

**Государственное бюджетное профессиональное образовательное
учреждение Астраханской области
«Астраханский колледж вычислительной техники»**

Специальность 13.02.11

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Обеспечение единства и точности измерений

по дисциплине "Измерительная техника"

Методические рекомендации
АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Составил преподаватель:

(Цепляев В.К.)

Рассмотрено на заседании цикловой
комиссии специальности 13.02.11
"Техническая эксплуатация и
обслуживания электрического и
электро-механического оборудования
в нефтяной и газовой промышлен-
ности"

Протокол №__ от _____

Рекомендовано для студентов.

Председатель комиссии:

(Ветлугин В.В.)

СОДЕРЖАНИЕ

1	Цель работы.....	3
2	Теоретическая часть.....	3
3	Порядок выполнения работы.....	17
4	Содержание отчета.....	18
5	Контрольные вопросы.....	18
6	Литература.....	19
	Приложение А.Задание №1.Перевод основных и производных единиц в кратные.....	20
	Приложение Б.Задание №2. Порядок оценки погрешности результата однократного измерения.....	24

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Изм. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Цепляев			
Пров.	Ветлугин			
Н.контр.				
Утв.				

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

*Обеспечение единства
и точности измерений
Методические рекомендации*

Лит.	Лист	Листов
У	2	24

АКВТ

1 Цель работы

1.1 Получение навыков классификации основных видов средств измерений.

1.2 Освоение применения основных методов и принципов измерений.

2 Теоретическая часть

2.1 Возможность применения результатов измерений для правильного и эффективного решения любой измерительной задачи определяется следующими тремя условиями:

а) результаты измерений выражаются в узаконенных (установленных законодательством России) единицах;

б) значения показателей точности результатов измерений известны с необходимой заданной достоверностью;

в) значения показателей точности обеспечивают оптимальное в соответствии с выбранными критериями решение задачи, для которой эти результаты предназначены (результаты измерений получены с требуемой точностью).

2.2 Если результаты измерений удовлетворяют первым двум условиям, то о них известно все, что необходимо знать для принятия обоснованного решения о возможности их использования.

Такие результаты можно сопоставлять, они могут использоваться в различных сочетаниях, различными людьми, организациями. В этом случае говорят, что обеспечено **единство измерений**.

Единство измерений - состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности результатов не выходят за установленные границы с заданной вероятностью.

2.3 Третье из перечисленных выше условий определяет требование к точности применяемых методов и средств измерений.

Недостаточная точность измерений приводит к увеличению ошибок контроля, к экономическим потерям.

Завышенная точность измерений требует затрат на приобретение более дорогих средств измерений.

Поэтому это требование является не только метрологическим, но и экономическим требованием, т.к. связано с затратами и потерями при проведении измерений (затраты и потери - экономические критерии).

2.4 Если при измерениях соблюдаются все три условия (обеспечивается

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам. име. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
3

единство и требуемая точность измерений), то говорят о метрологическом обеспечении.

Под метрологическим обеспечением понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

2.5 Физической величиной называется одно из свойств физического объекта (явления, процесса), которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов, отличаясь при этом количественным значением.

Каждая физическая величина имеет свои качественные и количественные характеристики.

Качественная характеристика определяется тем, какое свойство материального объекта или какую особенность материального мира эта величина характеризует.

Для выражения количественного содержания свойства конкретного объекта употребляется понятие "размер физической величины". Этот размер устанавливается в процессе измерения.

2.6 Целью измерений является определение значения физической величины - некоторого числа принятых для нее единиц.

В зависимости от степени приближения к объективности различают **истинное, действительное** и **измеренное** значения физической величины.

Истинное значение физической величины - это значение, идеально отражающее в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство объекта.

Из-за несовершенства средств и методов измерений истинные значения величин практически получить нельзя. Их можно представить только теоретически. А значения величины, полученные при измерении, лишь в большей или меньшей степени приближаются к истинному значению.

Действительное значение физической величины - это значение величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него.

Измеренное значение физической величины - это значение, полученное при измерении с применением конкретных методов и средств измерений.

2.7 Измерение - это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Измерения в зависимости от способа получения числового значения измеряемой величины делятся на прямые и косвенные.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
4

Прямые измерения - измерения, при которых искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных. Например, измерение амплитуды напряжения вольтметром.

Косвенные измерения - измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям.

Например, значение сопротивления определяют по результатам измерения падения напряжения на нём и протекающего тока через него $R = \frac{U}{I}$.

Наибольшее распространение в практической деятельности получили прямые измерения, так как они просты и могут быть быстро выполнены.

Косвенные измерения применяют тогда, когда нет возможности получить значение величины непосредственно из опытных данных или когда приборы для измерения величин, входящих в формулу, точнее, чем для измерения искомой величины.

Деление измерений на прямые и косвенные позволяет использовать определенные способы оценивания погрешностей их результатов.

2.8 Физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице, называется **единицей физической величины**.

Разные единицы одной и той же величины отличаются друг от друга своим размером. Так, размер килограмма в тысячу раз больше размера грамма, размер минуты в шестьдесят раз больше размера секунды.

Единицу физической величины можно выбрать произвольно, независимо от других единиц. Например, единица длины - метр, единица массы килограмм, единица температуры - градус и т.д.

Для большинства величин единицы получают по формулам, выражающим зависимость между физическими величинами. В этом случае единицы величин будут выражаться через единицы других величин.

Например, единица скорости - метр в секунду (м/с), единица плотности - килограмм на метр в квадрате (кг/м²).

Единицы, образованные с помощью формул, называют **производными единицами**.

Единицу можно получить также умножением или делением независимой или производной единицы на целое число, обычно на 10. Такие единицы называют **кратными** (например, киловольт - 10² В, киловатт - 10³ Вт) или **дельными** (например, милливольт - 10⁻³ В, микросекунда - 10⁻⁶ с).

Единицы физических величин объединяются по определенному принципу в

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР</i>	Лист
						5

системы единиц.

Эти принципы заключаются в следующем: произвольно устанавливают единицы для некоторых величин, называемых основными единицами, и по формулам через основные получают все производные единицы для данной области измерений.

Совокупность основных и производных единиц, относящихся к некоторой системе величин и образованная в соответствии с принятыми принципами, составляет систему единиц физических величин.

2.9 Международная система единиц (SI).

Международная система единиц состоит из семи основных единиц, двух дополнительных единиц и необходимого числа производных единиц.

Основными единицами в международной системе единиц являются: единица длины - метр (м), единица массы - килограмм (кг), единица времени - секунда (с), единица силы электрического тока - ампер (А), единица термодинамической температуры - кельвин (К), единица силы света - кандела (кд), единица количества вещества - моль (моль).

2.10 Средство измерений, предназначенное для воспроизведения и хранения единицы величины (или кратных либо дельных значений единицы величины) с целью передачи ее размера другим средствам измерений данной величины, выполненное по особой спецификации и официально утвержденное в установленном порядке, называется **эталон**ом.

2.11 **Средство измерений (СИ)** представляет собой техническое устройство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные метрологические характеристики.

К средствам измерений относятся:

- а) меры;
- б) измерительные приборы;
- в) измерительные преобразователи;
- г) измерительные установки;
- д) измерительные системы.

2.12 **Мера** - это средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера.

К мерам относят гири, концевые меры длины, нормальные элементы (меры ЭДС).

Меры, воспроизводящие физическую величину одного размера (например, гиря, плоскопараллельная концевая мера длины), называются однозначными.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
6

Меры, воспроизводящие ряд одноименных величин различного размера (например, линейка с миллиметровыми делениями), называются многозначными.

2.13 Стандартный образец- средство измерений в виде вещества (материала), состав и свойства которого установлены при метрологической аттестации.

В последние годы стандартные образцы нашли широкое применение в метрологической деятельности и в практике измерений.

2.14 Измерительный прибор - средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительные приборы по способу получения результата измерений подразделяют на:

- а) показывающие (аналоговые и цифровые);
- б) регистрирующие (самопишущие и печатающие).

Для измерительных приборов обязательно должны быть нормированы:

- а) цена деления шкалы;
- б) пределы шкалы аналоговых приборов;
- в) выходной код, число его разрядов, номинальная цена единицы наименьшего разряда кода для цифровых приборов.

Кроме этих нормируются и другие характеристики, оказывающие влияние на результат измерения

2.15 Измерительный преобразователь- средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки или хранения.

В отличие от измерительного прибора сигнал на выходе измерительного преобразователя не может восприниматься наблюдателем.

Измеряемая величина, поступающая на измерительный преобразователь, называется входной, преобразованная - выходной.

Соотношение, устанавливающее связь между входной и выходной величинами, называется функцией преобразования измерительного преобразователя и является для него основной метрологической характеристикой. Функция преобразования может быть выражена формулой, графиком, таблицей.

Для категории средств измерений, охватывающей измерительные приборы и измерительные преобразователи, применяют термин "измерительное устройство".

2.16 Измерительная установка - совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенных для выработки

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам. име. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

AKBT.13.02.11.ПР34.0001MP

Лист
7

сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и расположенных в одном месте.

2.17 **Измерительная система** - совокупность средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связей, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки передачи и (или) использования в автоматических системах управления.

2.18 Для получения результата измерения средства измерений применяются в соответствии с определенным методом.

Под методом **измерений** понимают совокупность приемов использования принципов и средств измерений.

Принципы измерения определяют совокупность физических явлений, на которых основаны измерения.

Все методы измерения поддаются систематизации и обобщению по общим характерным признакам.

Наибольшее распространение получила метрологическая классификация методов измерений, в соответствии с которой методы измерений подразделяются на метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

2.19 **Метод непосредственной оценки** - это такой метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия.

В приборе прямого действия предусмотрено преобразование сигнала измерительной информации в одном направлении без применения обратной связи. Например, измерение температуры ртутным термометром.

Достоинствами этого метода является быстрота получения результата измерения, возможность непосредственного наблюдения за изменениями измеряемой величины. Однако его точностные возможности ограничены погрешностями градуировки прибора.

2.20 **Метод сравнения с мерой** - это такой метод, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

При этом используют прибор сравнения - измерительный прибор, предназначенный для непосредственного сравнения измеряемой величины с известной.

Метод сравнения с мерой имеет разновидности, которые часто рассматриваются как самостоятельные методы измерений:

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
8

- а) нулевой;
- б) дифференциальный;
- в) метод совпадений.

Метод сравнения с мерой точнее метода непосредственной оценки.

Точностные возможности метода сравнения с мерой определяются в основном погрешностью изготовления применяемых мер.

2.21 Отличием средства измерений от других технических устройств является то, что оно предназначено для получения измерительной информации и имеет нормированные метрологические характеристики.

Метрологические характеристики средств измерений- это характеристики свойств средств измерений, оказывающие влияние на результаты и погрешности измерений.

Эти характеристики называют еще точностными характеристиками средств измерения.

Информация о назначении и метрологических характеристиках приведена в документации на средства измерений (в государственном стандарте, в ТУ, в паспорте на средство измерения).

Характерной особенностью измерительной техники является широкое распространение измерительных процессов, в которых одновременно участвуют несколько средств измерений, измеряющих разные физические величины и основанных на разных принципах действия. Это вызывает необходимость нормировать метрологические характеристики различных средств измерений на единой, принципиальной основе.

По метрологическим характеристикам средств измерений решается ряд задач, важных для обеспечения единства измерений:

- а) определение погрешности результата измерений (одной из составляющих погрешности измерений является погрешность средств измерений),
- б) выбор средств измерений по точности по известным условиям их применения и требуемой точности измерений (эта задача является обратной по отношению к задаче определения погрешности измерений);
- в) сравнение средств измерений различных типов с учетом условий их применения;
- г) замена одного средства измерений на другое - аналогичное;
- д) оценка погрешности сложных измерительных систем и др.

Нормированные метрологические характеристики выражают в форме, удобной для обоснованного решения перечисленных выше задач и одновременно достаточно

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	AKBT.13.02.11.ПР34.0001MP	Лист
						9

простого осуществления их контроля при поверке или калибровке.

2.22 В практике применения средств измерений широко используется выражение - **класс точности**.

Это характеристика, зависящая от способа выражения пределов допускаемых погрешностей средств измерений.

Введение класса точности преследовало цель классификации средств измерений по точности.

Эта характеристика удобной для приборостроителей, т.к. позволила четко стандартизировать измерительные приборы в виде регламентированных рядов классов точности.

Характеристикой "класс точности" можно руководствоваться при выборе средств измерений, при ориентировочной оценке точности измерений и др.

2.23 Отклонение результата измерений от истинного значения измеряемой величины называют **погрешностью измерения**.

Это теоретическое определение погрешности, т.к. как истинное значение величины неизвестно. При метрологических работах вместо истинного значения используют действительное значение, за которое принимают обычно показание эталонов. В практической деятельности вместо истинного значения используют его оценку.

По форме числового выражения погрешности измерений подразделяют на:

- а) абсолютные;
- б) относительные.

Абсолютные погрешности выражают в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность определяется отношением абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины.

По источникам возникновения погрешности подразделяют на:

- а) инструментальные (обусловлены свойствами средств измерений);
- б) методические (возникают вследствие неправильного выбора модели измеряемого свойства объекта, несовершенства принятого метода измерений, допущений и упрощений при использовании эмпирических зависимостей и др.);
- в) субъективные (погрешности оператора).

Способы оценивания погрешностей измерений в нормативной документации по метрологии приведены с учетом такой классификации.

По характеру проявления погрешности измерений подразделяют на систематические и случайные.

Систематическая погрешность остается постоянной или изменяется по

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
10

определенному закону при повторных измерениях одной и той же величины.

Если известны причины, вызывающие появление систематических погрешностей, то их можно обнаружить и исключить из результатов измерений.

Случайная погрешность изменяется случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины.

Случайные погрешности относятся к случайным величинам (событиям, явлениям). В отличие от систематических погрешностей случайные погрешности нельзя исключить из результатов измерений. Однако их влияние может быть уменьшено путем применения специальных способов обработки результатов измерений, основанных на положениях теории вероятности и математической статистики.

2.24 Для характеристики качества измерений применяют такие термины, как точность, правильность, сходимость и воспроизводимость измерений.

Точность измерений - качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерений соответствует малым погрешностям всех видов, как систематических, так и случайных.

Правильность измерений - качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в их результатах. Результаты измерений правильны постольку, поскольку они не искажены систематическими погрешностями.

Сходимость измерений - качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях (одним и тем же средством измерений, одним и тем же оператором). Для методик выполнения измерений сходимость измерений является одной из важнейших характеристик.

Воспроизводимость измерений - качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в разное время, в разных местах, разными методами и средствами измерений). В процедурах испытаний продукции воспроизводимость является одной из важнейших характеристик.

2.25 В Законе РФ "Об обеспечении единства измерений" установлено, что положения этого Закона направлены на защиту интересов граждан, правопорядка и экономики страны от **последствий недостоверных результатов измерений**.

2.26 Однократные измерения физической величины и оценка погрешностей результата однократного измерения.

Однократное измерение - это измерение, выполненное один раз.

Во многих случаях на практике выполняются именно однократные

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам. име. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
11

измерения.

Например, измерение конкретного момента времени по часам обычно производится один раз. При этом велика возможность грубой ошибки (промаха).

Однократные измерения характерны для производственных процессов. Поскольку измерения выполняются без повторных наблюдений, то нельзя отделить случайную от систематической составляющей. Поэтому для оценки погрешности дают лишь ее границы с учетом возможных влияющих величин. Последние оценивают своими границами, но не измеряют.

На практике дополнительные погрешности, как правило, не учитываются, так как измерения осуществляются в основном в нормальных условиях, а субъективные погрешности также весьма малы.

Однократные измерения достаточны, если неисключенная систематическая погрешность (например, класс точности средства измерения) заведомо больше случайной. Результат измерения записывается в виде:

$$x = x_{из} \pm \Delta_{\Sigma} \text{ - при вероятности } P=0,5$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{из}^2 + \Delta_{м}^2 + \Delta_{д}^2}$$

где $x_{из}$ - результат, зафиксированный средством измерения;

Δ_{Σ} - суммарная неисключенная систематическая погрешность измерения, определяемая классом точности СИ $\Delta_{из}$, методической $\Delta_{м}^2$ и дополнительными $\Delta_{д}$ погрешностями.

Оценка погрешности результата однократного измерения зависит от того, каким образом нормированы предельные погрешности средства измерения, т.е. от его класса точности.

Правила вычисления пределов основной погрешности средств измерений и примеры обозначения для них классов точности приведены в таблице 1.

Для разных способов нормирования погрешностей средства измерений эти вычисления производятся по разному, поэтому рассмотрим три характерных случая:

а) класс точности указан в виде числа $\textcircled{2}$, заключённого в кружок.

Тогда относительная погрешность результата в процентах $\delta = \pm Q$, а абсолютная погрешность:

$$\Delta = \frac{\pm Q X}{100}$$

б) Класс точности указан одним числом К (без кружка).

Тогда абсолютная погрешность результата измерения:

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
12

$$\Delta = \frac{\pm K X_N}{100}$$

где X_N - нормирующее значение,

а относительная погрешность определяется как:

$$\delta = \frac{\Delta}{X} = \pm K \frac{X_N}{X}$$

Таблица 1

Формула для вычисления пределов основной погрешности	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %	Примеры обозначения класса точности	
		Общий вид	Пример
$\gamma_0 = \frac{\Delta_0}{X_N} 100\% = \pm K$	$\pm K = \frac{X_N}{X}$	K	2,5
$\delta_s = \frac{\Delta_m}{X} 100\% = \pm Q$	$\pm Q$	②	②
$\delta = (c+d(\frac{X_k}{X}-1))$	$\pm(c+d(\frac{X_k}{X}-1))$	$\frac{c}{d}$	0,02/0,01

В этом случае необходимо зафиксировать значение , иначе впоследствии нельзя будет вычислять погрешность результата.

в) класс точности прибора указан двумя числами в виде дроби $\frac{c}{d}$ ($\frac{\gamma_k}{\gamma_n}$).

В этом случае удобно сначала вычислять относительную погрешность δ , а затем найти абсолютную:

$$\Delta = \frac{\pm \delta X_N}{100}$$

2.27 Примеры расчёта.

2.27.1 Пример №1.

Для измерения напряжения постоянного тока использовался вольтметр класса точности 0,5 с верхним пределом диапазона измерения $U_{пр} = 1,5$ В и имеющим внутреннее сопротивление $R_v = 1000$ Ом.

Дополнительные погрешности показаний из-за влияния магнитного поля и температуры не превышают соответственно $\delta_{мп} = \pm 0,75$ и $\delta_T = \pm 0,3$ допускаемой предельной погрешности.

Показание вольтметра $U_{изм} = 0,9$ В на сопротивлении $R = 4$ Ом.

Требуется определить погрешность результата измерения.

Ине. № подл. Подп. и дата
Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
13

Решение:

а) класс точности вольтметра указан одним числом 0,5 без кружка. Поэтому предел допускаемой относительной погрешности вольтметра на отметке 0,9 В составит:

$$\delta_x = \delta_{\text{изм}} \cdot \frac{U_{\text{пр}}}{U_v} = 0,5 \cdot \frac{1,5}{0,9} = 0,83\%$$

б) при подсоединении вольтметра исходное напряжение U_v (см рисунок 1) изменится из-за наличия R_v и составит:

$$U_v = \frac{R}{R+R_v} U_{\text{изм}}$$

Тогда методическая погрешность, обусловленная конечным значением R_v , в относительной форме составит:

$$\delta_M = \frac{U_v - U_{\text{изм}}}{U_{\text{изм}}} 100 = -\frac{R}{R+R_v} 100 = -\frac{4}{1004} 100 = -0,4\%$$

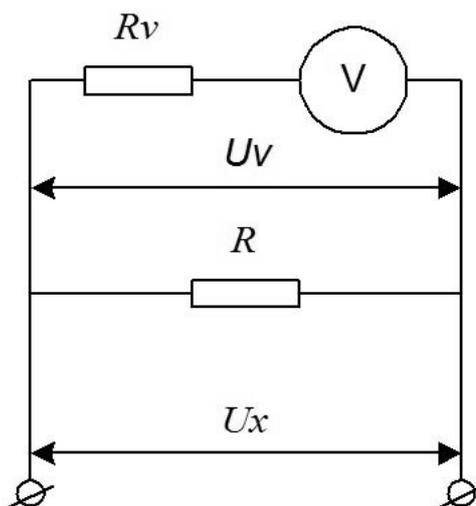


Рисунок 1

в) данная методическая погрешность является систематической составляющей погрешностью измерения и должна быть внесена в результат в виде поправки

$$q = -\delta_M = -0,4\%$$

в абсолютной форме на отметке 0,9 В составит:

$$\Delta_M = \frac{U_v \cdot q}{100} = \frac{0,9 \cdot 0,4}{100} = 0,004 \text{ В}$$

Тогда результат измерения с учетом поправки будет равен:

$$U_{\text{изм}} = U_v + \Delta_M = 0,900 + 0,004 = 0,904 \text{ В}$$

г) поскольку основная и дополнительная погрешности заданы своими

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Копировал

Формат А4

границными значениями, то они могут рассматриваться как неисключенные систематические. Для доверительной вероятности $P=0,95$ доверительная граница неисключенной систематической составляющей будет равна:

$$\delta_{гр} = 1,1 \sqrt{\delta_x^2 + \delta_{мп}^2 + \delta_t^2} = 1,1 \sqrt{0,83^2 + 0,75^2 + 0,3^2} = \pm 1,3\%$$

а в абсолютной форме будет равна:

$$\Delta_{гр} = \frac{\delta_{гр} \cdot U_v}{100} = \pm \frac{1,3 \cdot 0,9}{100} = \pm 0,012 \text{ В}$$

д) округлим значение погрешности до одного значащего разряда, оставим в результате измерения две цифры после запятой, в соответствии с правилами, и запишем окончательный итог измерения в виде:

$$U_{изм} = 0,90 \text{ В}; \quad \Delta_{гр} = \pm 0,01 \text{ В}; \quad P=0,95$$

2.27.2 Пример №2.

Для измерения напряжения постоянного тока использовался цифровой универсальный вольтметр В7-16А. Его класс точности $\pm 0,1/0,05$, входное сопротивление 10 Мом, нормальные температурные условия эксплуатации 20 ± 5 °С.

Показания вольтметра на пределе измерения $U_{пр} = 10 \text{ В}$ и на измеряемом сопротивлении $R=1000 \text{ Ом}$ $U_{изм} = 8,223 \text{ В}$. Рабочая температура окружающего воздуха $t = 18$ °С.

Требуется оценить погрешности измерения напряжения и записать итог измерения.

Решение:

а) Класс точности вольтметра указан двумя числами. Поэтому предел допускаемой относительной погрешности вольтметра в точке 8,223 В составляет:

$$\delta_{изм} = \pm (0,1 + 0,05 \cdot (\frac{U_{пр}}{U_{изм}} - 1)) = \pm (0,1 + 0,05 \cdot (\frac{10}{8,223} - 1)) = \pm 0,11\%$$

б) при подсоединении вольтметра исходное напряжение U_v (см рисунок 1) изменится из-за наличия R_v и составит:

$$U_v = \frac{R}{R + R_v} U_{изм}$$

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
15

Тогда методическая погрешность, обусловленная конечным значением R_v , в относительной форме составит:

$$\delta_M = \frac{U_v - U_{изм}}{U_{изм}} 100 = - \frac{R}{R+R_v} 100 = - \frac{1000}{1000 + 10000000} 100 = - 0,0099\%$$

Данная методическая погрешность на порядок меньше основной погрешности поэтому ею можно пренебречь.

б) дополнительная температурная погрешность отсутствует, так как измерение выполнялось в нормальных температурных условиях эксплуатации $20 \pm 5^\circ \text{C}$.

в) вычислим абсолютную основную погрешность измерения:

$$\Delta_{осн} = \frac{\delta_{изм} \cdot U_{изм}}{100} = \pm \frac{0,11 \cdot 8,223}{100} = \pm 0,00904 \text{ В}$$

г) округлим значение погрешности до одного значащего разряда, оставим в результате измерения три цифры после запятой, в соответствии с правилами, и запишем окончательный итог измерения в виде:

$$U_{изм} = 8,223 \text{ В}; \quad \Delta = 0,009 \text{ В}; \quad P=0,95$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист	
						Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	16
<i>АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР</i>					Копировал	Формат А4

3 Порядок выполнения работы

3.1 Освоение перевода основных и производных единиц в кратные, дольные единицы и наоборот.

Для выполнения работы необходимо выбрать задание согласно приложения А и перевести заданные единицы в требуемые. Результаты занести в таблицу 2.

Таблица 2- Результаты перевода

Задано	Перевести в единицы

3.2 Оценка погрешности результата однократного измерения.

3.2.1 Для выполнения задания необходимо выбрать данные согласно Приложения Б и произвести вычисления согласно примерам, приведённым в п.2.27 настоящих методических указаний.

Результаты расчёта свести в таблицу 3.

Таблица 3 - Результаты расчёта

Показание вольтметра, В	Диапазон измерений, В	Абсолютная погрешность, В	Относительная погрешность, %	Итог расчёта

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
17

4 Содержание отчёта

- 4.1 Цель работы.
- 4.2 Таблица перевода основных и производных единиц в кратные.
- 4.3 Порядок оценки погрешности результата однократного измерения.
- 4.4 Таблица результатов оценки погрешности результата однократного измерения.
- 4.5 Выводы о проделанной работе.

5 Контрольные вопросы

5.1 Какая метрическая система единиц измерения используется в настоящее время в большинстве стран мира?

5.2 Что такое единица физической величины?

5.3 Перечислите основные единицы системы СИ. Назовите производные единицы системы СИ.

5.4 Наименования каких единиц пишутся с заглавной буквы? Наименования каких единиц пишутся с маленькой буквы? Наименование каких приставок пишется с заглавной буквы и почему?

5.5 Наименование каких приставок пишется с маленькой буквы? Какую степень (положительную или отрицательную) имеют кратные единицы?

5.6 Дайте определение следующих понятий: измерение, результат измерения, абсолютная погрешность измерения, относительная погрешность измерения, приведенная погрешность измерения.

5.7 В каких случаях проводят однократные измерения?

5.8 Что такое средство измерений?

5.9 Что такое инструментальные погрешности? Методические погрешности? Основные и дополнительные погрешности?

5.10 Что такое метрологические характеристики средств измерений?

5.11 Какие метрологические характеристики средств измерений вы знаете?

5.12 Как связаны метрологические характеристики средств измерений с их классом точности?

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
18

6 Литература

- 6.1 Атамаян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин, Москва, Дрофа, 2005 г.
- 6.2 Панфилов В.А. Электрические измерения, Москва. Академия, 2004 г.
- 6.3 Ранеев Г.Г. и др. Методы и средства измерений, Москва, Академия, 2006 г.
- 6.4 Хрусталева З.А. Электротехнические измерения. -М: «КноРус», 2011 г.
- 6.5 Хрусталева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум. -М: «КноРус», 2011 г.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата	АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Приложение А

Задание №1. Перевод основных и производных единиц в кратные.

Таблица А.1. Вариант №1

Задано	Перевести в единицы
$18100 \cdot 10^4$ МГц	..... кГц
$0,0143 \cdot 10^{-1}$ мкФ	..... нФ
$3020,12 \cdot 10^{-2}$ мГц	..... мкГц
$0,00910 \cdot 10^5$ Ом	..... кОм
$120,1 \cdot 10^{-7}$ с	..... мкс

Таблица А.2. Вариант №2

Задано	Перевести в единицы
$0,8 \cdot 10^3$ МВ	.....В
$0,04 \cdot 10^2$ Мбит	..... кБ
$5,02 \cdot 10^3$ МГц	..... мкГц
$2,3 \cdot 10^7$ Ом	..... МОм
$18,2 \cdot 10^{-5}$ с	..... мс

Таблица А.3. Вариант №3

Задано	Перевести в единицы
$5800 \cdot 10^4$ МВт	..... кВт
$5143 \cdot 10^{-2}$ ГГц	..... кГц
$3720,5 \cdot 10^3$ МОм	..... ТОм
$5910 \cdot 10^{-5}$ с	..... нс
$320,1 \cdot 10^{-1}$ с	.... пс

Ине. № подл.	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
20

Таблица А.4. Вариант №4

Задано	Перевести в единицы
$18,1 \cdot 10^4$ ГГц	..... МГц
$54,3 \cdot 10^{-3}$ мкГц	..... Гц
$303,12 \cdot 10^1$ В	..... мВ
$910 \cdot 10^5$ См	..... мСм
$82,0 \cdot 10^{-7}$ с	..... нс

Таблица А5. Вариант №5

Задано	Перевести в единицы
$8,10 \cdot 10^{-6}$ ГГц	..... Гц
$2,5 \cdot 10^{-9}$ кВ	..... мкВ
$0,0012 \cdot 10^{-2}$ А	..... мА
$910 \cdot 10^8$ Ом	..... ГОм
1680 бит	..... байт

Таблица А.6. Вариант №6

Задано	Перевести в единицы
$18,100 \cdot 10^4$ кГц	..... МГц
$0,0143 \cdot 10^3$ МВ	..... В
$78,6 \cdot 10^{-3}$ Гн	..... мкГц
$910 \cdot 10^5$ Ом	..... кОм
$120,1 \cdot 10^{-7}$ с	..... пс

Ине. № подл.	Взам. ине. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист

21

Таблица А.7. Вариант №7

Задано	Перевести в единицы
$51,8100 \cdot 10^4$ МГц	..... ГГц
14310 мВ	..... кВ
$3020,12 \cdot 10^{-2}$ мА	..... мкА
$121,0 \cdot 10^5$ Ом	..... кОм
$120,1 \cdot 10^{-7}$ Ф	..... нФ

Таблица А.8. Вариант №8

Задано	Перевести в единицы
$75100 \cdot 10^4$ мГц	..... Гц
$0,3143 \cdot 10^{-1}$ Ф	..... мкФ
$3020,12 \cdot 10^{-2}$ мА	..... пА
$0,00910 \cdot 10^5$ кВт	..... Вт
$920,6 \cdot 10^{-7}$ с	..... пс

Таблица А.9. Вариант №9

Задано	Перевести в единицы
$98100 \cdot 10^4$ Гц	..... ГГц
$0,0143 \cdot 10^{-1}$ Ф	..... пФ
$3320 \cdot 10$ мОм	..... мкОм
$99,10 \cdot 10^5$ мкА	..... А
$770,1 \cdot 10^{-6}$ с	..... мс

Ине. № подл.	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист

22

Таблица А.10. Вариант №10

Задано	Перевести в единицы
$48100 \cdot 10^9$ мкВ	..... кВ
$0,0143 \cdot 10^4$ нФ	..... Ф
$3020,12 \cdot 10^{-2}$ мГн	..... мкГн
$0,910 \cdot 10^2$ Ом	..... Ом
$120,1 \cdot 10^5$ пс	..... мкс

Таблица А.11. Вариант №11

Задано	Перевести в единицы
$18100 \cdot 10^9$ мкВт	..... МВт
$0,0143 \cdot 10^6$ нФ	..... Ф
$67020,62 \cdot 10^{-2}$ Гн	..... мГн
$600910 \cdot 10^5$ Ом	.....ТОм
$120,1 \cdot 10^{-4}$ мВ	..... мкВ

Таблица А.12. Вариант №12

Задано	Перевести в единицы
$78100 \cdot 10^4$ мВт	..... ТВт
$7,0143 \cdot 10^{-4}$ мкФ	..... пФ
$20,12 \cdot 10^{-2}$ Гн	..... мГн
$0,00718 \cdot 10^5$ кОм	..... МОм
$120,1 \cdot 10^{-1}$ с	..... мс

Ине. № подл. Подп. и дата
 Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Приложение Б

Задание №2. Порядок оценки погрешности результата однократного измерения.

Таблица Б.1. Варианты заданий

Вариант	Класс точности вольтметра	Внутреннее сопротивление вольтметра R_v , Ом	Сопротивление R , Ом	Предел измерения $U_{пр}$, В	Показание вольтметра $U_{изм}$, В	Доп. погрешность $\delta_{доп.1}$, %	Доп. погрешность $\delta_{доп.2}$, %
1	$\pm 0,2$	1000	5	1,5	0,8	$\pm 0,7$	$\pm 0,5$
2	$\pm 0,2/0,1$	100000	2000	10	7,444	$\pm 0,87$	$\pm 0,78$
3	$\pm 0,1$	500	3	3,0	2,8	$\pm 0,9$	$\pm 0,45$
4	$\pm 0,1/0,05$	500000	5000	100,0	57,123	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$
5	$\pm 1,0$	300	10	3,0	2,2	$\pm 0,4$	$\pm 0,65$
6	$\pm 0,1/0,1$	300000	1000	50,0	38,231	$\pm 0,7$	$\pm 0,5$
7	$\pm 1,5$	1000	1000	10,0	8,8	$\pm 0,92$	$\pm 0,5$
8	$\pm 0,1/0,05$	1000000	50000	10,0	7,799	$\pm 0,4$	$\pm 0,45$
9	$\pm 2,0$	500	4	30,0	22,9	$\pm 1,9$	$\pm 1,45$
10	$\pm 0,1/0,1$	1000000	200000	10,0	5,670	-	$\pm 0,88$
11	$\pm 2,5$	5000	2000	50,0	46,8	$\pm 0,9$	$\pm 1,75$
12	$\pm 0,2/0,1$	1000000	20000	1,0	0,644	$\pm 0,9$	-

Примечание. Доверительная вероятность $P=0,95$.

Ине. № подл.
Подп. и дата
Взам. инв. №
Ине. № дубл.
Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.13.02.11.ПР34.0001МР

Лист
24