

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техносферная безопасность»

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 6-05-0612-03 «Системы
управления информацией» очной формы обучения*



Могилев 2025

УДК 331.45
ББК 68.9
Б40

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техносферная безопасность» «29» августа 2025 г.,
протокол № 1

Составители: канд. техн. наук, доц. И. В. Шилова;
ст. преподаватель П. С. Орловский

Рецензент канд. техн. наук, доц. О. В. Голушкова

Методические рекомендации к лабораторным работам содержат основные теоретические положения по теме, методику выполнения лабораторных работ, формулы для расчета. Предназначены для студентов специальности 6-05-0612-03 «Системы управления информацией» очной формы обучения.

Учебное издание

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Ответственный за выпуск	А. В. Щур
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2025

Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Имитационная игра «Малая река.....	4
2 Лабораторная работа № 2. Измерение концентрации нитратов в пробах продуктов питания.....	5
3 Лабораторная работа № 3. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую с помощью гелиоколлектора.....	12
4 Лабораторная работа № 4. Исследование характеристик электри- ческих источников света.....	18
5 Лабораторная работа № 5. Измерение и оценка параметров ионизи- рующих излучений и удельной активности радионуклидов в продуктах питания и воде.....	23
6 Лабораторная работа № 6. Измерение удельной активности радио- нуклидов в продуктах питания и воде.....	33
7 Лабораторная работа № 7. Оказание доврачебной медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях.....	39
8 Лабораторная работа № 8. Оценка параметров микроклимата в рабочей зоне.....	44

1 Лабораторная работа № 1. Имитационная игра «Малая река»

Цель работы: научиться выбирать оптимальные параметры функционирования природно-хозяйственной системы, сочетающие получение прибыли от ведения хозяйственной деятельности и соблюдения нормативов качества окружающей среды.

1.1 Теоретическая часть

Программа «Малая река» моделирует функционирование природно-хозяйственной системы. Цель программы – получение максимальной прибыли от функционирования предприятия, фермы и выращивания сельскохозяйственной продукции. Итоговая прибыль представляет собой разницу между полученными доходами от осуществления хозяйственной деятельности и затратами на природоохранные мероприятия, а также ущерба, величина которого определяется уровнем загрязнения воды в реке. Таким образом, основная задача – получение максимальной прибыли без загрязнения реки.

Для запуска программы найдите на рабочем столе компьютера иконку «River». Для входа в игру необходимо нажать клавишу «Пробел».

«Esc» – выход в операционную систему.

После окончания пяти лет игрового времени программа дает оценку деятельности обучаемого.

1.2 Практическая часть

Выберите оптимальные параметры функционирования природно-хозяйственной системы. Рассмотрите несколько стратегий функционирования системы.

Результаты оформите в виде таблицы 1.1, сделайте вывод.

Таблица 1.1 – Результаты функционирования природно-хозяйственной системы

Показатель	Первый год	Второй год	Третий год	Четвертый год	Пятый год	Сумма
Прибыль						
Экономический ущерб						
Оценка действий обучаемого						

Контрольные вопросы

- 1 От каких параметров зависит загрязнение воды в реке?
- 2 Какие виды очистки сточных вод Вы знаете? Какие из них являются наиболее эффективными?
- 3 Какие виды вспашки применяются? Какое влияние вид вспашки оказывает на уровень загрязнения воды в реке?

2 Лабораторная работа № 2. Измерение концентрации нитратов в пробах продуктов питания

Цель работы: получить представление о медицинских последствиях, связанных с загрязнением организма нитратами; ознакомиться с методами снижения содержания нитратов в пищевых продуктах растительного происхождения; ознакомиться с методами определения нитратов в воде и в продуктах питания и провести соответствующие измерения.

2.1 Теоретическая часть

Нитраты – соли и эфиры азотной кислоты, например NaNO_3 , KNO_3 , NH_4NO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Они являются нормальными продуктами обмена азотистых веществ любого живого организма – растительного и животного, поэтому «безнитратных» продуктов в природе не бывает. Даже в организме человека в сутки образуется и используется в обменных процессах 100 мг и более нитратов. Из нитратов, ежедневно попадающих в организм взрослого человека, 70 % поступает с овощами, 20 % – с водой, 6 % – с мясом и консервированными продуктами.

Нитраты не относятся к ядовитым веществам, но представляют опасность тем, что из них образуются нитриты – соли азотистой кислоты. Именно нитриты могут оказывать токсическое действие на человека, как прямое, так и опосредованное, через образование других вредных веществ, например нитрозаминов. Нитриты опасней нитратов в 30 раз. В организме человека нитраты и нитриты быстро всасываются в желудочно-кишечном тракте. Нитраты выводятся с мочой и частично превращаются в нитриты, а нитриты, особенно при поступлении в больших количествах, реагируют с гемоглобином крови, образуя его соединение – метгемоглобин. Это вещество не может выполнять функции переносчика кислорода, как гемоглобин, что приводит к гипоксии (кислородному голоданию) тканей. В результате – ухудшение самочувствия, снижение работоспособности, общая слабость. У человека в крови в норме метгемоглобин может составлять до 2 % от общего количества гемоглобина. Прекрасным антидотом (противоядием) от метгемоглобинемии является обычная аскорбиновая кислота (витамин С). Если содержание метгемоглобина достигнет 10 %, то наблюдается бессимптомный цианоз (синюшность), при 20 %...50 % появляются выраженные признаки гипоксии – одышка, тахикардия, потеря сознания, при метгемоглобинемии свыше 50 % наступает смерть.

Однако негативная роль нитратов явно преувеличена. Достаточно вспомнить, как широко используются в клинической практике нитроглицерин и другие лекарственные формы нитратов без всяких опасений нитритной интоксикации. Причина в том, что у взрослых людей под воздействием восстанавливающих ферментных систем метгемоглобин быстро превращается в оксигемоглобин

(насыщенный кислородом гемоглобин). Иное дело – грудные дети, особенно до 3-месячного возраста, у которых нужные ферментные системы еще не сформированы. Поэтому в мире регистрировались отдельные случаи острых отравлений (метгемоглобинемии) младенцев питательными смесями, приготовленными на воде с высоким содержанием нитратов, а также при кормлении малышей пюре из шпината, который сильно накапливает нитраты.

Нитраты содержатся в почве, природных водах, растительном и животном материале, а также в атмосферном воздухе (в невысоких концентрациях) при его загрязнении. Разложение органических остатков (растений, животных, микроорганизмов и др.) с образованием соединений азота, которые, в свою очередь, потребляются новыми растениями, микроорганизмами и т. д., – это сущность круговорота азота в природе. В результате деятельности нитрофицирующих бактерий из нитратов образуются нитриты, но их естественная концентрация в воде и растениях обычно очень мала.

Помимо природного, имеется и другой источник попадания нитратов и нитритов в почву и грунтовые воды – антропогенный, т. е. связанный с деятельностью человека. Это городские отбросы, промышленные отходы, выхлопные газы и, конечно же, азотные удобрения. В промышленной сфере наибольшее поступление в окружающую среду связанного азота дают производства по переработке топлива, предприятия пищевой промышленности, нефтеперерабатывающие заводы.

Содержание нитратов в поверхностных и подземных водах варьируется в широких пределах в зависимости от геохимических условий, применения азотных удобрений, методов очистки сточных вод. В воде системы городского водоснабжения содержание нитратов обычно невысокое. Значительно большие концентрации нитратов обнаруживаются в грунтовых водах и колодезной воде в сельской местности, особенно в районах интенсивного земледелия и вблизи животноводческих комплексов. Нитраты, поступающие в организм человека с водой, имеют особое значение, т. к. они в 1,25 раза токсичнее, чем нитраты в продуктах питания. Нитраты легко усваиваются в организме человека, где они могут образовывать такие соединения, как нитриты, окислы азота, аммиак.

Об удобрениях следует сказать особо. В современном сельскохозяйственном производстве без них обойтись нельзя. Азот – это главный питательный элемент для растений, и для бедных азотом почв просто необходимо дополнительное внесение азотных удобрений. С давних пор в этом качестве использовались органические удобрения (навоз, птичий помет). Сейчас в больших количествах применяют минеральные удобрения (мочевину и др.). Избыточное применение азотсодержащих удобрений, особенно органических, приводит к накоплению нитратов в сельскохозяйственной продукции.

Способность к накоплению нитратов у разных растений существенно отличается. «Чемпионом» является шпинат. Много нитратов накапливают свекла, баклажаны, репа, укроп, немного меньше – капуста, салат, петрушка, морковь. Картофель, томаты, огурцы, горох умеренно аккумулируют эти соединения, а фрукты, ягоды и злаки – слабо. Из фруктов относительно

«нитратными» зарекомендовали себя бананы и клубника.

Не только разные растения, но и отдельные части одного растения обладают различной способностью накапливать нитраты. В стебле укропа концентрация нитратов гораздо выше, чем в мелких веточках; в верхних листьях капустного кочана – в 2 раза больше, чем во внутренних. Капустная кочерыжка, сердцевина моркови, кончики свеклы, редиски, поверхностные слои картофеля и огурцов – места наибольшего содержания нитратов. В молочных продуктах и рыбе нитратов совсем мало, в свежем мясе – только следы.

Содержание нитратов в овощной продукции контролируется службой Государственного санитарно-эпидемиологического надзора, которая руководствуется нормативами, утвержденными Минздравом (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – ПДК нитратов в растительных продуктах

Растительный продукт	Содержание нитратов, мг/кг
Картофель	150
Капуста белокочанная, кабачки	400
Морковь	200
Огурцы	150
Помидоры	100
Свекла	140
Лук репчатый (перо)	80 (400)
Арбузы, яблоки, груши, виноград	60
Листовые овощи (салат, петрушка, укроп, щавель)	1500
Перец сладкий	200
Редис	1500
Баклажаны	300
Вода	45

Для ранних овощей и фруктов, выращенных в защищенном грунте, нормативы увеличены вдвое.

Нитриты образуются из нитратов не только в почве и воде, но и в продуктах растениеводства в процессе их хранения и переработки – на поверхности поврежденных овощей, при их измельчении, при варке пищи в алюминиевой посуде. Например, при хранении свежего шпината в холодильнике в нем медленно уменьшается количество нитратов, но возрастает количество нитритов, достигая 3600 мг/кг сухой массы. Такой же процесс идет при хранении открытых банок консервированного пюре из шпината, особенно при комнатной температуре. Вот почему овощные соки и пюре следует готовить непосредственно перед употреблением.

Нитриты традиционно используют как консервант и стабилизатор розово-красного цвета в колбасных изделиях, копченостях, мясных консервах, поэтому содержание в них нитритов самое высокое, в отличие от свежих овощей и фруктов, в которых этих соединений почти нет (таблица 2.2). Небольшое

количество нитритов обнаруживается в сыре, т. к. их добавляют в молоко для подавления газообразующей микрофлоры (во избежание вспучивания сыра).

Таким образом, опасность нитратов для здоровья определяется не только их концентрацией в воде и пище, но и условиями, способствующими их переходу в нитриты. Поступление же нитритов оценить вообще очень сложно ввиду многообразия условий их образования.

Таблица 2.2 – Содержание нитритов в некоторых пищевых продуктах

Пищевой продукт	Содержание нитритов, мг/кг
Овощи	0,2
Фрукты	0,0
Молоко	0,4
Сыры	1,2
Мука пшеничная (ржаная)	1,2 (0,8)
Рыба речная (морская)	2,1 (0,7)
Мясные консервы	10,0
Колбасы, копчености	16,5

Серьезную угрозу для здоровья людей представляет группа нитрозосоединений, которые могут содержаться в некоторых продуктах и образовываться из нитритов уже в организме человека. Среди этих веществ выделяют два класса соединений с различными свойствами – нитрозамины и нитрозамины.

Около 80 % исследованных нитрозаминов и все нитрозамины оказались канцерогенами и мутагенами, а в опытах на животных доказано еще тератогенное и эмбриотоксическое действие нитрозамидов. Причем нитроамины приводят чаще всего к раку печени, пищевода, дыхательной системы, почек, а нитроамины – периферической и центральной нервной системы, органов пищеварительного тракта. Кроме того, эти вещества разрушают витамины А, В, нарушают функцию щитовидной железы.

Нитроамины могут содержаться в сырой и копченой рыбе, копченых колбасах и других продуктах животного происхождения, соевом масле, вине, пиве и даже в питьевой воде. В определенных условиях они способны образовываться в продуктах, а также прямо в желудке человека из неканцерогенных предшественников – нитратов и нитритов. Нитриты в кислой среде желудка соединяются с вторичными и третичными аминами (продуктами неполного расщепления белков), в результате чего образуется группа нитроаминов. Нитритов, как указывалось ранее, мы получаем с пищей не так уж много, но в условиях пониженной кислотности желудочного сока под воздействием нитрифицирующих бактерий из нитратов образуются нитриты.

Активным ингибитором процессов нитрообразования является аскорбиновая кислота. Источником вторичных аминов, кроме белковых продуктов (мясо, рыба, творог и др.), являются овощи, фруктовые соки.

В среднем за один прием пищи человек получает до 100 мг вторичных аминов.

Нитрозосоединения могут образовываться из нитритов и при длительном хранении, а также в процессе приготовления пищи: жарении, варке, копчении, солении. Это вполне понятно: при приготовлении мясных блюд происходит распад некоторой части белков с образованием аминокислот и аминов, а дальше – цепочка: нитриты + амины = нитрозамины. Особенно активно процесс нитрозирования идет при копчении.

Повышенному образованию нитрозаминов в организме человека при соответствующей диете (овощные консервы, копчености и т. п.) способствует курение, а также употребление ряда лекарств – анальгина, тетрациклина, теофедрина, анаприлина и некоторых других.

Каждый человек должен, по возможности, ограничивать количество поступающих в организм нитрозаминов, нитратов и нитритов. Прежде всего следует выбирать овощи и фрукты с содержанием нитратов в пределах допустимых норм. В тех случаях, когда нет полной уверенности в качестве продуктов, можно использовать приемы, позволяющие уменьшить содержание в них нитратов, – отваривание, квашение, засолку, консервирование. Так, в консервированных огурцах уже на вторые сутки содержание нитратов снижается до 21,6 % от исходного уровня, а через неделю их нет совсем.

Очень важно хорошо промывать свежие молодые овощи и правильно их обрабатывать: снимать верхние листья и удалять кочерыжку капусты, срезать кончики редиса, свеклы, моркови и других корнеплодов.

Нельзя увлекаться копченостями, мясными консервами, шпротами, колбасами. Гораздо полезней блюда из свежего мяса или рыбы. Нужно обязательно использовать в питании продукты, богатые витаминами-антиоксидантами – А, С, Е, которые предотвращают образование нитрозаминов.

При кипячении воды нитраты из нее не удаляются.

На промышленном уровне внедряются новые технологии при производстве копченостей и консервов, применяются безнитритные добавки к колбасам, позволяющие сохранить их товарный вид, не ухудшая качества.

Таким образом, контроль химического состава природных вод и продуктов питания приобретает первостепенное значение.

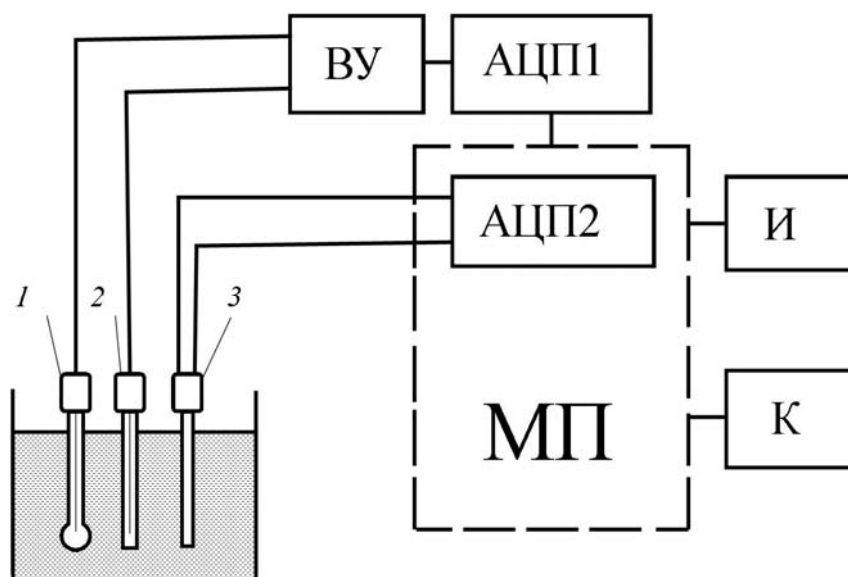
2.2 Практическая часть

Для измерения нитратов в воде и продуктах питания используются лабораторные иономеры И-160.1МП, настроенные, согласно руководству по эксплуатации, на измерение концентрации нитратов в миллиграммах на килограмм. Прибор состоит из преобразователя и штатива. Для проведения измерений используют измерительный электрод 3М-NO3-07СР, электрод сравнения ЭВЛ-1МЗ.1 и термокомпенсатор автоматический ТКА-7.3.

Принцип работы прибора.

В основу работы прибора положен потенциометрический метод измерения рХ (рН) и Еh контролируемого раствора.

Структурная схема прибора приведена на рисунке 2.1.



1 – электрод измерительный; 2 – электрод сравнения (вспомогательный электрод); 3 – термокомпенсатор; ВУ – входной усилитель высокоомный; АЦП1 – аналого-цифровой преобразователь; МП – микропроцессор со встроенным аналого-цифровым преобразователем АЦП2; И – индикатор (цифровое табло); К – клавиатура

Рисунок 2.1 – Структурная схема прибора

Электродная система при погружении в контролируемый раствор развивает ЭДС, линейно зависящую от активности ионов NO_3^- и температуры раствора.

Электролитический контакт вспомогательного электрода с контролируемым раствором осуществляется с помощью электролитического ключа, обеспечивающего истечение насыщенного раствора хлористого калия KCl из полости электрода в анализируемый раствор. Раствор KCl , непрерывно просачиваясь через электролитический ключ, предотвращает проникновение из анализируемого раствора в систему вспомогательного электрода посторонних ионов, которые могли бы изменить величину потенциала электрода.

Для измерения ЭДС используется электродная система, которая состоит из измерительного электрода (внутри находится раствор 0,1 моль KCl и 0,1 моль KNO_3) и электрода сравнения (внутри насыщенный раствор KCl). Электродная система при погружении в контролируемый раствор развивает ЭДС E , в общем случае линейно зависящую от pX . Электрод сравнения обеспечивает стабильный электрический контакт электродной системы с общим проводом измерительного входа нитратомера.

ЭДС электродной системы усиливается, затем преобразуется в АЦП1 в цифровой сигнал, подается в микропроцессор. Сигнал от термокомпенсатора подается в АЦП2, преобразуется в цифровой и подается в микропроцессор. В микропроцессоре по заложенной в него формуле происходит расчет содержания нитратов в растворе и выводится на цифровое табло прибора.

В преобразователе предусмотрено преобразование измеряемой величины из единиц активности ионов в единицы концентрации. Преобразователь

обеспечивает индикацию показаний в режиме S_x с точностью $\pm 5\%$ от значения pX , выводимого на дисплей. Измеряя ЭДС E (условное обозначение измеряемой величины на индикаторе – mV) электродной системы, можно определить активность ионов NO_3^- (условное обозначение измеряемой величины на индикаторе – pX) и их массовую концентрацию (условное обозначение измеряемой величины на индикаторе – $pg/kg, mg/kg, g/kg$).

Проведение измерений.

Подготовка прибора к работе проводится в соответствии с инструкцией.

Перед погружением в анализируемую среду при перемещении из раствора более высокой концентрации в менее концентрированный раствор (с более высоким значением pX) электродная система должна промываться дистиллированной водой.

При измерениях необходимо учитывать, что время установления потенциала измерительного электрода и инерционность термокомпенсатора ТКА-7.3 обычно не превышают 3 мин с момента погружения в анализируемую среду.

Порядок проведения измерений:

- измерительный электрод 3М-NO3-07СР закрепить в штативе и подключить к гнезду ИЗМ;
- электрод сравнения ЭВЛ-1МЗ закрепить в штативе, вынуть резиновую пробку в боковой стенке электрода и электрод подключить к гнезду подключения вспомогательного электрода ВСП 3;
- автоматический термокомпенсатор закрепить в штативе и подключить к входу ТКА;
- иономер включить в сеть и прогреть в течение 15 мин;
- промыть электрод дистиллированной водой и удалить остатки воды фильтровальной бумагой;
- погрузить электроды и термокомпенсатор в измеряемый раствор;
- нажать клавишу СЕТЬ. На дисплее отражается концентрация раствора.

Подготовка проб продуктов питания к работе.

1 На 20 г свежеразмолотых плодов или овощей наливают 100 мл 1-процентного раствора алюмокалиевых квасцов. Анализ проводят в стаканчиках на 150 мл, взбалтывают 3...5 мин.

2 В стакан с анализируемой средой помещают электроды прибора.

3 Результаты измерений оформить в виде таблицы 2.3, сделать вывод.

4 В промежутках между измерениями измерительный электрод хранить в растворе для вымачивания, т. е. в растворе KNO_3 с концентрацией 0,1 моль/кг H_2O . Вспомогательный электрод можно хранить в сухом виде с закрытой пробкой либо в насыщенном растворе KCl .

Таблица 2.3 – Результаты измерения

Наименование продукта	Измеренное содержание нитратов, мг/кг	Допустимое содержание нитратов, мг/кг	Заключение

Контрольные вопросы

- 1 Воздействие нитратов и нитритов на организм человека.
- 2 Воздействие нитрозаминов и нитрозамидов на организм человека.
- 3 Методы снижения содержания нитратов.
- 4 Назначение и принцип работы иономера.
- 5 Порядок работы с иономером для измерения нитратов.

3 Лабораторная работа № 3. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую с помощью гелиоколлектора

Цель работы: изучить принцип работы гелиоколлектора; провести измерения температуры воды при работе вакуумного гелиоколлектора; провести измерения температуры воздуха при работе воздушного гелиоколлектора.

3.1 Теоретическая часть

Принцип работы водяного гелиоколлектора.

Солнечные коллекторы являются особым видом теплообменников, которые преобразуют энергию солнечного излучения во внутреннюю энергию транспортной среды (обычно воздух, вода или масло), протекающей через коллектор. Энергия, полученная таким способом, обычно используется в системах горячего водоснабжения, кондиционирования космических аппаратов, а также в тепловых резервуарах.

Солнечные коллекторы можно разделить на стационарные коллекторы и следящие за Солнцем коллекторы-концентраторы. Стационарные коллекторы могут быть плоскими (степень концентрации солнечного излучения равна 1) либо трубчатыми с параболическим концентратором и степенью концентрации солнечного излучения от 1 до 5. Следящие системы могут быть разделены на системы одноосного и двухосного слежения. В коллекторах с одноосным слежением используются трубчатые нагреватели, а с двухосным слежением – точечные. Такие системы комплектуются эффективными концентраторами: в коллекторах с трубчатым нагревателем и одноосным слежением степень концентрации солнечного излучения достигает 50, в коллекторах с точечным нагревателем и двухосным слежением – 1500.

Солнечные коллекторы могут иметь разнообразные конструкции из различных материалов. Могут быть использованы различные жидкие и газообразные теплоносители. Но их основной целью является сбор как можно большего количества энергии с наименьшими экономическими затратами. Коллектор должен также иметь длительный эффективный срок службы, несмотря на пагубное воздействие солнечного излучения, коррозию, засорение системы циркуляции теплоносителя вследствие его кислотности или

щелочности либо вследствие его замерзания, осаждение пыли и влаги на остеклении, поломку остекления из-за перепада температур, града, вандализма или других причин.

Гелиоколлекторы бывают:

- с естественной циркуляцией (накопитель выше коллектора);
- с принудительной циркуляцией.

Преимущество гелиоколлекторов с принудительной циркуляцией – точное регулирование потока жидкости.

Недостатки гелиоколлекторов с принудительной циркуляцией:

- риск отключения насоса;
- большие расходы на эксплуатацию;
- большая сложность системы.

Типовые стационарные гелиоколлекторы:

- плоский солнечный коллектор;
- вакуумный коллектор с термотрубками.

Плоский гелиоколлектор (рисунки 3.1 и 3.2) – самый дешевый вариант, но обладает значительными недостатками. У него самый малый КПД. Имеет большой вес. С ростом температуры КПД очень сильно падает, поэтому производители не рекомендуют его применять для получения температуры теплоносителя более 60 °С, а также в сезон с температурами ниже +5 °С из-за риска замерзания.

Рассмотрим его принцип работы. Плоский отопительный солнечный коллектор представляет собой тонкую коробку, внутри которой находится абсорбер – особое вещество, активно аккумулирующее, адсорбирующее тепло. Абсорбер покрывается чёрной краской либо специальным селективным покрытием (обычно чёрный никель, напыление оксида титана или оксида меди) для повышения эффективности. Сверху коробка закрыта прозрачным покрытием из закалённого стекла с пониженным содержанием металлов либо особого рифлёного поликарбоната. Внутри адсорбирующего слоя, собирающего тепло, расположена система трубопроводов из меди или сшитого полиэтилена, внутри которых перемещается теплоноситель. Отвод тепла осуществляется протекающим по трубке теплоносителем либо водой. В качестве теплоносителя в таких системах, как правило, используется пропиленгликоль.

В конструкции коллекторов с трубками используются два типа стеклянных трубок – коаксиальные и перьевые.

Коллекторы с коаксиальными трубками:

- вакуумный коллектор с прямой теплопередачей воде;
- вакуумный коллектор с термотрубками (heat pipe).

Вакуумный коллектор с прямой теплопередачей воде (рисунок 3.3) является более совершенным по сравнению с плоским солнечным коллектором, но имеет также свои недостатки. Вода в них должна циркулировать под действием гравитационных сил, без статического давления. В связи с этим в них сложно получить температуру более 60 °С.



Рисунок 3.1 – Плоский гелиоколлектор

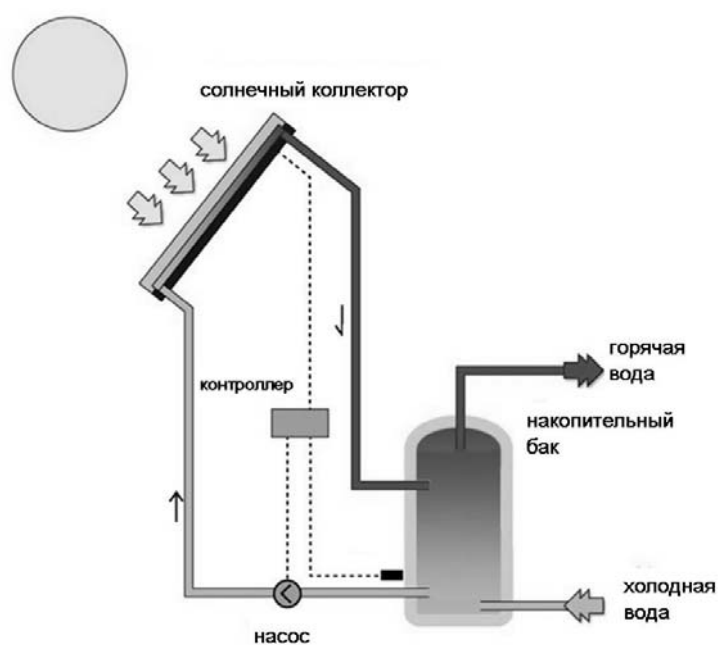


Рисунок 3.2 – Схема подключения плоского гелиоколлектора



Рисунок 3.3 – Схема работы вакуумного коллектора с прямой теплопередачей воде

Вакуумный коллектор с термотрубками (рисунок 3.4) – более совершенная модель. Визуально он похож на вакуумный коллектор с прямой теплопередачей воде, но имеет некоторые конструктивные отличия.

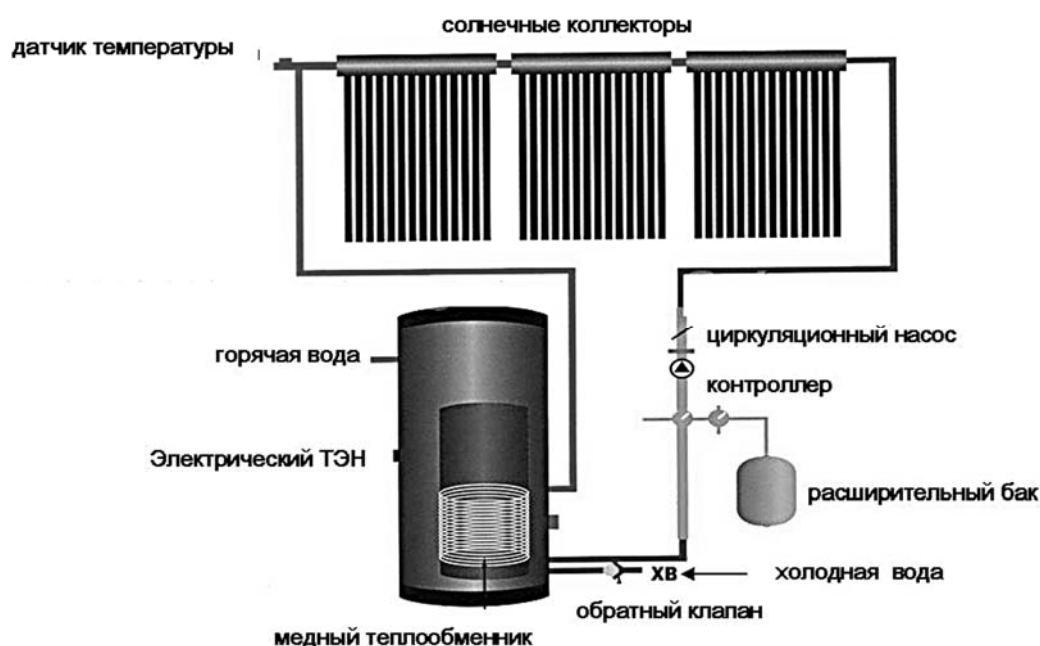


Рисунок 3.4 – Вакуумный коллектор с термотрубками и схема его подключения

Принцип работы тепловой трубки (рисунок 3.5) основан на том, что в закрытых трубках из теплопроводящего металла (меди или алюминия) находится легкоиспаряющаяся жидкость, перенос тепла происходит за счет того, что жидкость, нагреваясь под действием солнечного излучения, испаряется на нижней части трубки, поглощая теплоту испарения, и конденсируется в верхней части (теплосборнике), а затем снова перетекает вниз, и процесс повторяется. Теплоноситель через поглотитель отбирает выделяемое тепло.

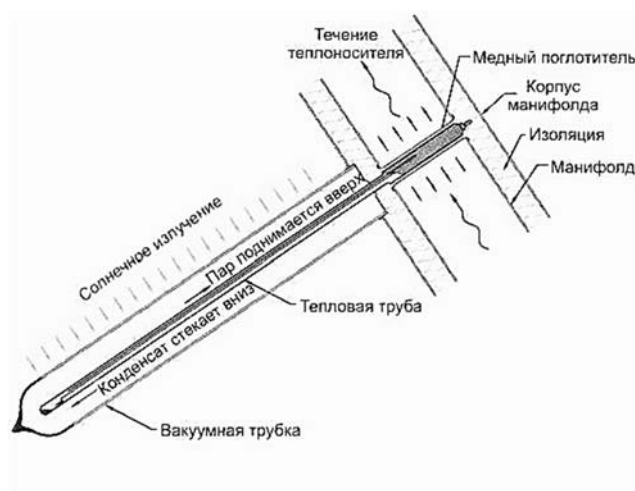


Рисунок 3.5 – Принцип работы термотрубки (heat pipe)

Перьевые трубки состоят из одностенной колбы (рисунок 3.6). Медная трубка усиливается специальной гофрированной пластиной, обработанной влагопоглощающим веществом. Воздух выкачивается из всего теплового канала. Перьевые трубки конструкционно представляют собой одинарный цилиндр из стекла с утолщенными прочными стенками (от 2,5 мм и выше). Содержащаяся внутри вставка из перьевого абсорбента плотно облегает рабочий канал, изготовленный из теплопроводящего металла.



Рисунок 3.6 – Перьевая термотрубка

Почти безупречную изоляцию создает вакуумное пространство внутри стеклянной емкости. Абсорбент передает поглощенное тепло без потерь и обеспечивает системе КПД до 77 %.

Модели с перьевым элементом стоят несколько дороже, нежели коаксиальные, но за счет высокой эффективности обеспечивают полноценный комфорт в помещении и быстро окупаются.

Принцип работы воздушного гелиоколлектора.

В ходе лабораторной работы используется воздушный гелиоколлектор SolTech Flex с надувным каркасом.

Система Plex состоит из надувного каркаса с двумя съемными экранами. Каркас образует два отдельных объема, передний выступает в качестве изоляции, а задний используется для нагрева воздуха в помещении (рисунок 3.7).

Передний экран прозрачный, что позволяет лучам солнца светить на черный поглотитель, где солнечная энергия преобразуется в тепло. Тепло передается воздуху.

Система Plex связана с воздухом через два отверстия во внешней стене помещения. Вентилятор, питающийся от солнечной батареи, обеспечивает циркуляцию холодного воздуха помещения через систему Plex, в которой он нагревается. Происходят рециркуляция и нагрев воздуха внутри помещения. При наступлении ночи вентилятор автоматически останавливается. С первыми лучами солнца процесс нагрева и циркуляции воздуха возобновляется.

Коттеджи и им подобные здания часто вентилируются посредством естественной тяги, которая создается как разница между внутренней и наружной температурами – эффект самотяги.

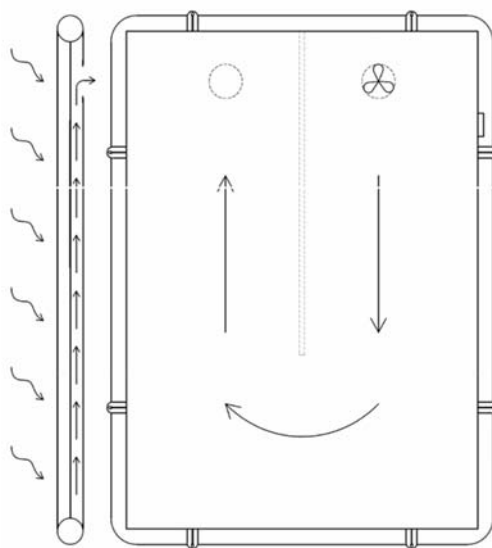


Рисунок 3.7 – Принцип работы воздушного гелиоколлектора

Температура в помещении выше, чем на открытом воздухе, на полу возникает отрицательное давление и воздух нагнетается в дом. На потолке, таким образом, происходит положительное давление, воздух вытесняется. Свежий наружный воздух поступает через вентиляционные отверстия и утечки в доме, и загрязненный воздух вентилируется через трубу или через вентиляционные отверстия на кухне или в ванной комнате.

3.2 Практическая часть

Исследование характеристик воздушного гелиоколлектора.

- 1 Люксметром измерить освещенность в центре E_c и в четырех крайних точках поверхности E_1 , E_2 , E_3 , E_4 гелиоколлектора и вычислить ее среднее значение $E_{ср}$.
- 2 Измерить метеометром температуру наружного воздуха, поступающего в гелиоколлектор с улицы.
- 3 Измерить метеометром температуру воздуха, который подает вентилятор в аудиторию после нагрева его гелиоколлектором.
- 4 Сделать вывод.

Исследование характеристик вакуумного гелиоколлектора с прямой теплопередачей воде.

- 1 Вынести водяной гелиоколлектор на улицу в солнечный день. В пасмурный день включить лампы накаливания в качестве источника освещения.
- 2 Снять верхнюю пробку. Заполнить гелиоколлектор водой (5 л), вставив воронку в верхнее отверстие.
- 3 Измерить температуру воды ртутным термометром.

4 Люксметром измерить освещенность в центре $E_{ц}$ и в четырех крайних точках поверхности E_1, E_2, E_3, E_4 гелиоколлектора и вычислить ее среднее значение $E_{ср}$.

5 Каждые 5 мин в течение 40 мин измерять температуру воды в верхней и нижней частях коллектора. Внести данные в таблицу 3.1. При переменной облачности измерять освещенность в средней части коллектора также каждые 5 мин.

Таблица 3.1 – Результаты измерений температуры воды в гелиоколлекторе

τ , мин	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
t , °C													
E , лк													

6 По окончании измерений открутить нижнюю пробку гелиоколлектора, слить воду.

7 Построить график изменения температуры воды в верхней части коллектора от времени.

Контрольные вопросы

- 1 Принцип работы плоского гелиоколлектора.
- 2 Принцип работы вакуумного гелиоколлектора с прямой теплопередачей воде.
- 3 Принцип работы вакуумного гелиоколлектора с термотрубками.
- 4 Принцип работы вакуумного гелиоколлектора с перьевыми трубками.
- 5 Принцип работы воздушного гелиоколлектора.

4 Лабораторная работа № 4. Исследование характеристик электрических источников света

Цель работы: измерить освещенность от различных искусственных источников и сравнить их энергоэффективность.

4.1. Теоретическая часть

Свет представляет собой электромагнитные волны длиной $4 \cdot 10^{-7} \dots 8 \cdot 10^{-7}$ м. Электрические волны излучаются при ускоренном движении заряженных частиц. Для того чтобы атом или молекула начали излучать, им необходимо передать определенное количество энергии. Излучая, они теряют полученную энергию, поэтому для непрерывного свечения необходим постоянный приток энергии извне.

Поток излучения $\Phi_{изл}$ – энергия, переносимая электромагнитными волнами за 1 с через произвольную поверхность. Единица измерения потока излучения Дж/с = Вт.

Энергетическая освещенность $E_{\text{эн}}$ (плотность потока излучения) – отношение потока излучения к площади равномерно облучаемой им поверхности. Единицей измерения энергетической освещенности является Вт/м².

Световой поток Φ – поток излучения, оцениваемый по его воздействию на человеческий глаз. Человеческий глаз неодинаково чувствителен к потокам света с различными длинами волн (наиболее чувствителен глаз при дневном освещении к свету с длиной волны 555 нм). Единицей измерения светового потока с точки зрения восприятия его человеческим глазом (яркости) является люмен (лм). Световой поток в 1 лм белого света равен $4,6 \cdot 10^{-3}$ Вт ($1 \text{ Вт} = 217 \text{ лм}$).

Освещенность E – отношение светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности. Измеряется в люксах (лк), где люкс – освещенность, при которой на 1 м² поверхности равномерно распределен световой поток в 1 люмен.

Освещенность поверхности прямо пропорциональна световому потоку и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника.

Источники света и их выбор.

Выбор источников света в системах искусственного освещения проводят в зависимости от особенностей зрительной работы и требований к цветопередаче.

Искусственное освещение создают с помощью осветительных установок, представляющих собой в общем случае сочетание источника света и осветительной арматуры.

Для оценки качеств источников света применяют следующие показатели: мощность лампы $P_{\text{л}}$, Вт; световой поток $\Phi_{\text{л}}$, лм, или сила света $I_{\text{а}}$, кд; световая отдача лампы $\Phi_{\text{л}}/P_{\text{л}}$, лм/Вт; цвет излучения и срок службы.

Источник света является устройством для превращения какой-либо энергии в оптическое излучение. По природе различают два вида оптического излучения: тепловое и люминесцентное. Тепловое оптическое излучение возникает при нагреве тел. На этом принципе основаны лампы накаливания (ЛН) и галогенные лампы накаливания (ГЛН); последние имеют более стабильный по времени световой поток и повышенный срок службы по сравнению с ЛН.

По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные (В), газонаполненные (Г), биспиральные (Б), биспиральные с криптоксеноновым наполнением (БК). Выпускаются также зеркальные лампы-светильники (З) и лампы с йодным циклом большой мощности (от 250 до 2200 Вт): последние имеют повышенный срок службы (до 2000 ч).

Люминесцентное оптическое излучение создается в газоразрядных лампах в результате электрических разрядов в газах, парах или их смесях.

В промышленности нашли применение газоразрядные лампы низкого, высокого и сверхвысокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления называются люминесцентными лампами (рисунок 4.1). Колба люминесцентной лампы наполнена газом с парами ртути, внутри установлены электроды. Для генерации необходимого разряда используют трансформатор электроэнергии. Пары ртути светятся в ультрафиолетовом

диапазоне, когда через них проходит электрический разряд. Глаз человека не воспринимает ультрафиолетовое излучение, поэтому на колбу лампы наносят люминофор.



Рисунок 4.1 – Люминесцентные лампы

Люминофор – это покрытие с внутренней стороны колбы, которое преобразует ультрафиолет в видимый человеку спектр. Покрытие может быть разного состава, в зависимости от этого и излучаемый спектр меняется. При прохождении через покрытие часть полезного излучения задерживается – это неизбежные потери. Люминесцентная лампа на ощупь остается холодной (почти холодной), а значит, не тратит энергию на нагрев.

Именно поэтому такие лампы имеют достаточно высокий индекс энергоэффективности, который попадает в группы «В» и «С». Лампы этого типа считают энергоэффективными – это их плюс. Также к преимуществам ламп такого типа относят и большой срок службы.

Есть и серьезные недостатки у люминесцентных ламп.

1 Газовый наполнитель лампы содержит ртуть. Ртуть – это опасный для окружающей среды и человека металл.

2 Устойчивая работа люминесцентных ламп обеспечивается в помещениях с температурой от +5 °С до +50 °С.

3 Люминесцентным лампам присуща пульсация светового потока. Пульсация светового потока может привести к возникновению стробоскопического эффекта, выражающегося в искажении восприятия вращающихся, движущихся или сменяющихся объектов в мелькающем свете. Вращающийся объект в этом случае может, например, казаться неподвижным или движущимся в обратном направлении. Защита от стробоскопического эффекта осуществляется включением ламп в три фазы питающего напряжения или включением их в сеть с электронными и пускорегулирующими аппаратами. Для борьбы с пульсацией светового потока применяют специальные схемы включения газоразрядных ламп.

Светодиодные лампы заняли почетные передовые места в таблице по энергоэффективности (рисунок 4.2). Светодиодные лампы и светильники относят к классу «А». Таблицу энергоэффективности в последнее время расширили, появились еще более энергосберегающие классы: «А+», «А++» и «А+++». Изделия с низким классом энергоэффективности («G», «F», «E»)

постепенно будут вытесняться с рынка – требования энергосбережения всё время растут.



Рисунок 4.2 – Светодиодные лампы

Светодиодная лампа устроена сложнее. Внутри лампы находится несколько десятков светодиодов.

Светодиод – полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении.

В зависимости от сочетания разных полупроводников и люминофоров получают разные цвета. Расход на нагрев в полупроводниках минимальный, поэтому светодиод является одним из самых эффективных источников освещения. К сожалению, светодиод нельзя включить напрямую в бытовую электрическую сеть.

Для того чтобы светодиод светился, нужна электрическая схема (выпрямитель, стабилизатор, трансформатор) – такую схему устанавливают внутри светодиодной лампы. Светодиоды очень долговечны. На срок службы светодиодной лампы влияет надежность изготовления схемы питания. Если схема изготовлена качественно, то такие лампы прослужат в десятки раз дольше лампы накаливания. Спектр излучения светодиодов необходимо корректировать для того, чтобы освещение было комфортным. Для этого применяют люминофорное покрытие с внутренней стороны колбы, как у люминесцентных ламп.

Анализируя характеристики ламп накаливания, люминесцентных и светодиодных ламп, можно сделать следующие выводы: светодиодные лампы имеют более высокую световую отдачу и поэтому позволяют создавать более высокие уровни освещенности на рабочих поверхностях при той же установленной мощности; спектральный состав светодиодных ламп обеспечивает более правильную цветопередачу; у светодиодных ламп более высокая продолжительность горения. Светодиодные лампы обладают многими гигиеническими преимуществами (создают равномерную освещенность, спектр их излучения ближе к естественному свету).

С целью перераспределения светового потока и увеличения силы света выпускаются лампы с зеркальным и с диффузным отражающим слоем, который наносится изнутри на верхнюю часть колбы лампы. Такие лампы изготавливаются в виде ламп-светильников.

4.2 Практическая часть

Измерение освещенности выполняется в лаборатории при закрытых шторах (жалюзи) на окнах на специальном стенде. Блок с лампами накаливания, люминесцентными, галогенными и светодиодными лампами различной мощности расположить на высоте от 0,5 до 1,0 м от рабочего места через 10 см.

С помощью люксметра произвести замер освещенности на рабочем месте под каждой лампой на различной высоте. Полученные данные занести в таблицу 4.1.

Для определения количественных и качественных показателей производственного освещения применяют фотометры, люксометры, измерители видимости. Люксометры состоят из фотоэлементов и миллиамперметров, градуированных в люксах. В качестве фотоэлементов используют селеновый фотоэлемент, у которого спектральная чувствительность наиболее близка к спектральной чувствительности глаза.

Таблица 4.1 – Результаты измерения освещенности E в зависимости от высоты расположения ламп над рабочей поверхностью h и мощности ламп N

h , м	N , Вт									
0,5										
0,6										
0,7										
0,8										
0,9										
1,0										
$K_{эфф}$										

Рассчитать коэффициент энергоэффективности для всех ламп на высоте 1 м:

$$K_{эфф} = \frac{E}{P},$$

где $K_{эфф}$ – коэффициент энергоэффективности;

E – освещенность на высоте 1 м, лк;

P – мощность лампы, Вт.

Для каждой лампы построить кривые изменения освещенности от высоты подвеса светильника (рисунок 4.3).

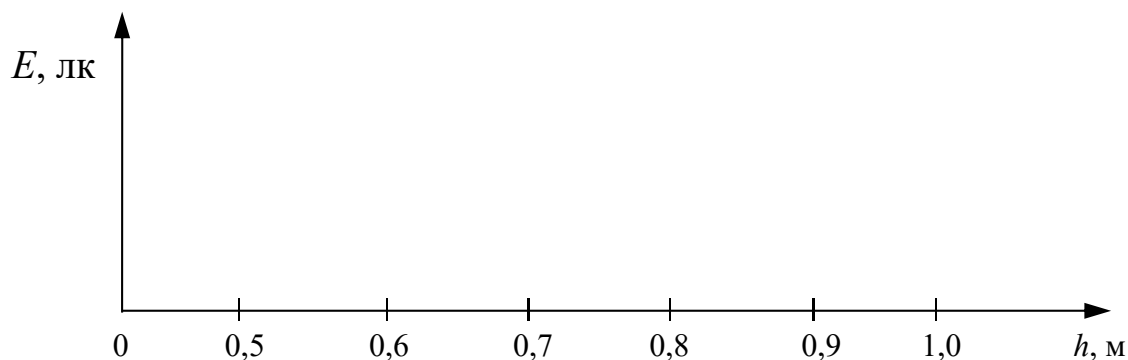


Рисунок 4.3 – К построению кривых изменения освещенности

Сделать выводы о характере изменения освещенности от типа и мощности ламп, высоты расположения их над рабочей поверхностью, какая лампа была самая энергоэффективная.

Контрольные вопросы

- 1 Принцип работы ламп накаливания.
- 2 Принцип работы люминесцентных ламп, галогенных ламп.
- 3 Принцип работы светодиодных ламп.

5 Лабораторная работа № 5. Измерение и оценка параметров ионизирующих излучений

Цель работы: ознакомиться с методами дозиметрии, основными дозиметрическими величинами приборов для измерения радиоактивности; выполнить измерения мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения; выполнить измерения плотности потока бета-излучения с загрязненных поверхностей

5.1 Теоретическая часть

Радиоактивностью называется самопроизвольное превращение неустойчивых изотопов одного химического элемента в изотоп другого элемента, сопровождающееся испусканием элементарных частиц или ядер.

Исследования радиоактивного (ионизирующего) излучения показали, что оно имеет сложный состав и содержит три вида излучений – альфа, бета, гамма.

Ионизирующее излучение (ИИ) – это излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию в этой среде ионов разных знаков и свободных радикалов.

α -излучение.

$\alpha = He_2^4$ – это ядра гелия.

α -излучение – тяжелые частицы с малой проникающей способностью. Длина пробега α -частицы в воздухе составляет примерно 3...9 см, в биологической ткани – около 0,05 мм.

Скорости, с которыми α -частицы вылетают из распавшегося ядра, колеблются для разных ядер в пределах от $1,4 \cdot 10^7$ до $2 \cdot 10^7$ м/с.

α -частицы имеют большую ионизирующую способность: на пути пробега в воздухе образуется от 100 000 до 300 000 пар ионов.

 β -излучение.

Это легкие частицы с большой проникающей способностью. Бета-лучи представляют собой поток летящих электронов или позитронов. Их скорость близка к скорости света $\approx 270\,000$ км/с. Длина пробега β -частиц в воздухе, в зависимости от энергии, может достигать 1 м и даже больше, они проникают в биологическую ткань на глубину 0,3...0,5 см.

Алюминиевая пластинка толщиной 5 мм полностью задерживает β -излучение. На своем пути пробега β -частицы образуют от 1 000 до 50 000 пар ионов.

 γ -излучение.

Это электромагнитные волны, по частоте близкие к рентгеновским. Обладают большой проникающей способностью. Скорость распространения – $3 \cdot 10^8$ м/с, энергия $E \leq 20$ МэВ. Путь пробега в воздухе превышает 100 м. Это излучение проходит сквозь тело человека. Для защиты от γ -излучения применяют бетонные стены толщиной 1,5...2,0 м или преграды из материалов со значительным поглощением, например свинец, обедненный уран. Для двукратного ослабления γ -излучения с энергией 0,1 и 2 МэВ необходим слой свинца толщиной 0,12 и 1,4 мм соответственно.

γ -излучение обладает наименьшей ионизирующей способностью.

γ -излучение не является самостоятельным видом излучения. Возникает излучение при делении тяжелых ядер [1, 2].

В дозиметрии радиационное воздействие оценивается следующими характеристиками: проникающей способностью и ионизирующей способностью.

α -излучение обладает наименьшей проникающей способностью и наибольшей ионизирующей способностью, чем β - и γ -излучение.

β -излучение обладает большей проникающей способностью, чем α -излучение, но меньшей ионизирующей способностью.

γ -излучение обладает наибольшей проникающей способностью, чем α - и β -излучение, и наименьшей ионизирующей способностью.

Хотя радиационные воздействия в той или иной мере сопровождают человека с давних времен, но все же по своей природе радиация вредна для организма, особенно в случае превышения допустимых норм. Мера воздействия ионизирующего излучения на вещество не поддается простому определению из-за сложности и многообразия возбуждаемых при этом процессов.

Одним из важных условий радиационной безопасности является выявление

количественной связи между уровнем воздействия и теми эффектами в окружающей среде, которые обусловлены ионизирующим излучением. Эти связи выявляются с помощью понятий различных доз облучения:

- экспозиционной дозы X ;
- поглощенной дозы D ;
- эквивалентной дозы H^T_R ;
- эффективной дозы $H_{\text{Э}}$.

Экспозиционная доза X .

Гамма-излучение или рентгеновское излучение образует в воздухе определенное количество пар ионов. Именно для них и определена экспозиционная доза, которая является количественной характеристикой поля ионизирующего излучения. Она зависит от величины ионизации сухого воздуха при атмосферном давлении в 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) [1].

Экспозиционная доза X – это величина отношения суммарного заряда всех ионов одного знака, которые образуются под действием рентгеновского или гамма-излучения в килограмме воздуха.

Единицей экспозиционной дозы в СИ является 1 кулон, деленный на 1 кг облученного воздуха, – 1 Кл/кг.

Старой (внесистемной) единицей экспозиционной дозы является рентген Р. Соотношение между старой и новой единицей измерения экспозиционной дозы $1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}$.

Учитывая, что экспозиционная доза накапливается во времени, на практике используется и понятие «мощность экспозиционной дозы», которая характеризует интенсивность излучения.

Мощность экспозиционной дозы – отношение приращения экспозиционной дозы dX за интервал времени dt к этому интервалу.

Мощность дозы, измеренная на высоте 70...100 см от поверхности земли, часто называют уровнем радиации. Нормальный радиационный фон (мощность экспозиционной дозы) не превышает 20 мкР/ч.

Поглощенная доза D .

Экспозиционная доза характеризует поле радиации вокруг объектов. Воздействие же на объект (организм) оказывает только та часть радиации, которую этот объект или организм поглотил. Поэтому наиболее удобной характеристикой, которая определяет степень воздействия излучения на объект, является поглощенная энергия излучения.

Поглощенная доза – это количество энергии E , переданное веществу ионизирующим излучением любого вида, на единицу массы вещества:

$$D = dE / dm. \quad (5.1)$$

Единица измерения в системе СИ: 1 Грей (Гр). $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$.

Внесистемная единица измерения – рад: $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$.

Эквивалентная доза H^T_R .

При одной и той же поглощенной дозе разные виды излучения вызывают неодинаковые повреждения биологических объектов. Это объясняется их разной

способностью к ионизации вещества. Биологический эффект зависит не только от дозы облучения, но и от вида ионизирующего излучения. Например, при облучении альфа-частицами тела человека вероятность заболеть раком выше, чем при облучении бета-частицами или гамма-лучами. Поэтому для биологической «средней» ткани введена характеристика – эквивалентная доза [1, 2]

Эквивалентная доза излучения – поглощенная доза в органе или ткани T , умноженная на соответствующий коэффициент качества излучения W_R данного вида излучения R :

$$H^T_R = D^T_R \cdot W_R, \quad (5.2)$$

где D^T_R – средняя поглощенная доза биологической тканью излучением R ;

W_R – взвешивающий коэффициент качества излучения R (альфа-частиц, бета-частиц, гамма-квантов и др.), учитывающий относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Взвешивающие коэффициенты качества излучения W_R

Вид излучения	Значение коэффициента качества излучения W_R
Рентгеновское и гамма-излучение	1
Бета-излучение	1
Протоны с энергией более 2 МэВ	5
Нейтроны с энергией меньше 10 кэВ	5
Нейтроны с энергией 10...100 кэВ	10
Альфа-излучение с энергией меньше 10 МэВ	20
Альфа-частицы, осколки деления	20

Как видно из таблицы 5.1, рентгеновское или гамма-излучение и бета-излучение повреждают живой организм примерно одинаково и для них $W_R = 1$.

Для альфа-излучения $W_R = 20$. Это означает, что альфа-излучение, которое попадает внутрь организма, в 20 раз более опасное.

При воздействии различных видов излучений одновременно с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для всех этих видов излучения R :

$$H^T_R = \sum H^T_{R_i}. \quad (5.3)$$

В системе СИ единицей эквивалентной дозы излучения является Зиверт (Зв). Внесистемная единица – бэр (биологический эквивалент рада): 1 Зв = 100 бэр.

Эффективная доза E .

В случае неравномерного облучения тела человека биологический эффект

может оказаться другим. Неравномерное облучение тела человека возникает при внутреннем и при внешнем облучении.

Различные радионуклиды, попавшие вместе с пищей или водой в организм человека, имеют свойство накапливаться в определенных органах.

Так, радиоактивный йод преимущественно накапливается в щитовидной железе, калий – в мышцах, стронций-90 – в костях и т. д.

При внешнем облучении разные ткани могут также облучаться неравномерно. Для оценки этих видов облучения и введена «эффективная доза».

Учет неравномерного облучения производится с помощью коэффициента радиационного риска W_T (взвешивающий коэффициент), который учитывает радиочувствительность различных органов человека:

$$E = \sum H_i W_{Ti}, \quad (5.4)$$

где H_i – эквивалентная доза в данном i -м органе биологической ткани T ;

W_{Ti} – взвешивающий коэффициент для тканей и органов, учитывающий чувствительность разных органов и тканей при возникновении стохастических эффектов в i -м органе.

Единица измерения эффективной дозы та же, что и эквивалентной дозы, – Зиверт (Зв).

Взвешивающий коэффициент для разных тканей T представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Взвешивающие коэффициенты W_T

Ткань или орган	Коэффициент W_{Ti}
Половые железы	0,20
Красный костный мозг	0,12
Толстый кишечник	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Молочные железы	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа, клетки костных поверхностей	0,01
Остальные органы	0,05

Особенности действия излучения на организм.

1 Высокая эффективность поглощенной дозы. Малые количества поглощенной энергии излучения могут вызвать глубокие биологические изменения в организме.

2 Наличие скрытого или инкубационного периода проявления действия ионизирующего излучения. Продолжительность его сокращается при облучении в больших дозах.

3 Действие от малых доз может суммироваться или накапливаться. Эффект кумуляции.

4 Излучение воздействует не только на данный живой организм, но и на его потомство. Генетический эффект.

5 Различные органы живого организма имеют свою чувствительность к облучению. При ежедневном воздействии дозы 0,002...0,05 Гр уже наступают изменения в крови.

6 Не каждый организм в целом одинаково реагирует на облучение.

7 Облучение зависит от частоты. Одноразовое облучение большой дозой вызывает более глубокие последствия, чем фракционные.

Радиоактивное излучение не имеет ни запаха, ни цвета. Поэтому его можно обнаружить только с помощью специальных приборов – дозиметров, радиометров-дозиметров.

Результаты исследования динамики загрязнения почв и движения радионуклидов по пищевым цепям, проведенные НИИ, свидетельствуют о том, что ожидать в ближайшее время самоочищения почвы и улучшения радиологического качества продуктов нет оснований. Поэтому за качеством продуктов и воды необходим радиационный контроль.

5.2 Практическая часть

Назначение и устройство дозиметра-радиометра МКС-АТ6130.

Дозиметр-радиометр МКС-АТ6130 измеряет:

- мощность эквивалентной дозы рентгеновского и гамма-излучения внешнего облучения в диапазоне от 0,1 до 10 мЗв/ч, дозы рентгеновского и гамма-излучения в диапазоне от 0,1 до 100 мЗв;
- плотность потока бета-частиц, испускаемых с загрязненных поверхностей, в диапазоне от 10 до 10^4 част./(мин·см²).

На передней панели прибора находятся мембранная панель управления 1, ЖКИ 2 и светодиодный индикатор 3 (рисунок 5.1).

На задней стенке прибора расположены откидывающаяся на шарнирах крышка-фильтр с магнитным фиксатором 4, метка центр детектора 5 и этикетка с характеристикой прибора 6.

Принцип действия прибора основан на измерении интенсивности импульсов, генерируемых в газоразрядном счетчике Гейгера – Мюллера под воздействием регистрируемого рентгеновского, γ - и β -излучения. Детектор (газоразрядный счетчик) расположен на задней стенке корпуса, в котором имеется соответствующее окно, закрытое полимерной металлизированной пленкой.

После включения прибор автоматически переходит в режим индикации:

- мощности дозы с закрытой крышкой-фильтром;
- плотности потока β -частиц с открытой крышкой-фильтром.

В режиме индикации мощности дозы на табло выводятся среднее значение мощности дозы (мкЗв/ч, мЗв/ч) и соответствующее ему значение статистической погрешности (%). Параметр статистической погрешности – от 200 % до 1 %.

С изменением радиационной обстановки прибор автоматически начинает новый цикл измерений мощности дозы. Момент начала нового цикла измерения сопровождается короткой звуковой и световой индикацией. Начать новый цикл измерений мощности дозы можно и вручную, нажав кнопку ПУСК.



1 – мембранная панель управления; 2 – жидкокристаллический индикатор (ЖКИ); 3 – светодиодный индикатор; 4 – крышка-фильтр с магнитным фиксатором; 5 – метка центра детектора; 6 – этикетка с характеристикой прибора

Рисунок 5.1 – Общий вид дозиметра-радиометра MKS-AT6130

Измерение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на объектах предприятия.

При измерениях мощности дозы гамма-излучения магнитная крышка-фильтр должна быть закрыта.

Включите прибор нажатием кнопки ПУСК / ОТКЛ. Через 3...5 с и после завершения самоконтроля прибор переходит в режим индикации измерений. В режиме индикации мощности дозы на табло выводятся среднее значение мощности дозы ($\mu\text{Sv/h}$ – мкЗв/ч, мSv/h – мЗв/ч) и соответствующее ему значение статистической погрешности (%).

Для выключения прибора необходимо кратко нажать кнопку ПУСК 3 раза.

Сразу при включении прибор измеряет мощность эквивалентной дозы. Прибор позволяет измерять дозу, а также может работать в режиме поиска (например, если необходимо проверить надежность защиты от ионизирующего излучения).

Прибор MKS AT6130C аналогичен прибору MKS 6130, но измеряет только гамма-излучение.

Назначение и устройство дозиметра-радиометра РКСБ-104.

Прибор выполняет функции дозиметра и радиометра и предназначен для:

- измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения;
- определения плотности потока бета-излучения с поверхности, загрязненной радионуклидами;
- определения удельной активности радионуклида цезий-137, а также для звуковой сигнализации о превышении порогового значения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, установленного потребителем.

Результаты измерений прибором не могут использоваться для официальных заключений о радиационной обстановке.

Общий вид прибора.

Прибор состоит из корпуса 1. На обратной стороне прибора крепятся еще две легкоъемные крышки – отсека питания 3 и крышка-фильтр 4. Общий вид прибора показан на рисунке 5.2.

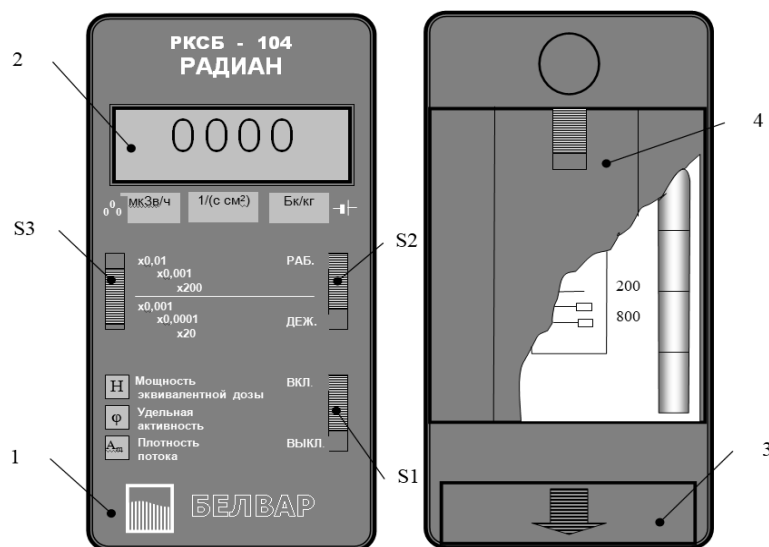


Рисунок 5.2 – Общий вид прибора РКСБ-104

На лицевой панели (корпус 1) прибора предусмотрены окно для индикатора 2 и три переключателя – для включения-выключения прибора и выбора режима его работы (S1, S2 и S3).

На тыльной стороне прибора предусмотрена крышка-фильтр 4 для выравнивания энергетической зависимости показаний прибора при его работе в режиме измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения. При работе прибора в режиме радиометра эта крышка снимается; счетчики излучений оказываются закрытыми только пленочными фильтрами.

Под крышку-фильтр выведены движки кодового переключателя S4, с помощью которого можно выбрать вид измерения (мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, плотности потока бета-излучения с поверхности, удельной активности радионуклида цезий-137 в веществе).

Батарея для питания прибора устанавливается с колодкой подключения в нижний отсек прибора, закрываемой съемной крышкой 3.

Указание – Измерить с помощью дозиметров МКС АТ6130 и РКСБ-104 мощность эквивалентной дозы в аудитории по 5 раз каждым дозиметром. Результаты внести в таблицу 5.3.

Норма мощности эквивалентной дозы для Беларуси $H = 0,2$ мкЗв/ч. Сделайте вывод.

Таблица 5.3 – Результаты измерений

Номер измерения	МКС АТ6130, мкЗв/ч	МКС АТ6130С, мкЗв/ч	РКСБ-104, мкЗв/ч	МКС АТ2503, мкЗв/ч
1				
2				
3				
4				
5				
Среднее				

Измерение плотности потока бета-излучения.

Плотность потока частиц – это количество частиц, вылетающих с 1 см^2 в единицу времени.

Измерьте плотность потока бета-излучения прибором МКС-АТ6130, откинув магнитную крышку на задней поверхности прибора. Этот дозиметр автоматически вычитает фон из полученного результата измерения. Результаты занесите в таблицу 5.4, в последнюю колонку. Вычислите среднее арифметическое этих значений и сравните его с контрольными уровнями.

Измерьте плотность потока бета-излучения прибором РКСБ-104. Снимите крышку-фильтр 4. Переведите движки кодового переключателя S4 в положения, показанные на рисунке 5.3. Установите крышку-фильтр на прежнее место. Переведите тумблеры S2 и S3 в верхнее положение (РАБ и $\times 0.01 \times 0.01 \times 200$ соответственно). Поднесите прибор и исследуемой поверхности на расстояние 110...120 см (можно в горизонтальной плоскости). Включите прибор тумблером S1, установив его в положение ВКЛ.

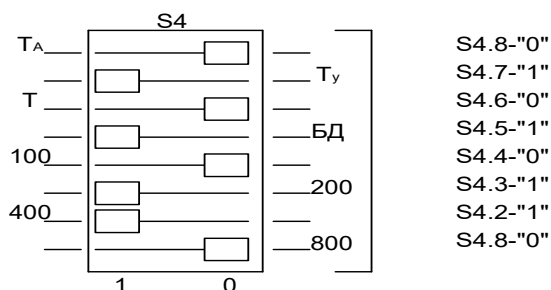


Рисунок 5.3 – Схема расположения движков кодового переключателя для измерений загрязненности поверхностей бета-излучающими радионуклидами (для измерения плотности потока бета-излучения)

Снимите фоновое показание прибора ϕ_{γ} , которое установится на табло после звукового сигнала прибора. Запишите показания прибора. Выключите прибор,

установив тумблер S1 в положение ВЫКЛ. Снимите пять отсчетов показаний прибора. Запишите все эти значения в первую колонку таблицы 5.4. Рассчитайте среднее арифметическое этих показаний и запишите во вторую колонку таблицы 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты измерений плотности потока бета-излучения для РКСБ-104 и МКС-АТ6130

Номер измерения	РКСБ-104				МКС-АТ6130
	Φ_{γ}	$\overline{\Phi}_{\gamma}$	$\Phi_{\beta+\gamma}$	$\overline{\Phi}_{\beta+\gamma}$	Φ_{β}
1					
2					
3					
4					
5					
Среднее					

Снимите заднюю крышку-фильтр 4 и поместите прибор над исследуемой поверхностью на расстояние не более 1 см. Включите прибор тумблером S1. Запишите показание прибора ($\Phi_{\beta+\gamma}$), установившееся во время действия прерывистого сигнала. Снимите пять отсчетов показаний прибора. Запишите все эти значения в третью колонку таблицы 5.4. Рассчитайте среднее арифметическое этих показаний и запишите в четвертую колонку таблицы 5.4.

Определите величину загрязненности поверхности бета-излучающими радионуклидами по формуле

$$\Phi_{\beta} = K_1 (\overline{\Phi}_{\beta+\gamma} - \overline{\Phi}_{\gamma}), \quad (5.5)$$

где Φ_{β} – плотность потока бета-излучения с поверхности в частицах в секунду с квадратного сантиметра 1/(с·см²);

K_1 – коэффициент, равный 0,01;

$\overline{\Phi}_{\beta+\gamma}$ – показание прибора со снятой крышкой;

$\overline{\Phi}_{\gamma}$ – показание прибора, соответствующее внешнему радиационному фону γ -излучения (с закрытой крышкой).

Контрольный уровень загрязнения, бета-частиц на поверхности зданий, сооружений, конструкций, стройматериалов, оборудования (РКУ РЗ-2004):

– 10 β -частиц/(см²·мин) – для жилищно-гражданского строительства;

– 20 β -частиц/(см²·мин) – для промышленного и прочих видов строительства.

Контрольные вопросы

1 Что такое радиоактивность?

2 Виды радиоактивного излучения и их характеристики.

- 3 Особенности действия ионизирующего излучения на организм человека.
- 4 Экспозиционная доза и ее единицы измерения.
- 5 Поглощенная доза и ее единицы измерения.
- 6 Эквивалентная доза и ее единицы измерения.

6 Лабораторная работа № 6. Измерение удельной активности радионуклидов в продуктах питания и воде

Цель работы: научиться измерять удельную активность радионуклидов в продуктах питания с помощью РКСБ-104; изучить методы и способы снижения содержания радионуклидов в продуктах питания.

6.1 Теоретическая часть

Каждое радиоактивное вещество распадается с определенной интенсивностью. Количественная характеристика процессов распада радионуклидов – это активность A .

Активность радионуклидов – это количество ядер радионуклидов, которые распадаются за единицу времени.

Единицей активности радионуклидов в Международной системе единиц является беккерель. 1 Бк – это такая активность радиоактивного вещества, при которой за 1 с происходит одно самопроизвольное ядерное превращение, $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп./с}$.

Внесистемная единица активности – кюри. Значению 1 Ки приблизительно соответствует активность 1 г чистого радия, в котором за 1 с распадается $3,7 \cdot 10^{10}$ ядер: $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Для оценки радиационной безопасности часто необходимо определить не только активность радиоактивного вещества, но и его концентрацию в воде, воздухе, продуктах питания, а также зараженность поверхности земли.

Активность объёмная $A_{об}$, Бк/л (Ки/л), – отношение активности A радионуклида, содержащегося в образце, к его объёму V : $A_{об} = A / V$.

Активность удельная $A_{уд}$, Бк/кг (Ки/кг), – отношение активности A радионуклида, содержащегося в образце, к массе образца M : $A_{уд} = A / M$.

Активность поверхностная $A_{пов}$, Бк/м² (Ки/км²), – отношение активности A радионуклида, содержащегося на поверхности, к ее площади S : $A_{пов} = A / S$.

На пахотных землях основной запас техногенных радионуклидов сосредоточен в верхних 20...30-сантиметровых слоях почвы.

В зависимости от поверхностной активности радионуклидов цезия-137, стронция-90 и плутония-239 загрязненные территории после аварии на ЧАЭС были поделены на следующие зоны:

- зона эвакуации (отчуждения);
- зона первоочередного отселения;
- зона последующего отселения;

- зона с правом на отселение;
- зона проживания с периодическим радиационным контролем.

При посещении лесных массивов следует обращать внимание на указатели радиационной опасности, которые выставляются на въездах в потенциально опасные кварталы леса. Чтобы быть полностью уверенными в безопасности даров леса, обязательно надо проверить в центре гигиены и эпидемиологии собранные грибы и ягоды на содержание радионуклидов.

Миграция радионуклидов в окружающей среде происходит в горизонтальном и вертикальном направлениях.

1 Горизонтальная миграция – радионуклиды разносятся ветром, водой во время лесных пожаров и пожаров торфяников, дикими животными, птицами и др.

2 Вертикальная миграция радионуклидов. Движущими силами вертикального перемещения (миграция) радионуклидов являются:

- конвективный перенос (фильтрация атмосферных осадков вглубь почвы);
- капиллярный перенос радионуклидов с влагой к поверхности в результате испарения;
- термоперенос радионуклидов с влагой под действием градиента температур;
- перенос по корневым системам растений;
- роющая деятельность почвенных животных;
- хозяйственная деятельность человека и др.

Во время ветрового подъема радиоактивной пыли с поверхности земли либо пожара на загрязнённой территории в аномально жаркое и сухое лето наблюдают и более высокие уровни ^{137}Cs , ^{90}Sr и изотопов плутония в воздухе (пыль и дым пожара содержат все радиоактивные вещества, находящиеся в почве).

Оседание радионуклидов на почву и растения вызывает загрязнение их снаружи. Радионуклиды частично проникают в листья и всасываются внутрь растения. Накапливаются в корнях, плодах и листьях культурных растений, в молоке и мясе домашних животных и с ними попадают в организм человека.

Оседание радионуклидов на землю, здания, воду является причиной:

- 1) проникновения радионуклидов с поверхности почвы через корневую систему в растения;
- 2) загрязнения радионуклидами поверхности зданий, сооружений, техники, транспорта

Лесные массивы в зонах загрязнения аккумулировали значительное количество радиоактивных выбросов, поскольку лес является природным барьером на пути распространения радиоактивных аэрозолей ветровыми потоками воздуха.

Основная масса радионуклидов цезия-137 и стронция-90 накопилась в почве и верхнем 3...5-сантиметровом слое лесной подстилки. В лесу очень активно накапливают радиоактивные вещества такие растения, как лишайники, мхи, хвощи, грибы. Высокое их содержание отмечается также в коре деревьев и ягодах. Из дикорастущих ягод много радионуклидов накапливают клюква, малина, черника, брусника, земляника, голубика. Это так называемые растения-

концентраторы радионуклидов.

В зависимости от видовой принадлежности грибы характеризуются неодинаковым накоплением радионуклидов отдельными его видами.

1 Грибы-аккумуляторы – польский гриб, моховик желто-бурый, рыжик, масленок осенний, козляк, колпак кольчатый. Собирать эти грибы допускается только в лесах с плотностью загрязнения до 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2).

2 Грибы, сильно накапливающие радионуклиды, – подгруздок черный, лисичка желтая, волнушка розовая, груздь черный, зеленка, подберезовик. Сбор разрешен при плотности загрязнения до 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2).

3 Грибы, средне накапливающие радионуклиды, – опенок осенний, белый гриб, подосиновик, подзеленка, сыроежка обыкновенная. Заготовку можно проводить в лесах с плотностью загрязнения до 74 кБк/м^2 (2 Ки/км^2).

4 Грибы, слабо накапливающие радионуклиды, – строчок обыкновенный, рядовка фиолетовая, шампиньон, дождевик шиповатый, сыроежка цельная и буреющая, зонтик пестрый, опенок зимний, вешенка.

При посещении лесных массивов следует обращать внимание на указатели радиационной опасности, которые выставляются на въездах в потенциально опасные кварталы леса. Чтобы быть полностью уверенными в безопасности даров леса, обязательно надо проверить в центре гигиены и эпидемиологии собранные грибы и ягоды на содержание радионуклидов.

Следует также помнить, что сбор грибов, ягод, заготовка лекарственного сырья, выпас молочного скота и заготовка сена в лесах разрешаются при плотности загрязнения цезием-137 до 74 кБк/м^2 (2 Ки/км^2) с обязательным контролем за содержанием радионуклидов в полученных продуктах.

Методы и способы снижения содержания радионуклидов в продуктах питания.

Грибы и дикорастущие ягоды. Они могут оказаться сильно радиоактивно загрязненными, поэтому обязательно должны проверяться на пунктах контроля и их кулинарная обработка должна быть более тщательной. Кулинарная обработка грибов зависит от их типа. Грибы очищают от грязи, промывают холодной водой и режут на кусочки, укладывают в эмалированную кастрюлю, заливают раствором поваренной соли, ставят на огонь и кипятят 10 мин. Раствор сливают, грибы промывают холодной водой, снова заливают водой и кипятят 20 мин. После этого процедуру повторяют и снова кипятят 20 мин. Слабо и средне накапливающие радиоактивность грибы отваривают, воду сливают. Это уменьшает содержание радионуклидов в 5 раз.

Рыба. Рыба, выловленная в морях и океанах, считается радиационно безопасной, но рыба, выловленная в водоемах республики, часто бывает радиоактивно загрязненной. Наибольшее содержание радионуклидов находится в голове и во внутренностях рыбы. При этом у придонных рыб (карась, карп, сом, линь) стронция-90 больше в костях, а цезия-137 – в мягких тканях. Свежую рыбу необходимо очистить от чешуи, удалить внутренности, а у донных рыб и хребет. Особенно важно удалить жабры, а у крупных донных рыб – голову. Затем рыбу разрезать на куски и вымочить в течение 10...15 ч, сменяя периодически воду.

Этот способ уменьшает количество радионуклидов цезия на 70 %...75 %. Следует помнить, что в рыбе озер радионуклидов больше, чем в рыбе рек. При отварах количество радионуклидов в рыбе уменьшается в 2 раза по сравнению с очищенной. В жареной рыбе количество цезия-137 уменьшается в 1,7 раза, а содержание стронция-90 практически не изменяется.

Наиболее активно аккумулируют радиоцезий донная рыба: линь, карась, карп, щука, сом.

Мясные продукты. Следует отметить, что мясные продукты из говядины и баранины поступают в продажу нормативно чистые. В мясе и мясных продуктах накапливаются радионуклиды цезия и стронция. Цезий накапливается прежде всего мышечной тканью, в почках, печени, сердце.

Стронций накапливается в костях, особенно молодых. Количество радионуклидов в мясе можно значительно снизить, если провести его дезактивацию одним или несколькими способами. Например промывка в проточной воде уменьшает содержание радионуклидов в 1,5–3 раза, вымачивание в 85-процентном растворе поваренной соли (2 столовые ложки соли на литр воды) в течение двух часов уменьшает радиацию не менее чем в 3 раза.

При этом чем более измельчено мясо и дольше происходит вымачивание, тем больше радионуклидов уходит из мяса. Но следует помнить и другое: чем больше времени происходит вымачивание и чаще сливается вода, тем больше теряется питательных веществ.

Эффективным способом дезактивации мяса является слив отвара после варки в течение 10 мин. В этом случае количество радионуклидов уменьшается примерно в 2 раза, а после варки в течение 30...40 мин – в 3–6 раз. При засолке и вымачивании солонины (четырёхразовая обработка со сменой рассола) содержание радионуклидов может быть уменьшена в 100 раз.

Кости говядины для приготовления бульонов использовать не рекомендуется. Куриное мясо, как правило, достаточно «чистое» и специальной обработки не требует, если кур кормят относительно чистыми кормами, но баранина примерно такая же «грязная», как говядина, и ее дезактивация обязательна.

Не рекомендуется:

- жарка мясных продуктов, содержащих предельное количество радионуклидов, т. к. этот процесс может увеличить концентрацию радионуклидов в готовом блюде из-за выпаривания жидкости;
- потребление мяса диких животных, особенно кабана и лося, без предварительной проверки на радиоактивность;
- вяление и копчение мясных продуктов, содержащих предельные уровни радиоактивного загрязнения, т. к. в готовых продуктах могут быть превышены допустимые уровни.

Молочные продукты. При переработке молока на сливки, творог и сметану количество цезия уменьшается в 4–6 раз, при переработке на сыр и сливочное масло – в 8–10 раз, при переработке на топленое масло – в 90–100 раз. Переработку молока можно проводить и в домашних условиях.

6.2 Практическая часть

Измерение удельной активности с помощью прибора РКСБ-104.

Снимите заднюю крышку-фильтр. Переведите движки кодового переключателя S4 в положения, показанные на рисунке 6.1. Установите органы управления прибора: тумблер S2 – в верхнее (РАБ.), а S3 – в верхнее положение ($\times 0,01 \times 0,01 \times 200$).

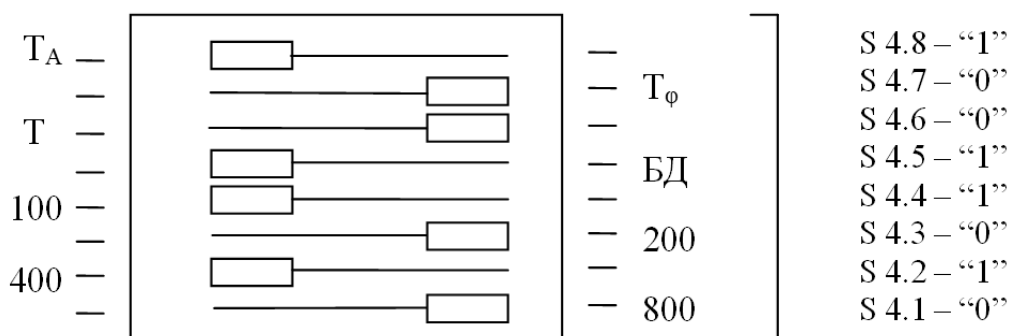


Рисунок 6.1 – Положения движков кодового переключателя S4

Заполните измерительную кювету заведомо чистой в радиационном отношении водой до метки внутри кюветы и установите прибор на кювету (крышка открыта). Включите прибор тумблером S1, переведя его в положение ВКЛ. Снимите пять отсчетов показаний прибора, соответствующих собственному фону прибора ($A_{\phi 1}, A_{\phi 2}, A_{\phi 3}, A_{\phi 4}, A_{\phi 5}$), и запишите их в первую колонку таблицы 6.1. Рассчитайте среднее арифметическое этих показаний и запишите во вторую колонку таблицы 6.1.

Таблица 6.1 – Результаты измерений удельной активности для РКСБ-104

A_{ϕ}	$\bar{A}_{\phi}$	$A_{изм}$	$\bar{A}_{изм}$

Вылейте воду из кюветы, просушите ее и заполните исследуемым веществом до метки. Вновь установите прибор на кювету и включите его. Снимите пять отсчетов показаний прибора ($A_{изм1}, \dots, A_{изм5}$) и запишите их в третью колонку таблицы 6.1. Рассчитайте среднее арифметическое этих показаний и запишите в четвертую колонку таблицы 6.1.

Рассчитайте среднее арифметическое показаний прибора $A_{изм}$.

Итоговое значение активности в заданном образце $A_{итого}$, Бк/кг, можно найти по формуле

$$A_{итого} = 200(\bar{A}_{изм} - \bar{A}_{ф}), \quad (6.1)$$

где $\bar{A}_{ф}$ – среднее фоновое значение (измеренное с кюветы с дистиллированной водой);

$\bar{A}_{изм}$ – среднее измеренное значение (измеренное с кюветы с образцом).

Нормы на содержание радионуклидов в продуктах питания приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-2001)

Наименование продукта	РДУ-2001, Бк/кг, Бк/л, для цезия-137
Вода питьевая	10
Молоко и цельномолочная продукция	100
Молоко сгущенное и концентрированное	200
Творог и творожные изделия	50
Сыры сычужные и плавленые	50
Масло коровье	100
Мясо и мясные продукты, в том числе:	
говядина, баранина и продукты из них	500
свинина, птица и продукты из них	180
Картофель	80
Хлеб и хлебобулочные изделия	40
Мука, крупы, сахар	60
Жиры растительные	40
Жиры животные и маргарин	100
Овощи и корнеплоды	100
Фрукты	40
Садовые ягоды	70
Консервированные продукты из овощей, фруктов и ягод садовых	74
Дикорастущие ягоды и продукты из них	185
Грибы свежие	370
Грибы сушеные	2500

Контрольные вопросы

1 Что такое активность источника? Его единицы измерения.

2 Понятие удельной, объемной, поверхностной активности, единицы измерения.

3 Зонирование территории республики по уровню радиоактивного загрязнения.

4 Радиоактивное загрязнение почвы, леса и его даров.

5 Методы и способы снижения содержания радионуклидов в продуктах питания (способы дезактивации продуктов питания).

7 Лабораторная работа № 7. Оказание доврачебной медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях

Цель работы: изучить теоретические сведения о доврачебной медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях; научиться оказывать первую медицинскую помощь (ПМП) немедицинским работникам пострадавшим при ЧС; отработать навыки сердечно-легочной реанимации на тренажере «Максим III – 01».

7.1 Теоретическая часть

В чрезвычайных ситуациях возможны различные поражения людей. Их жизнь и здоровье во многом зависят от своевременно и правильно оказанной ПМП. При оказании ПМП необходимо придерживаться следующих принципов.

1 Осмотрите место происшествия (не представляет ли место происшествия опасности, что произошло, сколько пострадавших и др.).

2 Проведите первичный осмотр пострадавшего, окажите первую помощь при состояниях, угрожающих его жизни (проверить проходимость дыхательных путей, дыхание, пульс, наличие сознания и т. д.).

3 Вызовите «Скорую помощь» по телефону 103.

4 Проведите вторичный осмотр пострадавшего, при необходимости окажите помощь при выяснении прочих проблем в порядке срочности (остановка кровотечения, искусственное дыхание и восстановление сердечной деятельности, наложение повязок на раны и ожоговые поверхности, создание неподвижности конечностей при переломах костей и ушибах, согревание обмороженных участков тела до появления красноты и т. д.). Непрерывно наблюдайте за пострадавшим и успокаивайте его до прибытия «Скорой помощи».

Эффективность первой медицинской помощи зависит, прежде всего, от умения оценить состояние здоровья пострадавшего. Начинают с определения признаков жизни.

Признаки жизни пострадавшего:

- наличие сердцебиения и пульса на крупных артериях (сонной, бедренной, лучевой);
- наличие самостоятельного дыхания (устанавливается по движению грудной клетки, по увлажнению зеркала, приложенного ко рту и носу);
- сужение зрачков глаз при освещении разными источниками света.

Признаки смерти пострадавшего:

- трупные пятна, трупное окоченение, появились признаки высыхания роговицы.

Первая помощь при кровотечениях.

Различают артериальное, венозное, капиллярное и паренхиматозное кровотечение.

Артериальное кровотечение – кровотечение из поврежденных артерий. Изливающаяся кровь ярко-красного цвета, выбрасывается сильной пульсирующей струей.

Венозное кровотечение возникает при повреждении вен. Давление в венах значительно ниже, чем в артериях, поэтому кровь вытекает медленно, равномерной и неравномерной струей. Кровь при таком кровотечении темно-вишневого цвета.

Капиллярное кровотечение возникает при повреждении мельчайших кровеносных сосудов – капилляров.

Печень, селезенка, почки и другие паренхиматозные органы имеют очень развитую сеть артериальных, венозных сосудов и капилляров.

Различают кровотечения наружные и внутренние. Наружные кровотечения характеризуются поступлением крови непосредственно на поверхность тела через рану кожи. При внутренних кровотечениях кровь поступает в какую-нибудь полость организма.

К способам временной остановки кровотечения относятся:

- 1) придание поврежденной части тела возвышенного положения по отношению к туловищу;
- 2) прижатие кровотокающего сосуда в месте повреждения при помощи давящей повязки;
- 3) прижатие артерии на протяжении;
- 4) остановка кровотечения фиксированием конечности в положении максимального сгибания или разгибания в суставе;
- 5) круговое сдавливание конечности жгутом;
- 6) остановка кровотечения наложением зажима на кровотокающий сосуд в ране.

Капиллярное кровотечение легко останавливается наложением обычной повязки на рану. При венозном кровотечении надежная временная остановка кровотечения осуществляется наложением давящей повязки. Артериальное кровотечение из небольшой артерии можно с успехом остановить при помощи давящей повязки.

Для экстренной остановки артериального кровотечения широко применяется способ прижатия артерий на протяжении. Прижать артерию можно большим пальцем, ладонью, кулаком.

Прижатие артерий фиксацией конечности в определенном положении применяют во время транспортировки больного в стационар.

Надежно останавливает кровотечение из артерий тугое круговое перетягивание конечности, обеспечивающее пережатие всех сосудов выше места ранения. Наиболее легко это выполняется с помощью специального резинового жгута.

Наложение жгута показано лишь при сильном кровотечении из артерий конечности. Для предупреждения защемления кожи под жгут подкладывают полотенце, одежду раненого и т. д.

Конечность несколько поднимают вверх, жгут подводят под конечность, растягивают и несколько раз обертывают вокруг конечности до прекращения кровотечения. Туры жгута должны ложиться рядом друг с другом, не ущемляя кожи. Наиболее тугим должен быть первый тур, второй накладывают с меньшим натяжением, а остальные – с минимальным. Концы жгута фиксируют при помощи цепочки и крючка поверх всех туров. Ткани должны сдавливаться лишь до остановки кровотечения. При правильно наложенном жгуте артериальное кровотечение немедленно прекращается, конечность бледнеет, пульсация сосудов ниже наложенного жгута прекращается.

При отсутствии специального жгута круговое перетягивание конечности может быть осуществлено резиновой трубкой, ремнем, платком, куском материи. Необходимо помнить, что грубые жесткие предметы могут легко вызвать повреждение нервов.

Помните, что следует:

- накладывать жгут только на конечность выше раны и поближе к ней;
- чтобы не прищемить кожу, жгут накладывают на одежду или на подкладку (платок, шарф, полотенце и т. д.);
- затягивать жгутом конечность только до прекращения кровотечения и исчезновения пульса;
- при наложении жгута конечности придать приподнятое положение.

Наложённый жгут следует надёжно закрепить.

- прикрепить записку с указанием времени наложения жгута (часы и минуты). Накладывать жгут на конечность летом не более чем на 2 ч, зимой – не более чем на 1 ч.

Если окончательная остановка кровотечения по каким-либо причинам затягивается, то необходимо на 15...20 мин жгут снять (артериальное кровотечение в этот период предупреждают пальцевым прижатием артерии) и наложить вновь несколько выше или ниже либо немного отпустить на 1...2 мин (до покраснения кожи), а начавшееся вновь кровотечение остановить другими методами. Затем снова затянуть жгут.

Первая медпомощь при ожогах.

Ожоги возникают вследствие местного воздействия высокой температуры (термические ожоги), крепких кислот и щелочей (химические ожоги), под действием ультрафиолетового и других видов облучения (лучевые ожоги), электрического или радиационного воздействия. В мирное время преобладают термические ожоги в результате неосторожности в быту (обваривание кипятком), пожаров, реже – вследствие производственных травм из-за несоблюдения техники безопасности. Наиболее типичными лучевыми ожогами являются солнечные. Различают четыре степени ожога.

Поверхностные ожоги:

- 1) ожог 1 степени (эритема) – стойкое покраснение кожи, отёчность и боль;

2) ожог II степени – отслаивание эпидермиса и образование пузырей.

Глубокие ожоги.

1) ожог III степени можно разделить на поверхностное – III-а степени и глубокое – III-б степени – выгорание кожи, подкожной клетчатки и глуболежащих структур;

2) ожог IV степени (некроз) – омертвление всех слоев кожи.

Термические ожоги.

Воздействие высоких температур вызывает коагуляцию белков кожи. Кожные клетки погибают и подвергаются некрозу. Чем выше температура и длительнее её воздействие, тем глубже поражение кожи.

Важно своевременно диагностировать наличие шока у пострадавшего, учитывая площадь ожога и его глубину, несмотря на нормальный или повышенный уровень артериального давления. При вдыхании горячего дыма могут быть ожоги дыхательных путей с развитием острой дыхательной недостаточностью, отравление угарным газом, если пострадавший длительно находится в закрытом помещении.

Оказание помощи при термических ожогах:

- быстро удалить пострадавшего из зоны огня;
- немедленно снять горящую одежду и набросить на пострадавшего одеяло, пальто (прекратить доступ воздуха к огню);
- пламя на одежде – гасить водой, засыпать песком, тушить своим телом (перекатываясь по земле);
- отечный участок – подставить под струю холодной воды на 10...20 мин для снижения внутрикожной температуры, но использовать лед для охлаждения нежелательно;
- не отрывать от обожженной поверхности прилипшую одежду, а обрезать её ножницами, снять с пострадавшего кольца, часы и другие предметы до появления отека;
- завернуть пострадавшего в свежесглаженную простыню и уложить в постель, согреть, создать покой пострадавшему;
- наложить стерильные марлевые или чистые повязки из подручного материала (платки, куски белья и др.).

На ожог III–IV степени накладывают стерильную повязку и направляют пострадавшего в медучреждение.

При термических ожогах запрещается:

- прикасаться к обожжённой области чем-либо, кроме стерильных или чистых тампонов-повязок.
- использовать вату и снимать одежду с обожжённого места.
- обрабатывать ожоги третьей степени.
- вскрывать ожоговые волдыри.
- накладывать повязки с какими-либо мазями, жирами, маслами, красящими веществами, так как они загрязняют ожоговую поверхность и способствуют развитию инфекции.

Химические ожоги.

Возникают от воздействия на тело концентрированных кислот (соляная, серная, азотная, уксусная, карболовая), щелочей (едкий калий и едкий натр, нашатырный спирт, негашёная известь), фосфора и некоторых солей тяжелых металлов (серебра нитрат, цинка хлорид и др.).

Особенностью химических ожогов является длительное действие на кожные покровы химического агента, если своевременно не оказана первая помощь. Поэтому ожог может существенно углубиться за 20...30 мин. Его углублению и распространению способствует пропитанная кислотой или щелочью одежда. При химических ожогах редко возникают пузыри, так как в большинстве своем они относятся к ожогам III и IV степени. При ожогах кислотами образуется струп, а при ожогах крепкими щелочами – некроз.

Первая помощь при химических ожогах зависит от вида химического вещества, общим для них является:

- немедленно удалите одежду, пропитанную химическим агентом;
- кожу обильно промойте струёй холодной проточной воды в течение 20 мин;
- негашеную известь не смывайте водой, удалите ее сухой тканью, а затем промойте водой;
- активные металлы (литий, натрий) не промывайте водой, т. к. это вызовет реакцию, а сначала нанесите на пораженный участок минеральное масло.

При ожогах концентрированными кислотами на месте воздействия образуется сухой струп: обмыть его 2-процентным раствором пищевой соды или мыльной водой; накладывать стерильные салфетки, смоченные 4-процентным раствором пищевой соды; закрыть участок стерильной сухой неворсистой повязкой.

Щелочи вызывают более глубокие, чем кислоты, ожоги в связи с тем, что не образуется струп: щелочи нейтрализуют 2-процентным раствором борной кислоты, растворами лимонной кислоты или столового уксуса; салфетки смачивают слабым раствором лимонной или уксусной кислоты.

Вводят обезболивающие средства (например, анальгин). При шоке проводят противошоковое лечение. Больного транспортируют в ожоговое отделение; при явлениях общего отравления – в токсикологическое отделение.

Контрольные вопросы

- 1 Общие принципы оказания ПМП в неотложных ситуациях.
- 2 Признаки жизни и смерти пострадавшего.
- 3 Оказание первой медицинской помощи пострадавшим при кровотечениях.
- 4 Оказание первой медицинской помощи пострадавшим при термических ожогах.
- 5 Оказание первой медицинской помощи пострадавшим при химических ожогах.

8 Лабораторная работа № 8. Оценка параметров микроклимата в рабочей зоне

Цель работы: изучить основные принципы нормирования метеорологических условий в производственных и офисных помещениях; исследовать параметры микроклимата на рабочих местах и оценить их.

8.1 Теоретическая часть

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных и офисных помещениях, являются:

- температура воздуха t , °С;
- температура окружающих поверхностей;
- относительная влажность воздуха ϕ , %;
- скорость движения воздуха v , м/с;
- интенсивность теплового облучения J , Вт/м²;
- тепловая нагрузка среды.

Оптимальные значения параметров микроклимата – установленные по критериям оптимального теплового состояния человека значения микроклиматических показателей, которые обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые значения параметров микроклимата – минимальные или максимальные значения микроклиматических показателей, установленных по критериям теплового состояния человека на период 8-часовой рабочей смены и не вызывающих повреждений или нарушений состояния здоровья, но способных приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности к концу смены.

В местах пребывания работников в течение смены в зависимости от характеристики выполняемых работ по интенсивности энергозатрат должны поддерживаться оптимальные или допустимые значения параметров микроклимата. Температура наружных поверхностей не должна превышать 45 °С.

К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на швейном производстве, в офисе и др.).

К категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121...150 ккал/ч, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях связи, контролеры, мастера и др.).

К категории Па относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151...200 ккал/ч, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах, в прядильно-ткацком производстве и подобные).

К категории Пб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201...250 ккал/ч, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в литейных, прокатных, термических, сварочных цехах и др.).

К категории III относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие значительных физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой и др.) [1, 2]

Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений

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

В таблице 8.2 приведены допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений.

Влажность воздуха в значительной мере влияет на самочувствие человека и его работоспособность. Влажность бывает абсолютная и относительная.

Абсолютная влажность – это абсолютное содержание водяных паров в 1 м³ воздуха при данной температуре.

Относительная влажность представляет собой процентное отношение абсолютного количества водяных паров в 1 м³ воздуха к их максимально возможному количеству при данной температуре воздуха.

Оптимальная относительная влажность составляет 40...60 % (см. таблицу 8.1). Допустимая величина относительной влажности до 75 % (см. таблицу 8.2) в зависимости от сочетания температуры воздуха со скоростью его движения.

Таблица 8.2 – Допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений

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

При нормировании учитываются:

- теплый период года – промежуток времени, характеризующий среднесуточной температурой наружного воздуха выше плюс 10 °С;
- холодный период года – промежуток времени, характеризующий среднесуточной температурой наружного воздуха, равной плюс 10 °С и ниже;
- категории работ по степени тяжести.

Способы и средства нормализации микроклимата в производственных помещениях.

Важнейшими способами нормализации микроклимата в производственных помещениях и в зонах рабочих мест являются кондиционирование, отопление и вентиляция воздуха помещений. Для защиты работающих от открытых источников тепла (нагретый металл, «открытое» пламя и т. п.) используются средства индивидуальной защиты, в том числе средства защиты лица и глаз.

Кондиционирование.

Кондиционирование воздуха предназначено для автоматического регулирования всех или части параметров микроклимата в пределах, обеспечивающих комфортные условия в зонах пребывания людей, а также для оптимизации техпроцессов. При полном кондиционировании воздуха контролируются такие его параметры, как температура, влажность, подвижность, чистота, степень озонирования и ионизации.

Отопление.

Отопление может быть местным и центральным. В качестве теплоносителей используется вода, пар или воздух. Теплый воздух, подаваемый в помещение, обычно нагревается в калориферах с помощью горячей воды, пара или

электричества. В соответствии с этим отопление бывает водяное, паровое, воздушное и комбинированное.

Вентиляция.

Производственная вентиляция – это система средств, обеспечивающая регулярный воздухообмен в производственном помещении. Она предназначена для удаления из помещения избыточного тепла, влаги, пыли, вредных газов и паров и создания наиболее благоприятного (отвечающего санитарно-гигиеническим требованиям) микроклимата и ионного состава. Воздухообмен в помещении можно осуществлять естественным путем через форточки или вентиляционные каналы за счет разности температур и давлений внутри помещения и вне его. Такая вентиляция называется естественной, или аэрацией. Более эффективна искусственная механическая вентиляция, осуществляемая с помощью вентиляторов и эжекторов. Сочетание естественной и искусственной вентиляции образует смешанную систему вентиляции.

Естественная вентиляция может быть неорганизованной, когда воздух подается в помещение и удаляется из него за счет инфильтрации через неплотности и поры наружных ограждений. Естественная вентиляция считается организованной, если она имеет устройства, позволяющие регулировать направление воздушных потоков и величину воздухообмена (вытяжные каналы, шахты, форточки и фрамуги зданий, аэрационные фонари и др.).

Искусственная механическая вентиляция, осуществляемая за счет вентиляторов и эжекторов, позволяет, в отличие от естественной, подавать воздух в любую зону помещения или удалять его из мест образования различных вредностей: пыли, влаги, тепла, газов. В системах механической вентиляции можно предусматривать устройства для подогрева, увлажнения и очистки воздуха от пыли, а также его ионизации. Механическая вентиляция может применяться как для подачи воздуха в помещение – приточная, так и для удаления воздуха из помещения – вытяжная. Приточно-вытяжная вентиляция обеспечивает приток воздуха в помещение и одновременно его удаление из помещения. Системы механической вентиляции состоят из вентиляторов, устройств для забора и подачи воздуха, воздуховодов, фильтров и т. д.

По месту действия вентиляция может быть общеобменной, местной и комбинированной. Общеобменная вентиляция осуществляет воздухообмен во всем помещении, а местная – лишь в определенных местах.

8.2 Практическая часть

Температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха измеряют на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки при работах, выполняемых сидя, и на высоте 1,5 м – при выполнении работ стоя.

Измерение температуры и относительной влажности воздуха. Измерение температуры воздуха осуществляют термометрами различного типа.

Для измерения относительной влажности воздуха служат гигрометры, а для регистрации ее изменений во времени – гигрографы. Гигрометры служат для прямого определения относительной влажности.

Гигрометр психрометрический (психрометр Августа) типа ВИТ-1 состоит из двух одинаковых ртутных термометров, один из которых сухой, а другой влажный. Резервуар влажного термометра обернут гигроскопической тканью (батист, марля), связан со стаканчиком, заполненным дистиллированной водой. Сухой термометр показывает температуру окружающего воздуха, а влажный – более низкую температуру, которая зависит от скорости испарения воды с обернутого тканью резервуара.

Измерение всех параметров с помощью гигрометра психрометрического ВИТ-1 и метеометра свести в таблицу 8.3.

Таблица 8.3 – Результаты измерений

Период года	Категория работ	Наименование показателей микроклимата	Нормативная величина параметров		Фактическое значение параметров	
			оптимальная	допустимая	ВИТ-1	Метеометр
		1 Температура, °С				
		2 Относительная влажность, %				
		3 Скорость движения воздуха, м/с				

Контрольные вопросы

- 1 Основные показатели, характеризующие микроклимат в производственных и офисных помещениях.
- 2 Нормирование параметров микроклимата.
- 3 Приборы для измерения влажности воздуха, давления и скорости движения воздуха.
- 4 Способы и средства нормализации микроклимата.

Список литературы

- 1 Щур, А. В. Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие / А. В. Щур. – Могилев ; Рязань : ИП Коняхин А. В., 2021. – 246 с.
- 2 Щур, А. В. Безопасность жизнедеятельности человека : учеб.-метод. пособие / А. В. Щур. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2021. – 426 с.