

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольной работы по дисциплине

«Приборы экологического контроля»

для магистрантов заочной формы обучения по специальности
8.070801 – Экология и охрана окружающей среды

Севастополь
2010



УДК 504

Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Приборы экологического контроля»/ Сост. канд. техн. наук, доц. Е.И. Азаренко. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2010. – 19 с.

Методические указания разработаны в соответствии с учебной программой дисциплины «Приборы экологического контроля».

Целью методических указаний является ознакомление студентов заочной формы обучения с программой дисциплины «Приборы экологического контроля» и основными теоретическими положениями, необходимыми для выполнения контрольной работы.

Методические указания утверждены на заседании кафедры ПЭОТ, протокол № 5 от «09» ноября 2009 г.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Гутник С.А., канд. техн. наук,
доцент кафедры ПЭОТ.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Структура, объем и оформление работы	3
2. Программа дисциплины и варианты индивидуальных заданий	3
3. Определение основной погрешности прибора комбинированного «ТКА-ПКМ» по измерительным каналам температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха и освещенности	4
4. Содержание и варианты расчетных заданий	13
Библиографический список	16
Приложение А	17
Приложение Б	18
Приложение В	19

1. СТРУКТУРА, ОБЪЕМ И ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

Контрольная работа по дисциплине «Приборы экологического контроля» (ПЭК) включает два раздела. В первом из них необходимо ответить на теоретические вопросы, второй раздел предусматривает решение задачи по варианту индивидуального задания. К работе **обязательно** прилагается список использованной литературы, на который в тексте контрольной должны быть сделаны ссылки. **Вариант задания выбирается по последней цифре номера зачетной книжки, «0» соответствует варианту № 10.**

Объем работы должен составить 10-15 листов формата А4, выполненных компьютерным способом: шрифт Times New Roman, размер 14, интервал полуторный. Образец оформления титульного листа смотри в приложении В.

Работа представляется для проверки на кафедру прикладной экологии и охраны труда по адресу: ул. Гоголя, 14, ауд. 312, тел. 54-49-49, **не позднее 10 мая.**

2. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Перечень экзаменационных вопросов, приведенный в табл. 1, охватывает основное содержание дисциплины ПЭК. В контрольной работе должны быть представлены письменные ответы на три вопроса, согласно варианту.

Таблица 1 – Варианты заданий

Вар-т	Содержание вопросов
1	2
1	1. Средства измерения коэффициентов пропускания и оптической плотности жидко- стных растворов. Общая характеристика. 2. Характеристики средств измерений в динамическом режиме работы. 3. Вихревые расходомеры.
2	1. Аппаратура газового анализа. Газоанализаторы на SO ₂ , NO _x , CO. Основные харак- теристики, устройство и принцип действия. 2. Измерительные преобразователи: определение и классификация. 3. Расходомеры переменного уровня.

Продолжение табл. 1

1	2
3	1. pH-метры, иономеры. Основные характеристики, устройство и принцип действия. 2. Характеристики средств измерений в статическом режиме работы. 3. Тахометрические расходомеры.
4	1. Аппаратура газового анализа. Газоанализаторы на O ₂ . Основные характеристики, устройство и принцип действия. 2. Классификация средств измерений. 3. Расходомеры переменного перепада давлений.
5	1. Средства измерения уровня и расхода жидкостей и газов. 2. Устройство, принцип действия и порядок работы с газоанализатором ОКСИ 5М-5. 3. Нормирование погрешностей средств измерений.
6	1. Приборы и системы измерения давления газа. Основные характеристики, устройство и принцип действия. 2. Измерительные приборы: определение и классификация. 3. Расходомеры обтекания.
7	1. Средства измерения температуры и влажности воздуха. Основные характеристики, устройство и принцип действия. 2. Устройство, принцип действия и порядок работы с газоанализатором АНК-АТ-7664М-09.
8	1. Построение градуировочных графиков на примере определения концентрации вещества в растворе при помощи прибора КФК-2МП. 2. Устройство, принцип действия и порядок работы с прибором pH-150М. 3. Теоретические основы обработки результатов совместных измерений.
9	1. Контроль воспроизводимости результатов измерений на примере фотометрического определения нитратов в поверхностных и биологически очищенных водах (КНД 211.1.4.027-95). 2. Функции основных блоков метеостанции RST01923. 3. Тепловые расходомеры.
10	1. Поверка и аттестация средств измерений. 2. Устройство, принцип действия и порядок работы с прибором КФК-2МП. 3. Теоретические основы обработки результатов совокупных измерений.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПРИБОРА КОМБИНИРОВАННОГО «ТКА-ПКМ» ПО ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ КАНАЛАМ ТЕМПЕРАТУРЫ, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ, СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА И ОСВЕЩЕННОСТИ

3.1. Устройство, принцип работы и основные технические характеристики прибора

Прибор предназначен для измерения: температуры и относительной влажности воздуха; скорости движения воздуха; освещённости в видимой области спектра (380–760 нм); энергетической освещённости в области спектра (200–280) нм –УФ-С, (280–315) нм –УФ-В, (315–400) нм –УФ-А; яркости протяжённых объектов; коэффициента пульсации источников излучения и вычисления значений температур влажного термометра, точки росы и индекса тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса).

Область применения прибора: санитарный и технический надзор в жилых и производственных помещениях, аттестация рабочих мест и другие сферы деятельности.

Принцип работы «ТКА-ПКМ» заключается в преобразовании фотоприёмным устройством оптического излучения в фототок, а также преобразовании физических параметров окружающей среды с помощью датчиков влажности, скорости движения воздуха и температуры, в электрический сигнал, с обработкой и индикацией результатов измерений и расчётов.

Приборы комбинированные выпускаются в компактном портативном исполнении. На корпусе прибора расположены: жидкокристаллический индикатор, органы управления, маркировки и выносной зонд с датчиками измеряемых параметров. В зависимости от состава и количества измеряемых параметров зонд может быть установлен либо на корпусе прибора, либо на измерительной головке, соединённой с основным корпусом кабелем связи. Фотоприёмные элементы с фильтрами, формирующими спектральные характеристики каналов, располагаются в измерительной головке. Внешний вид прибора показан на рис. 1.



Рисунок 1 – Прибор комбинированный
ТКА-ПКМ с фотометрической головкой (№ 24248-04 в Госреестре средств измерений)

К основным техническим характеристикам прибора по измерительным каналам температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха и освещенности относятся:

1. Метрологические характеристики.

1.1. Измерительный канал относительной влажности:

- диапазон измерения относительной влажности 10 ... 98 %;
- предел допускаемой основной абсолютной погрешности прибора при температуре воздуха в зоне измерения $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$: $\pm 5,0$ %;
- предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности при изменении температуры на каждые $10 ^\circ\text{C}$ в диапазоне 10 ... $40 ^\circ\text{C}$: $\pm 5,0$ %;

1.2. Измерительный канал температуры:

- диапазон измерения температуры 0 ... $50 ^\circ\text{C}$;

- предел допускаемой основной абсолютной погрешности при температуре воздуха в зоне измерения $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$: $\pm 0,5^\circ\text{C}$;
- предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности при изменении температуры на каждые 10°C в диапазоне $0 \dots 50^\circ\text{C}$: $\pm 0,5^\circ\text{C}$;

1.3. Измерительный канал скорости движения воздуха:

- диапазон измерения скорости движения воздуха $0,1 \dots 20 \text{ м/с}$;
- пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при температуре воздуха в зоне измерения $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$: в диапазоне от $0,1$ до $1,0 \text{ м/с}$ $\pm (0,045 + 0,05 V)$; в диапазоне свыше $1,0$ до 20 м/с $\pm (0,1 + 0,05 V)$;
- предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности при изменении температуры на каждые 10°C не превышает предела допускаемой основной абсолютной погрешности, в диапазоне $0 \dots 50^\circ\text{C}$;

1.4. Измерительный канал освещенности:

- диапазон измерения освещённости $10 \dots 200000 \text{ лк}$;
- предел допускаемой основной относительной погрешности $\pm 8,0 \%$;
- погрешность нелинейности световой характеристики не более $\pm 3,0 \%$;
- погрешность градуировки по источнику А не более $\pm 3,0 \%$;
- погрешность коррекции фотометрической головки не более $\pm 5,0 \%$;
- погрешность, обусловленная пространственной характеристикой фотометрической головки прибора не более $\pm 5,0 \%$.

2. Общие технические данные:

- вид индикатора – цифровой жидкокристаллический индикатор;
- время непрерывной работы прибора не менее $8,0 \text{ ч}$
- наработка на отказ прибора при доверительной вероятности $P = 0,8$, не менее 2000 ч. ;
- масса прибора не более $0,5 \text{ кг}$.

Рабочие условия эксплуатации прибора:

- температура окружающего воздуха: нормальные условия – $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- рабочий диапазон температур в зоне измерения $(0 \dots 50)^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха при температуре окружающего воздуха 25°C : не более 95% ;
- атмосферное давление $80 \dots 110 \text{ кПа}$.

3.2. Порядок работы с прибором

Необходимый режим работы выбирают с помощью органов управления (все имеют соответствующее обозначение измеряемых параметров).

При измерении освещённости, фотометрическую головку располагают в плоскости измеряемого объекта, следя за тем, чтобы на окна фотоприемников не падала тень от оператора, производящего измерения, а также тень от временно находящихся посторонних предметов. Измеренное значение освещенности считывают после установления показаний с цифрового индикатора.

При измерении относительной влажности и температуры необходимо снять с зонда защитный колпачок, поместить зонд с датчиками в точке измере-

ния и, после установления показаний, считать с цифрового индикатора значение температуры или влажности, в зависимости от выбранного режима измерения. По окончании измерений на зонд устанавливают защитный колпачок.

Для измерения скорости движения воздуха необходимо снять с зонда защитный колпачок. При включении режима измерения скорости движения воздуха на экране появится обратный отсчёт (режим прогрева прибора) и значение напряжения питания. Прибор готов к работе по окончании на экране обратного отсчёта, при этом появится наименование измеряемого параметра. Зонд с датчиками помещают в зону измерения таким образом, чтобы специальный ориентирующий знак, нанесённый на головке зонда, был направлен навстречу измеряемому потоку. Изменяя поворотом вокруг своей оси положение измерительной головки прибора, добиваются максимальных показаний в выбранной точке. После установления показаний, с цифрового индикатора считывают измеренное значение. По окончании измерений на зонд устанавливают защитный колпачок.

Для удержания на экране показаний, в приборе предусмотрена функция "HOLD", вызываемая однократным нажатием кнопки "HOLD". При повторном её нажатии режим "HOLD" выключается, прибор переходит в режим дальнейших измерений.

3.3. Методика поверки прибора

Поверка приборов комбинированных «ТКА-ПКМ» производится по каждому измерительному каналу в отдельности, межповерочный интервал – 1 год.

При проведении поверки необходимо соблюдать требования «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», включать приточно-вытяжную вентиляцию. Поверку могут производить операторы, имеющие группу по электробезопасности не ниже III, а также прошедшие инструктаж на рабочем месте. При работе с источниками УФ излучения необходимо использовать средства защиты персонала от УФ излучения (защитные очки, щитки, перчатки и т.п.).

При проведении поверки должны быть соблюдены условия эксплуатации эталонных средств измерений, а также следующие нормальные условия эксплуатации поверяемых приборов комбинированных «ТКА-ПКМ»:

- температура окружающей среды $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- атмосферное давление $(90,6 \div 104,8)$ кПа;
- относительная влажность $(30 \div 80)\%$.

Все средства поверки должны иметь действующие свидетельства о поверке.

При проведении поверки выполняются следующие операции: внешний осмотр; опробование; определение метрологических характеристик.

При внешнем осмотре для прибора устанавливается:

- отсутствие механических повреждений;
- сохранность соединительных кабелей;
- исправность органов управления;

- чёткость надписей на лицевых панелях.

При опробовании производится включение прибора. При этом необходимо убедиться, что на жидкокристаллическом цифровом индикаторе отображается информация о рабочих режимах, батарея заряжена, символ разряда батареи не должен отображаться на табло.

Если при проведении той или иной операции поверки получен отрицательный результат, дальнейшая поверка по выбранному каналу прекращается.

Результаты поверки вносятся в протокол, форма которого приведена в приложении А. Положительные результаты поверки оформляются свидетельством установленной формы, сведения о поверке заносятся в соответствующий раздел паспорта. При отрицательных результатах поверки измерительный канал признается непригодным к применению и на него выдается «Извещение о непригодности» с указанием причин непригодности. Предыдущее свидетельство ликвидируется.

3.3.1. Измерительный канал относительной влажности

При проведении поверки применяются следующие средства:

- генератор влажного газа эталонный, динамический «Родник-2», основная абсолютная погрешность не более $\pm 0,5\%$;
- азот газообразный ГОСТ 9293-74;
- барометр-анероид М-98;
- психрометр аспирационный М-34-М, диапазон измерения относительной влажности (10-100) %.

Определение метрологических характеристик производится в следующем порядке.

Измерительный зонд прибора устанавливается в рабочую камеру эталонного генератора «Родник-2». В генераторе влажного газа «Родник-2», в соответствии с его техническим описанием и инструкцией по эксплуатации, устанавливается последовательно пять значений относительной влажности в диапазоне от 10 до 98 %. Устанавливать значения относительной влажности следует равномерно по всему диапазону. Допускается отступать от крайних значений диапазона на $\pm 5\%$.

После выхода эталонного генератора влажности на заданный режим относительной влажности и установления постоянных показаний прибора, записываются три подряд измеренных прибором значения относительной влажности A_i и показания эталонного генератора A_g , после чего определяют основную абсолютную погрешность Π_i в заданной точке «g» диапазона влажности по формуле:

$$\Pi_i = A_i - A_g, \quad (1)$$

где A_i – i-тое показание прибора,

A_g – действительное значение относительной влажности, создаваемое в генераторе «Родник-2».

Прибор считается выдержавшим поверку, если максимальное расчётное значение погрешности Π_i при заданном значении относительной влажности A_g не превышает значения $\pm 5 \%$ относительной влажности.

3.3.2. Измерительный канал температуры

При проведении поверки применяются следующие средства:

- эталонные ртутно-стеклянные термометры 2-го разряда для диапазона температур от 0 до 50 °С с основной абсолютной погрешностью не более $\pm 0,1^\circ\text{C}$;
- термостат для диапазона температур от 0 до 50 °С, погрешность поддержания температуры $\pm 0,1^\circ\text{C}$;
- барометр-анероид М-98;
- психрометр аспирационный М-34-М, диапазон измерения относительной влажности (10-100) %.

Определение основной абсолютной погрешности измерения температуры производится методом сличения с эталонным ртутно-стеклянным термометром в водяном термостате для диапазона температур от 0 до 50°С при следующих значениях температуры: 0°С; 10°С; 20°С; 30°С; 40°С; 50°С.

Измерительный зонд прибора, содержащий датчик температуры, устанавливается в термостат на одну глубину с эталонным термометром и после выдержки в течение 15 минут при заданной температуре снимаются показания. Производится не менее 3-х измерений поверяемым прибором и эталонным термометром.

Основная абсолютная погрешность Π_i в заданной точке «g» диапазона температуры определяется по формуле:

$$\Pi_i = A_i - A_g \quad (2)$$

где A_i – i -тое показание прибора (среднее из трёх измерений),

A_g – действительное значение температуры, определяемое по образцовому термометру, с учётом поправок, приведённых в свидетельстве на термометр (среднее из трёх измерений).

Прибор считается выдержавшим поверку, если значение погрешности Π_i при каждом заданном значении температуры не превышает $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

3.3.3. Измерительный канал скорости движения воздуха

При проведении поверки применяются следующие средства:

- эталонная аэродинамическая установка с диапазоном изменений скоростей воздушного потока (V) не менее (0,1–20,0) м/с и погрешностью не более $\pm (0,02 + 0,03 V)$ м/с; микроманометр МКВ-250 кл. 0,02;
- термометр ртутный стеклянный лабораторный по ГОСТ 28498-90 с ценой деления 0,1 °С;
- барометр-анероид М-98;

– психрометр аспирационный М-34-М, диапазон измерения относительной влажности (10 - 100) %.

Определение основной абсолютной погрешности измерения скорости движения воздуха производится на стенде аэродинамическом АДС 70/5 с микроманометром МКВ-250 в качестве эталонного анемометра.

Необходимо подготовить эталонную аэродинамическую установку (стенд аэродинамический АДС 70/5) к работе в соответствии с нормативной документацией на неё. Зонд прибора поместить сначала в первую рабочую камеру АДС-70/5, где по показаниям микроманометра МКВ-250 установить последовательно следующие значения скорости воздушного потока, в диапазоне (0,1 ... 5) м/с: (0,20±0,02), (0,50±0,02), (1,0±0,1), (2,0±0,1), (3,0±0,1), (4.5±0,1) м/с.

После выхода аэродинамической установки на заданный режим и установления постоянных показаний прибора записать измеренные значения скорости воздушного потока по испытываемому прибору и показания эталонной аэродинамической установки, после чего определить основную абсолютную погрешность в заданной точке по формуле:

$$\Pi_i = A_i - A_g, \quad (3)$$

где A_i - i -тое показание прибора;

A_g - действительное значение скорости воздушного потока, создаваемое в эталонной аэродинамической установке.

Затем измерительный зонд прибора устанавливают во вторую рабочую камеру и проводят измерения и расчёты для диапазона (5 ... 20) м/с, устанавливая последовательно следующие значения скорости воздушного потока: (7±0,5), (10±0,5), (13±0,5), (16±0,5), (19,0±0,5) м/с.

Прибор считается выдержавшим поверку, если значение погрешности при каждом задаваемом значении скорости движения воздуха не превышает:

- для диапазона от 0,1 до 1 м/с: $\pm (0,045+0,05V)$ м/с;
- для диапазона свыше 1 до 20 м/с: $\pm (0,1+0,05V)$ м/с.

3.3.4. Измерительный канал освещённости

При проведении поверки применяются следующие средства:

- фотометрическая скамья, группа эталонных фотометров, фотоизмерительные лампы типа СИС;
- нейтральный ослабитель с коэффициентом пропускания $\tau=0,4-0,6$;
- установка для измерения спектральной чувствительности фотоприемников оптического излучения в диапазоне (350 – 1100) нм.

Определение метрологических характеристик канала производится в следующем порядке:

1. Проверка градуировки.

При проверке градуировки с помощью группы фотометров и фотоизмерительной лампы в качестве компаратора, фотометрическая головка устанавливается на скамье таким образом, чтобы показание прибора N составило значе-

ние 200 - 300 лк, и фиксируется расстояние L между лампой и входным окном фотометрической головки.

Эталонный фотометр устанавливается на расстоянии L от лампы вместо проверяемого прибора и определяется освещенность E по формуле:

$$E = \frac{i}{S} \quad (4)$$

где i – реакция фотометра,

S – коэффициент преобразования фотометра.

Измерения проводятся тремя фотометрами и находится средняя освещенность $E_{\text{ср.}}$ по формуле:

$$E_{\text{ср.}} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} \quad (5)$$

где E_1, E_2, E_3 - освещенности, определенные с помощью 1, 2, 3-го фотометра.

Погрешность градуировки определяется по формуле:

$$\Theta_{\text{гр.}} = \left| \frac{N - E_{\text{ср.}}}{E_{\text{ср.}}} \right| \times 100\% \quad (6)$$

Результаты проверки градуировки считаются положительными, если погрешность $\Theta_{\text{гр.}}$ не превышает $\pm 3 \%$.

2. Проверка линейности прибора.

Фотометрическая головка устанавливается на фотометрической скамье так, чтобы освещенность в плоскости входного окна E_1 по показанию прибора была равна 300 - 400 лк. Фиксируется показание прибора N_1 . Изменяется освещенность с помощью нейтрального ослабителя до значения:

$$E_2 = E_1 \times \tau \quad (7)$$

где τ - коэффициент пропускания ослабителя.

Фиксируются показание прибора N_2 . Нелинейность определяется по формуле:

$$\Theta_{\text{н.}} = \left| 1 - \frac{N_1/N_2}{E_1/E_2} \right| \times 100\% = \left| 1 - \frac{N_1/N_2}{\tau} \right| \times 100\% \quad (8)$$

где N_1, N_2 – показания прибора,

τ – коэффициент пропускания ослабителя.

Перечисленные операции проводятся при освещенностях 10, 100, 1000, 10000 лк по показаниям прибора.

Результаты проверки линейности считаются положительными, если максимальное значение погрешности $\Theta_{\text{н}}$ не превышает $\pm 3 \%$.

3. Проверка коррекции.

Измеряется относительная спектральная чувствительность прибора в области спектра 350 – 1100 нм с помощью установки для передачи размера относительной спектральной чувствительности, в состав которой входят компаратор-монохроматор и аттестованное средство измерений (например, кремниевый фотодиод ФД - 288). Измерения проводят с интервалом 10 нм.

За выходной щелью монохроматора в светонепроницаемой камере устанавливается последовательно опорный приемник и фотометрическая головка прибора таким образом, чтобы поток излучения не выходил за пределы входного окна, и регистрируются показания прибора.

Относительная спектральная чувствительность измеряемого прибора определяется по формуле:

$$S(\lambda) = \frac{\left(\frac{i(\lambda)}{i_{оп.}(\lambda)} \right) \times S_{оп.}(\lambda)}{\left[\left(\frac{i(\lambda)}{i_{оп.}(\lambda)} \right) \times S_{оп.}(\lambda) \right]_{\max}} \quad (9)$$

где $S_{оп.}(\lambda)$ – относительная спектральная чувствительность опорного приемника,

$S(\lambda)$ – относительная спектральная чувствительность поверяемого приемника,

$i_{оп.}(\lambda)$ – показания опорного приемника,

$i(\lambda)$ – показания поверяемого прибора.

Расчет погрешности коррекции фотометрической головки $f_i(Z)$ для излучения, относительное спектральное распределение мощности которого отличается от того, при котором прибор градуирован, производится в соответствии с выражением:

$$f_i(Z) = \left| \frac{\sum S(\lambda)E(\lambda) \times \sum V(\lambda)E_a(\lambda)}{\sum V(\lambda)E(\lambda) \times \sum S(\lambda)E_a(\lambda)} - 1 \right| \times 100\% \quad (10)$$

где $E_a(\lambda)$ – относительное спектральное распределение мощности излучения источника «А» (см. приложение Б),

$E(\lambda)$ – относительное спектральное распределение мощности излучения измеряемого источника (см. приложение Б),

$V(\lambda)$ – нормирующая относительная спектральная чувствительность, определяемая по справочным данным (см. приложение Б).

Погрешность коррекции прибора принимается равной наибольшему из полученных значений $f_i(Z)$ для рассмотренных источников. Результаты проверки коррекции считаются положительными, если погрешность коррекции не более $\pm 5\%$.

4. Определение основной относительной погрешности измерений.

Суммарное значение основной относительной погрешности при измерении освещённости определяется выражением:

$$\delta = 1,1 \sqrt{f_1(Z)^2 + \Theta_{гр.}^2 + \Theta_{н.}^2 + \Theta_{cos}^2} \quad (11)$$

где: $f_1(Z)$ – погрешность коррекции (не более $\pm 5\%$),

$\Theta_{гр.}$ – погрешность градуировки по источнику «А» (не более $\pm 3\%$)

$\Theta_{н.}$ – погрешность нелинейности (не более $\pm 3\%$),

Θ_{cos} – погрешность отличия угловой характеристики от косинусной (определяется при типовых испытаниях прибора).

Результаты поверки считаются положительными, если суммарная погрешность не превышает $\pm 8\%$.

4. СОДЕРЖАНИЕ И ВАРИАНТЫ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ

Определить основную погрешность прибора «ТКА-ПКМ», используя формулы (1-11), и сделать вывод о его пригодности к применению по измерительным каналам температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха и освещенности, если показания прибора при испытаниях составили (см. вариант задания по табл. 2):

Таблица 2 – Исходные данные для расчета

Вар-т	Канал	Ai, %	Ag, %	Канал	Ai, °C	Ag, °C	Канал	Ai, м/с	Ag, м/с	Ai, м/с	Ag, м/с
1	Отн. влажн.	11	12	Темп.	0,0	0,2	Скор. дв.воздуха	0,238	0,2	7,090	7
		33	33		9,9	10,0		0,491	0,5	10,011	10
		55	54		20,0	20,1		1,023	1	13,212	13
		75	75		30,0	29,8		1,989	2	15,999	16
		97	96		40,2	40,1		3,265	3	19,002	19
		–	–		50,0	49,9		4,687	4,5	–	–
	Канал	N, лк	E _{ср.} , лк	N ₁ , лк	N ₂ , лк	τ	Θ _{cos} , %	Тип источника излучения для определения f ₁ (Z)			
	Освещенность	250	257	10	7	0,5	1,5	трехполосная люминесцентная лампа			
				100	51	0,5					
				300	160	0,5					
				1000	530	0,5					
				10000	5017	0,5					
Вар-т	Канал	Ai, %	Ag, %	Канал	Ai, °C	Ag, °C	Канал	Ai, м/с	Ag, м/с	Ai, м/с	Ag, м/с
2	Отн. влажн.	11	10	Темп.	0,1	0,2	Скор. дв.воздуха	0,248	0,2	7,100	7
		33	31		10,2	10,0		0,501	0,5	10,021	10
		55	55		19,8	20,1		1,033	1	13,232	13
		75	75		30,1	29,8		1,999	2	16,009	16
		97	98		40,4	40,1		3,275	3	19,012	19
		–	–		50,1	49,9		4,697	4,5	–	–
	Канал	N, лк	E _{ср.} , лк	N ₁ , лк	N ₂ , лк	τ	Θ _{cos} , %	Тип источника излучения для определения f ₁ (Z)			
	Освещенность	200	209	12	6	0,5	2,0	ртутная лампа высокого давления			
				120	59	0,5					
				200	106	0,5					
				1100	540	0,5					
				9900	4959	0,5					

Продолжение табл. 2

Вар-т	Канал	Ai, %	Ag, %	Канал	Ai, °C	Ag, °C	Канал	Ai, м/с	Ag, м/с	Ai, м/с	Ag, м/с
3	Отн. влажн.	11	15	Темп.	0,3	0,2	Скор. дв.воздуха	0,228	0,2	7,080	7
		33	35		9,8	10,0		0,481	0,5	10,001	10
		55	51		20,4	20,1		1,013	1	13,202	13
		75	70		30,2	29,8		1,979	2	15,989	16
		97	96		40,2	40,1		3,255	3	18,992	19
		—	—		50,1	49,9		4,687	4,5	—	—
	Канал	N, лк	E _{ср.} , лк	N ₁ , лк	N ₂ , лк	τ	Θ _{cos} , %	Тип источника излучения для определения f _i (Z)			
	Освещенность	220	223	15	7	0,5	2,5	натриевая лампа высокого давления			
				150	77	0,5					
				250	120	0,5					
				1100	553	0,5					
				9500	4657	0,5					
Вар-т	Канал	Ai, %	Ag, %	Канал	Ai, °C	Ag, °C	Канал	Ai, м/с	Ag, м/с	Ai, м/с	Ag, м/с
4	Отн. влажн.	11	9	Темп.	0,2	0,2	Скор. дв.воздуха	0,238	0,2	7,090	7
		33	31		9,7	10,0		0,491	0,5	10,011	10
		55	58		19,8	20,1		1,023	1	13,212	13
		75	78		30,1	29,8		1,989	2	15,999	16
		97	95		40,5	40,1		3,265	3	19,002	19
		—	—		50,1	49,9		4,687	4,5	—	—
	Канал	N, лк	E _{ср.} , лк	N ₁ , лк	N ₂ , лк	τ	Θ _{cos} , %	Тип источника излучения для определения f _i (Z)			
	Освещенность	240	246	10	9	0,85	3,0	металлогалоидная лампа МГЛ с тремя добавками			
				100	87	0,85					
				300	256	0,85					
				1000	865	0,85					
				10000	8497	0,85					
Вар-т	Канал	Ai, %	Ag, %	Канал	Ai, °C	Ag, °C	Канал	Ai, м/с	Ag, м/с	Ai, м/с	Ag, м/с
5	Отн. влажн.	11	16	Темп.	0,0	0,2	Скор. дв.воздуха	0,258	0,2	7,110	7
		33	32		9,5	10,0		0,511	0,5	10,031	10
		55	54		20,1	20,1		1,043	1	13,232	13
		75	78		30,1	29,8		2,009	2	16,019	16
		97	99		40,2	40,1		3,285	3	19,022	19
		—	—		49,9	49,9		4,687	4,5	—	—
	Канал	N, лк	E _{ср.} , лк	N ₁ , лк	N ₂ , лк	τ	Θ _{cos} , %	Тип источника излучения для определения f _i (Z)			
	Освещенность	260	266	10	7	0,75	3,5	металлогалоидная лампа МГЛ с редкоземельными добавками			
				100	76	0,75					
				300	220	0,75					
				1000	753	0,75					
				10000	7519	0,75					

Продолжение табл. 2

Вар-т	Канал	Ai, %	Ag, %	Канал	Ai, °C	Ag, °C	Канал	Ai, м/с	Ag, м/с	Ai, м/с	Ag, м/с
6	Отн. влажн.	11	10	Темп.	0,4	0,2	Скор. дв.воздуха	0,218	0,2	7,070	7
		33	35		10,3	10,0		0,471	0,5	9,991	10
		55	54		20,5	20,1		1,003	1	13,192	13
		75	72		30,3	29,8		1,969	2	15,979	16
		97	96		40,2	40,1		3,245	3	18,982	19
		—	—		50,3	49,9		4,667	4,5	—	—
	Канал	N, лк	E _{ср.} , лк	N ₁ , лк	N ₂ , лк	τ	Θ _{cos} , %	Тип источника излучения для определения f _i (Z)			
	Освещенность	270	277	10	7	0,65	4,0	трехполосная люминесцентная лампа			
				100	61	0,65					
				300	180	0,65					
				1000	630	0,65					
				10000	6510	0,65					
Вар-т	Канал	Ai, %	Ag, %	Канал	Ai, °C	Ag, °C	Канал	Ai, м/с	Ag, м/с	Ai, м/с	Ag, м/с
7	Отн. влажн.	11	11	Темп.	0,0	0,2	Скор. дв.воздуха	0,238	0,2	7,090	7
		33	32		9,6	10,0		0,491	0,5	10,011	10
		55	58		20,7	20,1		1,023	1	13,212	13
		75	74		30,1	29,8		1,989	2	15,999	16
		97	93		40,2	40,1		3,265	3	19,002	19
		—	—		49,8	49,9		4,687	4,5	—	—
	Канал	N, лк	E _{ср.} , лк	N ₁ , лк	N ₂ , лк	τ	Θ _{cos} , %	Тип источника излучения для определения f _i (Z)			
	Освещенность	280	278	10	6	0,55	4,5	ртутная лампа высокого давления			
				100	51	0,55					
				300	160	0,55					
				1000	530	0,55					
				10000	5017	0,55					
Вар-т	Канал	Ai, %	Ag, %	Канал	Ai, °C	Ag, °C	Канал	Ai, м/с	Ag, м/с	Ai, м/с	Ag, м/с
8	Отн. влажн.	11	11	Темп.	0,1	0,2	Скор. дв.воздуха	0,238	0,2	7,090	7
		33	34		10,0	10,0		0,491	0,5	10,011	10
		55	51		20,1	20,1		1,023	1	13,212	13
		75	72		30,2	29,8		1,989	2	15,999	16
		97	96		40,3	40,1		3,265	3	19,002	19
		—	—		49,5	49,9		4,687	4,5	—	—
	Канал	N, лк	E _{ср.} , лк	N ₁ , лк	N ₂ , лк	τ	Θ _{cos} , %	Тип источника излучения для определения f _i (Z)			
	Освещенность	290	287	10	4	0,45	1,0	натриевая лампа высокого давления			
				100	47	0,45					
				300	130	0,45					
				1000	453	0,45					
				10000	4520	0,45					

Продолжение табл. 2

Вар-т	Канал	Ai, %	Ag, %	Канал	Ai, °C	Ag, °C	Канал	Ai, м/с	Ag, м/с	Ai, м/с	Ag, м/с
9	Отн. влажн.	11	14	Темп.	0,0	0,2	Скор. дв. воздуха	0,268	0,2	7,120	7
		33	36		9,9	10,0		0,521	0,5	10,041	10
		55	51		19,6	20,1		1,053	1	13,242	13
		75	77		29,9	29,8		2,019	2	16,029	16
		97	93		40,2	40,1		3,295	3	19,032	19
		—	—		49,9	49,9		4,717	4,5	—	—
	Канал	N, лк	E _{ср.} , лк	N ₁ , лк	N ₂ , лк	τ	Θ _{cos} , %	Тип источника излучения для определения f _i (Z)			
	Освещенность	300	297	10	4	0,35	2,7	металлогалоидная лампа МГЛ с тремя добавками			
				100	31	0,35					
				300	106	0,35					
				1000	330	0,35					
				10000	3501	0,35					
Вар-т	Канал	Ai, %	Ag, %	Канал	Ai, °C	Ag, °C	Канал	Ai, м/с	Ag, м/с	Ai, м/с	Ag, м/с
10	Отн. влажн.	11	11	Темп.	0,5	0,2	Скор. дв. воздуха	0,208	0,2	7,060	7
		33	37		10,4	10,0		0,461	0,5	9,981	10
		55	52		20,3	20,1		0,993	1	13,182	13
		75	74		30,2	29,8		1,959	2	15,969	16
		97	99		40,2	40,1		3,235	3	18,972	19
		—	—		50,4	49,9		4,657	4,5	—	—
	Канал	N, лк	E _{ср.} , лк	N ₁ , лк	N ₂ , лк	τ	Θ _{cos} , %	Тип источника излучения для определения f _i (Z)			
	Освещенность	300	302	10	3	0,25	3,7	металлогалоидная лампа МГЛ с редкоземельными добавками			
				100	21	0,25					
				300	80	0,25					
				1000	230	0,25					
				10000	2507	0,25					

Примечание. Относительную спектральную чувствительность поверяемого прибора $S(\lambda)$ и характеристику заданного источника излучения $E(\lambda)$ см. в приложении Б.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клименко М.О., Скрипчук П.М. Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології: Підручник. – К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 368 с.
2. Величко О.М. Контроль забруднення довкілля. Навчальний посібник / О.М. Величко, Д.В. Зеркалов. – К.: Основа, 2002. – 256 с.
3. Головки Д.Б., Рого К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань. – К.: Либідь, 2001. – 408 с.
4. Каталог. Аналитические приборы и лабораторная техника 2006-2007 гг. – Научно-производственное предприятие «Доза», 2007. – 318 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

измерительного канала относительной влажности

Наименование прибора _____

Зав. № прибора _____

Дата выпуска прибора _____

Дата поверки _____

Условия поверки: температура окружающего воздуха _____ °С;

атмосферное давление _____ кПа;

относительная влажность _____ %.

Результаты поверки

1. Результаты внешнего осмотра _____
2. Результаты опробования _____
3. Результаты определения основной погрешности _____

Определяемый компонент, параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности	Максимальное значение основной погрешности, полученное при поверке
Относительная влажность	От 10 до 98 %	$\pm 5 \%$	

4. Заключение _____

Поверитель _____

Примечание. Результаты определения основной погрешности других измерительных каналов (п.3 протокола поверки) оформляются следующим образом:

– канал температуры

Определяемый компонент, параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности	Максимальное значение основной погрешности, полученное при поверке
Температура	от 0 до 50 °С	$\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	

– канал скорости движения воздуха

Определяемый компонент, параметр	Диапазон измерений, пороговое значение	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности	Максимальное значение основной погрешности, полученное при поверке
Скорость движения воздуха	от 0,1 до 1 м/с свыше 1 до 20 м/с	$\pm (0.045+0.05V) \text{ м/с}$ $\pm (0.1+0.05V) \text{ м/с}$	

– канал освещённости в видимой области спектра

Определяемый компонент, параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности	Максимальное значение основной погрешности, полученное при поверке
Градуировка		$\pm 3 \%$	
Линейность		$\pm 3 \%$	
Коррекция		$\pm 5 \%$	
Освещённость	10 ... 200 000 лк	$\pm 8 \%$	

Приложение Б

Таблица Б.1 – Спектральные характеристики, рекомендованные для расчета погрешности коррекции измерительного канала освещенности

λ , нм	$S(\lambda)$	$V(\lambda)$	$E_a(\lambda)$	$E(\lambda)$				
				3-п. ЛЛ	РЛВД	НЛВД	МГЛ 3-д	МГЛрз
400	0.0163	0.0004	0.1471	0.0116	0.0485	0.0186	0.0884	0.6108
410	0.0171	0.0012	0.1768	0.0117	0.0734	0.0227	0.1534	0.7401
420	0.0198	0.004	0.21	0.0136	0.0167	0.0275	0.2969	0.8115
430	0.0272	0.0116	0.2467	0.0262	0.0437	0.0344	0.1975	0.7448
440	0.0383	0.023	0.287	0.0527	0.1865	0.0418	0.2472	0.743
450	0.0528	0.038	0.3309	0.0313	0.0178	0.0583	0.1822	0.6945
460	0.0742	0.06	0.3782	0.0277	0.0129	0.0338	0.2153	0.8092
470	0.1042	0.091	0.4287	0.0241	0.0137	0.0961	0.1794	0.7703
480	0.1508	0.139	0.4825	0.039	0.0133	0.0178	0.155	0.772
490	0.2177	0.208	0.5391	0.1424	0.0244	0.0201	0.165	0.7158
500	0.3293	0.323	0.5986	0.0373	0.0096	0.221	0.2328	0.7506
510	0.5039	0.503	0.6606	0.0081	0.0093	0.0258	0.1625	0.7361
520	0.7047	0.71	0.725	0.0044	0.0089	0.0371	0.1938	0.7053
530	0.8521	0.862	0.7913	0.0096	0.0124	0.0123	0.44	0.692
540	0.9413	0.954	0.8595	0.4473	0.0293	0.0166	1	0.7546
550	0.9811	0.995	0.9291	0.3301	0.4138	0.0617	0.3178	0.9113
560	0.9811	0.995	1	0.0466	0.0213	0.1371	0.2044	0.7425
570	0.9394	0.952	1.0718	0.0383	0.0177	0.839	0.4428	0.8219
580	0.8599	0.87	1.1444	0.1557	1	0.6659	0.3656	1
590	0.7502	0.757	1.2173	0.1691	0.0499	0.9976	0.7969	0.8498
600	0.6280	0.631	1.2904	0.1344	0.0231	1	0.7094	0.8538
610	0.5039	0.503	1.3634	1	0.0608	0.4785	0.5897	0.7976
620	0.3855	0.381	1.4362	0.1512	0.3863	0.3434	0.2944	0.8132
630	0.2730	0.265	1.5083	0.2073	0.0358	0.1751	0.2088	0.7488
640	0.1857	0.175	1.5798	0.0238	0.0162	0.1354	0.22	0.6943
650	0.1197	0.107	1.6503	0.0526	0.0251	0.1107	0.1909	0.6311
660	0.0751	0.061	1.7196	0.0142	0.0156	0.0959	0.2022	0.6758
670	0.0470	0.032	1.7877	0.0155	0.0126	0.0959	0.5203	0.8121
680	0.0324	0.017	1.8543	0.0167	0.0091	0.0749	0.2503	0.6729
690	0.0239	0.0082	1.9193	0.0182	0.0347	0.0468	0.1413	0.6427
700	0.0199	0.0041	1.9826	0.02	0.1308	0.0386	0.1163	0.7448
710	0.0180	0.0021	2.0441	0.0889	0.0243	0.0359	0.1066	0.4107
720	0.0170	0.00105	2.1036	0	0.0068	0.0338	0.1028	0.4142
730	0.0165	0.00052	2.1612	0	0.0077	0.0325	0.0828	0.431
740	0.0162	0.00025	2.2166	0	0	0.032	0.0963	0.3254
750	0.0161	0.00012	2.27	0	0	0.0344	0.0956	0.3173
760	0.0160	0.00006	2.3211	0	0	0	0	0

Примечание.

3-п. ЛЛ – трехполосная люминесцентная лампа;

РЛВД – ртутная лампа высокого давления;

НЛВД – натриевая лампа высокого давления;

МГЛ 3-д – металлогалогидная лампа МГЛ с тремя добавками;

МГЛрз – металлогалогидная лампа МГЛ с редкоземельными добавками.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Пример оформления титульного листа контрольной работы

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет

Кафедра ПЭОТ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА
по дисциплине «**Приборы экологического контроля**»
вариант 10

Выполнил: ст. гр. ЭК-МАГз
Иванов И.И.

Проверил: канд. техн. наук,
доцент кафедры ПЭОТ
Петров П.П.

Севастополь
2010

Заказ № _____ от « _____ » _____ 200 _____. Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ