Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов направления 08.03.01 «Строительство»
профиль «Менеджмент строительных организаций»
всех форм обучения

Воронеж 2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Факультет экономики, менеджмента и информационных технологий

Кафедра управления строительством

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ, СЕРТИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство»
(профиль «Менеджмент строительных организаций»)
всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 006.1+006.91
ББК 30.10+30ц

Составитель Е.В. Баутина

Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества: метод. указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества» для студентов направления 08.03.01 «Строительство» (профиль «Менеджмент строительных организаций») / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Е.В. Баутина. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 45 с.

Приводится последовательность выполнения лабораторных работ по всем разделам курса «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества»: цель работы, соответствующие теоретические положения, порядок выполнения работы, способы обработки и оформления результатов.

Предназначены для студентов направления 08.03.01 «Строительство» (профиль «Менеджмент строительных организаций») всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле . pdf.

Библиогр.: 10 назв.

УДК 006.1+006.91
ББК 30.10+30ц

Печатается по решению учебно-методического совета факультета экономики, менеджмента и информационных технологий Воронежского государственного технического университета

Рецензент – *Белькова Н.А, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций ВГТУ*

ВВЕДЕНИЕ

Переход России к рыночной экономике определил новые условия для деятельности отечественных предприятий не только на внутреннем рынке, но и на внешнем. По любым направлениям и на любом уровне международного сотрудничества стали возникать правила, требующие соответствия их с международными и национальными нормами. Метрология, стандартизация и сертификация стали вписываться в новые условия работы и сделали возможной интеграцию России в цивилизованное экономическое пространство, что особенно актуально с момента вступления нашего государства во Всемирную торговую организацию (ВТО).

С принятием и вступлением в силу федеральных законов «О техническом регулировании», «О стандартизации в Российской Федерации» и «Об обеспечении единства измерений» наступил новый, переходный этап развития стандартизации, сертификации и метрологии в России, который связан с реализацией положений законов и характеризуется изменением статуса стандартов. Государственные стандарты Российской Федерации из основного инструмента государственного технического регулирования трансформировались в добровольные российские национальные, которые совместно с международными стандартами служат основой для разработки технических регламентов, способствуют соблюдению обязательных требований, устанавливаемых в технических регламентах, а также содержат опережающие нормы по качеству и безопасности в целях повышения конкурентоспособности продукции [1].

Освоение дисциплины «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества» в методическом единстве является частью профессиональной подготовки студентов строительного направления. Знания, полученные при изучении дисциплины, осваиваются, закрепляются практически при выполнении лабораторных работ.

Лабораторные работы являются одной из наиболее эффективных форм учебных занятий в вузе, так как именно такая форма дает наглядное представление о сути и важности метрологии, стандартизации и сертификации для профессиональной деятельности студентов по выполнению задач по контролю качества в вопросах установления, реализации и выполнения норм, правил и требований к продукции (услуге), технологическому процессу ее разработки, производства, применения (потребления) и метрологическому обеспечению, нацеленных на изготовление (выполнение) качественной и безопасной продукции (услуги), на высокую экономическую эффективность для производителя и потребителя в области строительства.

Целью выполнения лабораторного практикума является получение студентами основных научно-практических знаний в области метрологии, стандартизации и сертификации, необходимых для решения задач обеспечения

единства измерений, надежности средств измерений в области строительства, контроля качества продукции или услуг.

Главными задачами при проведении лабораторных занятий являются:

- углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, а также в процессе самостоятельного изучения дополнительных материалов об основных методах и средствах измерений при выполнении лабораторных и исследовательских работ в строительстве;
- понимание сущности метрологического обеспечения и контроля единства измерений;
- определение роли стандартизации и сертификации в повышении качества продукции или услуги;
- знание основных понятий, связанных с объектами и средствами измерения, формой обработки и представления результатов измерений;
- представление о правовых основах и научной базе стандартизации;
- умение применять полученные знания при решении конкретных задач.

В результате освоения дисциплины «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества» и выполнения работ лабораторного практикума осваивается следующая компетенция: ОПК-7 – Способен использовать и совершенствовать применяемые системы менеджмента качества в производственном подразделении с применением различных методов измерения, контроля и диагностики.

Обучающийся должен:

- знать основные понятия, связанные с объектами измерения, виды погрешностей, методы их определения и устранения, методы обработки результатов измерений, а также правовую, законодательную и научную основы стандартизации и сертификации;
- уметь использовать показатели качества, статистические методы управления качеством при строительстве и эксплуатации зданий и других инженерных сооружений;
- владеть способами измерения, контроля и диагностики качества строительной продукции, навыками оценки точности получаемых результатов измерений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
«Единицы измерений. Правила округления результатов и погрешностей измерений»

Время выполнения – 2 ч.

Цель работы:

1. Закрепить знания по определению основных свойств строительной продукции и приведению результатов расчета в единицах системы СИ;

2. Изучить правила округления результатов и погрешностей измерений.

Теоретическая часть:

Единицы измерений.

Физическая величина (ФВ) – это одно из свойств физического объекта (физической системы, явления, процесса), которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Физические величины – это измеренные свойства физических объектов или процессов, с помощью которых они могут быть изучены.

Размер физической величины – это количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу.

Значение физической величины – это выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц.

Числовое значение физической величины – это отвлеченное число, входящее в значение величины.

Целью измерения является нахождение размера физической величины в форме, наиболее удобной для пользования, а в результате измерения получают значение физической величины.

Основная физическая величина – это физическая величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы (СИ).

В качестве основных величин выбирают величины, которые характеризуют фундаментальные свойства материального мира.

Производная физическая величина – это физическая величина, входящая в систему величин и определяемая через основные величины этой системы. Примеры производных величин механики системы LMT:

- скорость v поступательного движения, определяемая (по модулю) уравнением $v = dl / dt$, где l – путь, t – время;

- сила F, приложенная к материальной точке, определяемая (по модулю) уравнением $F = ma$, где m – масса точки, a – ускорение, вызванное действием силы F.

Различают кратные и дольные единицы физических величин, системные и внесистемные единицы.

Кратная единица – это единица физической величины, в целое число раз

превышающая системную или внесистемную единицу. Например, единица длины километр равна 10^3 м, т.е. кратна метру. *Дольная единица* – единица физической величины, значение которой в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы. Например, единица длины миллиметр равна 10^{-3} м, т.е. является дольной.

Для удобства применения единиц физических величин СИ приняты приставки для образования наименований десятичных кратных единиц и дольных единиц. Например, мега- (10^6), кило- (10^3), милли- (10^{-3}), микро- (10^{-6}) и т.д.

Внесистемная единица физической величины – единица физической величины, не входящая в принятую систему единиц.

Внесистемные единицы (по отношению к единицам СИ) разделяются на четыре группы:

I группа – допускаемые наравне с единицами СИ, например, единица массы – тонна; плоского угла – градус, минута, секунда; объема – литр; времени – сутки, час; площади – гектар и др.;

II группа – допускаемые к применению в специальных областях, например, единицы длины в астрономии – астрономическая единица, парсек, световой год; единица оптической силы в оптике – диоптрия; единица энергии в физике – электрон-вольт и др.;

III группа – временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ, например, морская миля – в морской навигации; карат – единица массы в ювелирном деле и др. Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями;

IV группа – устаревшие (недопускаемые к употреблению, изъятые из употребления), например, единица давления – миллиметр ртутного столба; единица мощности – лошадиная сила.

Внесистемные единицы величин применяются только в случаях, когда количественные значения величин невозможно или нецелесообразно выражать в единицах СИ [2-7].

Правила округления результатов и погрешностей измерений.

В основе современных подходов к оцениванию погрешностей лежат принципы, обеспечивающие выполнение требований единства измерений.

Распространенной ошибкой при оценивании результатов измерений и их погрешностей является вычисление их и запись с чрезмерно большим числом значащих цифр. Этому способствует использование для расчетов вычислительной техники. Стандартом установлено, что в численных показателях точности измерений должно быть не более двух значащих цифр.

Значащими цифрами численной величины являются все ее цифры, достоверность которых не вызывает сомнений, плюс первая, которой может быть присуща ошибка.

Например: Проводившееся взвешивание образца показало результат:

0,656 гр; 0,658 гр; 0,662 гр.

Среднее значение 0,658666. Значит, погрешность может содержаться в третьем знаке после запятой. Так что, результат этих измерений должен записываться тремя значащими цифрами (2 достоверные и еще одна которой может быть присуща ошибка). Следовательно, средний результат должен содержать такое же количество значащих цифр.

Нули, следующие в конце числа, после десятичной запятой рассматриваются как значащие цифры. Например: 4,250.

Нули, предшествующие числу или следующие за ним до десятичной запятой, не входят в значащие цифры. Например: 0,066 и 66000 имеют только 2 значащие цифры. А числа 160,0 и 660,0 имеют 4 значащие цифры.

Проводя вычисления, в которых используются экспериментальные данные, результат следует выражать так, чтобы количество значащих цифр не превышало оправданного точностью исходных измерений.

Например: Результаты сложений и вычитаний округляют до последнего знака наименее точной из величин: 13,4+1478,224=1491,624=1491,6.

Результаты умножения или деления выражают тем же числом значащих цифр, которым записано наименее точное из исходных величин:

31 х 350,1=10853,1=11000.

Практикой выбраны следующие правила округления результатов и погрешностей измерений:

1) Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов меньше 5, то остающиеся цифры числа не изменяются. Например, при сохранении 4-х значащих цифр 235,435 округляется 235,4.

2) Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов больше или равна 5, но за ней следуют отличные от нуля цифры, то последнюю оставляемую цифру увеличивают на единицу. Например, при сохранении 3-х значащих цифр 152,56 округляется до 153.

3) Если отбрасываемая цифра равна 5, а следующие за ней цифры неизвестны или равны 0, то последнюю сохраняемую цифру не изменяют, если она четная и увеличивают на единицу, если она не четная. Например, при сохранении 2-х значащих цифр 22,5 округляют до 22, а 23,5 до 24 [8].

Методические указания:

Перед началом лабораторного занятия следует изучить лекционный материал и соответствующие разделы дополнительной литературы [2– 7]. Также требуется повторить основные свойства строительных материалов и методы их определения.

Задание 1.1. Определение величин физико-механических свойств строительных материалов.

1. Образец-цилиндр, радиус основания которого равен 30 мм, имеет высоту 7 см и массу 150 г. Определить среднюю плотность образца.

2. Образец материала в виде куба с ребром, равным 20 см, был подвергнут испытанию на прочность. При сжатии разрушающая нагрузка составила 800 кН. Определить прочность при сжатии испытываемого материала.

3. Рассчитать пористость горной породы, если ее истинная плотность равна 3,1 г/см^3, а средняя – 2,68 г/см^3.

4. Вычислить влажность строительного песка, если масса пробы влажного песка равна 600 г, высушенного – 560 г.

5. При испытании образца-балочки с размерами (4х4х16)см на изгиб, разрушая нагрузка была получена равной 2,5 кН. Определить прочность при изгибе.

6. До испытания на истираемость масса образца была равна 50 г. После заданного числа циклов испытания потеря массы составила 0,003 кг. Определить степень износа материала.

Задание 1.2. Округление результатов и погрешностей измерений

Вариант для выполнения задания определяет преподаватель.

№ вар.	Определите количество значащих цифр численной величины	Округлите результаты вычислений:	
1	205,8; 19,70; 0,0096; 1300; 1,09	80,2 + 3,90 =	15 х 208,5 =
2	13,406; 67,00; 0,85; 120; 90,1	756 - 9,1 =	52,8 х 203 =
3	700,2; 40; 0,0821; 16,70; 2,02	24,340+11,9 =	11,8 : 190 =
4	300,7; 29,01; 0,89; 21000; 1100,0	76,20+11,091=	1,8 х 5,12 =
5	15,70; 56,02; 0,008; 30,40; 32,007	7,89 - 1,900 =	3,5 х 19,07 =
6	400; 35,80; 0,061; 14,09; 120,5	2,002 + 78 =	1203 : 8,2 =
7	189,0; 17,208; 0,076; 20; 308	7,68 - 5,1 =	90,1 х 20,78 =
8	0,090; 11,20; 14000; 50,04; 897,4	6,7 + 15,99 =	89 : 3,405 =
9	80,09; 0,96; 71,50; 420; 0,0210	7 +98,67 =	3,24 х 89,06 =
10	0,90; 31,2; 50,70; 100; 1,004	6,65 + 7,0 =	530 х 6,7 =
11	200,0; 15,4; 0,7; 19000; 130,18	90 – 82,130 =	20 х 908,2 =
12	706; 0,041; 0,20; 80; 4,506	30,67 + 18,4 =	1 х 16,8 =
13	17,409; 61,0; 0,890; 2320; 70,7	10 + 4,987 =	100 х 15,47 =
14	10,01; 0,6; 710,500; 0,010; 6200	71,70 -21,038=	1,22 х 8,1 =
15	19,0; 170,20; 0,0996; 2090; 30,8	206 - 39,87 =	50,0 х 23 =

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
«Вычисление абсолютных, относительных и приведенных погрешностей средств измерений»

Время выполнения – 2 ч.

Цель работы: получить практические навыки решения задач на вычисление абсолютных, относительных, приведенных погрешностей и вариации показаний приборов.

Теоретическая часть:

Выполняя измерение физической величины, получают результат, который не может быть абсолютно точно равен истинному значению физической величины. При любом измерении имеется погрешность, представляющая собой отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Погрешность результата каждого конкретного измерения складывается из

многих составляющих, обязанных своим происхождением различным факторам и источникам.

Принято различать погрешность результатов измерений и погрешность средств измерений. Например, погрешность измерений в результате статистической обработки данных многократных наблюдений может оказаться существенно меньше, чем погрешности используемых при этом средств измерений. Для повышения точности измерений производят многократные измерения с последующей математической обработкой полученных результатов.

По способу выражения значений различают: абсолютные, относительные и приведенные погрешности измерений.

Абсолютная погрешность ΔX выражается в единицах измеряемой величины x и равна разности между измеренным и истинным значениями (так как истинное значение практически всегда бывает неизвестно, то вместо него может использоваться действительное значение).

Абсолютная погрешность не может в полной мере служить показателем точности измерений, так как одно и то же ее значение в одних случаях может соответствовать достаточно высокой точности измерений, а в других – низкой. Поэтому вводится понятие относительной погрешности.

Относительная погрешность δx представляет собой отношение абсолютной погрешности измерения к истинному (действительному, измеренному) значению и часто выражается в процентах.

Для указания и нормирования погрешностей средств измерений используется еще одна разновидность погрешности – приведенная.

Приведенная погрешность γx представляет собой отношение абсолютной погрешности средства измерения к так называемому нормирующему значению X_N (постоянному во всем диапазоне измерений или его части), обычно выражается в процентах [7].

Методические указания:

Перед началом практического занятия следует изучить лекционный материал и соответствующие разделы дополнительной литературы [2-7].

Для закрепления полученных знаний требуется решить задачи, номера которых приведены в табл. 2.2, согласно полученному варианту.

Пример решения задачи:

Задача 1.1. Вольтметром со шкалой (0…100) В, имеющим абсолютную погрешность $\Delta V = 1$ В, измерены значения напряжения 0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 В. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Решение.

Для записи результатов формируем таблицу (табл. 2.1), в столбцы которой будем записывать измеренные значения V, абсолютные ΔV, относительные δV и приведенные γV погрешности.

В первый столбец записываем заданные в условии задачи измеренные

значения напряжения: 0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 В.

Значение абсолютной погрешности известно из условий задачи (ΔV = 1 В) и считается одинаковым для всех измеренных значений напряжения; это значение заносим во все ячейки второго столбца.

Значения относительной погрешности будем рассчитывать по формуле:

$$\boldsymbol{\delta V = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100\%} \quad (2.1)$$

При V=0 В получаем $\delta V = \frac{1\text{В}}{0\text{В}} \cdot 100\% \to \infty$.

При V=10 В получаем $\delta V = \frac{1\text{В}}{10\text{В}} \cdot 100\% \to 10\ \%$.

Значения относительной погрешности для остальных измеренных значений напряжения рассчитываются аналогично.

Полученные таким образом значения относительной погрешности заносим в третий столбец.

Для расчёта значений приведенной погрешности будем использовать формулу:

$$\boldsymbol{\gamma V = \frac{\Delta V}{V_N} \cdot 100\%} \quad (2.2)$$

Предварительно определим нормирующее значение V_N.

Так как диапазон измерений вольтметра – (0…100) В, то шкала вольтметра содержит нулевую отметку, следовательно, за нормирующее значение принимаем размах шкалы прибора, т.е.:

$$V_N = \left| 100\ \text{В} - 0\ \text{В} \right| = 100\ \text{В}.$$

Так как величины ΔV и V_N постоянны при любых измеренных значениях напряжения, то величина приведенной погрешности так же постоянна и составляет $\gamma V = \frac{1\text{В}}{100\text{В}} \cdot 100\% = 1\%$.

Это значение заносим во все ячейки четвертого столбца.

По данным табл. 1.1 строим графики зависимостей абсолютной ΔV, относительной δV и приведённой γV погрешностей от результата измерений V (рис. 2.1).

Таблица 2.1 – Результаты расчета значений погрешностей

V, В	**ΔV, В**	**δV, %**	**γV, %**
0	1	∞	1
10	1	10,00	1
20	1	5,00	1
40	1	2,50	1
50	1	2,00	1
60	1	1,67	1
80	1	1,25	1
100	1	1,00	1

В данном случае графики зависимостей абсолютной и приведенной погрешностей сливаются друг с другом и представляют собой горизонтальные прямые линии. График зависимости относительной погрешности представляет

собой гиперболу.

Внимание: так как диапазон измерений прибора – (0…100) В, то за пределы этого диапазона построенные графики не должны выходить.

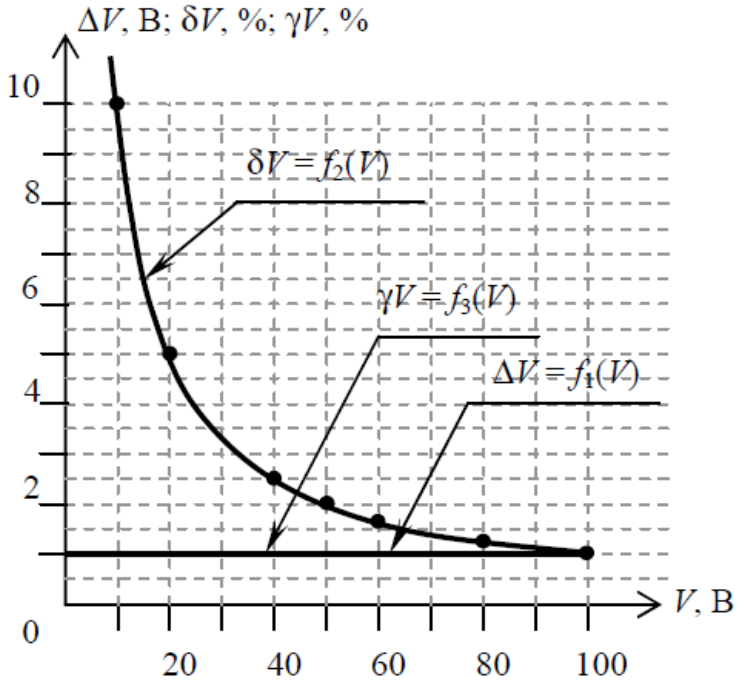

Рис. 2.1. Графики зависимостей абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Омметром со шкалой (0...1000) Ом измерены значения 0; 100; 200; 400; 500; 600; 800; 1000 Ом. Определить значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведенная погрешность равна 0,5. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 2. Амперметром со шкалой (0…50) А, имеющим относительную погрешность δI = 2%, измерены значения силы тока 0; 5; 10; 20; 25; 30; 40; 50 А. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 3. Вольтметром со шкалой (0…50) В, имеющим приведенную погрешность γV = 2%, измерены значения напряжения 0; 5; 10; 20; 40; 50 В. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 4. Кислородомером со шкалой (0...25) % измерены следующие значения концентрации кислорода: 0; 5; 10; 12,5; 15; 20; 25%. Определить значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведенная погрешность равна 2%. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 5. Расходомером со шкалой (0…150) $м^3$/ч, имеющим относительную погрешность δQ = 2%, измерены значения расхода 0; 15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; 120; 135; 150 $м^3$/ч. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений.

Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 6. Уровнемером со шкалой (5…10) м, имеющим приведенную погрешность $\gamma H = 1\%$, измерены значения уровня 5; 6; 7; 8; 9; 10 м. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 7. Омметром со шкалой (0...20) кОм измерены значения 0; 1; 4; 5; 10; 12; 17; 20 кОм. Определить значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведенная погрешность γR равна 1%. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 8. Амперметром со шкалой (0…150) А, имеющим относительную погрешность $\delta I = 4\%$, измерены значения силы тока 0; 20; 50; 70; 100; 120; 140; 150 А. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 9. Вольтметром со шкалой (0…100) мВ, имеющим приведённую погрешность $\gamma V = 2\%$, измерены значения напряжения 0; 10; 20; 40; 50; 70; 90; 100 мВ. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 10. Кислородомером со шкалой (0...50) % измерены следующие значения концентрации кислорода: 0; 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50%. Определить значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведенная погрешность равна 0,5%. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 11. Расходомером со шкалой (0…230) $м^3/ч$, имеющим относительную погрешность $\delta Q = 6\%$, измерены значения расхода 0; 30; 40; 60; 90; 100; 150; 180; 200; 230 $м^3/ч$. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 12. Уровнемером со шкалой (1…20) м, имеющим приведённую погрешность $\gamma H = 1\%$, измерены значения уровня 1; 6; 8; 10; 14; 16; 18; 20 м. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 13. Мегомметром со шкалой (0...150) МОм измерены следующие значения сопротивления: 0; 15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; 120; 135; 150 МОм. Определить значения абсолютной и приведенной погрешностей, если относительная погрешность равна 2,5%. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 14. Амперметром со шкалой (0…50) А, имеющим приведённую погрешность $\gamma I = 0{,}2\%$, измерены значения силы тока 0; 5; 10; 20; 25; 30; 40; 50 А. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 15. Вольтметром со шкалой (–50…50) В, имеющим приведенную погрешность $\gamma V = 2\%$, измерены значения напряжения –50; –40; –20; 0; 20; 40; 50 В. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 16. Кислородомером со шкалой (0...25) % измерены следующие значения концентрации кислорода: 0; 5; 10; 12,5; 15; 20; 25%. Определить значения абсолютной и приведенной погрешностей, если относительная погрешность δc равна 4%. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 17. Расходомером со шкалой (0…50) $м^3/ч$, имеющим абсолютную погрешность $\Delta Q = 1$ м3/ч, измерены значения расхода 0; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50 $м^3/ч$. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 18. Уровнемером со шкалой (0…10) м, имеющим приведённую погрешность $\gamma H = 4\%$, измерены значения уровня 0; 5; 6; 7; 8; 9; 10 м. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 19. Омметром со шкалой (0...5000) Ом измерены значения 0; 500; 800; 1000; 1500; 2500; 3500; 4500; 5000 Ом. Определить значения приведенной и относительной погрешностей, если абсолютная погрешность DR равна 25 Ом. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 20. Термометром со шкалой (–50…70) °С, имеющим абсолютную погрешность $\Delta T = 1$ °С, измерены значения температуры –50; –40; –20; –10; 0; 10; 20; 50; 70 °С. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 21. Вольтметром со шкалой (–100…–10) В, имеющим приведённую погрешность $\gamma V = 1\%$, измерены значения напряжения –100; –80; –50; –30; –20; –15; –10 В. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 22. Манометром со шкалой (0...0,25) МПа измерены значения избыточного давления 0; 0,02; 0,06; 0,08; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 МПа. Определить значения абсолютной и относительной погрешностей, если приведенная погрешность манометра равна 1,5%. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 23. Расходомером со шкалой (0…100) $м^3/ч$, имеющим относительную погрешность $\delta Q = 2{,}5\%$, измерены значения расхода 0; 20; 30; 40; 60; 70; 80; 90; 100 $м^3/ч$. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 24. Уровнемером со шкалой (5…50) м, имеющим абсолютную погрешность ΔH = 0,5 м, измерены значения уровня: 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50 м. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задача 25. Термометром со шкалой (–50…0) °С, имеющим относительную погрешность δT = 1,5%, измерены значения температуры –50; –45; –40; –30; –20; –10; 0 °С. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведеной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Таблица 2.2 – Варианты заданий

№ варианта	№№ задач для решения	№ варианта	№№ задач для решения
1	1, 6, 17, 25	6	6, 1, 16, 20
2	2, 7, 16, 24	7	7, 11, 15, 24
3	3, 10, 19, 23	8	8, 10, 18, 23
4	4, 9, 14, 22	9	1, 9, 12, 25
5	5, 8, 13, 21	10	2, 4, 17, 22

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
«Расчет погрешности при выборе методов и средств измерений»

Время выполнения – 2 ч.

***Цель работы*:** Изучение принципов выбора средства измерения в зависимости от суммарной погрешности принимаемого метода и средства измерения.

Теоретическая часть:

Выбор методов и средств измерений.

В соответствии с требованиями ГОСТ 26433.0-85 «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения» методы и средства измерений принимают в соответствии с характером объекта и измеряемых параметров из условия:

$$\delta\chi_{\Sigma мет} \leq \delta\chi_{мет} \qquad (3.1)$$

где $\delta\chi_{\Sigma мет}$ – расчетная суммарная погрешность принимаемого метода и средства измерения;

$\delta\chi_{мет}$ – предельная погрешность измерения.

Предельную погрешность $\delta\chi_{мет}$ определяют из условия:

$$\delta\chi_{мет} \leq К \cdot \Delta\chi \qquad (3.2)$$

где Δχ – допуск измеряемого геометрического параметра, установленный нормативно-технической документацией на объект измерения;

К – коэффициент, зависящий от цели измерений и характера объекта.

Для измерений, выполняемых в процессе и при контроле точности

изготовления и установки элементов, а также при контроле точности разбивочных работ принимают K = 0,2. Для измерений, выполняемых в процессе производства разбивочных работ, – K = 0,4.

Расчетная погрешность измерения вычисляется по одной из формул:

$$\boldsymbol{\delta\chi}_{\text{мет}} = \sqrt{\sum_{\text{р}=\mathbf{1}}^{\boldsymbol{r}} \text{К}_{\text{р}}^{\mathbf{2}}\boldsymbol{\delta\chi}_{\text{р}}^{\mathbf{2}} + \left(\sum_{\boldsymbol{q}=\mathbf{1}}^{\boldsymbol{u}} \text{К}_{\boldsymbol{q}}\boldsymbol{\Theta\chi}_{\boldsymbol{q}}\right)^{\mathbf{2}}} \quad (3.3)$$

или

$$\boldsymbol{\delta\chi}_{\text{мет}} = \mathbf{2,5}\boldsymbol{\sigma\chi}_{\text{мет}} = \mathbf{2,5}\sqrt{\sum_{\text{р}=\mathbf{1}}^{\boldsymbol{r}} \text{К}_{\text{р}}^{\mathbf{2}}\boldsymbol{\sigma\chi}_{\text{р}}^{\mathbf{2}} + \left(\sum_{\boldsymbol{q}=\mathbf{1}}^{\boldsymbol{u}} \text{К}_{\boldsymbol{q}}\boldsymbol{\sigma\chi}_{\boldsymbol{q}}\right)^{\mathbf{2}}} \quad (3.4)$$

где $\delta\chi p$ – случайные составляющие погрешности;

$\theta\chi q$ – систематические составляющие погрешности;

$\sigma\chi p$ – средние квадратические случайные составляющие погрешности;

$\sigma\chi q$ – средние квадратические систематические составляющие погрешности;

p=1, 2…r – число случайных составляющих погрешностей;

q=1, 2…u – число систематических составляющих погрешностей;

Kp, Kq – коэффициенты, учитывающие характер зависимости между суммарной и каждой из составляющих погрешностей измерения.

При расчете по указанным формулам принимаем, что составляющие погрешности независимы между собой или слабо коррелированы.

Систематические погрешности – это погрешности, вызываемые факторами, действующими постоянно (т.е. систематически). Их можно обнаружить и измерить с помощью более точных приборов. Прибор, дающий систематическую погрешность, всегда завышает или всегда занижает свои показания, то есть во всех измерениях значения абсолютной погрешности – это числа одного знака. Но по модулю она может быть от случая к случаю различной.

Причины появления систематических погрешностей могут быть тривиальными (например, разрядилась батарейка в цифровых СИ), а могут быть и более сложными (например, непостоянство диаметра капилляра в термометре; несовершенство методики косвенных измерений). Количество возможных причин может исчисляться десятками. Единой методики выявления причин появления систематических погрешностей на сегодняшний день не существует.

Если систематическая погрешность обнаружена и оценена количественно, то возможны следующие варианты действий:

- устранение ее причины;

- коррекция показаний состоявшихся и будущих измерений на величину систематической погрешности;

- пренебрежение систематической погрешностью, если она достаточно мала.

Случайные погрешности – результат несогласованного действия группы факторов, среди которых нет доминирующих по влиянию на общий результат.

Случайные погрешности имеют следующие свойства:

1. Одинаковые по модулю положительные и отрицательные погрешности

равновероятны.

2. Меньшие по модулю погрешности встречаются чаще, чем большие.

3. С увеличением числа измерений одной и той же величины, среднее арифметическое значение случайных погрешностей, посчитанное с учетом их знаков, стремится к нулю. Это означает, что с ростом количества измерений среднеарифметическое значение результатов измерений стремится к истинному значению измеряемой величины.

При проверке соблюдения условия (3.1), и в случае несоблюдения этого условия назначают более точные средства или принимают другой метод измерения [1-8].

При выборе методов и средств измерения следует учитывать необходимость обеспечения минимальных затрат на выполнение измерений и их обработку и наиболее полного исключения систематических погрешностей.

Методические указания

В работе будет осуществлен выбор средства измерения длины (для усвоения расчета погрешностей в качестве СИ примем 10-ти метровую металлическую рулетку 3-го класса точности ЗПКЗ-10АУТ/10 ГОСТ 7502-98).

1. Выбрать характеристики условий среды и показатели измерений при контроле точности разбивочных работ на строительной площадке (задачи 1-17) и для выполнения разбивочных работ (задачи 18-35). Исходные данные для расчетов представлены в табл. 3.1.

2. Определить предельную погрешность измерения по формуле 3.1.

3. Определить суммарную погрешность измерения длины рулеткой (формула 3.3), в которую входят составляющие погрешности:

$\theta\chi_1$ – погрешность поверки рулетки (в соответствии с МИ 1870* допускаемое отклонение не более 0,2 мм);

$\theta\chi_2$ – погрешность изменения температуры окружающей среды:

$$\theta\chi_2 = L\alpha\Delta t \qquad (3.5)$$

$\theta\chi_3$ – погрешность от колебания силы натяжения рулетки:

$$\theta\chi_3 = L\Delta P/FE \qquad (3.6)$$

где: L – значение длины при измерении, мм;

α – коэффициент температурного расширения металла;

Δt – изменения температуры окружающей среды, ^{0}C;

ΔP – погрешность натяжения рулетки вручную, Н;

F – площадь поперечного сечения рулетки, мм^2;

E – модуль упругости материала рулетки, Н/мм.

$\theta\chi_4$ – погрешность снятия отсчета по шкале рулетки не превышает 0,3 мм.

4. По результатам выполнения условия (формула 3.1) сделать вывод о возможности принятия средства измерения для выполнения контрольных измерений.

Пример решения задачи

Задача. Выбрать средство измерения для контроля длины изделия, L=3600 ± 2,0 мм (Δx=4 мм, ГОСТ 21779).

Решение.

1. Определяем предельную погрешность измерения (по 3.2):

$$\delta\chi_{met} = 0{,}2\Delta\chi = 0{,}2 \cdot 4{,}0 = 0{,}8 \text{ мм}$$

2. В суммарную погрешность измерения длины изделия рулеткой входят составляющие погрешности: $\delta\chi_1$ – поверки рулетки; $\delta\chi_2$ – от погрешности измерения температуры окружающей среды; $\delta\chi_3$ – от колебания силы натяжения рулетки; $\delta\chi_4$ – снятия отсчетов по шкале рулетки на левом и правом краях изделия.

Определяем значения этих погрешностей.

3.1. Погрешность $\delta\chi_1$ поверки рулетки в соответствии с МИ 1870* принимаем равной 0,2 мм.

3.2. Погрешность $\delta\chi_2$ от измерения температуры окружающей среды термометром с ценой деления 1 °С (погрешность измерения равна 0,5 °С) составляет:

$$\delta\chi_2 = L\alpha\Delta t = 3600 \cdot 12{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}5 \approx 0{,}22 \text{ мм}$$

3.3. Погрешность $\delta\chi^3$ от колебания силы натяжения рулетки составляет:

$$\delta\chi_3 = \frac{L\Delta P}{FE} = \frac{3600 \cdot 10}{2 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0{,}09 \approx 0{,}1 \text{ мм}$$

Где ΔР=10 Н – погрешность натяжения рулетки вручную;

F=2 мм^2 – площадь поперечного сечения рулетки;

Е=2·10 Н/мм^2 – модуль упругости материала рулетки.

3.4. Экспериментально установлено, что погрешность снятия отсчета по шкале рулетки не превышает 0,3 мм, при этом погрешность $\delta\chi_4$ снятия отсчетов на левом и правом краях изделия составит:

$$\delta\chi_4 = 0{,}3\sqrt{2} \approx 0{,}4 \text{ мм.}$$

4. Определяем расчетную суммарную погрешность измерения (по 3.3) учитывая, что $\delta\chi_1$ – систематическая погрешность, а $\delta\chi_2$, $\delta\chi_3$ и $\delta\chi_4$ – случайные:

$$\delta\chi_{\Sigma met} = \sqrt{\delta\chi_2^2 + \delta\chi_3^2 + \delta\chi_4^2 + \delta\chi_1^2} = \sqrt{0{,}22^2 + 0{,}1^2 + 0{,}4^2 + 0{,}2^2} = \sqrt{26} \approx 0{,}5 \text{ мм.}$$

5. Данные метод и средство измерения могут быть приняты для выполнения измерений, так как расчетная суммарная погрешность измерения $\delta\chi_{\Sigma met}$ =0,5 мм меньше предельной $\delta\chi_{met}$=0,8 мм, что соответствует требованию стандарта ГОСТ 21779.

Задания для выполнения

Таблица 3.1 – Исходные данные

Вариант	***L, мм***	***Δχ, мм***	***α***	***Δt, ^{0}C***	***ΔP, Н***	***F, мм2***	***E, Н/мм***
1	3150±2,0	4	12,5·10-6	0,2	7	2,0	2·105
2	6000±4,0	8	12,5·10-6	0,5	12	1,6	2·105
3	4000±6,0	12	12,5·10-6	1,0	10	3,0	2·105
4	2800±1,0	2	12,5·10-6	0,7	9	2,5	2·105
5	4500±3,0	6	12,5·10-6	0,3	11	1,0	2·105
6	6700±5,0	10	12,5·10-6	2,0	8	2,0	2·105
7	3150±4,0	6	12,5·10-6	0,4	12	1,6	2·105

8	6000±6,0	12	12,5·10-6	1,5	10	3,0	2·105
9	4000±1,0	2	12,5·10-6	0,7	9	2,0	2·105
10	2500±3,0	6	12,5·10-6	0,3	11	1,6	2·105
11	4500±2,0	4	12,5·10-6	2,0	7	3,0	2·105
12	3150±4,0	8	12,5·10-6	0,4	12	2,5	2·105
13	6700±6,0	12	12,5·10-6	1,5	8	1,0	2·105
14	3150±1,0	2	12,5·10-6	0,2	12	2,0	2·105
15	4000±3,0	6	12,5·10-6	0,5	10	1,6	2·105
16	2800±5,0	10	12,5·10-6	1,0	9	3,0	2·105
17	6700±4,0	8	12,5·10-6	0,7	11	2,0	2·105
18	4500±6,0	12	12,5·10-6	0,3	7	1,6	2·105
19	4000±1,0	2	12,5·10-6	2,0	12	3,0	2·105
20	6000±3,0	6	12,5·10-6	0,4	7	2,5	2·105
21	6700±2,0	4	12,5·10-6	1,5	12	1,0	2·105
22	4000±4,0	8	12,5·10-6	0,7	10	2,0	2·105
23	3300±6,0	12	12,5·10-6	0,3	9	3,0	2·105
24	6700±1,0	2	12,5·10-6	2,0	11	3,0	2·105
25	4000±3,0	6	12,5·10-6	0,4	8	2,0	2·105
26	6000±5,0	10	12,5·10-6	1,5	12	1,4	2·105
27	2800±4,0	8	12,5·10-6	0,3	10	3,0	2·105
28	4500±6,0	12	12,5·10-6	2,0	9	2,5	2·105
29	5700±1,0	2	12,5·10-6	0,4	11	1,0	2·105
30	6400±3,0	6	12,5·10-6	1,5	12	2,0	2·105
31	2800±2,0	4	12,5·10-6	0,7	7	1,6	2·105
32	4000±4,0	8	12,5·10-6	0,5	12	2,8	2·105
33	6000±1,0	2	12,5·10-6	2,0	10	3,0	2·105
34	4500±3,0	6	12,5·10-6	0,7	9	2,5	2·105
35	3150±1,0	2	12,5·10-6	0,3	8	1,8	2·105

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
«Обработка результатов измерений, содержащих случайные погрешности»

Время выполнения – 2ч.

***Цель занятия*:** Построить кривую распределения результатов измерения прочности бетона.

Теоретическая часть:

Случайная погрешность – составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) в серии измерений.

Описание случайных погрешностей осуществляется на основе теории вероятностей и математической статистики.

В отличие от систематических случайные погрешности нельзя исключить из результатов измерений путем введения поправок. Однако их можно существенно уменьшить путем увеличения числа измерений, поскольку среднее арифметическое значение x при этом стремится к истинному значению.

При бесконечно большом числе измерений график зависимости

вероятности (частоты) наблюдения каждого значения x от величины этих значений (кривая распределения) имеет вид симметричной кривой, такая кривая называется нормальным или Гауссовым распределением (рисунок 4.1).

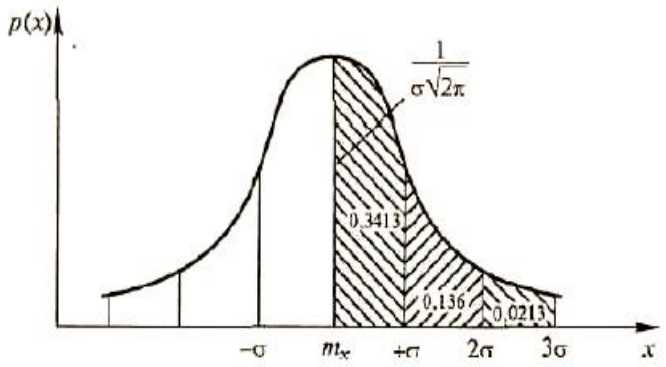

Рисунок 4.1 – Кривая распределения

P(x) – дифференциальная функция распределения случайной величины, σ – среднее кведратическое отклонение («+σ» - «-σ» - границы доверительного интервала при заданной гарантированной обеспеченности).

На практике приходится довольствоваться ограниченным числом измерений для того, чтобы оценить истинное значение измеряемой величины [8].

На таком графике истинное значение *x* должно характеризоваться наибольшей частотой наблюдения и быть равно среднему арифметическому $\bar{x}$, полученному делением суммы результатов всех измерений на общее число таких измерений (4.1):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad (4.1)$$

Ширина кривой распределения характеризует воспроизводимость или точность измерений.

Методика выполнения задания:

1. Результаты измерений $x_1, x_2, \ldots, x_n$ делят на k интервалов Δx по формуле (4.2):

$$\Delta x = (x_{max} - x_{min})/k \quad (4.2)$$

Оптимальное число k интервалов определяют по формуле (4.3):

$$k = 1 + 3.22 \ln N; \; 5 < k < 30 \quad (4.3)$$

2. Результаты измерений разбивают на интервалы: $\Delta x_1 = x_{min} + \Delta x$; $\Delta x_2 = \Delta x_1 + \Delta x$; …; $\Delta x_i = \Delta x_{i-1} + \Delta x$ и записывают в виде статистического ряда (таблица 4.1).

Таблица 4.1

Статистический ряд распределения результатов измерения

Δx_i	Δx_1	Δx_2	…	Δx_k
m_i	m_1	m_2	…	m_k
P_i	P_1	P_2	…	P_k
h_i	h_1	h_2	…	h_k

Примечание: m_i – число значений результатов измерений в интервале;

P_i - вычисленная вероятность попадания в данный интервал:

$$P_i = m_i / n \quad (4.4)$$

h_i – ордината функции распределения в точке i:

$$h_i = P_i / \Delta x \quad (4.5)$$

3. Строят статистический ряд, который служит основой для построения гистограммы и статистической функции распределения. При $\Delta x \to 0$ гистограмма переходит в плавную кривую (рисунок 4.2).

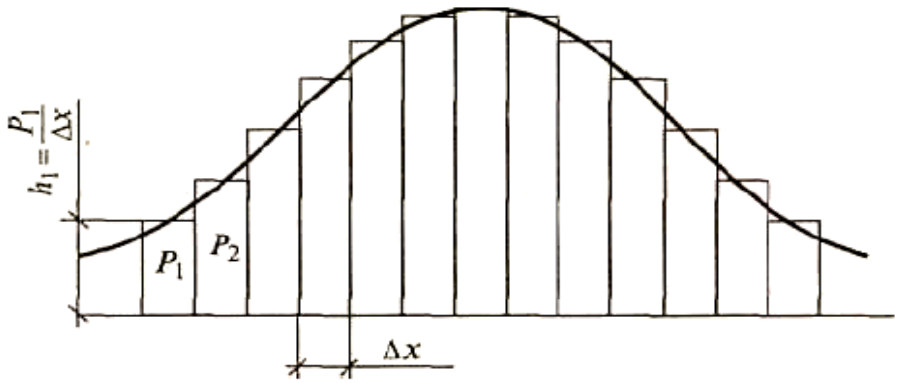

Рисунок 4.2 – функция распределения измеренной величины

Задания для выполнения

Результаты измерения прочности бетона, для построения статистической функции распределения в зависимости от варианта принимаются по таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты определения прочности бетона

Вариант №	***Прочность бетона, МПа***
1	24,4; 23,8; 22,6; 23,1;24,9; 22,4; 23,7; 24,1; 21,9; 22,9; 24,6; 23,5; 23,4; 23,2; 23,4; 24,0; 23,5; 22,7; 23,6; 24,1
2	12,2; 12,1; 12,4; 12,3; 12,6; 12,8; 11,9; 12,0; 10,8; 11,5; 12,2; 12,3; 11,7; 11,2; 12,4; 12,1; 12,6; 11,9; 12,4; 13,2
3	15,6; 17,6; 16,3; 16,8; 14,9; 15,3; 15,8; 16,1; 17,2;16,3; 16,4; 16,6; 16,9; 16,5; 17,0; 16,5; 16,7; 15,5; 16,0; 16,1
4	32,7; 34,4; 34,1; 33,9; 33,2; 35,7; 34,6; 34,9; 35,4; 33,8; 35,2; 34,8; 34,6; 34,9; 34,4; 35,0; 34,2; 33,6; 34,5; 33,5
5	30,3; 29,8; 29,4; 30,1; 29,8; 30,8; 28,7; 30,4; 31,7; 30,7; 29,6; 31,1; 31,2; 30,9; 30,6; 30,2; 29,1; 30,4; 30,2; 30,7
6	27,2; 26,8; 26,9; 27,3; 27,6; 27,5; 26,0; 26,8; 26,9; 27,4; 27,8; 27,4; 28,3; 28,1; 27,5; 26,4; 27,8; 27,9; 28,7; 27,6
7	33,3; 32,8; 32,6; 33,6; 32,9; 33,1; 32,1;33,5; 33,0; 34,0; 32,4; 34,3; 33,4; 33,3; 33,1; 33,2; 33,9; 33,0; 33,7; 33,4
8	37,6; 37,8; 37,4; 37,8; 36,9; 36,6; 37,8; 37,2; 38,4; 38,0; 38,3; 39,0; 37,7; 37,5; 37,2; 38,7; 38,0; 37,9; 38,1; 38,4
9	19,8; 19,0; 19,8; 19,6; 18,6; 20,1; 19,3; 18,2; 19,8; 20,5; 20,9; 20,3; 20,0; 19,1; 19,8; 18,9; 19,4; 20,4; 20,0; 19,9
10	14,7; 14,5; 15,5; 13,2; 13,6; 14,0; 14,3; 15,0; 14,4;14,5; 14,7; 14,3; 14,8; 14,1; 14,6; 14,9; 13,8; 15,2; 15,9; 14,6
11	40,3; 41,5; 39,2; 41,9; 39,8; 42,3; 40,0; 41,2; 40,8; 40,2; 40,4; 40,6; 39,9; 40,9; 40,5; 39,6; 40,9; 41,1; 41,3; 41,7
12	48,2; 47,7; 47,0; 48,8; 46,2; 45,8; 48,4; 45,9; 46,4; 46,8; 49,4; 47,5; 47,8; 47,3; 47,2; 45,2; 47,8; 48,0; 49,9; 46,7
13	22,4; 21,9; 21,5; 22,6; 20,8; 21,1; 21,8; 20,9; 21,7; 21,2; 20,5; 21,3; 21,5; 21,7; 21,9; 21,6; 22,0; 22,9; 22,2; 21,6
14	32,9; 32,2; 33,2; 32,4; 33,8; 33,3; 33,6; 32,5; 32,6; 34,0; 33,1; 32,7; 33,3; 32,8; 32,7; 32,9; 33,0; 33,2; 31,9; 33,5

15	40,8; 41,6; 39,4; 38,7; 41,3; 39,1; 40,1; 39,7; 40,7; 42,6; 40,0; 40,5; 38,1; 39,6; 40,6; 40,9; 41,0; 40,6; 42,1; 40,3
16	3,5; 3,1; 3,0; 3,7; 2,9; 3,6; 3,2; 3,5; 3,5; 3,9; 3,3; 3,2; 3,4; 3,5
17	10,0; 10,5; 10,9; 10,2; 10,5; 10,7; 10,4; 10,3; 11,1; 9,9; 10,8; 11,0
18	5,9; 6,0; 4,8; 5,6; 5,3; 5,8; 5,8; 4,9; 5,5; 5,7; 5,6; 5,4
19	40,3; 41,5; 39,2; 41,9; 39,8; 40,0; 41,2; 40,8; 40,2; 40,4; 39,9; 40,9; 40,5; 40,9; 41,1; 41,7
20	2,5; 2,1; 2,8; 2,7; 2,6; 3,3; 2,9; 3,4; 2,8; 2,7; 2,9; 2,4
21	12,8; 13,5; 12,0; 11,7; 12,6; 13,2; 11,5; 11,9; 12,4; 12,9; 13,0; 12,8
22	21,3; 19,9; 20,8; 20,5; 21,2; 21,0; 20,2; 20,6; 20,8; 20,7; 20,2; 21,1
23	30,0; 31,0; 30,8; 30,4; 29,9; 30,9; 31,2; 30,5; 30,9; 30,7; 31,0; 30,2
24	50,2; 50,9; 48,6; 52,0; 51,2; 51,8; 50,9; 50,7; 51,0; 49,9; 50,0; 51,1; 50,8; 50,7

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
«Обнаружение и критерии оценки грубых погрешностей (промахов)»

Время выполнения – 2 ч.

Цель работы: получить практические навыки обработки результатов измерений по обнаружению грубых погрешностей с использованием критериев Шовене и Романовского.

Теоретическая часть:

Грубой погрешностью (промахом) называется погрешность, существенно превышающая значение ожидаемой погрешности при данных условиях проведения измерительного эксперимента. Обычно грубая погрешность является следствием значительного внезапного изменения условий эксперимента, например, скачка тока источника электропитания; не учтённое экспериментатором изменение температуры окружающей среды (при длительном эксперименте); неправильный отсчёт показаний из-за отвлечения внимания экспериментатора и др. Наличие грубых погрешностей в выборке результатов измерений могут сильно исказить среднее значение выборки и как следствие доверительный интервал. Поэтому выявление и исключение результатов, содержащих промах, обязательно.

Если в процессе измерений удается найти причины, вызывающие грубые погрешности, и после устранения этих причин повторные измерения не подтверждают наличие этих погрешностей, то такие измерения могут быть исключены из рассмотрения. Но необдуманное отбрасывание резко отличающихся от других результатов измерений может привести к существенному искажению характеристик измерений. Кроме того, в ряде случаев при обработке результатов измерений учет всех обстоятельств, при которых они были получены, не представляется возможным. Обычно результат измерения, содержащий грубую погрешность, сразу виден в ряду измеренных значений, но в каждом конкретном случае это необходимо доказать. В таком

случае при оценке грубых погрешностей приходится прибегать к обычным методам проверки статистических гипотез.

Для обнаружения грубых погрешностей используют статистические критерии. При этом задаются уровнем значимости (5.1) того, что сомнительный результат действительно может иметь место в данной совокупности результатов измерений:

$$\mathbf{q = 1 - P} \tag{5.1}$$

где P – доверительная вероятность.

Проверяемая гипотеза состоит в утверждении, что результат единичного измерения X_i не содержит грубой погрешности, а является одним из значений случайной величины. Обычно проверяют наибольшее X_{max} и наименьшее X_{min} значения результатов измерений.

Для проверки гипотез используются следующие критерии.

1. Если число единичных измерений $n< 10$, то может быть использован *критерий Шовене*. Результат единичного измерения X_i содержит грубую погрешность, если разность $|\bar{X} - X_i|$ превышает соответствующие значения S_x, определяемые в зависимости от числа измерений (5.2):

$$|\bar{X} - X_i| > \begin{cases} 1,6S_x \text{ при } n = 3, \\ 1,7S_x \text{ при } n = 6, \\ 1,9S_x \text{ при } n = 8, \\ 2,0S_x \text{ при } n = 10 \end{cases} \tag{5.2}$$

где $\bar{X}$ – среднее арифметическое;

S_x – средняя квадратическая погрешность (СКП) результатов единичных измерений в ряду равноточных измерений (5.3);

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \tag{5.3}$$

n – число единичных измерений в самом ряду.

2. При числе измерений $10<n<20$ применяют критерий Романовского (5.4):

$$\beta = \left|\frac{\bar{X} - X_i}{S_x}\right| \tag{5.4}$$

Полученное значение β сравнивают с теоретическим $\beta_т$ при выбираемом уровне значимости q (табл. 5.1). Если $\beta \geq \beta_т$, то результат единичного измерения X_i содержит грубую погрешность и должен быть исключен из числа единичных измерений.

3. При числе измерений больше 20 используют, как правило, критерий трех сигм (критерий Райта). Сущность правила трех сигм состоит в том, что если случайные величины распределены нормально, то абсолютные величины их отклонения от математического ожидания не превосходят утроенного среднего квадратического отклонения.

Таблица 5.1 – Значения теоретического уровня значимости $\beta_т$

q	***Число измерений***											
	4	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***	***12***	***14***	***16***	***18***	***20***
0,01	1,72	1,96	2,13	2,26	2,37	2,46	2,54	2,66	2,76	2,84	2,90	2,96

0,025	1,71	1,92	2,07	2,18	2,27	2,35	2,41	2,52	2,60	2,67	2,73	2,78
0,05	1,69	1,87	2,00	2,09	2,17	2,24	2,29	2,39	2,46	2,52	2,56	2,62
0,1	1,64	1,73	1,89	1,97	2,04	2,10	2,15	2,23	2,30	2,35	2,40	2,45

По этому критерию промахом считается результат наблюдения, который отличается от среднего более чем на 3σ. То есть сомнительный результат X_i должен быть исключен из единичных измерений, если

$$|\overline{X} - X_i| > 3\sigma_x \qquad (5.5)$$

Методика выполнения работы:

1. Определить среднее значение прочности $R_{ср}$, Мпа.

2. Определить сумму квадратов абсолютных отклонений $R_i - R_{ср}$.

3. Определить квадрат каждого абсолютного отклонения. Результаты вычислений занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты вычислений

№ изм.	$R_i - R_{ср}$	$(R_i - R_{ср})^2$	β
1			
…			
n			

4. Определить среднее квадратическое отклонение по формуле (5.3).

5. Проверить критерии Шовене и Романовского для результатов, имеющих наибольшее отклонение от среднего.

6. Исключить грубые промахи из выборки и определить среднее значение.

Задания для выполнения

Результаты измерения прочности бетона в зависимости от варианта принимаются по таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты определения прочности бетона

Вариант №	***Доверительная вероятность, Р***	***Прочность бетона, МПа***
Прочность при изгибе, МПа		
1	0,9	24,4; 23,8; 22,6; 23,1;24,9; 22,4; 23,7; 24,1; 21,9; 22,9
2	0,95	12,2; 12,3; 12,6; 12,8; 11,9; 12,0; 11,7; 12,4
3	0,98	15,6; 17,6; 16,3; 16,8; 14,9; 15,3; 15,8; 16,1; 17,2;16,3
4	0,99	35,2; 34,8; 34,6; 34,9; 34,4; 35,0; 34,2; 33,6; 34,5; 33,5
5	0,9	30,3; 29,8; 29,4; 30,1; 29,8; 30,8; 28,7; 30,4; 31,7; 30,7
6	0,95	27,2; 26,8; 26,9; 27,3; 27,6; 27,5; 26,0; 26,8; 26,9; 27,4
7	0,98	32,4; 34,3; 33,4; 33,3; 33,1; 33,2; 33,9; 33,0; 33,7; 33,4
8	0,99	37,7; 37,5; 37,2; 38,7; 38,0; 37,9; 38,1; 38,4
9	0,9	19,8; 19,0; 19,8; 19,6; 18,6; 20,1; 19,3; 18,2; 19,8; 20,5
10	0,95	14,7; 14,3; 14,1; 14,6; 14,9; 13,8; 15,2; 14,6
11	0,98	40,4; 40,6; 39,9; 40,9; 40,5; 39,6; 40,9; 41,1; 41,3; 41,7
12	0,99	48,2; 47,7; 47,0; 48,8; 46,2; 45,8; 48,4; 45,9; 46,4; 46,8
Прочность при сжатии, МПа		

13	0,9	22,4; 21,9; 21,5; 20,8; 21,1; 21,8; 20,9; 21,7; 21,2; 20,5; 21,3; 21,5; 21,7; 21,9; 21,6; 22,9; 22,2; 21,6
14	0,95	32,9; 32,2; 32,4; 33,8; 33,3; 33,6; 32,5; 32,6; 34,0; 33,1; 32,7; 33,3; 32,8; 32,9; 33,0; 33,2; 31,9; 33,5
15	0,98	40,8; 41,6; 39,4; 38,7; 41,3; 39,1; 40,1; 39,7; 40,7; 42,6; 40,0; 40,5; 39,6; 40,9; 41,0; 40,6; 42,1; 40,3
16	0,99	3,5; 3,1; 3,0; 3,7; 2,9; 3,6; 3,2; 3,5; 3,5; 3,9; 3,3; 3,2; 3,4; 3,5; 3,2; 3,4; 3,0; 3,7
17	0,9	10,0; 10,5; 10,9; 10,2; 10,5; 10,7; 10,4; 10,3; 11,1; 9,9; 10,8; 11,0; 10,9; 10,6; 10,3; 10,6; 10,1; 10,8
18	0,95	5,9; 6,0; 4,8; 5,6; 5,3; 5,8; 5,8; 4,9; 5,5; 5,7; 5,6; 5,4
19	0,98	40,3; 41,5; 39,2; 41,9; 39,8; 40,0; 41,2; 40,8; 40,2; 40,4; 39,9; 40,9; 40,5; 40,9; 41,1; 41,7
20	0,99	2,5; 2,1; 2,8; 2,7; 2,6; 3,3; 2,9; 3,4; 2,8; 2,7; 2,9; 2,4
21	0,9	12,8; 13,5; 12,0; 11,7; 12,6; 13,2; 11,5; 11,9; 12,4; 12,9; 13,0; 12,8
22	0,95	21,3; 19,9; 20,8; 20,5; 21,2; 21,0; 20,2; 20,6; 20,8; 20,7; 20,2; 21,1
23	0,98	30,0; 31,0; 30,8; 30,4; 29,9; 30,9; 31,2; 30,5; 30,9; 30,7; 31,0; 30,2
24	0,99	50,2; 50,9; 48,6; 52,0; 51,2; 51,8; 50,9; 50,7; 51,0; 49,9; 50,0; 51,1; 50,8; 50,7

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
«Многократные равноточные измерения»

Время выполнения – 2 ч.

Цель занятия: получить практические навыки обработки результатов многократных равноточных измерений и нахождения доверительных границ погрешности результата измерений.

Теоретическая часть:

Результаты многократных наблюдений, получаемые при прямых измерениях величины X, называются *равноточными (равнорассеянными)*, если они являются независимыми, одинаково распределёнными случайными величинами. Измерения проводятся одним наблюдателем в одинаковых условиях внешней среды и с помощью одного и того же средства измерения.

Доверительными границами погрешности результата измерений называется наибольшее и наименьшее значения погрешности измерений, ограничивающие интервал, внутри которого с заданной вероятностью находится искомое (истинное) значение погрешности результата измерений.

Статистическая обработка группы результатов наблюдения при равноточных измерениях, нормальном распределении, выполняется в следующей последовательности.

1. Производятся равноточные измерения неизвестной величины X_n раз.

После отбрасывания сомнительных результатов получают результаты n измерений: x_1, x_2 , ..., x_n.

2. Среднее основного нормального распределения оценивают как среднее арифметическое $\bar{X}$ n результатов:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad (6.1)$$

3. Определяется оценка среднего квадратического отклонения среднего арифметического:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}} \quad (6.2)$$

4. Доверительный интервал рассчитывается с учётом заданной доверительной вероятности P:

$$\bar{X} - S\, t_{n,P} < \bar{X} < S\, t_{n,P} + \bar{X} \quad (6.3)$$

где $t_{n,P}$ – квантиль распределения Стьюдента. Значения $t_{n,P}$ в зависимости от заданной доверительной вероятности P и количества измерений n даны в табл. 6.1.

Таблица 6.1 – Значения квантиля распределения Стьюдента

n – 1	***P = 0,95***	***P = 0,99***	***n – 1***	***P = 0,95***	***P = 0,99***
3	3,182	5,841	16	2,120	2,921
4	2,776	4,604	18	2,101	2,878
5	2,571	4,032	20	2,086	2,845
6	2,447	3,707	22	2,074	2,819
7	2,365	3,499	24	2,064	2,797
8	2,306	3,355	26	2,056	2,779
10	2,228	3,165	28	2,048	2,763
12	2,179	3,055	30	2,043	2,750
14	2,145	2,977	∞	1,960	2,576

5. Результат измерения величины X представляют в виде доверительного интервала в форме неравенства (6.3) с указанием доверительной вероятности P.

Пример решения задачи:

Задача 6.1. При многократном изменении температуры T в производственном помещении получены значения в градусах Цельсия: 20,4; 20,2; 20,0; 20,5; 19,7; 20,3; 20,4; 20,1. Укажите доверительные границы истинного значения температуры в помещении с вероятностью P = 0,95.

Решение.

По формуле (6.1) находится среднее значение $\bar{T}$:

$$\bar{T} = \frac{20{,}4+20{,}2+20{,}0+20{,}5+19{,}7+20{,}3+20{,}4+20{,}1}{8} = 20{,}2\ ^0\text{C}.$$

По формуле (6.2) вычисляется среднее квадратическое отклонение среднего арифметического S:

$$S = \sqrt{\frac{(20{,}2-20{,}4)^2+(20{,}2-20{,}2)^2+(20{,}2-20{,}0)^2+(20{,}2-20{,}2-20{,}5)^2}{8(8-1)}}$$

$$\rightarrow \sqrt{\frac{(20{,}2-19{,}7)^2+(20{,}2-20{,}3)^2+(20{,}2-20{,}4)^2+(20{,}2-20{,}1)^2}{8(8-1)}} = 0{,}09.$$

По таблице 6.1 находим значение $t_{n,P}$ при доверительной вероятности P = 0,95 и n – 1 = 7.

$$t_{n,P} = 2{,}365.$$

Доверительные границы истинного значения температуры в помещении с вероятностью P = 0,95 рассчитываются по формуле (6.3):

$$20{,}2 - 0{,}09 \times 2{,}365 < \overline{T} < 20{,}2 + 0{,}09 \times 2{,}365.$$

Окончательно результат измерения температуры T в производственном помещении

$$20 < \overline{T} < 20{,}4;\ P = 0{,}95 \text{ или } T = 20{,}2 \pm 0{,}2\ °C,\ P = 0{,}95.$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. При многократном измерении силы F получены значения в Н: 403; 408; 410; 405; 406; 398; 496; 404. Укажите доверительные границы истинного значения силы с вероятностью P = 0,95.

Задача 2. При многократном измерении силы электрического тока получены значения в А: 0,8; 0,85; 0,8; 0,79; 0,82; 0,78; 0,79; 0,8; 0,84. Укажите доверительные границы истинного значения силы тока с вероятностью P = 0,99.

Задача 3. При многократном измерении длины балки L получены значения в мм: 90,3; 90; 89,8; 89,9; 90,4; 90; 90,3; 89,1; 90,5; 90,4; 90. Укажите доверительные границы истинного значения длины с вероятностью P = 0,95.

Задача 4. При многократном измерении температуры объекта получены значения в °С: 40,4; 41,0; 40,2; 40,0; 43,5; 42,7; 40,3; 40,4; 40,8 °С. Укажите доверительные границы истинного значения температуры с вероятностью P = 0,99.

Задача 5. При многократном измерении напряжения электрического тока получены значения в В: 263; 268; 273; 265; 267; 261; 266; 264; 267 В. Укажите доверительные границы истинного значения напряжения с вероятностью P = 0,95.

Задача 6. При многократном измерении силы F получены значения в Н: 403; 408; 405; 399; 410; 405; 406; 398; 406. Укажите доверительные границы истинного значения силы с вероятностью P = 0,99.

Задача 7. При многократном измерении силы электрического тока получены значения в мА: 22,4; 22,1; 22,3; 22,2; 21,5; 21,7; 22,3; 21,4; 22,1. Укажите доверительные границы истинного значения силы тока с вероятностью P = 0,95.

Задача 8. При многократном измерении уровня жидкости L в технологическом резервуаре получены значения в м: 64; 64,25; 64,3; 64,4; 65; 64,5; 64,9; 63,7; 64,8. Укажите доверительные границы истинного значения уровня с вероятностью P = 0,99.

Задача 9. При многократном измерении объёма тела получены следующие значения: 0,3; 0,35; 0,3; 0,29; 0,32; 0,28; 0,29; 0,3; 0,34 м3. Укажите доверительные границы истинного значения объёма с вероятностью P = 0,95.

Задача 10. При многократном измерении сопротивления в электрической цепи получены следующие значения: 703; 708; 705; 699; 710; 705; 707; 698; 703

Ом. Укажите доверительные границы истинного значения сопротивления с вероятностью P = 0,99.

Задача 11. При многократном измерении силы F получены значения в Н: 98,3; 98; 99,8; 99,9; 98,4; 98; 98,3; 99,1; 98,5; 98,4; 98. Укажите доверительные границы истинного значения силы с вероятностью P = 0,95.

Задача 12. При многократном измерении силы электрического тока получены значения в А: 0,1; 0,15; 0,1; 0,09; 0,12; 0,08; 0,09; 0,1; 0,14. Укажите доверительные границы истинного значения силы тока с вероятностью P = 0,99.

Задача 13. При многократном измерении длины балки L получены значения в мм: 80,3; 80; 79,8; 79,5; 80,2; 80; 80,3; 79,9; 80,3; 80,4; 90. Укажите доверительные границы истинного значения длины с вероятностью P = 0,95.

Задача 14. При многократном измерении температуры объекта получены значения в °С: 50,3; 50,1; 50,2; 50,0; 50,6; 49,7; 50,3; 50,4; 50,1 °С. Укажите доверительные границы истинного значения температуры с вероятностью P = 0,99.

Задача 15. При многократном измерении напряжения электрического тока получены значения в В: 113; 118; 113; 115; 117; 111; 116; 114; 117; 115; 112 В. Укажите доверительные границы истинного значения напряжения с вероятностью P = 0,95.

Задача 16. При многократном измерении объёма резервуара V получены значения: 83,4; 83,0; 83,2; 83,2; 82,5; 82,7; 83,3; 82,4; 83,1 л. Укажите доверительные границы истинного значения объёма с вероятностью P = 0,99.

Задача 17. При многократном измерении силы электрического тока получены значения в мА: 22,4; 22,1; 22,3; 22,2; 21,5; 21,7; 22,3; 21,4; 22,1. Укажите доверительные границы истинного значения силы тока с вероятностью P = 0,95.

Задача 18. При многократном измерении высоты опорного стержня получены значения: 90,3; 90; 89,8; 89,9; 90,4; 90; 90,3; 89,1; 90,5; 90,4; 90 мм. Укажите доверительные границы истинного значения высоты стержня с вероятностью P = 0,99.

Задача 19. При многократном измерении объёма тела получены следующие значения: 0,7; 0,74; 0,7; 0,69; 0,72; 0,68; 0,68; 0,7; 0,71 м3. Укажите доверительные границы истинного значения объёма с вероятностью P = 0,95.

Задача 20. При многократном измерении сопротивления в электрической цепи получены следующие значения: 1503; 1508; 1505; 1499; 1510; 1505; 1507; 1498; 1503 Ом. Укажите доверительные границы истинного значения сопротивления с вероятностью P = 0,99.

Задача 21. При многократном измерении атмосферного давления получены значения в мм рт. ст.: 764; 764; 766; 765; 763; 765; 763; 765. Укажите доверительные границы истинного значения атмосферного давления с вероятностью P = 0,95.

Задача 22. При многократном измерении относительной влажности в производственном помещении получены значения в %: 48; 45; 45; 46; 47; 47; 45;

48; 46. Укажите доверительные границы истинного значения относительной влажности с вероятностью P = 0,99.

Задача 23. При многократном измерении диаметра детали d получены следующие значения в мкм: 9990,3; 9990; 9989,8; 9989,9; 9990,4; 9990; 9990,3; 9989,1; 9990,5; 9990,4; 9990. Укажите доверительные границы истинного значения диаметра с вероятностью P = 0,95.

Задача 24. При многократном измерении концентрации кислорода в газовой смеси получены следующие значения в %: 10,4; 11,2; 10,2; 10,1; 13,5; 12,1; 10,3; 10,4; 10,8. Укажите доверительные границы истинного значения концентрации кислорода с вероятностью P = 0,99.

Задача 25. При многократном измерении освещённости E рабочего места студента получены следующие значения: 258; 259; 263; 258; 259; 257; 256; 254; 257 лк. Укажите доверительные границы истинного значения освещённости с вероятностью P = 0,95.

Задание. Решить задачи, номера которых приведены в табл. 6.2, согласно полученному варианту.

Таблица 6.2 – Варианты заданий к практическому занятию

№ варианта	***№№ задач для решения***	***№ варианта***	***№№ задач для решения***
1	1, 17, 25	11	3, 13, 22
2	2, 16, 24	12	4, 12, 23
3	3, 15, 23	13	5, 14, 24
4	4, 14, 22	14	6, 15, 25
5	5, 13, 21	15	1, 7, 16
6	6, 12, 20	16	8, 17, 23
7	7, 11, 19	17	4, 9, 18
8	8, 10, 18	18	3, 10, 19
9	9, 1, 17	19	2, 11, 20
10	2, 15, 25	20	1, 12, 21

ЛАБОРАТОРНАЯ РБОТА № 7
«Вычисление погрешностей при различных способах задания классов точности средств измерений»

Время выполнения – 2 ч.

Цель занятия: получить практические навыки решения задач на вычисление погрешностей при различных способах задания классов точности приборов.

Теоретическая часть:

Класс точности – обобщенная характеристика средств измерений определенного типа, позволяющая судить о том, в каком диапазоне находится суммарная погрешность измерений.

Классы точности присваиваются средствам измерений с учетом

результатов государственных приемочных испытаний.

Обозначение классов точности по ГОСТ 8.401-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Классы точности средств измерений. Общие требования» может сопровождаться условными знаками:

- 0,5; 1,6; 2,5 и т.д. – для приборов, приведенная погрешность γ которых составляет 0,5; 1,6; 2,5% от нормирующего значения X_N. При этом X_N принимается равным большему из модулей пределов измерений, если нулевое значение входного (выходного) сигнала находится на краю или вне диапазона измерений.

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100\%} \qquad (7.1)$$

где X_N – диапазон измерения прибора;

Δ – пределы допустимой абсолютной погрешности.

- $\sqrt[0,5]{\ }$ – то же, что и в предыдущем случае, но при X_N равным длине шкалы или ее части.

- (0,1) (0,4) (1,0) и т.д. – для приборов, у которых относительная погрешность δ составляет 0,1; 0,4; 1,0% непосредственно от полученного значения измеряемой величины X.

$$\boldsymbol{\delta = \frac{\Delta}{X} \cdot 100\%} \qquad (7.2)$$

- 0,02/0,01 – для приборов, у которых измеряемая величина не может отличаться от значения X, показанного указателем, больше, чем на:

$$\boldsymbol{|\delta| = \left[a + b\left(\left|\frac{X_k}{X}\right| - 1\right)\right]} \qquad (7.3)$$

где a и b – числитель и знаменатель соответственно в обозначении класса точности;

X_k – больший (по модулю) из пределов измерений прибора;

X – непосредственно полученное значение измеряемой величины.

Пример решения задачи:

Задача 7.1. Амперметром класса точности 2.0 со шкалой (0…50) А измерены значения тока 0; 5; 10; 20; 25; 30; 40; 50 А. Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной основных погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Решение.

Для записи результатов формируем таблицу (табл. 7.1), в столбцы которой будем записывать измеренные значения I, абсолютные ΔI, относительные δI и приведённые γI погрешности.

В первый столбец записываем заданные в условии задачи измеренные значения тока: 0; 5; 10; 20; 25; 30; 40; 50 А.

Класс точности амперметра задан числом без кружка, следовательно, приведенная погрешность, выраженная в процентах, во всех точках шкалы не должна превышать по модулю класса точности, т.е. $|\gamma I| \le 2\%$.

При решении задачи рассмотрим худший случай $|\gamma I| = 2\%$, когда

приведенная погрешность принимает максимальное по абсолютной величине значение, что соответствует γI = +2% и γI = –2%.

Данные значения приведенной погрешности заносим в четвертый столбец табл. 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты расчета значений погрешностей

I, A	***ΔI, A***	***δI, %***	***γI, %***
0	±1	±∞	±2
5	±1	±20	±2
10	±1	±10	±2
20	±1	±5	±2
25	±1	±4	±2
30	±1	±3,33	±2
40	±1	±2,5	±2
50	±1	±2	±2

Рассчитаем значения абсолютной погрешности.

Из формулы (7.1) выразим абсолютную погрешность $\Delta I = \frac{\gamma I \cdot I_N}{100\%}$. За нормирующее значение I_N принимаем размах шкалы, так как шкала амперметра содержит нулевую отметку, т.е. I_N = |50 А – 0 А| = 50 А.

Абсолютная погрешность равна $\Delta I = \frac{\pm 2\% \cdot 50A}{100\%} = \pm 1\ A$ во всех точках шкалы прибора. Заносим данное значение во второй столбец таблицы.

Значения относительной погрешности будем рассчитывать по формуле (7.2).

При I = 0 А получаем $\delta I = \frac{\pm 1\ A}{0\ A} \cdot 100\% \rightarrow \pm\infty$.

При I = 5 А получаем $\delta I = \frac{\pm 1\ A}{5\ A} \cdot 100\% \rightarrow \pm 20\%$.

Значения относительной погрешности для остальных измеренных значений тока рассчитываются аналогично.

Полученные таким образом значения относительной погрешности заносим в третий столбец.

По данным табл. 7.1, учитывая, что погрешности могут быть как положительными, так и отрицательными, строим графики зависимостей абсолютной ΔI, относительной δI и приведённой γI погрешностей от результата измерений I (рис. 7.1).

Задача 7.2. Вольтметром класса точности (0,5) со шкалой (0…100) В измерены значения напряжения 0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 В. Рассчитать зависимости абсолютной и относительной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Решение.

Для записи результатов формируем таблицу (табл. 7.2), в столбцы которой будем записывать измеренные значения V, абсолютные ΔV и относительные δV погрешности.

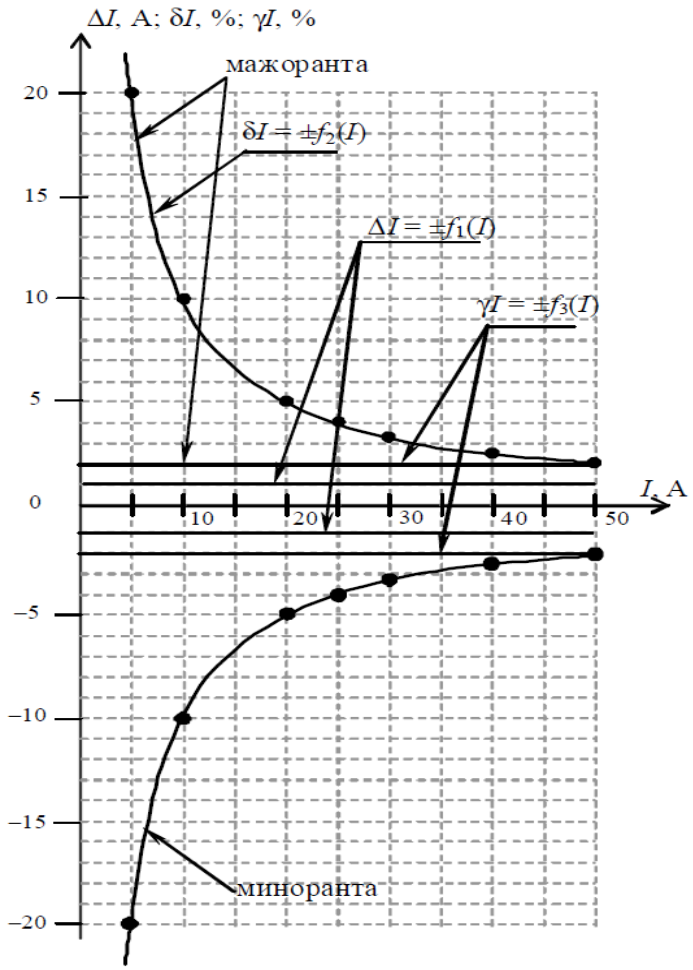

Рис. 7.1. Графики зависимостей абсолютной, относительной и приведённой погрешностей от результата измерений для прибора с преобладающими аддитивными погрешностями

Таблица 7.2 – Результаты расчета значений погрешностей

V, В	***ΔV, В***	***δV, %***	***V, В***	***ΔV, В***	***δV, %***
0	0	0,5	50	0,25	0,5
10	0,05	0,5	60	0,3	0,5
20	0,1	0,5	80	0,4	0,5
40	0,2	0,5	100	0,5	0,5

В первый столбец записываем заданные в условии задачи измеренные значения тока: 0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 В.

Класс точности вольтметра задан числом в кружке, следовательно, относительная погрешность, выраженная в процентах, во всех точках шкалы не должна превышать по модулю класса точности, т.е. $|\delta V| \le 0{,}5\%$.

При решении задачи рассмотрим худший случай, т.е. $|\delta V| = 0{,}5\%$, что соответствует значениям $\delta V = +0{,}5\%$ и $\delta V = -0{,}5\%$

Примем во внимание опыт решения задачи 7.1, из которого видно, что результаты вычисления, выполненные для положительных и отрицательных значений погрешностей, численно совпадают друг с другом и отличаются только знаками «+» или «–». Поэтому дальнейшие вычисления будем производить только для положительных значений относительной погрешности $\delta V = 0{,}5\%$, но при этом будем помнить, что все значения второго и третьего столбцов табл. 7.2 могут принимать и отрицательные значения.

Значение относительной погрешности δV = 0,5% заносим в третий столбец таблицы.

Рассчитаем значения абсолютной погрешности.

Из формулы (7.2) выражаем абсолютную погрешность:

$$\Delta V = \frac{\delta V \cdot V}{100\%}.$$

При V = 0 В получаем $\Delta V = \frac{0{,}5\% \cdot 0\ B}{100\%} = 0B.$

При V = 10 В получаем $\Delta V = \frac{0{,}5\% \cdot 10B}{100\%} = 0{,}05\ B.$

Значения абсолютной погрешности для остальных измеренных значений напряжения рассчитываются аналогично. Полученные таким образом значения абсолютной погрешности заносим во второй столбец.

По данным табл. 7.2, учитывая, что погрешности могут быть как положительными, так и отрицательными, строим графики зависимостей абсолютной ΔV и относительной δV погрешностей от результата измерений V (рис. 7.2).

Задача 7.3. Цифровым омметром класса точности 1.0/0.5 со шкалой (0…1000) Ом измерены значения сопротивления 0; 100; 200; 400; 500; 600; 800; 1000 Ом. Рассчитать зависимости абсолютной и относительной основных погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Решение.

Для записи результатов формируем таблицу (табл. 7.3), в столбцы которой будем записывать измеренные значения R, абсолютные ΔR и относительные δR погрешности.

Таблица 7.3 – Результаты расчета значений погрешностей

R, Ом	***ΔR, Ом***	***δR, %***	***R, Ом***	***ΔR, Ом***	***δR, %***
0	5,0	∞	500	7,5	1,500
100	5,5	5,500	600	8,0	1,333
200	6,0	3,000	800	9,0	1,125
400	7,0	1,750	1000	10,0	1,000

В первый столбец записываем заданные в условии задачи измеренные значения сопротивления 0; 100; 200; 400; 500; 600; 800; 1000 Ом.

Класс точности вольтметра задан в виде двух чисел, разделенных косой чертой. Следовательно, относительная погрешность, выраженная в процентах, во всех точках шкалы должна удовлетворять соотношению (7.3).

В данном случае a = 1,0; b = 0,5; $R_к$ = 1000 Ом, причем параметры этой формулы a и b определяются мультипликативной и аддитивной составляющими суммарной погрешности соответственно.

Таким образом, получаем:

$$|\delta R| \leq \left[1{,}0 + 0{,}5\left(\left|\frac{1000}{R}\right| - 1\right)\right].$$

При решении задачи рассмотрим худший случай:

$$|\delta R| = \left[1{,}0 + 0{,}5\left(\left|\frac{1000}{R}\right| - 1\right)\right],$$

что соответствует значениям δR = ±[1,0 + 0,5× (|1000/R| – 1)].

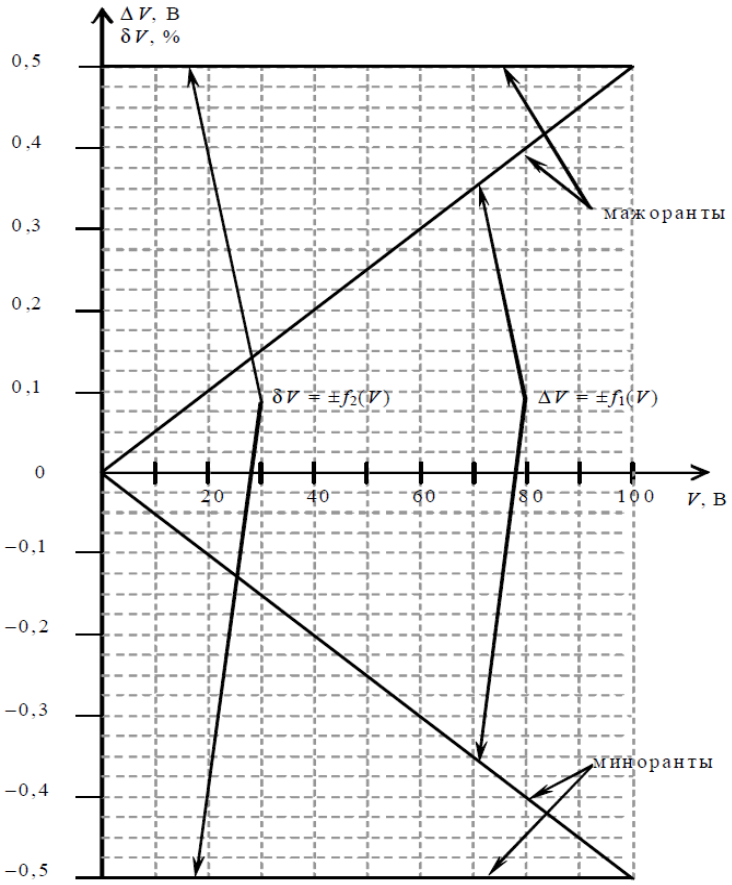

Рис. 7.2. Графики зависимостей абсолютной и относительной погрешностей от результата измерений для прибора с преобладающими мультипликативными погрешностями

Примем во внимание опыт решения задачи 7.1, из которого видно, что результаты вычисления, выполненные для положительных и отрицательных значений погрешностей, численно совпадают друг с другом и отличаются только знаками «+» или «–». Поэтому дальнейшие вычисления будем производить только для положительных значений относительной погрешности δR = [1,0 + 0,5× (|1000 / R| – 1)], но при этом будем помнить, что все значения второго и третьего столбцов табл. 7.3 могут принимать и отрицательные значения.

Рассчитаем значения относительной погрешности.

При R = 0 Ом получаем δR = [1,0 + 0,5× (|1000 / 0| – 1)] → ∞.

При R = 100 Ом получаем δR = [1,0 + 0,5× (|1000 / 100| – 1)]= 5,5%.

Значения относительной погрешности для остальных измеренных значений сопротивления рассчитываются аналогично.

Полученные значения относительной погрешности заносим в третий столбец табл. 7.3.

Рассчитаем значения абсолютной погрешности.

Из формулы (7.2) выражаем абсолютную погрешность:

$$\Delta R = \frac{\delta R \cdot R}{100\%}.$$

При R = 0 Ом получаем $\Delta R = \frac{\infty \cdot 0}{100\%}$ – неопределенность.

Искомое значение ΔR можно определить следующим образом. Так как класс точности прибора задан в виде двух чисел, то у данного прибора аддитивные и мультипликативные погрешности соизмеримы. При R = 0 Ом мультипликативная составляющая погрешность равна нулю, значит, общая погрешность в этой точке обусловлена только аддитивной составляющей. Аддитивную составляющую представляет второе из чисел, задающих класс точности, т.е. в данном случае число b = 0,5. Это означает, что аддитивная погрешность составляет 0,5% от верхнего предела измерений прибора, т.е. от Rк = 1000 Ом.

Таким образом, при R = 0 имеем:

$$\Delta R = \frac{bR_k}{100\%} = \frac{0{,}5\% \cdot 1000\ \text{Ом}}{100\%} = 5{,}0\ \text{Ом}.$$

При R = 100 Ом получаем $\Delta R = \frac{5{,}5\% \cdot 100\ \text{Ом}}{100\%} = 5{,}5\ \text{Ом}.$

При R = 200 Ом получаем $\Delta R = \frac{3\% \cdot 200\ \text{Ом}}{100\%} = 6{,}0\ \text{Ом}.$

Значения абсолютной погрешности для остальных измеренных значений сопротивления рассчитываются аналогично. Полученные таким образом значения абсолютной погрешности заносим во второй столбец табл. 7.3.

По данным табл. 7.3, учитывая, что погрешности могут быть как положительными, так и отрицательными, строим графики зависимостей абсолютной ΔR и относительной δR погрешностей от результата измерений R (рис. 7.3).

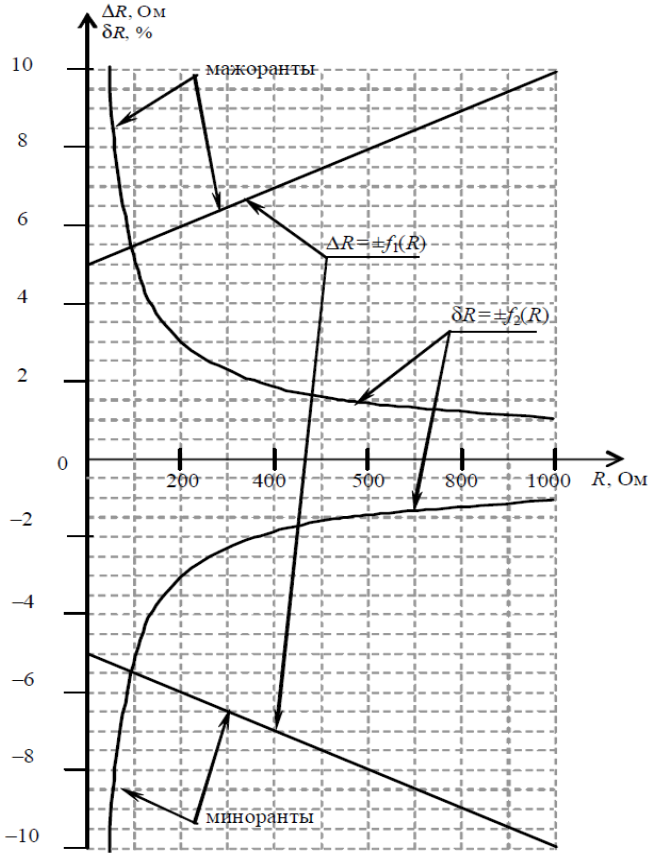

Рис. 7.3. Графики зависимостей абсолютной и относительной погрешностей от результата измерений для прибора с соизмеримыми аддитивными и мультипликативными погрешностями

Задачи для самостоятельного решения

Для измерительного средства (прибора) рассчитать значения абсолютных, относительных и приведенных основных погрешностей измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

Задание. Решить задачи, номера которых приведены в табл. 7.4, согласно полученному варианту.

Таблица 7.4 – Исходные данные

№ варианта	*№ задачи*	*Диапазон измерений*	*Класс точности*	*Результаты измерений*
1	1	(0…10) В	0,1	0; 1; 2; 4; 5; 6; 8; 10 В
	2	(0…1000) Ом	(0,1)	0; 100; 200; 400; 500; 600; 800; 1000 Ом
	3	(–100…+100) °С	0.1/0.05	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 °С
2	1	(0…100) мВ	0,6	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 мВ
	2	(0…100) °С	(0,5)	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 °С
	3	(–5…+5) В	4.0/2.5	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 В
3	1	(0…5) А	0,1	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 А
	2	(0…100) мВ	(0,4)	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 мВ
	3	(–10…+10) В	1.5/1.0	0; 1; 2; 4; 5; 6; 8; 10 В
4	1	(0…100) В	0,2	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 В
	2	(0…10) А	(1,5)	1.5 0; 1; 1,5; 4; 5; 6; 9; 10 А
	3	(–100…+100) °С	0.5/0.25	0; 10; 20; 30; 50; 60; 90; 100 °С
5	1	(0…100) мВ	0,2	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 мВ
	2	(0…100) °С	(1)	0; 20; 30; 40; 50; 65; 80; 100 °С
	3	(–5…+5) В	1.0/0.5	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0; 5,0 В
6	1	(0…250) °С	1,5	0; 25; 50; 100; 125; 150; 200; 250 °С
	2	(0…100) мВ	(0,6)	0; 15; 25; 40; 55; 60; 85; 100 мВ
	3	(–100…+100) °С	4.0/2.5	0; 10; 25; 40; 55; 60; 80; 100 °С
7	1	(0…10) В	0,15	0; 1; 2; 4; 5; 6; 8; 10 В
	2	(0…1000) Ом	(2,5)	0; 100; 250; 400; 550; 600; 800; 1000 Ом
	3	(–100…+100) В	2.5/1.5	0; 15; 20; 40; 55; 60; 80; 100 В
8	1	(0…100) мВ	0,25	0; 10; 30; 40; 50; 65; 80; 100 мВ
	2	(0…100) °С	(1,5)	0; 15; 20; 45; 50; 60; 80; 100 °С
	3	(–5…+5) м	6.0/4.0	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 4,5; 5,0 м
9	1	(0…5) А	2,5	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,5; 5,0 А
	2	(0…100) мВ	(1,0)	0; 10; 20; 45; 50; 60; 80; 100 мВ
	3	(–10…+10) В	1.25/0.5	0; 1; 2; 4; 5; 6; 9; 10 В

10	1	(0…100) В	2,0	0; 15; 20; 45; 50; 60; 85; 100 В
	2	(0…10) А	(0,4)	0; 2; 2,5; 4; 5; 6; 8; 10 А
	3	(–10…+10) В	0.4/0.2	0; 1; 2; 4; 5; 6; 8; 10 В
11	1	(0…1000) мВ	0,15	0; 100; 250; 400; 500; 650; 800; 1000 мВ
	2	(0…10) °С	(2,0)	0; 2; 3; 4; 5; 6; 9; 10 °С
	3	(–50…+50) м	4.0/1.5	0; 5; 10; 15; 20; 25; 40; 50 м
12	1	(0…150) °С	0,4	0; 10, 25; 50; 100; 125; 150 °С
	2	(0…1000) мВ	(1,5)	0; 150; 200; 400; 550; 600; 800; 1000 мВ
	3	(–200…+200) °С	2.0/1.5	0; 40; 50; 90; 100; 140; 160; 200 °С
13	1	(0…50) В	0,6	0; 10; 20; 25; 30; 40; 45; 50 В
	2	(0…200) Ом	(2,5)	0; 10; 25; 50; 80; 100; 150; 200 Ом
	3	(–100…+100) мВ	2.0/0.5	0; 15; 20; 40; 55; 60; 80; 100 мВ
14	1	(0…100) мВ	0,05	0; 10; 30; 40; 50; 65; 80; 100 мВ
	2	(0…100) °С	(2,5)	0; 15; 20; 45; 50; 60; 80; 100 °С
	3	(–5…+5) м	5.0/2.0	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 4,5; 5,0 м
15	1	(0…50) А	0,05	0; 5; 10; 15; 20; 30; 45; 50 А
	2	(0…10) мВ	(4,0)	0; 1; 2; 4,5; 5; 6; 8; 10 мВ
	3	(–10…+10) В	2.0/1.0	0; 2; 4; 5; 6; 8; 9; 10 В
16	1	(0…10) В	0,2	0; 1; 2; 4; 5; 6; 8; 10 В
	2	(0…1000) Ом	(0,1)	0; 100; 200; 400; 500; 600; 800; 1000 Ом
	3	(–100…+100) °С	0.2/0.05	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 °С
17	1	(0…100) мВ	0,4	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 мВ
	2	(0…100) °С	(0,5)	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 °С
	3	(–5…+5) В	4.0/2.0	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 В
18	1	(0…5) А	0,5	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 А
	2	(0…100) мВ	(0,4)	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 мВ
	3	(–10…+10) В	2.5/1.0	0; 1; 2; 4; 5; 6; 8; 10 В
19	1	(0…100) В	0,1	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 В
	2	(0…10) А	(1,5)	0; 1; 1,5; 4; 5; 6; 9; 10 А
	3	(–100…+100) °С	0.5/0.2	0; 10; 20; 30; 50; 60; 90; 100 °С
20	1	(0…100) мВ	0,5	0; 10; 20; 40; 50; 60; 80; 100 мВ
	2	(0…100) °С	(1)	0; 20; 30; 40; 50; 65; 80; 100 °С
	3	(–5…+5) В	1.5/0.5	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 4,0; 5,0 В

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
«Контроль качества строительных материалов»

Время выполнения – 2 ч.

***Цель работы*:** Выполнить приемочный контроль качества строительный материалов, поступающих на строительную площадку.

Теоретическая часть:

Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее способность удовлетворять определенным потребностям потребителя.

Контроль качества продукции – проверка соответствия показателей качества продукции установленным требованиям.

В зависимости от контролируемого производственного этапа различают контроль входной, технологический и приемочный.

Входной контроль заключается в проверке соответствия поступающих материалов, изделий и конструкций установленным требованиям.

Технологический контроль состоит в проверке соответствия характеристик, режимов и других показателей технологического процесса установленным требованиям.

Приемочный контроль заключается в проверке соответствия готовых изделий и конструкций требованиям государственных стандартов или технических условий.

Приемочный контроль качества керамического кирпича осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камни керамические. Общие технические условия» в следующем порядке:

1. Для проведения испытаний методом случайного отбора из разных мест партии отбирают число изделий (образцов) в соответствии с таблицей 8.1.

2. Отобранные изделия проверяют на соответствие требованиям настоящего стандарта по размерам, внешнему виду и правильности формы, а затем испытывают.

Таблица 8.1 – Число отбираемых изделий (образцов) для проведения испытаний

№ п.п.	Наименование показателя	Число отбираемых изделий, шт.
1	Внешний вид. Отклонения от номинальных размеров и формы	35
2	Средняя плотность	5
3	Водопоглощение	5
4	Предел прочности при сжатии	10 (или 10 парных половинок)
5	Предел прочности при изгибе	5
6	Морозостойкость	5

3. Если при проверке размеров и правильности формы, отобранных от партии изделий только одно изделие не соответствует требованиям ГОСТ 530-2012, отобранные образцы подвергают дальнейшим испытаниям. Партия

приемке не подлежит, если два из отобранных от партии изделий не соответствуют требованиям настоящего стандарта.

4. Проводят испытания образцов по показателям, представленным в таблице 12, п. 2-6 по методикам, указанным в п. 7 ГОСТ 530-2012.

5. Если по результатам испытаний получены неудовлетворительные результаты, проводят повторные испытания изделий по этому показателю на удвоенном числе образцов, отобранных от этой партии.

6. Партию принимают, если результаты повторных испытаний соответствуют всем требованиям настоящего стандарта; если не соответствуют – партию не принимают.

Методика выполнения работы:

1. Получить номер варианта у преподавателя.

2. Сравнить результаты испытания керамического кирпича, представленные в таблице 8.2 с требованиями ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камни керамические. Общие технические условия».

3. Сделать вывод о соответствии или не соответствии керамического кирпича требованиям стандарта и определить марку по прочности кирпича и группу по теплотехнической эффективности.

Таблица 8.2 – Результаты испытаний

№ п.п.	Наименование показателя	Вариант				
		1	2	3	4	5
1.	Отклонения от номинальных размеров (максимальные), мм: - по длине - по ширине - по толщине	 + 4 - 1 - 4	 + 2 + 4 - 1	 - 3 - 2 +1	 +3 -4 +1	 +1 +3 -2
2.	Количество изделий имеющих отклонения от размеров выше указанных в п. 1, мм: - по длине - по ширине - по толщине	 2 18 2	 4 1 8	 4 12 19	 2 1 21	 25 4 16
3.	Средняя плотность, кг/м3	1400	1250	1100	900	1600
4.	Водопоглощение, %	7	8	8	12	6
5.	Предел прочности при сжатии, МПа: - средний - наименьший	14,1 12,2	13,7 11,0	10,5 9,2	8,7 6,9	18,2 13,4
6.	Предел прочности при изгибе, МПа: - средний - наименьший	2,1 1,4	2,7 1,6	2,4 1,5	1,9 1,1	3,5 2,1
7.	Морозостойкость, цикл	75	50	35	25	75

Заключение: Кирпич керамический по показателям качества (не)соответствует требованиям ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камни керамические. Общие технические условия» и имеет марку по прочности М ___, группу по теплотехнической эффективности ___. Партия продукции (не)может быть принята.

Задачи для самостоятельного решения

На строительную площадку поступила партия керамического кирпича полнотелого. Лаборатория провела серию испытаний кирпича, случайно отобранных из разных мест партии, результаты которых представлены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Результаты испытания кирпича

Параметр	**Номер образца**									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Геометрически размеры, мм										
длина	250,5	251	250	249,5	253	248	254	247	250	252
ширина	120	122	121	119	120	124	123	118	120,5	121
высота	63	65	62	67	68	65	66	67	64	65
Масса в естественном состоянии, кг	2,1	1,95	2,0	1,85	1,8	2,1	1,9	2,15	1,85	1,9
Масса в насыщенном водой состоянии, кг	2,07	2,0	2,01	1,85	1,8	2,0	1,8	2,05	1,77	1,79
Масса в сухом состоянии, кг	1,95	1,9	1,95	1,75	1,79	1,85	1,74	1,98	1,7	1,72
Разрушающая нагрузка при испытании на изгиб, кгс/см^2	70	65	60	72	67	63	68	67	69	70
Разрушающая нагрузка при испытании на сжатие, кгс/см^2	2200	2700	2500	2650	2800	2750	2550	2600	2800	2750
Морозостойкость, циклы	80	75	72	79	74	70	77	73	71	78

Определить соответствие кирпича требованиям стандарта:

- отклонения от номинальных размеров (максимальные), мм;
- среднюю плотность, кг/м^3;
- группу по теплотехнической эффективности;
- водопоглощение, %;
- прочность при изгибе и сжатии (установить марку кирпича по прочности);
- морозостойкость.

Сделать вывод: принимается партия ил нет.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9
«Составление карт контроля качества выполнения СМР»

Время выполнения – 2 ч.

***Цель работы*:** научиться составлять карту контроля качества строительной продукции.

Теоретическая часть:

Одной из наиболее ценных составляющих профессиональной деятельности мастера строительно-монтажных работ является его способность осуществлять документационное сопровождение технологических процессов. Умение организовывать контроль и учет материальных элементов строительного производства на сегодня относится к весьма дефицитным профессиональным компетенциям строителя-технолога.

Общие сведения о Системе контроля качества строительных работ.

Система контроля качества строительных работ состоит из следующих элементов [10]:

– обеспечение строительного контроля (входной контроль рабочей (проектной) документации, входной контроль строительных материалов и оборудования, операционный контроль, геодезический контроль, лабораторный контроль, приемочный контроль, инспекционный контроль, предусмотренные законодательством и нормативными документами);

– наличие и использование нормативной документации (технические регламенты, национальные стандарты, своды правил, ГОСТы, СНиПы, ППР, технологические карты, инструкции, схемы операционного контроля и т. п.);

– создание организационной структуры, обеспечивающей систему контроля качества с распределением ответственности и полномочий должностных лиц;

– обеспечение контроля за своевременным повышением квалификации ИТР с проведением аттестации;

– ведение исполнительной документации по оформлению результатов строительного контроля (журналы учета выполнения работ, акты на скрытые работы, акты освидетельствования ответственных конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения и т. п.);

– метрологическое обеспечение строительства в соответствии с Федеральным законом № 102

Строительный контроль осуществляется в соответствии с требованиями Федеральных законов №№ 184, 190 и 384, Постановления Правительства РФ № 468, СП 48.13330-2011, СП 11-110-99, РД-11-02-2006, РД-11-04-2006, РД-11-05-2007, а также иных нормативных документов и включает в себя:

– строительный контроль, осуществляемый подрядчиком (внутренний);

– строительный контроль, осуществляемый застройщиком или заказчиком (внешний).

Перечень осуществляемых видов контроля с указанием ответственных лиц приведен в прил. 1-2.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 468 предметом строительного контроля является проверка выполнения работ при строительстве объектов капитального строительства на соответствие требованиям проектной и подготовленной на ее основе рабочей документации, результатам инженерных изысканий, требованиям градостроительного плана земельного участка, требованиям технических регламентов в целях обеспечения безопасности зданий и сооружений.

Строительный контроль, осуществляемый подрядчиком, включает проведение следующих контрольных мероприятий:

а) проверка качества строительных материалов, изделий, конструкций и оборудования, поставленных для строительства объекта капитального строительства (далее соответственно – продукция, входной контроль);

б) проверка соблюдения установленных норм и правил складирования и хранения применяемой продукции;

в) проверка соблюдения последовательности и состава технологических операций при осуществлении строительства объекта капитального строительства;

г) совместно с заказчиком освидетельствование работ, скрываемых последующими работами (скрытых работ), и промежуточная приемка возведенных строительных конструкций, влияющих на безопасность объекта капитального строительства, участков сетей инженерно-технического обеспечения;

д) приемка законченных видов (этапов) работ;

е) проверка совместно с заказчиком соответствия законченного строительством объекта требованиям проектной и подготовленной на ее основе рабочей документации результатам инженерных изысканий, требованиям градостроительного плана земельного участка, технических регламентов.

1. Входной контроль.

1.1. Входной контроль рабочей документации

Общие требования по осуществлению входного контроля рабочей документации содержатся в п. 5.4. СП 48.13330.2011.

1.2. Входной контроль материалов, изделий и конструкций

Целью входного контроля продукции поставщика (строительных, материалов, изделий, конструкций и оборудования) является недопущение применения при строительстве материалов и оборудования, не соответствующих требованиям национальных стандартов, ГОСТ, технических условий и других нормативных документов.

2. Операционный контроль.

Общие требования по осуществлению операционного контроля содержатся в п. 7.1.6 СП 48.13330.2011.

Операционный контроль должен осуществляться при выполнении строительных процессов/видов работ или технологических операций и обеспечивать своевременное выявление дефектов и причин их возникновения, а также своевременное принятие мер по их устранению и предупреждению.

3. Приемочный контроль.

Приемочный контроль производится для проверки и оценки качества (оценки соответствия) законченных строительством объектов или их частей, а также скрытых работ и отдельных ответственных конструкций.

Методические указания:

Для выполнения работы требуется изучить лекционный материал и дополнительный материал [10].

Заполнить карту контроля качества строительной продукции в соответствии с выданным заданием.

Задания для выполнения

Варианты заданий:

1. Монтаж панелей перекрытия.
2. Кирпичная кладка стен.
3. Бетонирование стен при монолитном строительстве.
4. Кладка внутренних перегородок из газосиликата.
5. Монтаж крупноблочных ленточных фундаментов.
6. Штукатурные работы.
7. Малярные работы.

Составление карты контроля качества выполняется по форме, представленной в таблице 9.1.

Таблица 9.1

Карта контроля качества строительной продукции

Вид контроля (стадии)	**Объект контроля**	**Параметр контроля**	**Характеристики контроля**					
			полнота проверки	**по связи с объектом по времени**	**по воздействию на контролируемую продукцию**	**по степени использования средств и методу контроля**	**по структуре организации**	**по уровню технической оснащенности**
Входной								
Операционный								
Приемочный								

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / Т.О. Перемитина. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2016 – 150 с.

2. Основы стандартизации, метрологии и сертификации: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям стандартизации, сертификации и метрологии (200400), направлениям экономики (080100) и управления (080500) / А.В. Архипов, Ю.Н. Берновский, А.Г. Зекунов [и др.]; под редакцией В.М. Мишина. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. – 447 с. – ISBN 978-5-238-01173-8. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/74900.html. - Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3. Медведева О.И. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие / О.И. Медведева, М.В. Семибратова. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 153 с.

4. Пазушкина О.В. Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества: учебное пособие / О.В. Пазушкина. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 148 с.

5. Викулина В.Б. Метрология. Стандартизация. Сертификация: учебное пособие / В.Б. Викулина, П.Д. Викулин. – М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2011. – 200 с. – ISBN 978-5-7264-0556-8. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/16370.html. - Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. – Томск: Томский политехнический университет, 2015. – 187 с. – ISBN 978-5-4387-0464-5. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/34681.html. - Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7. Гребенщикова М.М. Основы метрологии, стандартизации и сертификации в легкой промышленности: учебное пособие / М.М. Гребенщикова, М.М. Миронов. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. – 120 с. – ISBN 978-5-7882-2246-2. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: https://www.iprbookshop.ru/79454.html. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

8. Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества: методические указания к выполнению практических и лабораторных работ для студентов направлений подготовки 08.03.01 «Строительство», 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» всех форм обучения / сост. Солонина В.А., Панченко Ю.Ф., Панченко Д.А.; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2017. – 40 с.

9. Метрология и сертификация: методические указания к практическим занятиям / сост.: С.В. Пономарев, Г.В. Шишкина, М.Ю. Серегин, Г.В. Мозгова, А.П. Савенков. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 56 с.

10. Основы организации контроля и учета в строительстве: крат. Справ. мастера строит.-монт. Работ / сост. Н. И. Фомин, К. В. Бернгардт ; науч. ред. Г. С. Пекарь. – Екатеринбург: Издательство УМЦ УПИ, 2015 – 266 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение…….. 3
Лабораторная работа № 1 «Единицы измерений. Правила округления результатов и погрешностей измерений»…… 5
Лабораторная работа № 2 «Вычисление абсолютных, относительных и приведённых погрешностей средств измерений»……... 8
Лабораторная работа № 3 «Расчет погрешности при выборе методов и средств измерений»……..……..… 14
Лабораторная работа № 4 «Обработка результатов измерений, содержащих случайные погрешности»…..…….. 18
Лабораторная работа № 5 «Обнаружение и критерии оценки грубых погрешностей (промахов)»…….……... 21
Лабораторная работа № 6 «Многократные равноточные измерения»…….. 24
Лабораторная работа № 7 «Вычисление погрешностей при различных способах задания классов точности средств измерений»……..……..… 28
Лабораторная работа № 8 «Контроль качества строительных материалов»……..….. 37
Лабораторная работа № 9 «Составление карт контроля качества выполнения СМР»……. 40
Список рекомендованной литературы ……... 44
Приложения…… 46

Приложение 1

Перечень осуществляемых видов контроля с указанием ответственных лиц

№ п/п	*Вид контроля*	*Сроки осуществления*	*Ответственные лица*
1	Входной контроль рабочей (проектной) документации от заказчика	Постоянно, по мере поступления документации	Технический директор (гл. инженер) и /или начальник
2	Входной контроль строительных материалов и оборудования	Постоянно, при поступлении строительных материалов, изделий, конструкций и оборудования от поставщика	Производитель работ, (мастер, прораб, начальник участка), закреплённый приказом по конкретному объекту
3	Операционный контроль	По ходу выполнения видов работ, технологических операций и после завершения видов работ, технологических операций	Производитель работ (мастер, прораб, начальник участка), закрепленный приказом по конкретному объекту
4	Лабораторный контроль	Постоянно в процессе ведения входного и операционного контроля, по мере поступления от поставщиков продукции, подлежащей лабораторному контролю	Технический директор (главный инженер) или начальник ПТО, производитель работ
5	Геодезический контроль	При приемке от заказчика, вынесенной в натуру геодезической разбивочной основы и в процессе ведения операционного и приемочного контроля	Геодезист или производитель работ
6	Приемочный контроль	При приемке работ у исполнителей (бригад, звеньев, отдельных рабочих); при промежуточной приемке ответственных конструкций, этажей, ярусов, секций, скрытых работ и т. п.; при сдаче фронта работ субподрядчикам; при приемке выполненных работ субподрядчиками	Производитель работ (мастер, прораб, начальник участка), закрепленный приказом по конкретному объекту, геодезист, зам. директора (главный инженер), начальник ПТО, совместно с представителями субподрядных организаций, представителями заказчика
7	Инспекционный контроль	Выборочно, по ходу выполнения работ	Зам. директора (главный инженер), начальник ПТО совместно с представителем заказчика и авторским надзором проектной организации (при наличии)

8	Строительный контроль	Постоянно	Представитель, осуществляющий контроль: – заказчика или застройщика, уполномоченный соответствующим приказом; – подрядчика, уполномоченный соответствующим приказом

Приложение 2

Виды строительного контроля

<table>
<tr><td colspan="7">По объекту контроля</td></tr>
<tr><td colspan="2">Контроль количественных характеристик свойств продукции</td><td colspan="3">Контроль технологического процесса (его режимов, параметров)</td><td colspan="2">Контроль качественных характеристик свойств продукции</td></tr>
<tr><td colspan="7">По стадиям производственного процесса</td></tr>
<tr><td colspan="2">Входной – контроль поступающей продукции</td><td colspan="3">Операционный – контроль продукции во время выполнения операций</td><td colspan="2">Приемочный – контроль готовой продукции</td></tr>
<tr><td colspan="7">По полноте проверки</td></tr>
<tr><td colspan="3">Сплошной</td><td colspan="4">Выборочный</td></tr>
<tr><td colspan="7">По связи с объектом контроля по времени</td></tr>
<tr><td colspan="2">Летучий</td><td colspan="3">Непрерывный</td><td colspan="2">Периодический</td></tr>
<tr><td colspan="7">По воздействию на контролируемую продукцию</td></tr>
<tr><td colspan="3">Разрушающий</td><td colspan="4">Неразрушающий</td></tr>
<tr><td colspan="7">По степени использования средств и методов контроля</td></tr>
<tr><td>Измеритель-ный</td><td>Регистрацион-ный</td><td>Органолеп-тический</td><td>По контрольному образцу</td><td colspan="3">Технический осмотр</td></tr>
<tr><td colspan="7">В зависимости от уровня технической оснащенности</td></tr>
<tr><td>Ручной</td><td>Механизирован-ный</td><td>Автоматизиро-ванный</td><td>Автоматический</td><td colspan="3">Активный</td></tr>
<tr><td colspan="7">По структуре организации</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самоконтроль</td><td colspan="3">Одноступенчатый</td><td colspan="2">Многоступенчатый</td></tr>
<tr><td colspan="7">По типу проверяемых параметров и признаков качества</td></tr>
<tr><td>Контроль геометри-ческих параметров</td><td>Контроль физических свойств</td><td>Контроль механи-ческих свойств</td><td>Контроль химичес-ких свойств</td><td>Металло-графичес-кие иссле-дования</td><td>Контроль функци-ональных парамет-ров</td><td>Визуаль-ный контроль</td></tr>
</table>

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ, СЕРТИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов направления 08.03.01 «Строительство»
профиль «Менеджмент строительных организаций»
всех форм обучения

Составитель: Баутина Елена Владимировна

Компьютерный набор Е.В. Баутиной

Подписано к изданию _____.
Уч.-изд. л. 2,5.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14

Участок оперативной полиграфии издательства ВГТУ
394026 Воронеж, Московский просп., 14

ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный технический университет»

СПРАВОЧНИК МАГНИТНОГО ДИСКА

(Кафедра управления)

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ, СЕРТИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов направления 08.03.01 «Строительство»
профиль «Менеджмент строительных организаций»
всех форм обучения

Составитель: Е.В. Баутина

МУ ППРЭД (очное).pdf (наименование файла) | 000 Кб (объем файла) | 28.12.2020 (дата) | 2,8 уч.-изд.л (объем издания)