения является уменьшение в воде содержания растворенных в ней до кипячения жизненно важных солей – солей кальция и магния, отлагающихся в виде накипи. Кроме того, кипячение может ухудшать качество воды, так как концентрации нелетучих органических соединений и неорганических примесей (таких как соли тяжелых металлов) возрастают из-за испарения части воды.

Существенную опасность представляет кипячение хлорированной воды. При кипячении хлор взаимодействует с органическими веществами, в результате образуются *канцерогенные вещества*, способствующие возникновению раковых опухолей.

Фильтры для очистки водопроводной воды. Для доочистки питьевой воды используются бытовые фильтры и очистительные установки различных типов и принципов действия. При эффективной очистке воды фильтром все вредные примеси удаляются, и вода вновь приобретает свои полезные качества и становится приятной на вкус. Профильтрованная вода очищается от большинства загрязняющих примесей, в том числе и от хлора, убивающего бактерии.

В лабораторной работе используются фильтры типа «Аквафор В300», «Гейзер-М», «Родник-3М» и очистительная установка «Изумруд».

Принцип работы фильтра «Аквафор В300» основан на использовании свойства активированного углеродного волокна АКВАЛЕН обеспечивать глубокую очистку воды.

Работа фильтра «Гейзер-М» основана на использовании уникального ионообменного материала. Очистка воды осуществляется в три стадии:

- 1-ая стадия – удаление из воды грязи и ржавчины;
 2-ая стадия – удаление химическим связыванием солей тяжелых металлов;
 3-ья стадия – осуществление микробиологической очистки.

Работа фильтра «Родник-3М» основана на принципе обратного осмоса. В фильтре используется высококачественный активированный уголь, часть которого обогащена серебром, благодаря чему фильтр обладает бактерицидными свойствами.

Принцип работы очистительной установки «Изумруд» основан на применении диафрагменных электрохимического и каталитического реакторов с вихревой реакционной камерой.

Описание лабораторной установки

Общий вид установки показан на рис. 8. Установка представляет собой стол лабораторный 1 оригинальной конструкции, на столешнице 2 которого размещены вертикальная панель 3, сливная раковина 4, стаканы для проб очищенной воды 5, мерная кружка 6 и карманный измеритель 7 типа TDS.

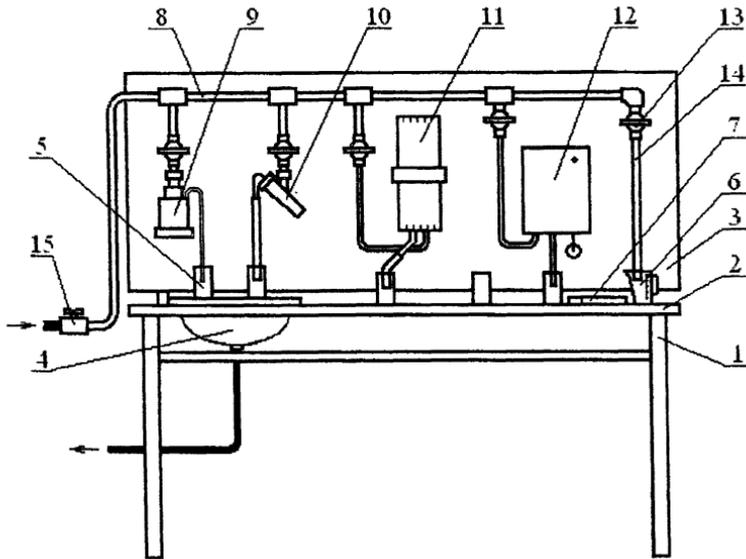


Рис. 8. Общий вид установки для исследования эффективности очистки водопроводной воды

На вертикальной панели 3 закреплены: трубы и шланги гидросистемы для подвода воды, фильтры «Аквафор В300» 9, «Гейзер-М» 10, «Родник-3М» 11 и установка очистительная «Изумруд» 12.

Гидросистема лабораторной установки включает основную водную магистраль 8 и пять отводных каналов, на каждом из которых установлены краны 13. К четырем отводным каналам подсоединены фильтры 9, 10, 11 и установка очистительная 12; пятый отводной канал 14 предназначен для отбора проб неочищенной водопроводной воды.

Указания мер безопасности

1. Запрещается при очистке воды конкретным фильтром или очистительной установкой превышать значение скорости подачи воды, указанное в методических указаниях к лабораторной работе.
2. Запрещается включать в электрическую сеть очистительную установку «Изумруд» без предварительной подачи через нее воды.
4. При появлении протечек в гидросистеме следует немедленно прекратить проведение лабораторной работы до устранения неисправности.

Порядок проведения работы

1. Опустить конец выходной трубки пятого отводного канала 14 в сливную раковину 4.
 2. Подставить мерную кружку 6 емкостью 0,25 л под выходную трубку пятого отводного канала. Приоткрыть кран 13 на этом канале. Медленно вращая рукоятку вентиля 15 на трубе водопровода, установить скорость подачи воды 0,5 л/мин. Такой будет скорость, если за 24 секунды в кружку вытечет 0,2 л воды.
 3. При данной скорости подачи воды произвести отбор с помощью мерной кружки 150 мл неочищенной водопроводной воды. Пробу воды перелить в стакан.
 4. Закрыть кран 13 на пятом отводном канале.
 5. Полностью открыть кран на отводном канале, соединенном с фильтром 9 «Аквафор В300» и произвести отбор в мерную кружку 150 мл очищенной водопроводной воды. Пробу воды перелить во второй стакан.
 6. Закрыть кран на отводном канале с фильтром 9 и приоткрыть кран 13 на пятом отводном канале.
 7. Измерить концентрацию солей твердых веществ с помощью карманного измерителя 7 типа TDS сначала в пробе неочищенной воды, а затем в пробе очищенной воды. Для чего необходимо: снять крышку с нижней части корпуса измерителя; нажав на кнопку «ON», включить измеритель; опустить его нижней частью в стакан с пробой воды и снять показания.
 8. После измерения выключить измеритель нажатием на кнопку «OFF».
 9. Определить эффективность очистки воды Ξ (%) по формуле:

$$\Xi = 100 (M - n) / M, \quad (11)$$
- где M – концентрация солей твердых веществ в неочищенной воде, мг/л (ppm);
- n – концентрация солей твердых веществ в очищенной воде, мг/л (ppm).

10. Закрыть кран 13 на пятом отводном канале.
11. Полностью открыть кран на отводном канале, соединенном с фильтром 10 «Гейзер-М».
12. Произвести отбор в мерную кружку 150 мл очищенной водопроводной воды. Пробу воды перелить в стакан.
13. Закрыть кран на отводном канале фильтра и приоткрыть кран 13 на пятом канале 14.
14. Измерить концентрацию солей твердых веществ в пробе очищенной фильтром воды.
15. После измерения концентрации выключить измеритель 7, нажав на кнопку «off».
16. Определить эффективность очистки воды по формуле (11).
17. Закрыть кран 13 на пятом отводном канале.
18. Полностью открыть кран на отводном канале, соединенном с фильтром 11 «Родник-3М», и произвести действия в соответствии с п.п. 12 – 17.
19. Поставить мерную кружку в сливную раковину и опустить в кружку конец выходной трубки пятого отводного канала 14. Приоткрыть кран 13 на этом канале. Медленно вращая рукоятку вентиля 15 на трубе водопровода, установить скорость подачи воды 1 л/мин, что соответствует заполнению кружки до отметки 0,2 л за 12 секунд.
20. Полностью открыть кран на отводном канале, соединенном с очистительной установкой 12 «Изумруд», и закрыть кран 13 на пятом отводном канале.
21. Подключить с помощью шнура питания очистительную установку 12 к электрической сети (загорится контрольная лампа).
22. Опустить конец выходной трубки установки «Изумруд» в мерную кружку и произвести отбор 150 мл очищенной воды. Пробу воды перелить в стакан.
23. Отключить очистительную установку 12 от электрической сети.
24. Закрыть кран на отводном канале с установкой «Изумруд» и приоткрыть кран 13 на пятом отводном канале.
25. Произвести измерение содержания солей твердых веществ в пробе очищенной воды.
26. После измерения концентрации выключить измеритель 7, нажав на кнопку «off».
27. Определить эффективность очистки воды установкой «Изумруд» по формуле (11).
28. После проведения лабораторной работы закрыть вентиль 15 на трубе водопровода и все краны 13 на пяти отводных каналах.
29. Пробы воды слить из стаканов в раковину.
30. Составить отчет о проделанной работе и сделать выводы об эффективности действия используемых в работе фильтров и очистной установки.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов, А.В., Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др. Под общ. Ред. С.В. Белова. – М.: Высш. школа, 2001.
2. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Справочник: пер. с англ.: /Под ред. Е. Калверта и Г.М. Инглунда. – М.: Metallургия, 1988.
3. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. –М.: Энергоатомиздат, 1991.
4. Роев Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды. – М.: Недра, 1993.
5. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. – Гидрометеоиздат, 1984.
6. Справочная книга для проектирования электрического освещения / под ред. Г.Н. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976.
7. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Стройиздат, 1996.

История кафедры

Лазерные технологии не случайно называют технологиями XXI века. Открытые при нашей жизни лазеры уже сегодня широко проникли в медицину, биологию, экологию, промышленность, строительство, транспорт, связь, шоу-бизнес и другие сферы жизни. Лазерные принтеры, лазерные CD-диски, лазерные торговые сканеры и лазерные шоу сегодня известны всем. Менее известны широкой публике, но не менее важны лазерные технологии при лечении болезней глаз, сосудов, опухолей, в микроэлектронике для нанесения и структурирования тонких пленок, для резки и сварки брони, закалки инструментальных сталей, декоративной обработки дерева, камня и кожи, и т.д., а в ближайшей перспективе — для избавления человечества от очков и морщин (да, да — сотни операций по лазерной полировке роговицы глаза и кожи уже проведены), разработка реакций лазерного управляемого термоядерного синтеза и лазерных реактивных двигателей, создание трехмерных объектов за счет прямой трансформации виртуального (компьютерного) образа в материальный объект при взаимодействии лазерного излучения с веществом и многое, многое другое.

История кафедры ЛТ и ЭП делится на 3 периода:

Период I — с момента появления лаборатории лазерной технологии в ЛИТМО в 1965 г. до момента организации кафедры охраны труда и окружающей среды (ОТ и ОС) с отраслевой лабораторией лазерных технологий (ОЛЛТ) в 1982 г.

Период II — период развития кафедры ОТ и ОС и ОЛЛТ — 1982–1988 гг.

Период III — с момента создания на базе кафедры ОТ и ОС и ОЛЛТ кафедры лазерных технологий — 1988 г., в дальнейшем преобразованной в кафедру лазерных технологий и экологического приборостроения и по настоящее время.

Охарактеризуем периоды 1, 2 и 3 фактами.

1976 г. — научные работы ОЛЛТ по физическим основам лазерной обработки тонких пленок удостоены Премии Президиума АН СССР за лучшую научную работу в области «Фундаментальных проблем микроэлектроники».

1983, 1984 гг. — работы кафедры удостоены Премий Минвуза СССР за лучшую научную работу.

1986 г. — работы кафедры совместно с рядом других организаций удостоены Государственной Премии СССР.

1988 г. — кафедра ОТОС с лабораторией начинается систематический выпуск специалистов по специальности 07.23 «лазерная техника и лазерные технологии»

1996 г. — кафедра ЛТ переименована в кафедру ЛТ и ЭП и осуществляет выпуск специалистов как лазерным технологиям, так и по специальности «инженер-педагог» со специализацией «экология».

- За период времени с 1988 по 1999 г. кафедра выпустила около 200 специалистов в области лазерных технологий,
- За тот же период времени сотрудниками и аспирантами кафедры защищены 2 докторские и около 20 кандидатских диссертаций;
- По результатам работ кафедры издано 9 монографий;
- Результаты исследований сотрудников кафедры изложены более чем в 500 научных статьях и 50 патентах и авторских свидетельствах;
- В настоящее время кафедра активно сотрудничает с университетами и институтами Германии (BIAS, FHS Emden), Китая (HUST), Франции (ENISE) и др.

В последние годы по приглашению различных зарубежных организаций прочтен ряд курсов лекций по лазерным технологиям. Кафедра ЛТ по инициативе ректора ЛИТМО в 1996 г преобразована в выпускающую кафедру «Лазерных технологий и экологического приборостроения».

Основные научные направления кафедры

- 1). Лазерная обработка пленочных элементов.
- 2). Лазерное локальное осаждение тонких пленок.
- 3). Лазерные технологии прецизионной размерной обработки.
- 4). Создание новых оптических материалов и элементов микро– и нанооптики на базе лазерных технологий.
- 5). Лазерные технологии элементов фотоники и волоконно–оптических устройств.
- 6). Создание теории субдлинноволновых источников излучения и разработки методов изготовления и контроля ближнепольных зондов.
- 7). Лазерное медицинское оборудование и инструмент
- 8). Фундаментальные исследования в области взаимодействия лазерного излучения с веществом: лазерная абляция и конденсация металлических и композиционных пленок и эффекты самоорганизации.
- 9). Лазерный трехмерный синтез объемных моделей.
- 10). Физико–математическое моделирование в задачах дистанционного лазерного зондирования морской среды

Заведует кафедрой лазерных технологий и экологического приборостроения Заслуженный деятель науки Российской Федерации, Лауреат Государственной Премии СССР, действительный член Академии Инженерных Наук РФ, д.т.н., профессор В.П. Вейко. Среди преподавателей кафедры Заслуженный деятель науки Российской Федерации, Почетный работник высшей школы, д.т.н., профессор Е.Б. Яковлев, д.т.н., профессор Е.А.Шахно, Почетный работник высшей школы, к.ф.–м.н., доцент Г.Д. Шандыбина, к.ф.–м.н., доцент А.Н. Проценко, к.т.н., доцент В.В.Барановский.

Юрий Владимирович Колосов,
Светлана Валерьевна Красильщикова,
Алексей Николаевич Проценко

Безопасность жизнедеятельности. Методические указания
по выполнению лабораторных работ. Часть II. Учебное пособие

В авторской редакции
Компьютерный набор и верстка

Ю.В. Колосов,
С.В. Красильщикова
Ю.В. Колосов

Дизайн обложки
Редакционно-издательский отдел СПбГУИТМО
Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Лицензия ИД № 00408 от 05. 11. 99
Подписано к печати 04 07. 05
Отпечатано на ризографе. Заказ № 814
Тираж 300 экз.