

Министерство образования и науки РФ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

Н.Н. Бакин, Г.Ф.Карлова, В.С.Солдаткин

ПРИБОРЫ И ДАТЧИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Методические указания к лабораторному практикуму

2012

Министерство образования и науки РФ

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
(ТУСУР)**

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой РЭТЭМ
_____ В.И. Туев
«___» _____ 2012 г.

**ПРИБОРЫ И ДАТЧИКИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

Методические указания к лабораторному практикуму

Разработчики:
Доцент к.т.н.
_____ Н.Н.Бакин
«___» _____ 2012 г.
Доцент к.ф.-м.н.
_____ Г.Ф.Карлова
«___» _____ 2012 г.
Ассистент, аспирант
_____ В.С.Солдаткин
«___» _____ 2012 г.

2012

Бакин Н.Н., Карлова Г.Ф., Солдаткин В.С.

Приборы и датчики экологического контроля: методические указания к лабораторному практикуму / Н.Н. Бакин, Г.Ф. Карлова, В.С.Солдаткин – Томск: ТУСУР, 2012. – 37 с.

Содержит описания шести лабораторных работ по основным разделам курса «Приборы и датчики экологического контроля», правила работы и требования по технике безопасности, требования к оформлению отчетов. В описании работ содержатся необходимые теоретические аспекты и методика выполнения, контрольные вопросы. Ко всему циклу лабораторных работ прилагается общий список рекомендуемой литературы.

Указания предназначены для студентов, обучающихся по специальностям и направлениям подготовки : 020801 «Экология», 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», 022000 Экология и природопользование, 280700 Техносферная безопасность, а также преподавателям, студентам и аспирантам технических вузов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ	6
ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ	7
Лабораторная работа №1 ДАТЧИКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ	8
1. Введение.....	8
2. Задание на лабораторную работу	9
3. Теоретические сведения	9
4. Принадлежности к лабораторной работе.....	11
5. Порядок выполнения работы	11
6. Контрольные вопросы	13
Лабораторная работа №2. ДАТЧИКИ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА	14
1. Введение.....	14
2. Задание на лабораторную работу	14
3. Теоретические сведения	14
4. Принадлежности к лабораторной работе.....	16
5. Порядок выполнения работы	16
6. Контрольные вопросы	17
Лабораторная работа №3. ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА	18
1. Введение.	18
2. Теоретическая часть.....	18
3. Принадлежности к лабораторной работе	19
4. Порядок выполнения работы	19
5. Контрольные вопросы	19
Лабораторная работа №4. ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДАТЧИКИ	20
1. Введение.....	20
2. Теоретическая часть.....	20
3. Принадлежности к лабораторной работе.....	22
4. Порядок выполнения работы	22
5. Контрольные вопросы	23
Лабораторная работа №5. ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ	24
1. Введение.....	24
2. Теоретическая часть.....	25
3. Порядок выполнения работы	27
4. Контрольные вопросы	28
Лабораторная работа №6. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ФОНА	29
1. Введение.....	29
2. Порядок выполнения работы	31
3. Краткая теория.....	32
4. Контрольные вопросы	35
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	36
Приложение А. Пример оформления титульного листа	37

ВВЕДЕНИЕ

«Приборы и датчики экологического контроля» – новый предмет в системе высшего образования. Основная задача курса – формирование у студентов целостного систематизированного представления о приборах и датчиках экологического контроля как одном из наиболее важных разделов науки и техники.

Изучение данной дисциплины дает возможность изучить методы экологического контроля окружающей среды.

Пособие ставит своей целью быть максимально полезным и доступным для студентов ТУСУРа. Оно содержит 6 лабораторных работ по дисциплине «Приборы и датчики экологического контроля». К каждой лабораторной работе дано теоретическое введение, в котором кратко обоснованы основные понятия и закономерности, связанные с работой.

При выполнении лабораторных работ студент должен продемонстрировать:

- владение соответствующим понятийным и терминологическим аппаратом;
- знакомство с учебно-методической и дополнительной литературой по заданной теме;
- умение найти методы решения поставленной задачи из материала, представленного преподавателем или найденного самостоятельно.

Перед выполнением лабораторной работы студенты изучают принцип исследуемых и применяемых в работе устройств, их параметры и характеристики. Составляют методику исследования изучаемого устройства, которое им предлагает преподаватель, оформляют теоретическую часть отчета с необходимыми расчетами, а также методику измерений с выбранными схемами измерений и таблицами для занесения измеряемых значений величин. Также прорабатывают требования по технике безопасности.

К лабораторной работе допускаются только те студенты, которые прошли индивидуальное собеседование с преподавателем и получившие допуск.

Выполнение лабораторных работ имеет большое значение для усвоения теоретического курса «Приборы и датчики экологического контроля» и получения необходимых практических навыков.

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Перед началом лабораторных работ студенты должны получить инструктаж по технике безопасности в лаборатории и ознакомиться с правилами эксплуатации приборов и другого оборудования, используемого при выполнении работ. Инструктаж проводит преподаватель, ведущий занятия. После проведения инструктажа студент расписывается в регистрационном журнале о том, что он ознакомлен с правилами безопасной работы в лаборатории и обязуется их выполнять. Студенты не прошедшие инструктаж к работе не допускаются. Студенты, замеченные в нарушении настоящих правил, отстраняются от выполнения лабораторных работ.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ И ОКОНЧАНИЕМ РАБОТЫ

Каждый студент должен:

1. Знать расположение общих рубильников силовой сети напряжением 220 вольт, частотой 50 Гц для того, чтобы в случае необходимости быстро отключить питание от лабораторных установок;
2. Изучить описание лабораторной работы и инструкции к используемым приборам;
3. Ознакомиться с макетом установки;
4. Проверить наличие заземления на каждом приборе, подлежащем заземлению. В случае отсутствия заземления сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией;

Запрещается:

- Включать в сеть приборы, вращать ручки настройки без разрешения преподавателя;
- Переставлять приборы из установки;
- Разбирать схемы, вскрывать приборы и т.д.;
- Начинать проведение эксперимента без разрешения преподавателя;
- Загромождать рабочее место и установку одеждой, сумками и др. посторонними предметами.

5. Перед началом эксперимента получить допуск у преподавателя.

6. В присутствии преподавателя включить приборы, входящие в установку, в соответствии с инструкциями к приборам и описанием лабораторной работы. Если приборы не работают, сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией.

7. При нарушении нормальной работы прибора (сильное зашкаливание, характерный запах горелого и т.п.) немедленно отключить прибор и сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией;

Запрещается:

- Работать с незаземленными и неисправными приборами.
- Самим проводить устранение неисправностей.

- Оставлять без наблюдения включенные приборы.

8. Если работа выполнена полностью и правильно, то по указанию преподавателя выключить приборы в соответствии с инструкцией и привести в порядок рабочее место.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

1. При появлении запаха гари, дыма или возгорания принять меры по обнаружению источника возгорания и его ликвидации;

2. В случае пожара обесточить помещение, вызвать по телефону 01 пожарную охрану, произвести эвакуацию людей, сообщить администрации о случившемся и приступить к тушению пожара с помощью имеющихся средств пожаротушения;

3. В случае поражения человека электрическим током, необходимо быстро освободить пострадавшего от действия тока. Вызвать врача. Если пострадавший находится без сознания, то нужно привести его в сознание, давая нюхать нашатырный спирт, если пострадавший плохо дышит, начать делать искусственное дыхание и массаж сердца и продолжать их делать до прибытия врача;

4. В случае затопления помещения водой необходимо обесточить помещение, вызвать сантехника, вынести ценное оборудование и при необходимости сообщить администрации о случившемся.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ

В процессе выполнения лабораторной работы студент должен наблюдать за ходом эксперимента, отмечая все его особенности: изменение цвета, тепловые эффекты, выделение газа и т.д. Результаты наблюдений записывают в лабораторный журнал, придерживаясь определенной последовательности:

- название лабораторной работы, дата выполнения;
- цель работы;
- краткая теория вопроса;
- результаты эксперимента;
- выводы по результатам работы.

Записи в лабораторном журнале производят чернилами.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ ОС ТУСУР 6.1-97*. Пример оформления титульного листа приводится в приложении А.

Для оформления Отчета также необходимо ознакомиться со следующими стандартами:

ГОСТ 7.12-93 ССИБИД. Сокращение русских слов и словосочетаний в библиографическом описании произведений печати.

ГОСТ 7.32-91 ССИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

Лабораторная работа № 1

ДАТЧИКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Цель работы: знакомство с наиболее распространенными методами измерений температуры и оценка их возможностей и погрешности измерений:

1. жидкостный ртутный контактный термометр;
2. термопара хромель-алюмель;
3. полупроводниковый термометр сопротивления;
4. электронный цифровой измеритель температуры;
5. термометр сопротивления.

1. Введение

Температура является важнейшим параметром, характеризующим внутреннюю энергию любого объекта. Точное измерение температуры положено в основу всех методов термического анализа, которые, в свою очередь, являются важнейшими среди всех физических методов исследований. Все методы измерения температуры делятся на контактные и бесконтактные. Контактные методы и средства измерений применяются для измерения температур в диапазоне от значений, близких к абсолютному нулю, до 1500°C . В отдельных случаях, контактные измерения могут применяться до предела в $2500\text{--}3000^{\circ}\text{C}$. Из контактных методов наиболее широкое применение получили: жидкостные термометры, термоэлектрические и терморезистивные преобразователи. Действие жидкостных термометров основано на термическом расширении жидкости, заключенной в капилляре термометра.

Наиболее точными являются лабораторные ртутные термометры, диапазон измеряемых температур которых от 0 до 500°C , а минимально достигнутая погрешность измерений составляет $0,05^{\circ}\text{C}$.

Работа термоэлектрических термометров основана на термоэлектрическом эффекте, возникающем на контакте двух различных металлических проводников соединенных между собой сваркой. Наиболее распространенные материалы термоэлектродов: платина, вольфрам, медь, хромель, копель, алюмель, константан и др. Стандартными (проградуированными) являются термопары: платина - платинородий (предельная температура -1600°C), вольфрам - рениевая (2200°C), хромель-алюмель (1000°C), медь - константан (400°C). Термометры сопротивления выпускают из платины, меди или полупроводников. Рабочий интервал температур от -200 до 650°C . Погрешность измерений платиновым термометром сопротивления достигает $0,0001^{\circ}\text{C}$. Наиболее чувствительными являются полупроводниковые терморезисторы.

2. Задание на лабораторную работу

1. Дать представление студентам об основных датчиках и методах измерения температуры;
2. Ознакомить с оборудованием и методами измерения температуры;
3. Экспериментально определить температуру различными датчиками и определить их точность;
4. По результатам измерений определить температуру;
5. Провести обработку результатов измерений.

3. Теоретические сведения

Жидкостные термометры. Принцип действия таких термометров основан на расширении термометрической жидкости, заключённой в термометре, в зависимости от температуры. По конструктивному исполнению, делятся на палочные и с вложенной шкалой. Палочные стеклянные термометры изготавливаются из толстостенных капилляров к которым припаивается резервуар. Температура измеряемой среды, в которую помещён резервуар и часть капилляра, определяется по изменению объёма термометрической жидкости, отсчитываемому по положению уровня жидкости в капилляре, который отградуирован в градусах Цельсия. Среди жидкостных термометров наибольшее распространение получили ртутные стеклянные термометры. Химически чистая ртуть как термометрическое вещество имеет ряд достоинств: она остаётся жидкостью в широком интервале температур, не смачивает стекло, легко может быть получена в чистом виде. Однако ртуть имеет относительно малый температурный коэффициент расширения, что требует изготовления термометров с тонкими капиллярами.

Таблица 1.1. Термические параметры ртути

Средняя температура, °С		Пределы применения, °С		Средний температурный коэффициент объёмного расширения, °С	
затвердевание	кипение	нижний	верхний	действительный	видимый
-38.9	356.6	-35	600	18	16

В зависимости от области применения по методики градуировки термометры делятся на две группы: термометры, градуируемые при полном погружении (как правило применяются в лабораторных целях и позволяют обеспечить более высокую точность), и термометры градуируемые при неполном погружении (как правило при определённой длине погружения нижней части), (технические).

Измерение температуры термопарой. Термопара образованна двумя проводниками А и В, два спая которых находятся при температурах T_1 и T_2 , создаёт ЭДС, зависящую, с одной стороны от материала проводников А и В, с другой стороны, от температур T_1 и T_2 . Если составить термоэлемент из двух металлов, входящих в термоэлектрический ряд, то предшествующий металл данного ряда окажется электроотрицательным, а последующий – электроположительным. Термопара хромель—алюмель (ТХА) обладает наиболее близкой характеристикой к прямой термоэлектрической характеристики. Термоэлектроды изготовлены из сплавов на никелевой основе. Хромель (НХ9,5) содержит 9...10 % Сг; 0,6...1,2 % Со; алюмель (НМцАК) — 1,6...2,4 % Аl, 0,85...1,5 Si, 1,8...2,7 % Мп. 0,6...1,2 % Со. Алюмель светлее и слабо притягивается магнитом; этим он отличается от более темного в отожженном состоянии совершенно немагнитного хромеля.

Благодаря высокому содержанию никеля хромель и алюмель лучше других благородных металлов по стойкости к окислению. Учитывая почти линейную зависимость термоЭДС термопары хромель — алюмель от температуры в диапазоне 0...1000°С, ее наиболее часто применяют в терморегуляторах.

Полупроводниковые термометры сопротивления. Принцип действия основан на свойствах материалов с изменением температуры, изменять своё электрическое сопротивление. Параметр, характеризующий изменение электрического сопротивления с температурой, называют температурным коэффициентом электрического сопротивления. Термотранзисторными называют транзисторы, применяемые как первичные преобразователи температуры. В качестве термометрических характеристик термотранзистора выбирают напряжение эмиттер – база $U_{эб}$. Термотранзисторы применяются при измерении температуры в пределах от -70 до +150°С. Термотранзисторы обладают следующими положительными качествами: высокая стабильность и чувствительность, линейность характеристик, идентичность образцов, малые габариты, небольшая стоимость. Температурная зависимость определяется выражением:

$$U_{эб} = U_{эб}^0 - A \times t,$$

где $U_{эб}^0$ – напряжение эмиттер – база при 0°С;

A – постоянная величина;

t – температура.

Пирометр сопротивления. Оптическая пирометрия – это метод измерения температуры основанный на соотношении, существующем между температурой тела и оптическим излучением, которое это тело испускает. Преимуществом оптической пирометрии является то, что она позволяет определить температуру объекта без контакта с ним и эти методы

являются особенно подходящими, когда условия измерений не позволяют использовать классические термометры. К таким условиям относятся:

- очень высокая температура ($>2000^{\circ}\text{C}$);
- измерения на большом расстоянии;
- очень агрессивная среда;
- материалы, плохо проводящие тепло (пластмасс, стекло, дерево);
- движущие тела (например, листовой материал на прокатном стане).

Оптическая пирометрия позволяет получить карту распределения температур, когда температура исследуемого объекта неравномерна.

Физический принцип оптической пирометрии основан на том, что все тела спонтанно и непрерывно испускают электромагнитное излучение, распределение энергии, в непрерывном спектре которого есть функция температуры – это тепловое излучение.

4. Принадлежности к лабораторной работе

1. Термостат;
2. Ртутный термометр;
3. Термопара спай ХА;
4. Терморезистор КМТ – 10;
5. Вольтметр, амперметр;
6. Источник питания;
7. Измеритель сопротивления;
8. Соединительные провода.

5. Порядок выполнения работы

Подготовка оборудования к работе:

1. Открыть термостат (рис 10.1) и разместить в нём: сверху в специальном гнезде ртутный термометр (рис 10.1), а внутри, вблизи ртутного термометра спай ХА термопары, терморезистор КМТ – 10 и термометр сопротивления.

2. Проверить правильность подключения термопары, термометра сопротивления и терморезистора к измерительным приборам (рис 10.1), проверить установку пределов их измерения. ЭДС термопары изменяется в пределах от 0.1 мА до 1.5 мА.

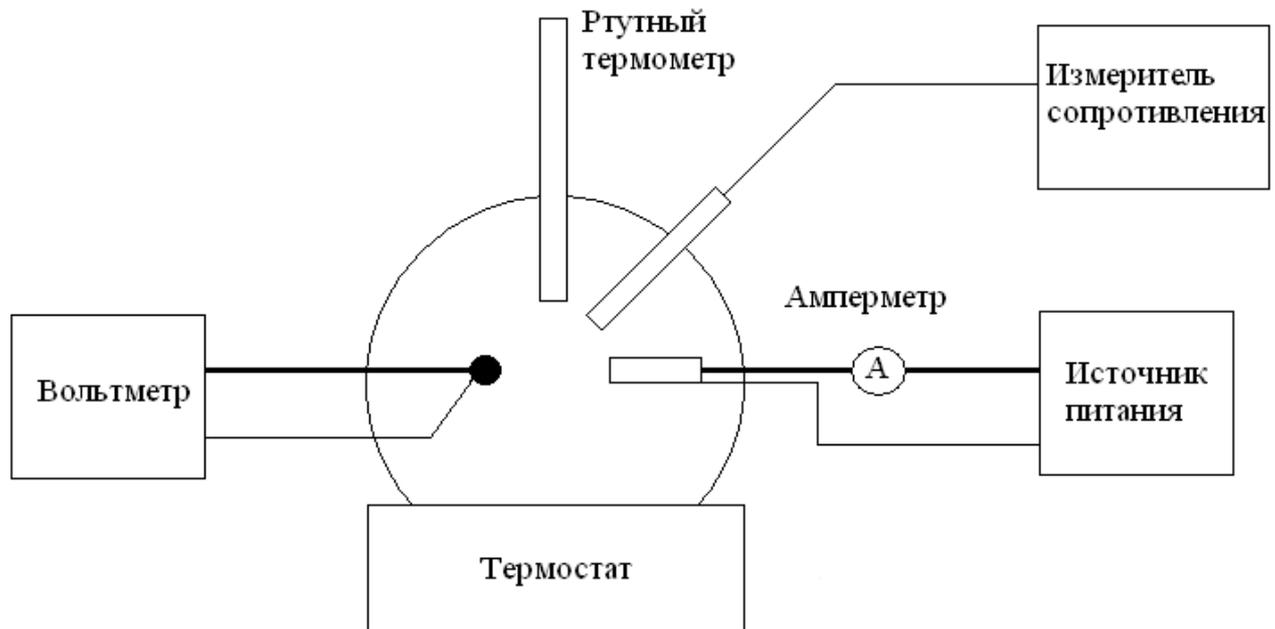


Рисунок 1. Схема включения термодатчиков

Порядок выполнения работы:

1. Работу необходимо выполнять как минимум тремя исполнителями, от этого зависит корректность получения результатов;
2. Каждый исполнитель, в один и тот же момент времени должен зарегистрировать показания своего прибора;
3. При выполнении работы необходимо вести протокол измерений, в котором отражаются все условия проведения опытов и получения результатов, используемых в последующих расчётах и обработке результатов измерений;
4. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации измерительных приборов;
5. Градусником измерить температуру окружающей среды T_K ;
6. Включить термостат, и регистрировать температуру T и показания приборов через каждые 10°C . Нагрев производить до 120°C ;
7. С помощью стандартной таблицы 1.2 для термопары хромель – алюмель перевести показания вольтметра из мВ в градусы Цельсия. К полученным показаниям необходимо добавить значение комнатной температуры.

Таблица 1.2. Таблица для перевода напряжения термопары хромель – алюмель в температуру

$T, ^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0°C	0.00	0.4мВ	0.8	1.2	1.61	2.02	2.43	2.85	3.26	3.68
100°C	4.1мВ	4.51	4.92	5.33	5.73	6.13	6.53	6.93	7.33	7.77

8. На графике построить зависимость значений температуры зарегистрированными термопарой от значений ртутного термометра

9. Одновременно с вышеуказанными измерениями проводится измерения зависимости величины электрического сопротивления терморезистора КМТ – 10 от температуры, как:

$$R_t = U_{\text{пит}} / I,$$

где $U_{\text{пит}}$ – напряжение источника питания;

I – измеряемый ток, а также регистрируется изменение электрического сопротивления термометра сопротивления.

10. После достижения предельной температуры в 120⁰С выключите все приборы

11. Постройте график зависимости R (термометра сопротивления) = $f(T)$ и из него определите его постоянную N (Ом / град) для расчёта температуры по формуле $T=N[R(t) - R_{\text{комнат}}]$;

12. На графике постройте зависимость $R_T = f(T)$;

13. Сопротивление терморезистора при любой температуре

$$R_T = R_{T_0} \times \exp [B(T_0 - T) / TT_0],$$

где R_{T_0} – сопротивление при комнатной температуре;

$T_0 - 293\text{K}$; T – текущая температура в К.

$$B = 2.303(\lg R_{T_0} - \lg R_T) / (1/T_0 - 1/T);$$

Из построенных графиков найти постоянную B терморезистора, а затем и температурный коэффициент сопротивления как:

$$\text{ТКС} = (1/R) \times (dR/dT) = - B / T^2$$

После окончания работы ознакомится с устройствами электрических измерителей температуры и порядком измерений.

Составить отчёт о проделанной работе

Контрольные вопросы

1. Какие шкалы температур используются в исследованиях;
2. Какой принцип работы основных датчиков температуры;
3. Каковы особенности применения того или иного датчика;
4. Какова погрешность измерений температуры данными датчиками;
5. Какая погрешность Ваших измерений и почему.

Лабораторная работа № 2

ДАТЧИКИ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Цель работы: Ознакомится с методами измерения и датчиками влажности, закрепить знания на практике.

1. Введение

Под влажностью воздуха подразумевают содержание водяного пара в воздухе. Влажность бывает абсолютной и относительной. Вопрос измерения влажности волновал физиков и метеорологов уже давно. Влажность воздуха влияет на организм человека, а значит, её просто необходимо контролировать и измерять. На всех изделиях электронной техники проводят климатические испытания на воздействие повышенной влажности. Например полупроводниковые приборы, согласно ГОСТ 11639 – 84, должны быть устойчивы к воздействию повышенной влажности, относительная влажность при температуре + 25⁰С без конденсации влаги в течении 12 месяцев 98%.

2. Задание на лабораторную работу

1. Дать представление студентам об основных датчиках и методах измерения влажности;
2. Ознакомить с оборудованием и методами измерения влажности;
3. Экспериментально определить влажность;
4. Провести обработку результатов измерений.

3. Теоретические сведения

Под влажностью воздуха подразумевается содержание водяных паров в воздухе. Абсолютная влажность a - количество водяного пара в граммах содержащихся в одном кубическом метре воздуха (г/м³).

Упругость водяного пара e находящегося в воздухе или парциальное давление, выражается в миллибарах или мм. рт. ст. Абсолютная влажность и упругость водяного пара воздуха связаны выражением

$$a=217e/T \quad \text{или} \quad a=0,8e/1 +T,$$

где T — температура водяного пара (воздуха) в K и C соответственно – температурный коэффициент объёмного расширения пара.

Относительная влажность воздуха f – отношение упругости водяного пара, содержащегося в воздухе, к упругости водяного пара насыщающего пространство при температуре t – выраженное в процентах:

$$f = e \times 100\% / E$$

где E - максимально возможная упругость пара при данной температуре.

Точка росы, при которой водяной пар, находящийся в воздухе достигает насыщения при неизменном давлении, т.е. $e = E$.

Наиболее распространенными датчиками измерения влажности воздуха являются психрометры и волосные гигрометры.

Работа психрометрических датчиков основана на зависимости интенсивности испарения с водной поверхности от дефицита влажности соприкасающегося с ней воздуха. Для измерения влажности этот метод практически реализует косвенным определением интенсивности испарения путем измерения понижения температуры тела, с поверхности которого происходит испарение, за счёт затраты тепла тела на испарение воды.

Масса воды M , испаряющаяся с поверхности площадью S за отрезок времени t , определяется формулой Дальтона:

$$M = \frac{CS(E-e)}{p} \times t$$

Расход тепла Q на испарение массы воды M будет равен:

$$Q = ML = \frac{CS(E-e)}{p} \times t \times L,$$

где L - теплота парообразования воды.

Как только температура поверхности тела (воды) понизится относительно окружающего воздуха, благодаря теплообмену из воздуха к телу через охлаждённую поверхность начнёт поступать тепло Q , которое определяется формулой

$$Q = BS(t_v - t_m) \times t_{vp},$$

где B - коэффициент внешнего теплообмена;

t_v и t_m – соответственно температура воздуха и охлажденного тела;

S – площадь поверхности, через которую осуществляется теплообмен;

t_{vp} – отрезок времени.

При установившемся процессе расход тепла на испарение будет равен притоку тепла из воздуха

$$Q = Q$$

следовательно, будем иметь:

$$\frac{CS(E-e)}{p} = BS(t-t)t$$

Решая это уравнение относительно e и полагая, что $S=S$, получаем

$$e = E - A(t_b - t_m)p.$$

Данное выражение называют психрометрической формулой, а коэффициент $A=B/cL$ – психрометрическим. Психрометрический коэффициент зависит от скорости движения воздуха испаряющегося с поверхности, однако при скорости более 2 м/с эта зависимость становится слабой.

Приборы, принцип работы которых основан на указанном методе называют психрометрами и содержат два термометра. Одним измеряют температуру тела t , с поверхности которого происходит испарение, а другим температуру окружающего воздуха t .

Психрометры, содержащие аспирационное устройство, обеспечивающее протяжку воздуха с постоянной скоростью 2 м/с называются аспирационными.

Психрометрический коэффициент для этого вида психрометров $A = 0.00662$, а формула для вычисления влажности по аспирационному психрометру имеет вид:

$$e = E - 0.00662p(t-t).$$

На практике влажность вычисляют по специальным психрометрическим таблицам.

Волосные гигрометры широко используются для определения влажности в помещениях. Принцип его работы основан на способности человеческого волоса изменять свою длину при изменении влажности окружающей среды. Удлинение волоса при изменении относительной влажности от 0 до 100% составляет 2.5%. Волосы для гигрометра подвергают специальной химической и механической обработке. Широкое применение нашли волосные гигрометры барабанного типа с фиксацией на ленте.

4. Принадлежности к лабораторной работе

1. Термометр;
2. Волосной гигрограф;
3. Генератор водяного пара.

5. Порядок выполнения работы

1. Познакомится с описанием конструкции и принципом работы психрометрического гигрометра согласно инструкции;
2. Согласно инструкции произвести измерение температуры в помещении t и температуры влажного термометра – t ;
3. Произвести вычисление относительной влажности по психрометрической формуле;

4. Сравнить полученные значения с данными из психрометрических таблиц;
5. Изучить описание волосного гигрографа;
6. Снять показания с барабана волосного гигрографа;
7. Сравнить полученные результаты, занеся их в таблицу;
8. Включить генератор водяного пара;
9. Снять зависимость изменения влажности в помещении от времени работы генератора двумя способами в течении 15 минут;
10. Обработать полученные результаты;
11. Оформить отчёт по данной работе.

6. Контрольные вопросы

1. В чем состоит содержание лабораторной работы.
2. Какие виды датчиков влажности бывают по принципу действия, и их особенности.
3. Как связаны между собой: температура, абсолютная влажность, относительная влажность и упругость водяного пара.

Лабораторная работа № 3

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

Цель работы: Ознакомится с методами и оборудованием измерения скорости движения воздушного потока, закрепить знания на практике.

1. Введение

Большое значение при оценке помещения имеет анализ движения воздушного потока, качество вентиляции, притока и вытяжки воздуха. Для этого необходимо ознакомиться с методами анализа данного явления. В данной работе Вы научитесь правильно эксплуатировать приборы МС – 13, это чашечный анемометр и крыльчатый анемометр АСО-3, который позволяет измерить движения воздушного потока.

2. Теоретическая часть

Приборы, служащие для измерения скорости движения воздушных потоков, называются анемометрами. Их работа основана на принципе преобразования скорости воздушного потока в механическое перемещение чувствительного элемента. Распространены два вида этих элементов: чашечные вертушки и воздушный винт.

Анемометр ручной чашечный со счетным механизмом применяется для измерения средней скорости движения от 1 до 2 м/с. Порядок работы с ним изложен в инструкции. При строгом соблюдении методики измерений погрешность измерения анемометра зависит от средней скорости движения воздуха и определяется по формуле

$$F = (0,06v + 0,3) \text{ м/с.}$$

Перед измерением скорости воздушного потока выключают с помощью арретира счетное устройство и записывают начальное показание счетчика. После этого анемометр вносят в воздушный поток так, чтобы ось чашечного анемометра располагалась перпендикулярно потоку. Отклонение от указанного положения не должно превышать 12-15 градусов. Через 5-10 с после внесения анемометра в поток одновременно включают секундомер, выключают и записывают показания счетчика и секундомера.

Делением разности конечного $N_{\text{кон}}$ и начального $N_{\text{нач}}$ показаний счетного механизма на время измерения t определяют число делений n приходящихся на 1с:

$$n = (N_{\text{кон}} - N_{\text{нач}}) / t .$$

Скорость движения воздушного потока определяется по прилагаемому к прибору графику.

Крыльчатый анемометр предназначен для измерения скорости движения воздуха (0,2 – 5) м/с. Погрешность измерения определяется:

$$F = (0,06v + 0,1),$$

где v – средняя скорость движения измеряемого потока.

При проведении измерений ось чашечного анемометра располагают параллельно движущемуся потоку.

Процедура измерения аналогична указанной выше.

3. Принадлежности к лабораторной работе

1. Чашечный анемометр МС-13;
2. Крыльчатый анемометр АСО-3.

4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомится с инструкцией по работе с чашечным анемометром МС-13;
2. Включить вентилятор;
3. Произвести измерение скорости движения воздуха на расстоянии 1 метр от вентилятора согласно методике измерения;
4. Ознакомиться с инструкцией по работе с крыльчатым анемометром АСО-3;
5. Произвести измерения скорости движения воздуха аналогично п.3;
6. С помощью крыльчатого анемометра произвести измерения в различных точках помещения и определить застойные зоны;
7. Оформить отчет проделанной работе.

5. Контрольные вопросы

1. В чём принципиальные отличия крыльчатого анемометра от чашечного;
2. Принцип работы чашечным анемометром МС-13;
3. Принцип работы крыльчатым анемометром АСО-3.

Лабораторная работа № 4

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДАТЧИКИ

Цель работы: Ознакомится с конструкцией и принципом работы полупроводниковых фотосопротивлений и фотодиодов.

1. Введение

Полупроводниковые фотоэлектрические датчики находят широкое применение при исследовании объектов окружающей среды. На их основе сконструированы разнообразные фото – и спектрографические приборы и устройства. Это приборы контроля продолжительности солнечного дня, приборы контроля запыленности и прозрачности атмосферного воздуха, приборы чистоты воды, приборы контроля дымовых и газовых выбросов и др.

2. Теоретическая часть

Выходной характеристикой оптических датчиков обычно является электрический ток, поэтому ток и его вариации в функции различных параметров служит для характеристики свойств датчиков.

В качестве метрологических характеристик выступают:

Темновой ток;

Чувствительность;

Спектральная чувствительность;

Интегральная чувствительность;

Обнаружительная способность (соотношение между собственным шумом и сигналом).

Темновой ток – это ток, постоянно имеющийся на выходе фоточувствительного устройства, помещенного в темноту и находящегося при определенных условиях питания.

Он возникает по двум причинам: во–первых внутренняя причина за счет наличия теплового возбуждения носителей, и его величина определяется свойствами материала, и, во–вторых, внешняя причина, поскольку внешняя среда является источником теплового излучения и датчик его воспринимает. В общем случае выгодно выбрать и использовать такой датчик, у которого темновой ток существенно меньше минимального фототока, обусловленного сигналом. Для датчиков ИК - излучения это приводит к необходимости

помещать датчик в охлажденный корпус, чтобы уменьшить тепловое возбуждение датчика и ограничить поток излучения из окружающей среды.

Чувствительность. Поток излучения оптического сигнала, воспринимаемого датчиком, приводит к возникновению фототока I_p который вместе с темновым током I_0 составляет общий ток на выходе датчика:

$$I = I_0 + I_p.$$

Реакцию датчика на принимаемое излучение обычно характеризуют, исходя из фототока I_p . Эта реакция зависит с одной стороны от устройства датчика, а с другой – от природы излучения, его спектрального состава и величины потока.

Если датчик подвергается воздействию потока Φ и выдает ток I_p при постоянном темновом токе, то чувствительность датчика выражается как:

$$S = dI_p / D\Phi.$$

В зависимости от единиц, в которых измеряется поток чувствительность выражается в А/Вт, А/лм или А/лк, если поток оценивается по создаваемой им визуальной освещенности.

Спектральная чувствительность - это чувствительность датчика, когда воспринимаемый им поток монохроматичен, и записывается для определенной длины волны λ

$$S(\lambda) = dI_p / d\Phi(\lambda).$$

Кривая спектральной чувствительности показывает изменение относительной чувствительности в функции длины волны:

$$S(\lambda)/S(\lambda_p),$$

где (λ_p) – длина волны соответствующая максимуму спектральной чувствительности.

Интегральная чувствительность S_t - это чувствительность датчика, принимающего немонохроматический оптический сигнал. Она зависит, с одной стороны, от спектральной чувствительности датчика к различным составляющим воздействующего излучения, и, с другой стороны, от спектрального распределения самого излучения.

Обнаружительная способность. Она связана в соотношении определения характеристик датчика, в отношении его собственных шумов и способности датчика обнаруживать слабые сигналы.

3. Принадлежности к лабораторной работе

1. Фотосопротивление на основе сульфида кадмия типа ФСК – 1;
2. Кремниевый фотодиод ФД-24К;
3. Вольтметр В7-26;
4. Блок питания;
5. Электrolампа;
6. Монохроматор.

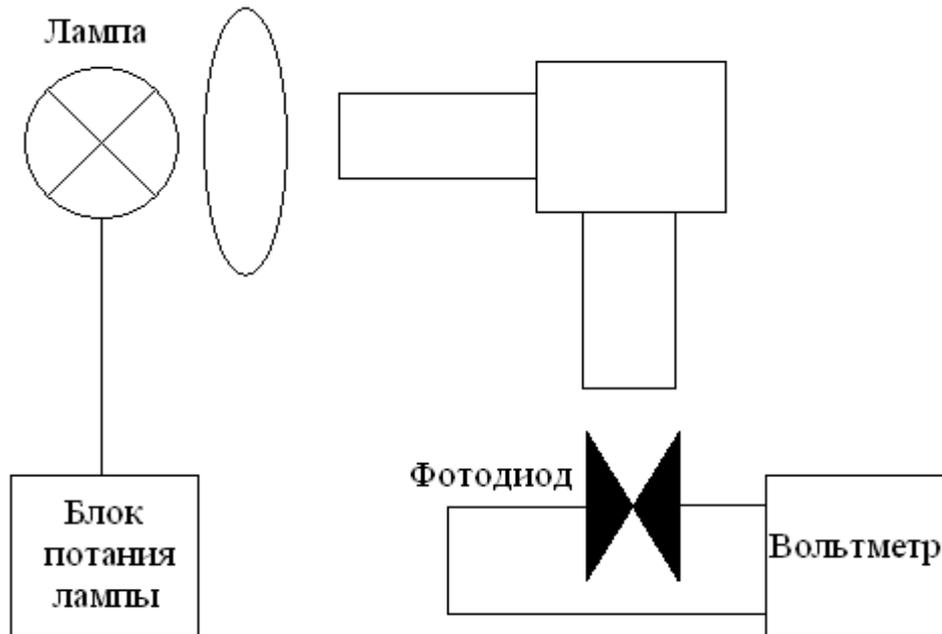


Рисунок 4.1. Схема включения оборудования.

4. Порядок выполнения работы

1. Изучите устройство и принцип работы фотосопротивления на основе сульфида кадмия типа ФСК - 1 и кремниевого фотодиода ФД-24К;
2. Изучите устройство монохроматора УМ-2 и со схемой электрических соединений;
3. Включите вольтметр В7-26 и дайте ему прогреться 10 минут;
4. Включите блок питания электролампы и получите равномерную засветку входной щели монохроматора;
5. Установите фотодиод ФД-24 точно против выходной щели монохроматора;
6. Установите переключатель вольтметра V_1 в положение $0,3U$, а переключатель V_2 в положение $-U$;
7. Установите винтом ширину выходной щели 2 мм;
8. Вращая барабан монохроматора и пользуясь графиком 1 снять зависимость U фотодиода от $\lambda (U = f(\lambda))$;

9. Изменяя ширину щели s снять зависимость $U=f(s)$;
10. Снять фотодиод и установить фотосопротивление ФСК-1;
11. Установить ширину щели 2 мм, а переключатель B_2 поставить в положение;
12. Повторив п.п. 7 и 8 снять зависимости $R_{\text{фс}} = f(\lambda)$ и $R_{\text{фс}} = f(s)$;
13. Представьте полученные результаты в виде графиков.

5. Контрольные вопросы

1. Объясните принцип работы фотосопротивления и фотодиода.
2. Какие электрические схемы используются для включения датчиков.
3. Каковы физические возможности полупроводниковых фотоэлектрических датчиков.

Лабораторная работа № 5

ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Цель работы: Изучить прибор контроля аэрозольных частиц, определить запылённость помещения.

1. Введение

Как в производстве, так и в жизни необходимо контролировать уровень запылённости и обеспечивать требования по гигиена труда.

Общие понятия:

Электронная гигиена; ЭГ (Ндп. *вакуумная гигиена; электронно-вакуумная гигиена; технологическая гигиена; производственная гигиена*): Комплекс обязательных требований, норм, средств и мероприятий, направленных на обеспечение заданных параметров технологического микроклимата с целью защиты изделий от неблагоприятных внешних воздействий в процессе производства.

Технологический микроклимат: Искусственно создаваемые условия воздушной и газовой среды в помещениях и на рабочих местах для защиты изделий от неблагоприятных внешних воздействий.

Примечание - Воздушная среда характеризуется запыленностью, температурой, относительной влажностью, скоростью воздушного потока и его ламинарностью, избыточным давлением, уровнем вибрации и шума, напряженностью электромагнитного поля, уровнем электростатического заряда.

Чистое помещение; ЧП: Помещение, в том числе и производственное, характеризуемое по степени запыленности классом чистоты, в котором конструктивно-строительным решением и применением специальных технических средств обеспечиваются заданные параметры технологического микроклимата.

Чистое рабочее место; ЧРМ: Рабочее место в чистом помещении, характеризуемое по степени запыленности классом чистоты, на котором конструктивным решением и применением специальных технических средств обеспечиваются заданные параметры технологического микроклимата.

Класс чистоты помещения [рабочего места] (Ндп. *уровень запыленности, уровень чистоты*): Характеристика чистого помещения [рабочего места], определяемая нормами запыленности в них.

Служба электронной гигиены: Подразделение, осуществляющее координацию работ по обеспечению и контролю требований электронной гигиены.

Дисциплина в чистом помещении: Элемент технологической дисциплины, регламентирующий соблюдение персоналом чистого помещения требований и правил электронной гигиены, установленных в нормативно-технических документах.

2. Теоретическая часть

2.1 Характеристики технологического микроклимата

(Технологическое) загрязнение: Наличие твердых и жидких частиц, примесей газов, а также микроорганизмов, которые могут явиться причиной дефектов в процессе производства.

Источник загрязнения - запыленность воздуха [газа] (Ндп. содержание частиц, концентрация частиц): Количество частиц в единице объема воздуха [газа].

Примечание - При нормировании и контроле запыленности следует указывать размер(ы) частиц.

Пылезащитное оборудование: Оборудование, устанавливаемое в чистых помещениях для защиты изделий, технологического оборудования, оснастки и инструмента от неблагоприятных внешних воздействий, в том числе от загрязнений.

Примечание - К пылезащитному оборудованию относятся пылезащитные боксы, пылезащитные кабины и микроклиматические камеры.

Термоконстантное [термовлагоконстантное] пылезащитное оборудование: пылезащитное оборудование, в котором с заданной точностью поддерживаются температура [температура и относительная влажность] воздуха.

Чистая комната: Пылезащитное оборудование, представляющее собой замкнутый герметичный объем для размещения технологического оборудования или его рабочей части, оснастки, инструмента, обрабатываемых изделий, персонала и проведения технологических операций.

Примечание - Чистые комнаты предназначены для проведения технологических операций, требующих высокой степени чистоты воздушной среды.

Пылезащитная (технологическая) тара: Герметичная тара из антистатических материалов, стойких к внешним воздействиям и не выделяющих пыли, предназначенная для защиты изделий от загрязнений, механических повреждений и статического электричества.

Примечание - Пылезащитная тара может быть активной, имеющей системы подготовки, очистки и продувки воздуха, или пассивной, заполняемой очищенным газом или воздухом под избыточным давлением.

Технологическая одежда: Комплект одежды и обуви, предназначенный для работающих в чистых помещениях и предохраняющий изделия, оборудование, оснастку, инструмент и рабочее место от вносимых работающим загрязнений и статического электричества.

Примечание - В зависимости от условий технологического процесса технологическая одежда должна быть стойкой к кислотам или щелочам, не выделяющей пыли, обладать антистатическими свойствами.

Технологические принадлежности: Средства защиты изделий, материалов, оборудования, инструмента и оснастки от попадания загрязнений с рук работающих.

2.2 Счётчик аэрозольных частиц ПК.ГТА-0,3-002. Основные характеристики.

Принцип работы.

Счётчик аэрозольных частиц ПК.ГТА-0,3-002 предназначен для контроля запылённости воздуха при производстве полупроводниковых приборов и микросхем.

Счётчик рассчитан на эксплуатацию в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха от 10 до 35 °С;
- относительная влажность воздуха до 80% при температуре 25 °С;
- атмосферное давление от 650 до 800 мм. ртутного столба.

Счётчик регистрирует аэрозольные частицы в шести каналах по размерам: от 0.3 мкм и выше; от 0.4 мкм и выше; от 0.5 мкм и выше; от 0.6 мкм и выше; 0.8 мкм и выше; от 1.0 и выше.

Диапазон измерения счётной концентрации аэрозольных частиц от 0 до 3.5×10^5 частиц в литре.

Предел допустимой основной относительной погрешности измерения счётной концентрации в диапазоне 3×10^4 до 2.5×10^5 частиц в литре $\pm 40\%$, воспроизводимость результатов измерений в диапазоне от 10^2 до 3×10^4 частиц в литре $\pm 60\%$, за пределами этого диапазона погрешность не нормируется.

Предельно допустимая относительная погрешность измерения объёма аэрозольных частиц, отбираемой на анализ, $\pm 10\%$.

Время отбора аэрозольной пробы 6; 60; 600 с.

Предел допустимой относительной погрешности измерения времени отбора аэрозольной пробы $\pm 3\%$.

Устройство и принцип работы

В счётчике используется фотоэлектрический метод регистрации аэрозольных частиц. Частицы, попадая в освещённый рабочий объём, отражают свет. Интенсивность рассеянного света определяется диаметром частиц. В качестве приёмника света используется

фотоэлектронный умножитель, на нагрузке которого возникает электрический импульс. Амплитуда импульса пропорциональна количеству отражённого света, т.е. определяется размером частиц. Таким образом, возможен анализ частиц по размеру.

Структурно счётчик состоит из трёх функциональных частей:

- 1 Оптическая система
- 2 Пневматическая система
- 3 Электрические блоки.

3. Порядок проведения работы

Измерение концентрации аэрозоля в режиме ручного пуска:

- снимите крышку с насоса;
- включите насос и краном отрегулируйте его так, чтобы верхний край поплавка ротаметра находился на уровне риски;
- установите на переключателе каналов мкм желаемый канал измерения;
- установите желаемый объём измерения одной из кнопок: 0.1L; 1,0L; 10L или xK.

При нажатии кнопок 0.1L; 1,0L; 10L время измерения устанавливается таймером автоматически. Положение xK соответствует измерению, при котором время измерения необходимо контролировать по внешним часам.

- нажмите и отпустите кнопку I . При этом происходит сброс показаний цифровых индикаторов, и начинается процесс измерения концентрации аэрозоля.

- на установленное время загорается индикаторный светодиод, по истечению которого он гаснет, а счётчик останавливается автоматически. Если нажата кнопка xK, то остановка счётчика осуществляется нажатием кнопки (стоп).

Для кнопок 0.1L; 1,0L; 10L цифровые индикаторы показывают концентрацию аэрозоля в частицах в литре. Если нажата кнопка xK, то необходимо сделать пересчёт количества частиц на 1 L анализируемого аэрозоля.

Для этого показания цифровых индикаторов умножить на коэффициент $1/T$, где T – время измерения в минутах.

Положение xK рекомендуется использовать для измерения низких концентраций аэрозоля.

Измерение концентрации аэрозоля в режиме автоматического пуска:

- - снимите крышку с насоса;
- включите насос и краном отрегулируйте его так, чтобы верхний край поплавка ротаметра находился на уровне риски;
- установите на переключателе каналов мкм желаемый канал измерения;
- установите желаемый объём измерения одной из кнопок: 0.1L; 1,0L; 10L или xK.

По окончании цикла измерения процесс повторяется автоматически.

4. **Контрольные вопросы**

1. Объясните принцип работы счётчика аэрозольных частиц;
2. Что такое электронная гигиена, чистое помещение и микроклимат;
3. Какие характеристики технологического микроклимата вы знаете.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ФОНА

1. Введение.

Жилище - это одна из самых больших ценностей в жизни человека. Оно придает хозяину чувство безопасности и защищенности, поэтому мы стремимся по мере сил эти качества повысить – ставим новые замки, сигнализации. Но есть одна проблема, которая не решается запорами на дверях и современной сигнализацией, это уровень радиации. Источником ее может быть что угодно – строительные материалы, земля, на которой стоит дом, вода из крана, насыщенная радоном. Все это способно при длительном контакте подорвать здоровье человека, поэтому проблема требует серьезного подхода и продуманного решения.

Радиоактивность - неустойчивость ядер некоторых атомов, проявляющаяся в их способности к самопроизвольным превращениям (распаду), сопровождающимся испусканием ионизирующего излучения или радиацией

Радиация, или ионизирующее излучение - это частицы и гамма-кванты, энергия которых достаточно велика, чтобы при воздействии на вещество создавать ионы разных знаков. Радиацию нельзя вызвать с помощью химических реакций.

Различают несколько видов радиации. Альфа-частицы: относительно тяжелые, положительно заряженные частицы, представляющие собой ядра гелия. Бета-частицы - это просто электроны. Гамма-излучение имеет ту же электромагнитную природу, что и видимый свет, однако обладает гораздо большей проникающей способностью. Нейтроны - электрически нейтральные частицы, возникают главным образом непосредственно вблизи работающего атомного реактора, куда доступ, естественно, регламентирован. Рентгеновское излучение подобно гамма-излучению, но имеет меньшую энергию. Кстати, наше Солнце - один из естественных источников рентгеновского излучения, но земная атмосфера обеспечивает от него надежную защиту. Ультрафиолетовое излучение и излучение лазеров в нашем рассмотрении не являются радиацией. Заряженные частицы очень сильно взаимодействуют с веществом, поэтому, с одной стороны, даже одна альфа-частица при попадании в живой организм может уничтожить или повредить очень много клеток, но, с другой стороны, по той же причине, достаточной защитой от альфа- и бета-излучения является любая, даже очень тонкий слой твердого или жидкого вещества - например, обычная одежда (если, конечно, источник излучения находится снаружи). Следует различать радиоактивность и радиацию. Источники радиации - радиоактивные вещества или ядерно-технические установки (реакторы, ускорители, рентгеновское оборудование и т.п.) - могут

существовать значительное время, а радиация существует лишь до момента своего поглощения в каком-либо веществе.

Воздействие радиации на человека называют облучением. Основу этого воздействия составляет передача энергии радиации клеткам организма. Ионизирующая радиация при воздействии на организм человека может вызвать два вида эффектов, которые клинической медициной относятся к болезням: детерминированные пороговые эффекты (лучевая болезнь, лучевой дерматит, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др.) и стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни). Последствия облучения сильнее сказываются на делящихся клетках, и поэтому для детей облучение гораздо опаснее, чем для взрослых. Что же касается часто упоминаемых генетических (т.е. передаваемых по наследству) мутаций как следствие облучения человека, то таковых еще ни разу не удалось обнаружить. Даже у 78000 детей тех японцев, которые пережили атомную бомбардировку Хиросимы и Нагасаки, не было констатировано какого-либо увеличения числа случаев наследственных болезней (книга "Жизнь после Чернобыля" шведских ученых С.Кулландера и Б.Ларсона). Следует помнить, что гораздо больший реальный ущерб здоровью людей приносят выбросы предприятий химической и сталелитейной промышленности, не говоря уже о том, что науке пока неизвестен механизм злокачественного перерождения тканей от внешних воздействий. Организм человека реагирует на радиацию, а не на ее источник. Те источники радиации, которыми являются радиоактивные вещества, могут проникать в организм с пищей и водой (через кишечник), через легкие (при дыхании) и, в незначительной степени, через кожу, а также при медицинской радиоизотопной диагностике. В этом случае говорят о внутреннем облучении. Кроме того, человек может подвергнуться внешнему облучению от источника радиации, который находится вне его тела. Внутреннее облучение значительно опаснее внешнего. Радиацию создают радиоактивные вещества или специально сконструированное оборудование. Сама же радиация, воздействуя на организм, не образует в нем радиоактивных веществ, и не превращает его в новый источник радиации. Таким образом, человек не становится радиоактивным после рентгеновского или флюорографического обследования. Кстати, и рентгеновский снимок (пленка) также не несет в себе радиоактивности. Исключением является ситуация, при которой в организм намеренно вводятся радиоактивные препараты (например, при радиоизотопном обследовании щитовидной железы), и человек на небольшое время становится источником радиации. Однако препараты такого рода специально выбирают так, чтобы быстро терять свою радиоактивность за счет распада, и интенсивность радиации быстро спадает.

Мерой радиоактивности служит активность. Измеряется в Беккерелях (Бк), что соответствует 1 распаду в секунду. Содержание активности в веществе часто оценивают на

единицу веса вещества (Бк/кг) или объема (Бк/куб.м). Также встречается еще такая единица активности, как Кюри (Ки). Это - огромная величина: $1 \text{ Ки} = 37000000000 \text{ Бк}$. Активность радиоактивного источника характеризует его мощность. Так, в источнике активностью 1 Кюри происходит 37000000000 распадов в секунду. Как было сказано выше, при этих распадах источник испускает ионизирующее излучения. Мерой ионизационного воздействия этого излучения на вещество является экспозиционная доза. Часто измеряется в Рентгенах (Р). Поскольку 1 Рентген - довольно большая величина, на практике удобнее пользоваться миллионной (мкР) или тысячной (мР) долями Рентгена.

Цель работы: Изучить теорию о радиационном контроле. Изучить принцип работы дозиметра ДРГ-01Т1. Закрепить знания на практике путём измерения радиационного фона в лабораторном помещении в нескольких точках.

2. Порядок проведения работы:

1. Ознакомится с Руководством по эксплуатации дозиметра ДРГ-01Т1;
2. Установить переключатель режима работы в положение ПОИСК, переключатель поддиапазонов измерения в положение мР/ч.
3. Произвести сброс показаний нажатием кнопки СБРОС.
4. Определить направление излучения по максимальным показаниям на цифровом табло, ориентируя дозиметр в пространстве. Отсчёт показаний на цифровом табло производится непосредственно в единицах установленного поддиапазона измерения.
5. В режиме работы ПОИСК смена информации на цифровом табло осуществляется автоматически в такт мигания запятой в младшем разряде.
6. В режиме работы ИЗМЕРЕНИЕ на цифровом табло отображаются нули во всех разрядах и мигает запятая в младшем ряду. Отсчёт показаний производится в конце цикла измерения в момент прекращения мигания запятой младшего ряда. Показания на цифровом табло сохраняются до момента нажатия кнопки СБРОС и запуска дозиметра на новый цикл измерения.
7. Произвести не менее трёх измерений в одной точке и определить погрешность измерений.

3. Краткая теория

Дозиметр — устройство для измерения дозы или мощности дозы ионизирующего излучения, полученной прибором (и тем, кто им пользуется) за некоторый промежуток времени, например, за период нахождения на некоторой территории или за рабочую смену. Измерение вышеописанных величин называется дозиметрией.

Бытовой дозиметр предназначен для установления радиационной обстановки и по сути представляют собой средства индикации. Дозиметры делятся на несколько основных групп: индикатор-сигнализатор, индикатор-измеритель, аппараты, комбинирующие эти функции, а также существуют [дозиметры](#), которые измеряют еще ряд параметров, встроенные в какую либо бытовую технику. Основное требование при выборе данного прибора – это простота в эксплуатации, когда при минимуме знаний мы легко и просто можем получить результат и оценить его, при этом нам хотелось бы обладать максимально точным результатом и приобрести прибор за совсем скромные деньги. Индикаторы-сигнализаторы: выводят результат замеров с помощью световой или звуковой индикации, обнаружив источник радиации, аппарат начинает издавать звуки, при этом на дисплее мы видим цифровую оценку уровня радиации (стрелочные приборы, аналоговые и цифровые дисплеи). Обычно уровень радиации измеряют в мкЗв/ч и мкР/ч, зачастую производители дозиметров указывают и ту и другую величины, для того чтобы потребителям было удобнее ориентироваться и оценить уровень радиации в более привычных величинах. Индикаторы – измерители представляют собой стрелочный дозиметр или прибор с аналоговой шкалой, и наиболее наглядно отражают полученную информацию. Более того, прибор с аналоговой шкалой лучше демонстрирует тенденцию изменения радиационной обстановки. Стрелочные приборы обычно используют еще и цветовую индикацию, например мощность дозы до 0,6 мкЗв/ч (60 мкР/ч), окрашивают в зеленый цвет, в диапазоне от 0,6 мкЗв/ч (60 мкР/ч) до 1,2 мкЗв/ч (120 мкР/ч) – в желтый, а облучение, соответствующий значениям свыше 1,2 мкЗв/ч (120 мкР/ч), в красный или розовый цвет. Таким же образом цвет используют и в аналоговых аппаратах. В свободной продаже можно встретить разнообразные модели дозиметров, которые выпущены специально для использования в быту, для определения уровня радиоактивности сомнительных продуктов, предметов, стройматериалов и т.д.

Практически единственным доступным радиолоббителю датчиком ионизирующей радиации является счетчик Гейгера (Гейгера-Мюллера). Этот на удивление простой прибор, изобретенный в 1908 году для нужд зарождавшейся ядерной физики, не утерять своей актуальности и сегодня. Счетчик Гейгера представляет собой вакуумированный баллон с двумя электродами, в который введена газовая смесь, состоящая из легкоионизируемых неона и аргона с небольшой добавкой галогена — хлора или брома. К электродам прикладывают высокое напряжение, которое само по себе не вызывает каких-либо

разрядных явлений. В этом состоянии счетчик будет пребывать до тех пор, пока в его газовой среде не возникнет центр ионизации — след из ионов и электронов, порождаемый пришедшей извне ионизирующей частицей. Первичные электроны, ускоряясь в электрическом поле, ионизируют «по дороге» другие молекулы газовой среды, порождая все новые и новые электроны и ионы. Развиваясь лавинообразно, этот процесс завершается образованием в межэлектродном пространстве электронно-ионного облака, резко увеличивающего его проводимость. В газовой среде счетчика возникает разряд, видимый (если баллон прозрачный) даже простым глазом.

Обратный процесс — возвращение газовой среды в ее исходное состояние — происходит под действием содержащегося в ней галогена, который способствует интенсивной рекомбинации зарядов. Но этот процесс идет значительно медленнее. Отрезок времени, необходимый для восстановления радиационной чувствительности счетчика и фактически определяющий его быстродействие — так называемое «мертвое» время, — является важной паспортной характеристикой счетчика.

Норма радиационной безопасности

Нормы радиационной безопасности НРБ-99 применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.

Главной целью радиационной безопасности является охрана здоровья населения, включая персонал, от вредного воздействия ионизирующего излучения путем соблюдения основных принципов и норм радиационной безопасности без необоснованных ограничений полезной деятельности при использовании излучения в различных областях хозяйства, в науке и медицине.

Значения допустимых уровней радиационного воздействия

Для каждой категории облучаемых лиц значение допустимого уровня радиационного воздействия для данного пути облучения определено таким образом, чтобы при таком уровне воздействия только одного данного фактора облучения в течение года величина дозы равнялась величине соответствующего годового предела (усредненного за пять лет), указанного в таблице.

Основные пределы доз

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

В таблицах и приложениях запись вида $1,6 \cdot 10^{-12}$ означает $1,6 \cdot 10^{-12}$, а $1,6+12$ - $1,6 \cdot 10^{12}$.

Значения допустимых уровней для всех путей облучения определены для стандартных условий, которые характеризуются следующими параметрами:

- объемом вдыхаемого воздуха V , с которым радионуклид поступает в организм на протяжении календарного года;
- временем облучения t в течение календарного года;

- массой питьевой воды M , с которой радионуклид поступает в организм на протяжении календарного года;

- геометрией внешнего облучения потоками ионизирующего излучения.

Для персонала установлены следующие значения стандартных параметров: $V_{\text{перс}} = 2,4$ г 103 куб.м в год; $t_{\text{перс}} = 1700$ ч в год; $M_{\text{перс}} = 0$.

Для населения установлены следующие значения стандартных параметров: $t_{\text{нас}} = 8800$ ч в год; $M_{\text{нас}} = 730$ кг в год для взрослых.

4. Контрольные вопросы

1. На чём основан принцип работы дозиметра;
2. Как воздействует радиация на человека;
3. Какие нормы радиационного фона вы знаете;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев И.В. Курс общей физики.–М.: Наука, 1990, Т.2.
2. Карпенко С.Х. Концепции современного естествознания. – М. ЮНИТИ, 1997.
3. Киттель Ч., Найт., Рудерман М. Берклевский курс физики.–т. 1 (Механика). – М.: Наука, 1975.–480 с.
4. Мухачёв В.А. Оценка погрешностей измерений. Томск: ТУСУР 2003. – 20 с.
5. ГОСТ Р 50116-92 Электронная гигиена. Термины и определения

Приложение А (справочное)**Пример оформления титульного листа**

Министерство образования и науки

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

Наименование темы работы (прописными буквами)

Лабораторная работа по дисциплине
«Приборы и датчики экологического контроля»

Студенты гр.

_____ Ф.И.О.

_____ /Подпись/

Руководитель работы

_____ /Должность/

_____ Ф.И.О.

_____ /Подпись/

_____ /Дата/