

941

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ, СЕРТИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ для студентов обучающихся
по направлениям 08.03.01 «Строительство»,
08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», 23.05.06.65
"Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей"
профиль «Автомобильные дороги», «Автодорожные мосты и тоннели»,
«Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений» и
«Мосты»*

Воронеж 2015

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

Кафедра проектирования автомобильных дорог и мостов

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ, СЕРТИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Методические указания

*к выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся
по направлениям 08.03.01 «Строительство»,
08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», 23.05.06.65
"Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей"
профиль «Автомобильные дороги», «Автодорожные мосты и тоннели»,
«Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений» и
«Мосты»*

Воронеж 2015

УДК 006(07)+658.562(07)+531.7(07)
ББК 30.10 ц

Составители
Т.В. Самодурова, А.В. Андреев

Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества: метод. указания к вып. лабораторных работ по дисциплине «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества» для студ. напр. 08.03.01, 08.05.01, 23.05.06.65 / Воронежский ГАСУ; сост.: Т.В. Самодурова, А.В. Андреев. – Воронеж, 2015 - 41 с.

В методических указаниях дана последовательность выполнения лабораторных работ по всем разделам учебной дисциплины «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества»: цель работ, основные теоретические положения, порядок и примеры проведения расчетов. Приведены все необходимые справочные данные из нормативных документов. Предназначены для студентов, обучающихся по направлениям 08.03.01- «Строительство», 08.05.01 - «Строительство уникальных зданий и сооружений», 23.05.06.65 "Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей" профиль «Автомобильные дороги», «Автодорожные мосты и тоннели», «Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений» и «Мосты»

Ил. 4. Табл. 20. Библиогр.: 12 назв.

УДК 006(07)+658.562(07)+531.7(07)
ББК 30.10 ц

*Печатается по решению учебно-методического совета
Воронежского ГАСУ*

Рецензент – *Вл.П. Подольский, д.т.н., проф. кафедры строительства и эксплуатации автомобильных дорог Воронежского ГАСУ*

ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс на современном этапе неразрывно связан с повышением качества продукции на основе совершенствования метрологического обеспечения и стандартизации. Дорожное хозяйство характеризуется разнообразием и специфичностью выпускаемой продукции, продолжительностью производственного цикла, изменчивостью природных условий, различием физических свойств применяемых материалов. Это накладывает свой отпечаток на систему управления качеством и требует совершенствования подготовки инженерно-технического персонала по вопросам метрологии, стандартизации и сертификации, что и является целью изучения данной дисциплины.

Учебная дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» базируется на предварительном изучении студентами курсов высшей математики (теория вероятностей, математическая статистика) и физики (физические явления, единицы измерения физических величин).

Знание метрологии, стандартизации и сертификации необходимо для практической деятельности инженера-дорожника. Подготовка специалистов заключается в усвоении основ выбора и применения различных средств и методов измерения параметров при дорожных работах с заданной точностью. В результате изучения дисциплины студент должен знать виды погрешностей измерений и способы снижения их влияния на результаты измерений, категории и виды стандартов, основные стандарты, применяемые в дорожной отрасли, методы оценки и основные показатели качества для автомобильных дорог, а также принципы управления качеством.

Настоящие методические указания и задания соответствуют требованиям Государственного образовательного стандарта (ГОС), программе курса и учитывают специфику дорожной отрасли.

В соответствии с учебными планами студенты заочного обучения при изучении курса «Метрология, стандартизация и сертификация», используя данные методические указания, выполняют контрольную работу. Контрольная работа содержит решение практических заданий первых трех лабораторных работ. Остальные работы выполняются во время аудиторных занятий.

Лабораторные работы студентами дневной формы обучения выполняются во время аудиторных занятий. Все расчеты производятся в специальных тетрадях. Номер варианта задания выбирается студентами по последним цифрам зачетной книжки.

Методические указания содержат описание последовательности выполнения 6 лабораторных работ и все необходимые справочные материалы для расчетов.

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, РАЗМЕРНОСТЬ И РАЗМЕР ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

Метрология – наука об измерениях физических величин, методах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Метрология делится на три самостоятельных и взаимно дополняющих раздела:

1. **Теоретическая метрология** – посвящена изучению общих вопросов теории измерений.

2. **Прикладная метрология**, изучающая вопросы практического применения результатов теоретических исследований в различных прикладных сферах деятельности.

3. **Законодательная метрология**, рассматривающая комплексы взаимосвязанных общих правил, требований и норм, которые нуждаются в регламентации и контроле со стороны государства и направлены на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений (СИ).

Объектами измерений в метрологии являются физические величины.

Физическая величина (ФВ) - характеристика определенного свойства, общая для многих физических объектов в качественном отношении, но индивидуальная в количественном отношении.

Различают **основные, производные и дополнительные** физические величины.

Основные (условно независимые) ФВ – минимальный набор величин, через которые выражаются все остальные физические величины. Выбор их условен, но таков, что производные физические величины выражаются через основные наиболее просто.

Производные (условно зависимые) ФВ – величины, образующиеся в соответствии с уравнением, связывающим ее с основными физическими величинами.

К **дополнительным величинам** относятся: плоский и телесный углы.

Единица физической величины - это физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице и применяемое для количественного выражения однородных физических величин.

Система единиц физических величин - совокупность основных и производных единиц физических величин.

Основные и дополнительные единицы физических величин системы СИ представлены в табл. 1.1.

Размерность - качественная характеристика измеряемой величины, обозначается символом *dim*, происходящим от слова dimension.

Размерность основных физических величин обозначается соответствующими заглавными латинскими буквами.

Например, для длины, массы и времени приняты следующие обозначения размерности: $dim l = L$; $dim m = M$; $dim t = T$.

Для производных ФВ размерность образуется по определенным правилам:

- размерность производной ФВ может быть образована при умножении, делении и возведении в степень размерностей основных ФВ;

- в уравнениях размерности правая и левая части должны совпадать, так как сравниваться могут одинаковые свойства объекта.

Размер физической величины – количественная характеристика измеряемой величины [1-3].

Таблица 1.1

Основные и дополнительные единицы физических величин системы СИ

Физическая величина	Размерность	Наименование единицы	Обозначение
Основные единицы СИ			
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила тока	I	ампер	A
Термодинамическая температура Кельвина	Θ	кельвин	K
Сила света	J	кандела	кд
Количество вещества	N	моль	моль
Дополнительные единицы СИ			
Плоский угол	-	радиан	рад
Телесный угол	-	стерадиан	ср

Лабораторная работа №1. Физические величины, определение размерности физической величины

Цель работы – ознакомится с основными, дополнительными и производными физическими величинами международной системы единиц (СИ) и размерностью физических величин.

В лабораторной работе необходимо выполнить два задания. Номера вариантов заданий выбираются по последней цифре шифра студенческого билета, а сами задания в соответствии с прил. 1 (табл. П.1.1 и табл. П.1.2).

Задание № 1. Из перечисленных в задании величин (табл. П.1.1) выбрать основные, производные, дополнительные физические величины, а также установить безразмерные величины и записать их в соответствующие колонки табл. 1.2.

Таблица 1.2

Основные физические величины	Производные физические величины	Дополнительные физические величины	Безразмерные величины
1.	1.	1.	1.
2.	2.	2.	2.

Задание № 2. Для указанных в задании формул (табл. П.1.2) необходимо:

1. Указать размерности всех входящих в формулу величин.
2. Найти размерность физической величины, указанной в выбранном варианте задания.
3. Используя данные СН 528-80 (табл. П.1.3), найти наименование и обозначение единицы измерения данной физической величины в системе СИ.
4. Указать в формуле основные, производные и безразмерные величины.

Пример выполнения задания № 2

Диаметр круга, равновеликого отпечатку движущегося колеса, определяется по формуле

$$D_{\partial} = \sqrt{\frac{4K_{\text{дин}}Q_{\text{н}}}{\pi p_p}},$$

где $K_{\text{дин}}$ - коэффициент динамичности; $Q_{\text{н}}$ - нагрузка на колесо, кН;
 p_p - давление воздуха в шинах, МПа.

Необходимо найти размерность диаметра круга, наименование и обозначение единицы измерения этой физической величины.

Решение:

1. Используя [4], выписка из которого представлена в табл. П.1.3, найдем размерности всех входящих в формулу величин:

$$\dim Q_{\text{н}} = LMT^{-2};$$

$$\dim p_p = L^{-1}MT^{-2};$$

$K_{\text{дин}}, \pi$ – безразмерные величины.

2. Так как физическая величина "диаметр круга" находится в левой части уравнения, то ее размерность можно определить путём подстановки в правую часть уравнения размерностей, входящих в формулу величин (без учёта коэффициентов и безразмерных величин):

$$\text{Dim}D_{\partial} = \sqrt{\frac{\dim Q_{\text{н}}}{\dim p_p}} = \sqrt{\frac{L \times M \times T^{-2}}{L^{-1} \times M \times T^{-2}}} = \sqrt{L^2} = L$$

3. В соответствии с [4] (табл. П.1.3) находим наименование и обозначение физической величины.

Наименование – метр.

Обозначение – м.

4. К основным физическим величинам относится диаметр круга D_{∂} , к производным – нагрузка на колесо $Q_{\text{н}}$, давление воздуха в шинах p_p , к безразмерной величине - коэффициент динамичности $K_{\text{дин}}$.

2. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ, ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение – совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины, позволяющего сопоставить измеряемую величину с ее единицей и получить значение величины. Это значение называют **результатом измерений**.

Результат измерений должен сопровождаться указанием погрешности, с которой он получен.

Истинное значение физической величины неизвестно и применяется в теоретических исследованиях, действительное значение величины определяется экспериментально из предположения, что результат эксперимента (измерения) наиболее близок к истинному значению величины.

Цель любого измерения – получение результата измерений с оценкой истинного значения измеряемой величины. Для этого проводится обработка результатов измерений с помощью методов теории вероятностей и математической статистики.

Обработка результатов прямых равноточных измерений

Прямыми называются измерения, результат которых позволяет непосредственно получить искомое значение величины.

Равноточными называются измерения, которые проводятся средствами измерений одинаковой точности по одной и той же методике при неизменных внешних условиях.

Неравноточными называются измерения физической величины, выполненные различными по точности средствами измерений и (или) в разных условиях. Методика обработки результатов равноточных и неравноточных измерений различна.

В зависимости от числа измерений, проводимых во время эксперимента, различают **одно-** и **многократные** измерения.

Однократными называются измерения, выполненные один раз.

К многократным относятся измерения одного и того же размера физической величины, следующие друг за другом.

Считается, что однократные измерения физической величины допустимы только в порядке исключения, так как они по существу не позволяют судить о достоверности измерительной информации.

Известно, что при 7 ... 8 измерениях оценки их результатов приобретают некоторую устойчивость. Если необходимо получение достоверных результатов измерений, то их количество должно быть 25 ... 30.

Если объект измерений исследуется впервые и, кроме предварительных, обычно расчетных значений величин, о нем мало что известно, то в этом случае количество измерений должно быть увеличено до 50 ... 100.

Главная цель увеличения количества измерений (если систематическая составляющая погрешности исключена) состоит в уменьшении случайности результата измерений и, следовательно, в наилучшем приближении результата к истинному значению физической величины [1-3].

Задача обработки результатов многократных измерений заключается в нахождении оценки измеряемой величины и доверительного интервала, в котором находится ее истинное значение. Обработка должна проводиться в соответствии с ГОСТ 8.207-76 «ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Общие положения» [5].

Исходной информацией для обработки является ряд из n ($n > 4$) результатов измерений $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, из которых исключены известные систематические и грубые погрешности.

В большинстве случаев при обработке прямых равноточных измерений исходят из предположения, что распределение результатов измерений, как случайной величины, подчиняется нормальному закону. При этом предположении последовательность обработки результатов прямых многократных измерений состоит из следующих этапов:

- определения среднего арифметического значения (математического ожидания) \bar{X} измеряемой величины по формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (2.1)$$

где n – количество измерений;

- определения среднего квадратического отклонения результата измерения по формулам

- при $n > 30$

$$\sigma = \sqrt{\frac{D}{n}}, \quad (2.2)$$

- при $n \leq 30$

$$\sigma = \sqrt{\frac{D}{n-1}}, \quad (2.3)$$

где D - дисперсия (разброс) результатов измерений, определяется по формуле

$$D = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2; \quad (2.4)$$

- определения среднего квадратического отклонения для среднего арифметического значения по формуле

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} . \quad (2.5)$$

Результат измерения записывается в виде границ доверительного интервала

$$X = \bar{X} \pm t_c \times \sigma_X \quad (2.6)$$

при заданной доверительной вероятности P_d , где t_c – коэффициент Стьюдента.

Числовые значения коэффициента Стьюдента приведены в прил. 2, табл. П. 2.1

Обработка результатов косвенных измерений

Косвенное измерение – измерение, при котором значение физической величины Y определяют на основании результатов прямых измерений других физических величин $X_1 \dots X_i \dots X_k$, функционально связанных с искомой

$$Y = f(X_1, \dots, X_i, \dots, X_k) . \quad (2.7)$$

Методика обработки результатов косвенных измерений приведена в нормативном документе МИ 2083-90 «ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей» [6].

Если функция (2.6) нелинейная, то при обработке результатов используют метод линеаризации, в соответствии с которым результирующую погрешность косвенных измерений вычисляют по формуле

$$\sigma_Y = \pm t_c \times \sqrt{\sum_{i=1}^k \left(\frac{\partial f}{\partial X_i}\right)^2 \times \sigma_i^2} . \quad (2.8)$$

Результат измерения записывается в виде

$$Y = f(X_1, \dots, X_i, \dots, X_k) \pm \sigma_Y \quad (2.9)$$

при заданной доверительной вероятности P_d .

Основные метрологические характеристики средств измерений.

Класс точности

Для получения значения какой-либо физической величины используются различные средства измерений, которые независимо от их исполнения имеют ряд общих свойств, необходимых для выполнения ими функционального назначения. Технические характеристики, описывающие эти свойства и оказывающие влияние на результаты и погрешности измерений, называются **метрологическими характеристиками средств измерений**.

В соответствии с ГОСТ 8.009-84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» [7] к основным метрологическим характеристикам относятся:

1. **Длина деления шкалы** — это расстояние между серединами двух соседних отметок (штрихов, точек) шкалы.

2. **Цена деления шкалы** — это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы (у микрометра она равна 0,01 мм).

3. **Градуировочная характеристика** — зависимость между значениями величин на выходе и входе средства измерений.

4. **Диапазон показаний** — область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы, то есть наибольшим и наименьшим значениями измеряемой величины.

5. **Диапазон измерений** — область значений измеряемой величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерения.

6. **Чувствительность** прибора — отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к изменению измеряемой величины (сигнала) на входе.

7. **Вариация** (нестабильность) показаний прибора — алгебраическая разность между наибольшим и наименьшим результатами измерений при многократном измерении одной и той же величины в неизменных условиях.

8. **Стабильность** средства измерений — свойство, выражающее неизменность во времени его метрологических характеристик (показаний).

Класс точности — обобщенная характеристика средств измерений определенного типа, позволяющая судить о том, в каком диапазоне находится суммарная погрешность измерений. Совокупность метрологических характеристик, определяющих класс точности, отражается в стандартах или технических условиях. Общие требования при делении средств измерений на классы точности приведены в ГОСТ 8.401 - 80 «Классы точности средств измерений. Общие требования» [8].

Средствам измерений с несколькими диапазонами измерений одной и той же физической величины или предназначенным для измерений разных физических величин могут быть присвоены различные классы точности для каждого диапазона или каждой измеряемой величины.

Обозначения классов точности наносятся на циферблаты, щитки и корпуса средств измерений. При этом в эксплуатационной документации на средства измерений, содержащей обозначение класса точности, должна быть ссылка на стандарт или технические условия, в которых установлен класс точности для этого типа средств измерений.

Обозначения могут иметь форму заглавных букв латинского алфавита или римских цифр (I, II, III и т. д.) с добавлением условных знаков. Смысл таких обозначений раскрывается в нормативно-технической документации. Если же класс точности обозначается арабскими цифрами из ряда (1; 1,5; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6) 10^n , где $n = 1; 0; -1; -2$, то эти цифры непосредственно оценивают погрешность измерения. Таким образом, значение измеряемой величины не отличается от того, что показывает указатель отсчетного устройства, более, чем на

соответствующее число процентов от верхнего предела измерений. Если 0 находится внутри шкалы, то берется число процентов от большего по модулю пределов измерений. Класс точности позволяет определить не точность конкретного измерения, а лишь указать пределы, в которых находится значение измеряемой величины и присваивают данному типу средств измерений по результатам приемочных испытаний.

Лабораторная работа №2. Обработка результатов измерений, классы точности средств измерений

Цель работы – ознакомиться с методиками обработки результатов прямых равноточных и косвенных измерений, основными метрологическими характеристиками средств измерения.

В лабораторной работе необходимо выполнить три задания. Номера вариантов заданий выбираются по последней цифре шифра студенческого билета, а сами задания в соответствии с прил. 2 (табл. П. 2.2 – П. 2.4).

Задание № 1. Найти среднее значение расстояния между ориентирами осей здания при количестве измерений равно n и доверительном интервале, в котором находится это значение, с доверительной вероятностью P_δ .

Пример выполнения задания № 1

Необходимо найти среднее значение расстояния между ориентирами при пятикратном измерении, если получены следующие значения: 20,489; 20,483; 20,485; 20,488; 20,494 (м), и определить доверительный интервал, в котором находится это значение, с доверительной вероятностью $P_\delta = 0,98$.

Решение

- определим среднее значение измеренной величины по формуле (2.1):

$$\bar{X} = (20,489 + 20,483 + 20,485 + 20,488 + 20,494)/5 = 20,488;$$

- вычислим среднее квадратическое отклонение σ по формуле (2.3):

$$\sigma = \sqrt{\frac{(20,489 - 20,488)^2 + (20,483 - 20,488)^2 + \dots + (20,494 - 20,488)^2}{5 - 1}} = 0,00421;$$

- вычислим среднее квадратическое отклонение для среднего арифметического по формуле (2.5):

$$\sigma_x = \frac{0,00421}{\sqrt{5}} = 0,00188;$$

- определим по формуле (2.6) границы доверительного интервала, в котором с заданной вероятностью $P_\delta = 0,98$ и величиной коэффициента Стьюдента $t_c = 3,75$ (табл. П. 2.1) находится полученное значение:

$$I_{\Delta} = (\bar{X} - t_c \times \sigma_X; \bar{X} + t_c \times \sigma_X) = (20,488 - 0,007; 20,488 + 0,007) = (20,491; 20,495)$$

Результат измерения можно записать в виде $20,488 \pm 0,007$ м при доверительной вероятности $P_{\delta} = 0,98$.

Задание № 2

Найти результат косвенных измерений физической величины при заданной доверительной вероятности.

Пример выполнения задания № 2

Соппротивление нагрузки определяется по закону Ома $R=U/I$. Показания вольтметра $U = 100$ В, амперметра $I = 2$ А. Средние квадратические отклонения показаний: вольтметра $\sigma_U = 0,5$ В, амперметра $\sigma_I = 0,05$ А. Найти доверительные границы истинного значения сопротивления с вероятностью $P_{\delta} = 0,95$

Решение

Найдём среднее значение величины R исходя из средних значений величин вольтметра U и амперметра I :

$$R = 100/2 = 50 \text{ Ом.}$$

Для оценки точности полученного результата вычислим частные производные и частные погрешности измерений:

$$f'_U = \frac{\partial R}{\partial U} = \frac{1}{I} = \frac{1}{2} = 0,5;$$

$$f'_I = \frac{\partial R}{\partial I} = -\frac{U}{I^2} = -\frac{100}{4} = -25.$$

Определим доверительные границы для приборов, приняв величину коэффициента Стьюдента $t_c = 1,96$ для $n = \infty$ (табл. П. 2.1):

$$\Delta U = t_c \times \sigma_U = 1,96 \times 0,5 = 0,98 \text{ В;}$$

$$\Delta I = t_c \times \sigma_I = 1,96 \times 0,05 = 0,098 \text{ А.}$$

По формуле (2.8) рассчитаем результирующую погрешность косвенного измерения:

$$\Delta R = \sqrt{(f'_U)^2 \times \Delta U^2 + (f'_I)^2 \times \Delta I^2} = \sqrt{(0,5)^2 \times (0,98)^2 + (-25)^2 \times (0,098)^2} = 2,5 \text{ Ом.}$$

Следовательно, результат измерения для доверительной вероятности $P_{\delta} = 0,95$ можно записать в виде $50 \pm 2,5$ Ом.

Задание № 3

Найти, в каком диапазоне находится значение измеряемой величины, если известен класс точности прибора, диапазон показаний (шкала прибора) и показание прибора.

Пример выполнения задания № 3

Класс точности прибора $0,5 = 5 \cdot 10^{-1}$, шкала прибора от 0 до 200°C , показание прибора 124°C . Чему равна измеряемая величина?

Решение

Найдём предел допускаемой погрешности как $0,5\%$ от верхнего предела измерений (200°C):

$$200 \times 0,5 / 100 = 1^{\circ}\text{C},$$

следовательно, измеряемая величина равна $T = 124 \pm 1^{\circ}\text{C}$ или находится в пределах $123^{\circ}\text{C} \leq T \leq 125^{\circ}\text{C}$.

3. ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Погрешность измерений – отклонение результатов измерений от истинного (действительного) значения измеряемой величины.

По характеру проявления различают следующие виды погрешностей:

систематические погрешности – это погрешности, которые остаются постоянными или изменяются по определённому закону при повторных измерениях одной и той же величины. Если причины, вызывающие эти погрешности, известны, то погрешности можно скомпенсировать введением поправок;

случайные погрешности – это погрешности, изменяющиеся случайным образом при повторном измерении одной и той же величины. Влияние случайных погрешностей на результат измерения можно уменьшить увеличением числа измерений;

грубые погрешности – это "промахи", которые существенно превышают по модулю допустимые для данных измерений числовые значения погрешностей. Причинами возникновения таких погрешностей могут быть неисправные приборы, резкое нарушение внешних условий или невнимательность экспериментатора.

Грубые погрешности должны быть полностью исключены из дальнейшей обработки результатов измерений, так как они могут привести к неправильным выводам. С помощью статистических методов можно выявить результаты измерений, содержащие грубые погрешности.

Правило (метод) «трех сигм» (критерий Райта). Этот метод применяется для результатов измерений, распределенных по нормальному закону. Согласно методу значение допустимой погрешности равно отклонению результата измерения от истинного значения на 3σ .

Результат X_i содержит грубую погрешность, и его нужно исключить из расчетов, если выполняется одно из соотношений

$$\begin{cases} X_i > \bar{X} + 3\sigma, \\ X_i < \bar{X} - 3\sigma. \end{cases} \quad (3.1)$$

Для проверки соотношений (3.1) по результатам измерения вычисляют основные статистические характеристики:

- среднее значение (математическое ожидание) по формуле (2.1),
- дисперсию (разброс) результатов по формуле (2.4),
- среднее квадратическое отклонение в зависимости от величины n по формулам (2.2) или (2.3).

По методу «трех сигм» из ряда результатов измерений с доверительной вероятностью $P_0=0,997$ исключаются значения, которые находятся за пределами доверительного интервала $(\bar{X} - 3\sigma; \bar{X} + 3\sigma)$. Таким образом, вероятность того, что принадлежащий к нормальной совокупности результат будет ошибочно исключен, составляет 0,3 %, что соответствует уровню значимости $\alpha = 0,003$.

Данный метод дает надежный результат при количестве измерений $n \geq 20$. Среднее значений результатов измерений \bar{X} и среднее квадратическое отклонение σ вычисляют без учета экстремальных значений X_i .

При малом количестве измерений ($n < 20$) для исключения грубых погрешностей применяют *метод Романовского*.

Предельно допустимую ошибку (максимальную крайнюю погрешность) в статистическом ряду измерений вычисляют по формуле [1]

$$\Delta X_{пред} = t_p \times \sigma, \quad (3.2)$$

где t_p - коэффициент, зависящий от количества измерений n и доверительной вероятности P_0 (принимается по специальным таблицам, табл. П. 3.3).

В соответствии с правилом Романовского резко выделяющиеся результаты измерений X_{min} или X_{max} содержат грубую ошибку и исключаются из статистического ряда, если выполняются соотношения

$$\begin{cases} X_{max} - \bar{X} > \Delta X_{пред}, \\ \bar{X} - X_{min} > \Delta X_{пред} \end{cases}, \quad (3.3)$$

Лабораторная работа №3. Грубые погрешности и методы их исключения

Цель работы – ознакомиться с методиками обработки результатов измерений контролируемого параметра, которые содержат грубые погрешности, для их исключения.

В лабораторной работе необходимо выполнить два задания. Номера вариантов заданий выбираются по последней цифре шифра студенческого билета, а задания в соответствии с прил. 3 (табл. П. 3.1 – П. 3.2).

Задание № 1. В результате измерений получено n значений случайной величины (X).

Необходимо определить резко выделяющееся значение и проверить, можно ли его исключить по правилу «трех сигм».

Пример выполнения задания № 1

В результате измерений получено двадцать значений физической величины (X): 4,2; 4,5; 5,2; 4,0; 3,8; 3,6; 3,7; 4,3; 4,2; 3,9; 3,8; 4,1; 3,6; 4,5; 3,7; 4,0; 4,4; 4,2; 3,9; 4,1.

Решение

Значение 5,2 резко отличается от остальных и вызывает сомнение. Проверим, можно ли его использовать при дальнейшей обработке результатов или следует отбросить.

Исключим результат, вызывающий сомнение, и вычислим среднее значение (математическое ожидание) оставшихся результатов измерений по формуле (2.1):

$$\bar{X} = (4,2 + 4,5 + 4,0 + \dots + 4,1) / 19 = 4,026 ,$$

- вычислим дисперсию по формуле (2.4):

$$D = (4,2 - 4,026)^2 + (4,5 - 4,026)^2 + (4,0 - 4,026)^2 + \dots + (4,1 - 4,026)^2 = 1,477 ,$$

- вычислим среднее квадратическое отклонение по формуле (2.3):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1,477}{19-1}} = 0,286 ,$$

- найдем величину 3σ :

$$3\sigma = 3 \times 0,286 = 0,859 .$$

Доверительный интервал, в котором находится результат измерения, составляет

$$I_d = (\bar{X} - 3\sigma; \bar{X} + 3\sigma) = (4,026 - 0,859; 4,026 + 0,859) = (3,166; 4,885) .$$

Таким образом, значение 5,2 не входит в интервал 3σ , следовательно, по правилу «трех сигм» его следует отбросить.

Задание № 2. В результате измерений получено n значений случайной величины (X). Необходимо определить резко выделяющееся значение и прове-

ритель, можно ли его исключить по критерию Романовского с уровнем значимости 0,99.

Пример выполнения задания № 2

В результате измерений получены шесть значений физической величины:

$$7,2 \quad 7,5 \quad 7,1 \quad 6,8 \quad 6,7 \quad 8,3.$$

Последний результат вызывает сомнения. Проверим по критерию Романовского, не является ли он промахом.

Решение

Вычислим среднее арифметическое значение результатов измерений без учёта последнего результата, т.е. для пяти значений по формуле (2.1)

$$\bar{X} = (7,2 + 7,5 + 7,1 + 6,8 + 6,7) / 5 = 7,06,$$

- вычислим дисперсию по формуле (2.4):

$$D = (7,2 - 7,06)^2 + (7,5 - 7,06)^2 + (7,1 - 7,06)^2 + \dots + (6,7 - 7,06)^2 = 0,412,$$

- вычислим среднее квадратическое отклонение по формуле (2.3):

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,412}{5-1}} = 0,321,$$

- найдем предельно допустимую ошибку $\Delta X_{\text{пред}}$.

При количестве измерений $n = 5$ и доверительной вероятности $P_d = 0,99$ коэффициент $t_p = 1,97$ (табл. П. 3.3):

$$\Delta X_{\text{пред}} = 1,97 \times 0,321 = 0,632.$$

Так как при проверке отбрасывалось максимальное значение, проверим первое неравенство в выражении (3.3):

$$(8,3 - 7,06) = 1,24.$$

Выполняется условие $1,24 > 0,632$, следовательно, по критерию Романовского последний результат измерения необходимо отбросить.

4. ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ, ВИДЫ СТАНДАРТОВ

Стандартизация – деятельность по установлению норм, правил и требований в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции работ или услуг.

Стандарт – документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания

услуг. Стандарт также может содержать требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения.

Нормативный документ – документ, устанавливающий требования к объекту стандартизации, обязательный для исполнения, разрабатываемый и утверждаемый в установленном порядке.

Техническое регулирование – правовое регулирование отношений в области установления, применения и использования обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия.

Технический регламент – это документ, который принят международным договором Российской Федерации, ратифицирован в порядке, установленном законодательством РФ, федеральным законом или указом Президента РФ и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации) [1-3, 9].

Понятие «**вид стандарта**» определяет содержание стандарта в зависимости от его назначения.

По назначению различают основополагающие стандарты, стандарты на продукцию, стандарты на услуги, стандарты на процессы (работы), стандарты на методы контроля, стандарты на термины и определения. В дорожном хозяйстве используются в основном стандарты на продукцию.

Основные их виды:

1. **Стандарты общих технических условий**, в которых устанавливаются общие для группы однородной продукции эксплуатационные (потребительские) характеристики, правила приемки, методы контроля, требования к маркировке, упаковке, транспортированию и хранению, комплектность и гарантии изготовителя.

Стандарты технических условий - содержат классификацию, всесторонние требования к конкретной продукции при ее изготовлении, поставке, регламентируют методы испытаний, правила приемки, упаковки, транспортирование, хранение и гарантии изготовителя.

Стандарты технических требований нормируют показатели качества, надежности и долговечности продукции, ее внешний вид, гарантийный срок, срок службы, комплектность поставки, физико-механические характеристики материалов (плотность, водопоглощение, влажность, прочность, морозостойкость и т.д.).

Технические требования могут быть выделены в отдельный стандарт, а могут быть помещены в ГОСТ на технические условия.

Стандарты методов испытаний включают следующие требования:

- порядок отбора проб или образцов,
- методы испытаний материалов и изделий,
- требования к приборам (аппаратуре)
- подготовку к испытанию,
- обработку результатов.

Все сведения о нормативной литературе могут находиться в специальных отраслевых указателях, а также в автоматизированных информационных системах.

Наиболее широкое распространение во многих производственных организациях получила Информационная Система (ИС) «**СтройКонсультант**» - электронный сборник нормативных документов по строительству, действующих на территории Российской Федерации. ИС представляет собой полнотекстовую поисковую базу данных нормативно-технических и нормативных правовых документов, регулирующих строительство на территории Российской Федерации, и содержит реквизиты (сведения о документах) и тексты документов.

Программа использует стандартный оконный пользовательский интерфейс Windows и позволяет осуществлять поиск документов по заданным условиям:

- библиографическим данным;
- ключевым словам документа;
- словам, содержащимся в тексте документа;
- датам.

Информационная система позволяет просмотреть полный текст выбранного документа. Для выбора из нормативного документа необходимой информации и её печати имеется возможность конвертировать этот документ в текстовый редактор Microsoft Word.

Лабораторная работа №4. Основы стандартизации, работа с ИС «СтройКонсультант»

Цель работы – Найти необходимую информацию по дорожно-строительным материалам в государственных стандартах (ГОСТ), овладеть основными навыками работы с информационной системой «СтройКонсультант».

В лабораторной работе необходимо выполнить одно практическое задание.

Задание. Изучив содержание соответствующего стандарта, ответить на вопрос, сформулированный в задании (прил. 4).

Номер варианта задания соответствует последним двум цифрам шифра студенческого билета (для номеров меньше 50). Если номер шифра больше 50, то номер задания определяется по формуле

$$N_{\text{задания}} = N_{\text{шиффа}} - 50. \quad (4.1)$$

По заданию преподавателя при выполнении работы студентами используются либо указатели «Государственные стандарты РФ», либо ИС «СтройКонсультант».

Пример выполнения задания с использованием указателей

Изучив содержание соответствующего стандарта, описать классификацию дорожных битумных эмульсий.

Решение

Для ответа на вопрос необходимо найти нужный стандарт. Все сведения о государственных стандартах находятся в указателе, который выходит в нескольких томах. Начинают поиск с предметного указателя, в который включены наименования объектов стандартизации (ключевые слова). В данном примере объект стандартизации (ключевое слово) – эмульсии дорожные битумные. По предметному указателю данный стандарт находится в группе Ж18.

В группе Ж18 в соответствующем томе указателя стандартов находим наименование и обозначение стандарта.

Так как по содержанию вопроса ответ следует искать в стандарте вида «Технические условия» (см. описание содержания видов стандартов), то нужный стандарт:

ГОСТ 18659-81. Эмульсии битумные дорожные. Технические условия.

В ГОСТ 18659-81 по классификации дорожных битумных эмульсий приведена следующая информация:

« ... 1. КЛАССИФИКАЦИЯ

1.1. По виду ПАВ, используемых в качестве эмульгатора, битумные дорожные эмульсии подразделяют на два вида: анионные (ЭБА) и катионные (ЭБК).

По смешиваемости с минеральными материалами каждый вид эмульсии подразделяют на три класса: анионные - ЭБА-1, ЭБА-2, ЭБА-3; катионные- ЭБК-1, ЭБК-2, ЭБК-3...»

Методика работы с информационной системой «СтройКонсультант»

Решение

Для ответа на вопрос воспользуемся информационной системой «СтройКонсультант».

Для работы с программой необходимо пользоваться командой Поиск/ Найти главного меню (рис. 4.1), которая вызывает окно Поиск документов.

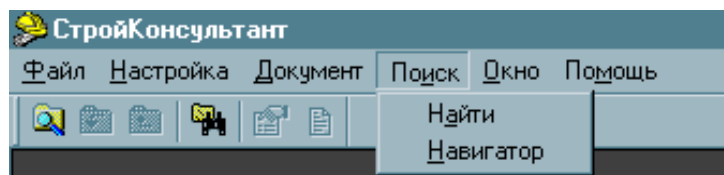


Рис. 4.1. Меню Поиск программы «СтройКонсультант»

В окне Поиск документов, приведенном на рис. 4.2, следует пользоваться запросом по ключевым словам

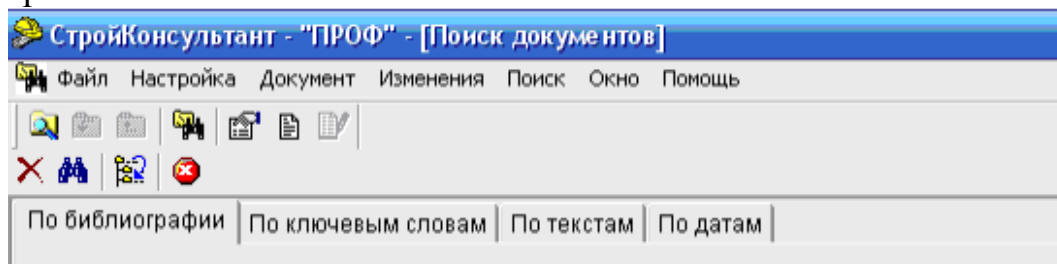


Рис. 4.2. Окно Поиск документов программы «СтройКонсультант»

Часть окна поискового запроса по ключевым словам показана на рис. 4.3.

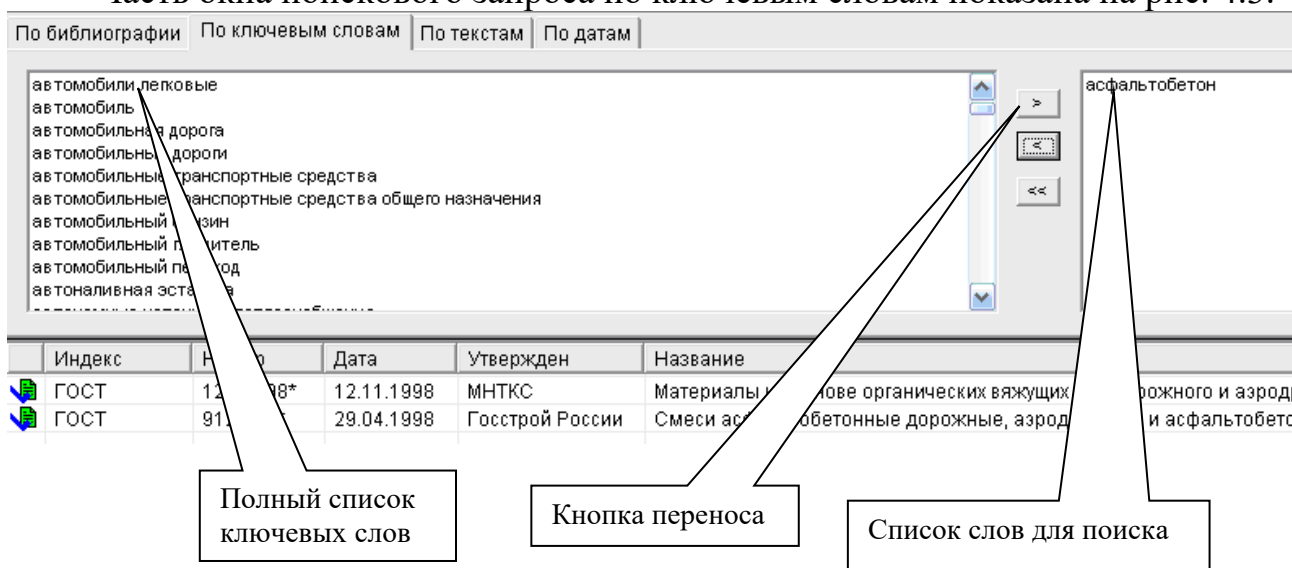





Рис. 4.3. Окно поискового запроса По ключевым словам

Для осуществления поиска пользователю необходимо выбрать в списке слева (полный список ключевых слов документов) ключевое слово и с помощью кнопки « > » переместить его в список слов для поиска.

Начать поиск можно после того, как заданы его критерии. После задания критериев необходимо нажать клавишу **Enter** на клавиатуре или кнопку на панели инструментов. Очистить ранее введенные условия поиска можно нажатием клавиши **ESC** на клавиатуре или кнопки на панели инструментов. Кнопка на панели инструментов позволяет перейти в окно Навигатор и

выделить там выбранный документ. Кнопка  на панели инструментов закрывает окно **Поиск документов**.

Для просмотра полного текста выбранного документа нужно нажать кнопку  на панели инструментов или выбрать команду **Полный текст** в меню **Документ**. Откроется окно с полным текстом выбранного документа.

Для выбора из нормативного документа нужной информации необходимо конвертировать этот документ в текстовый редактор Microsoft Word путём нажатия кнопки  на панели инструментов.

Ответом на задание будет являться текстовый документ Microsoft Word с указанием фамилии и номера группы студента, а также номера и названия ГОСТа и части текста с ответом на заданный вопрос.

В зависимости от содержания задания необходимо пользоваться стандартами «Технические условия» или «Методы испытания».

5. СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Рациональная организация контроля качества дорожно-строительных работ предполагает определение необходимого объема испытаний и выбора мест проведения контроля.

Оптимизация объема работ по контролю качества достигается за счет математического планирования проведения измерений с учетом требований к надежности получаемых результатов, измеряемого параметра, точности используемых средств измерения. Минимальное, необходимое и достаточное количество измерений определяют по формуле [10, 11]

$$N_{\min} = \left(\frac{t \cdot C_v}{\rho} \right)^2, \quad (5.1)$$

где t - нормируемое отклонение, которое принимается по специальным таблицам (прил. 5, табл. П. 5.1) и зависит от категории дороги и количества измерений; C_v - коэффициент вариации измеряемого параметра; ρ - показатель точности измерения параметра (допустимая погрешность).

Характеристику однородности (коэффициент вариации) C_v определяют по результатам серии проведенных измерений.

Показатель точности ρ зависит от метода измерений и класса точности применяемых приборов и может быть определен по технической документации.

Действующие нормативные документы часто указывают конкретные места проведения контрольных измерений. Однако это не гарантирует обеспечения объективности контроля качества работ на участке в целом.

При проведении измерений необходимо обеспечить объективность и достоверность контроля качества работ.

Согласно положениям теории вероятностей необходимая достоверность контроля будет достигнута лишь при случайном выборе мест проведения измерений. Эта задача решается путем проведения измерений в точках, выбранных по закону случайных чисел. Планирование контроля качества статистическими методами производится в следующей последовательности [там же]:

- контролируемый участок автомобильной дороги или аэродрома в зависимости от длины и ширины разбивают на n равных по площади зон;
- каждой зоне присваивают двузначный порядковый номер, начиная с 00;
- с использованием таблицы случайных чисел (см. табл. П. 5.2) определяют номера зон для проведения контроля (количество зон при этом равно N_{min});
- на схеме контролируемого участка отмечают эти зоны, задаются точкой отсчета и определяют координаты X и Y точек для проведения измерений на местности.
- измерения проводят в центре зоны, производят обработку результатов и оценивают качество в баллах с использованием специальных номограмм.

Работа с таблицей случайных чисел производится следующим образом:

- произвольно выбирают первую цифру;
- далее, двигаясь по строке, выбирают последовательно еще N_{min} цифр;
- если среди выбранных чисел есть повторяющиеся, то их пропускают и продолжают выбор дальше.

Лабораторная работа №5. Планирование статистического контроля качества дорожно-строительных работ

Цель работы – ознакомиться с методиками планирования статистического контроля качества дорожно-строительных работ

В лабораторной работе необходимо выполнить одно практическое задание

Задание. Запланировать контроль качества дорожно-строительных работ, используя статистические методы.

Исходные данные выбираются из прил. 5 (табл. П. 5.3 - П. 5.4). Номера вариантов заданий выбираются по предпоследней и последней цифрам шифра студенческого билета. Все необходимые числовые значения параметров приведены в прил. 5.

Пример выполнения задания

Запланировать контроль качества толщины слоя щебня на участке автомобильной дороги III технической категории длиной 250 метров для коэффици-

ента вариации измеряемого параметра $C_v=0,15$. Необходимо определить количество измерений и места проведения контроля.

Решение

Определим количество измерений по формуле (5.1). Показатель точности при измерении толщины слоя дорожной одежды $\rho=0,080$ (табл. П. 5.3).

В формуле (5.1) неизвестны две величины N_{min} и t . Для их нахождения воспользуемся методом подбора, используя данные таблицы П. 5.1.

Примем $N_{min} = 30$, тогда для дороги III технической категории $t=2,04$. Подставим найденные значения в формулу (5.1):

$$N_{min} = \left(\frac{2,04 \times 0,15}{0,080} \right)^2 = 14,6 \approx 15$$

Так как принятое значение N_{min} не равно полученному при расчёте, продолжим подбор, приняв $N_{min} = 15$.

Из табл. П. 5.1 интерполяцией определяем $t=2,145$:

$$N_{min} = \left(\frac{2,145 \times 0,15}{0,080} \right)^2 = 16$$

Так как $15 \approx 16$, принимает $N = 16$.

Таким образом, чтобы получить надежные результаты контроля необходимо произвести 16 измерений.

Запланируем места проведения измерений, они должны быть выбраны случайным образом, чтобы достоверность контроля была высокая.

Произведем разбивку участка дороги на зоны в соответствии с рекомендациями, приведенными в табл. П. 5.5.

Так как длина контролируемого участка менее 300 метров, то независимо от его ширины он делится на 100 частей следующим образом: на 20 равных участков по длине (по 12,5 метра) и на 5 равных участков в поперечном направлении [10, 11].

Назначение мест измерения произведем по таблице случайных чисел (табл. П. 5.2). Произвольно выберем первую цифру, например 13 (6 ряд сверху, 11 столбец слева). Далее по строке выберем еще 15 цифр: 09, 04, 10, 45, 42, 07, 77, 57, 24, 76, 77, 39, 75, 26, 27, так как в ряду случайных чисел есть повторение, исключим одну цифру 77, а возьмём следующую – 15.

Составим план контроля участка дороги. Разобьем его на зоны, пронумеруем их цифрами от 00 до 99 и отметим те места, где будет производиться измерение толщины слоя щебня.

Схема контроля качества представлена на рис. 5.1. На схеме $L_{уч}$ и $B_{уч}$ - длина и ширина участка, X_{13} и Y_{13} – координаты точки проведения измерений (центр зоны №13).

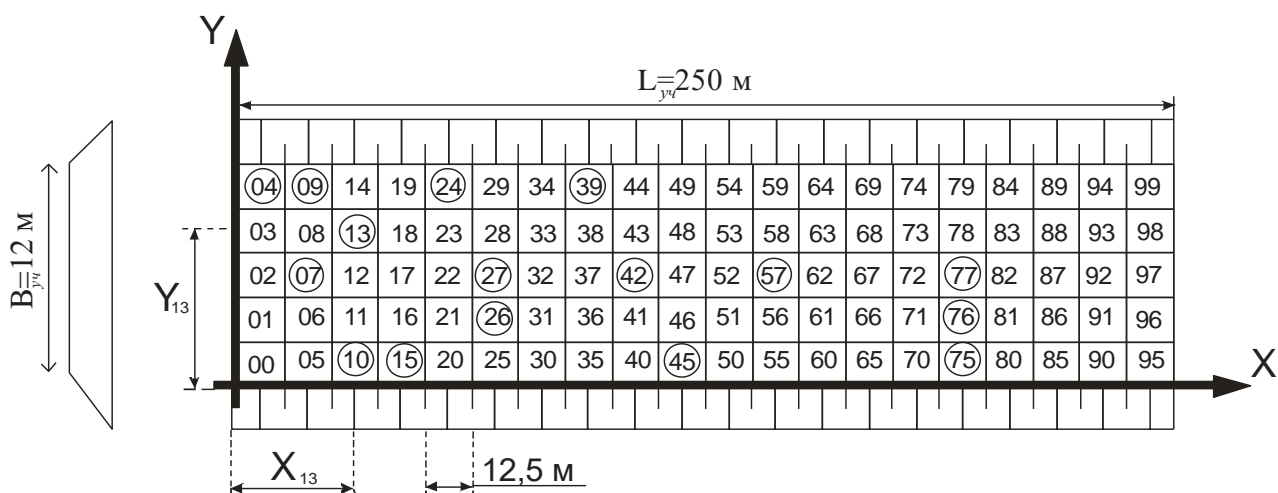


Рис. 5.1. Схема контролируемого участка

В соответствии с разработанным планом производят необходимые измерения на построенном участке дороги. Оценка качества в баллах производится по результатам измерений с помощью специальных номограмм.

6. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ЛАБОРАТОРНАЯ СЛУЖБА

Для обеспечения качества строительных работ в дорожных организациях производят контроль качества дорожно-строительных материалов. Перечень контролируемых показателей и порядок проведения контроля качества материалов регламентируются государственными стандартами.

При проведении контроля качества используется специальное лабораторное оборудование и приборы. Для обеспечения единства измерений и достоверности результатов контроля средства измерений, используемые при лабораторном контроле качества, проходят поверку и калибровку.

В дорожной организации, осуществляющей контроль качества дорожно-строительных материалов, разрабатываются специальные локальные перечни средств измерения, подлежащих поверке и калибровке.

Составление локальных перечней производится в следующей последовательности:

- устанавливают номенклатуру измеряемых показателей качества конкретного материала (по информации ГОСТ),
- указывают применяемые при контроле средства измерения со ссылкой на соответствующие разделы и пункты стандарта,
- указывают код средства измерения и вид метрологического контроля (поверка или калибровка), используя Типовой разделительный перечень средств измерения [12].

Локальный перечень утверждается руководителем дорожной организации и согласовывается в территориальном органе Государственной метрологической службы.

Лабораторная работа №6. Составление локального перечня средств измерений

Цель работы – ознакомиться с методикой составления локального перечня средств измерений, используемых при контроле качества дорожно-строительных материалов

Задание. Определить номенклатуру измеряемых показателей при контроле качества конкретного дорожно-строительного материала, необходимые средства измерения и составить их локальные перечни.

Ход выполнения лабораторной работы

1. Перед выполнением лабораторной работы преподаватель формирует из студентов 5 подгрупп. Каждой выдает задание с наименованием конкретного дорожно-строительного материала (песок, щебень, минеральный порошок, битум нефтяной вязкий, асфальтобетонная смесь), «Типовой разделительный перечень средств измерения» и соответствующие стандарты. Перечень ГОСТ, используемых при выполнении лабораторной работы приведен в прил. 6 (табл. П. 6.1).

2. Изучают содержание ГОСТ технические условия (ГОСТ ТУ) или методы испытания (ГОСТ МИ) на дорожно-строительный материал составляют схему лабораторного контроля качества выбранного материала в виде таблицы, форма которой представлена в табл. 6.1 (столбцы 1-4).

3. Из соответствующего ГОСТ на методы испытаний выписывается аппаратура, необходимая для проведения испытания и записывается в столбец 5 (табл. 6.1).

4. Из «Типового разделительного перечня...» В 6 столбце указывается подгруппа средства измерения (СИ).

5. На основании информации табл. 6.1 составляются «Локальный перечень средств измерения, подлежащих поверке» и «Локальный перечень средств измерений, подлежащих калибровке» в виде таблиц, форма которых представлена в табл. 6.2.

Пример заполнения приведен в таблицах (табл. 6.1 и табл. 6.2)

Таблица 6.1

Схема лабораторного контроля качества песка
(вид дорожно-строительного материала)

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение нормативной документации		Аппаратура, необходимая для проведения испытания		
		на продукцию	на методы испытаний	Наименование	Подгруппа средства измерения или ИО	Вид метрологического контроля
1	2	3	4	5	6	7
1.	Зерновой состав и модуль крупности	ГОСТ 8736-93	ГОСТ 8735-88	Весы по ГОСТ23711 или ГОСТ 24104	1.3	поверка
				Набор сит по ГОСТ 6613	2.2	калибровка
				...		

Таблица 6.2

Перечень средств измерений, подлежащих поверке, калибровке, аттестации

№ п/п	Группа (подгруппа), наименование (тип) средств измерений (испытательного оборудования)	Код по МИ 2314-94	Вид испытаний, вид деятельности *	Измеряемый показатель, стандарт, раздел и пункт	Периодичность
1	2	3	4	5	6
1. Средства измерения механических величин					
	1.3. Средства для измерения массы				
	Весы лабораторные технические	2801631	Зерновой состав и модуль крупности	ГОСТ 8735-88, П.3	12 мес.

2. Средства измерения геометрических величин					
	2.2. Средства измерения технологического назначения				
	Сита и их комплекты	-	Зерновой состав и модуль крупности	ГОСТ 8735-88, П.3	12 мес.

* **Примечания:**

В столбце 4 указываются все виды испытаний из столбца 2 табл. 6.1 где использовались данные средства измерения.

В столбце 5 указываются разделы и пункты ГОСТ МИ.

В столбце 6 указывается периодичность поверок (12 месяцев), калибровок (12 месяцев) и аттестации испытательного оборудования (12, 24 или 48 месяцев). Для термометров периодичность - 24 месяца.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация, сертификация [Текст]: учеб. пособие / А. Г. Сергеев, М. В. Латышев, В. В. Терегеря. – М.: Логос, 2001. – 536 с.
2. Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебник для ВУЗов. 2-е изд. / Ю. В. Димов. – СПб.: Питер, 2004. – 432 с.
3. Гончаров, А. А. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. А. Гончаров, В. Д. Копылов. – М.: Издательский центр Академия, 2004. – 240 с.
4. СН 528-80. Перечень единиц физических величин, подлежащих применению в строительстве [Текст]. – М.: Стройиздат, 1981. – 10 с.
5. ГОСТ 8.207-76. Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Общие положения [Текст]. - М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1976. – 6 с.
6. МИ 2083-90. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей [Текст]. - М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. -10 с.
7. ГОСТ 8.009-84. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 1984. – 40 с.
8. ГОСТ 8.401 – 80. Государственная система обеспечения единства измерений. Классы точности средств измерений. Общие требования [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 1981. – 15 с.
9. Закон РФ «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ [Текст].- Изд-во: Юстицинформ, 2009. – 163 с.
10. Семёнов, В. А. Качество и однородность автомобильных дорог [Текст] / В. А. Семёнов. - М.: Транспорт, 1989. – 125 с.
11. Операционный контроль качества земляного полотна и дорожных одежд [Текст] / под ред. А. И. Тулаева. – М.: Транспорт. 1985. – 244 с.
12. Типовой разделительный перечень средств измерений, применяемых в строительстве автомобильных дорог и подлежащих поверке и калибровке [Текст]: разраб. Федеральной дирекцией лабораторного контроля и обследования автомобильных дорог Федеральной дорожной службы России, 1997. -20 с.

Приложение 1

Задания и справочные материалы для выполнения лабораторной работы № 1

Таблица П.1.1

Варианты практического задания №1 к лабораторной работе №1

Номер варианта	Задание
0	Ширина проезжей части, давление колеса расчетного автомобиля, вариант трассы, время реакции водителя, изгибающий момент, ширина обочины, надежность средства измерения, модуль упругости асфальтобетона, ширина разделительной полосы, скорость движения автомобиля, вкус, дорожно-климатическая зона
1	Расстояние от бровки земляного полотна до снегозащитной лесополосы, прочность асфальтобетона, насыпь, длина полосы разгона, модуль упругости щебня, уровень грунтовых вод, автодорожный мост, сметная стоимость дороги, скорость движения транспортного потока, вариант конструкции дорожной одежды, удельная теплоемкость щебня, время прохождения автомобилем участка дороги
2	Дорожное покрытие, срок службы дорожной одежды, коэффициент уплотнения грунта, объем снегопереноса, выемка, отметка поверхности земли, температура дорожного покрытия, плотность материала, удельный вес песка, водопропускная труба, директивное время снегоочистки, мощность двигателя
3	Коэффициент уплотнения асфальтобетона, рабочая отметка, климат, межремонтный срок, прочность асфальтобетона, величина подмостового габарита, удельный вес щебня, полоса отвода, клотоида, мощность двигателя, срок службы дорожного покрытия, объем грунта
4	Растягивающие напряжения в асфальтобетоне, коэффициент уплотнения щебня, температура вспышки битума, искусственное сооружение, объем грунта, директивное время снегоочистки, автомобильная дорога, нагрузка на колесо, допускаемое напряжение, толщина дорожной одежды, время торможения автомобиля, русло реки
5	Коэффициент уплотнения песка, модуль упругости статический, директивное время уборки гололедных отложений, пассажирооборот, температура размягчения битума, автомобильный транспорт, площадь отпечатка колеса расчетного автомобиля, категория дороги, нагрузка на ось, протяженность дороги, глубина промерзания грунта, температурное напряжение
6	Коэффициент заложения откоса, толщина слоя асфальтобетона, плотность распределения противогололедного материала, протяженность дороги, глубина промерзания грунта, площадь водосборного бассейна, нормы проектирования, план трассы, ось автомобильной дороги, нагрузка статическая, температура асфальтобетонной смеси, скорость ветра при метели
7	Атмосферное давление, толщина снимаемого растительного слоя, эпюра скорости движения, ускорение автомобиля, ширина тротуара моста, коэффициент удлинения трассы, площадь дорожного знака, глубина выемки, дорожная одежда, вираж, радиус кривой в плане, плотность снега
8	Ускорение автомобиля, габарит моста, давление колеса расчетного автомобиля, земляное полотно, тангенс кривой в плане, кювет, радиус выпуклой кривой, плотность снега, круговая кривая, изгибающий момент, бровка земляного полотна, высота насыпи
9	Модуль упругости асфальтобетона, атмосферное давление, дальность видимости, оптимальная влажность грунта, обочина, домер кривой в плане, скорость движения автомобиля, автопавильон, объем снегоотложений, температура уплотнения асфальтобетона, ширина укрепительной полосы, полоса движения

Варианты практического задания № 2 к лабораторной работе №1

Номер варианта	Задание
0	<p>Тепловой поток в зоне контакта автомобильной шины с покрытием дороги определяется по формуле</p> $Q = a \cdot \rho \cdot C_p \cdot \pi^2 \cdot S_{\phi} \cdot (t_{uu} - t_n) / 4\delta,$ <p>где a – коэффициент температуропроводности, резины, м²/с; ρ – плотность асфальтобетона, кг/м³; C_p – удельная теплоемкость асфальтобетона, Дж/(кг·К); S_{ϕ} – площадь в зоне контакта, м²; t_{uu}, t_n – температуры шины и покрытия, К. δ – толщина шины, м.</p> <p>Найти размерность теплового потока, наименование и обозначение единицы его измерения.</p>
1	<p>При работе установки динамического нагружения наибольшее динамическое усилие определяется по формуле</p> $Q_d = mgK_n \sqrt{2H / \delta},$ <p>где m – масса падающего груза, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – высота падения груза, м; δ – показатель, характеризующий жесткость амортизатора, м; K_n – коэффициент потери энергии.</p> <p>Найти размерность динамического усилия, наименование и обозначение единицы его измерения.</p>
2	<p>Количество теплоты, передаваемое от автомобильной шины покрытию дороги, определяется по формуле</p> $q = \alpha \cdot S_{\phi} \cdot T_k \cdot (t_{uu} - t_n),$ <p>где a – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); S_{ϕ} – площадь в зоне контакта, м²; T_k – время контакта, с; t_{uu}, t_n – температуры шины и покрытия, К.</p> <p>Найти размерность количества теплоты, наименование и обозначение единицы его измерения.</p>
3	<p>При работе установки динамического нагружения наибольшее динамическое усилие определяется по формуле</p> $Q_d = mgK_n \sqrt{2H / \delta},$ <p>где Q_d – динамическое усилие, Н; m – масса падающего груза, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – высота падения груза, м; δ – показатель, характеризующий жесткость амортизатора; K_n – коэффициент потери энергии.</p> <p>Найти размерность показателя жесткости, наименование и обозначение единицы его измерения.</p>

Номер варианта	Задание
4	<p>Коэффициент теплоотдачи в зоне контакта автомобильной шины с покрытием дороги определяется по формуле</p> $\alpha = a \cdot \rho \cdot C_p \cdot \pi^2 / 4 \delta,$ <p>где a – коэффициент температуропроводности, резины, м²/с; ρ – плотность асфальтобетона, кг/м³; C_p – удельная теплоемкость асфальтобетона, Дж/(кг·К); δ – толщина шины, м;</p> <p>Найти размерность коэффициента теплоотдачи, наименование и обозначение единицы его измерения.</p>
5	<p>Сопротивление качению при движении автомобиля определяется по формуле</p> $f = 270 \eta / (Q \cdot v),$ <p>где f – сопротивление качению (безразмерная величина); η – мощность двигателя, расходуемая на преодоление горизонтальных сил; Q – полный вес автомобиля, Н; v – скорость движения автомобиля, м/с.</p> <p>Найти размерность мощности двигателя, наименование и обозначение единицы ее измерения.</p>
6	<p>Предел прочности на растяжение при изгибе определяется по формуле</p> $R_{изг} = 3 P_p l / (2bh^2),$ <p>где P_p – разрушающая нагрузка, Н; l, b, h – геометрические размеры образца, на котором производят испытания, см.</p> <p>Найти размерность предела прочности, наименование и обозначение единицы его измерения.</p>
7	<p>Расчетное значение температуропроводности дорожно-строительного материала определяется по формуле</p> $a = \lambda / (c \rho),$ <p>где λ – теплопроводность материала, Вт/(м·К); c – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг·К); ρ – плотность материала, кг/м³.</p> <p>Найти размерность температуропроводности, наименование и обозначение единицы ее измерения.</p>

Номер варианта	Задание
8	<p>Сопротивление качению при движении автомобиля определяется по формуле</p> $f = 270 \eta / (Q \cdot v),$ <p>где η – мощность двигателя, расходуемая на преодоление горизонтальных сил, Вт; Q – полный вес автомобиля, Н; v – скорость движения автомобиля, м/с.</p> <p>Найти размерность сопротивления качению, наименование и обозначение единицы его измерения.</p>
9	<p>Диаметр круга, равновеликого отпечатку движущегося колеса определяется по формуле</p> $D_{\partial} = \sqrt{\frac{4K_{\text{дин}}Q_n}{\pi p_p}},$ <p>где D_{∂} – диаметр круга, см; $K_{\text{дин}}$ – коэффициент динамичности; Q_n – нагрузка на колесо, кН; p_p – давление воздуха в шинах.</p> <p>Найти размерность давления воздуха в шинах, наименование и обозначение единицы его измерения.</p>

Таблица П.1.3

Перечень единиц физических величин,
подлежащих применению в строительстве (из СН 528-80)

Величина		Единица СИ	
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение
1. Геометрический размер	L	метр	м
2. Расстояние	L		
3. Площадь	L ²	квадратный метр	м ²
4. Объем, вместимость	L ³	кубический метр	м ³
5. Плоский угол	—	радиан	рад
6. Время	T	секунда	с
7. Скорость	LT ⁻¹	метр в секунду	м/с
8. Ускорение	LT ⁻²	метр на секунду в квадрате	м/с ²
9. Масса	M	килограмм	кг
10. Плотность	L ⁻³ M	килограмм на кубический метр	кг/м ³
11. Грузоподъемность	M	килограмм	кг

Величина		Единица СИ	
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение
12. Сила, вес 13. Сосредоточенная сила 14. Грузоподъемная сила 15. Сила тяжести	LMT^{-2}	ньютон	Н
16. Удельный вес	$L^{-2}MT^{-2}$	ньютон на кубический метр	H/m^3
17. Момент силы 18. Момент пары сил 19. Крутящий момент	L^2MT^{-2}	ньютон-метр	Н·м
20. Давление 21. Механическое напряжение 22. Модуль упругости 23. Модуль сдвига	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Па
24. Энергия 25. Работа	L^2MT^{-2}	джоуль	Дж
26. Мощность	L^2MT^{-3}	ватт	Вт
27. Термодинамическая температура Кельвина	θ	кельвин	К
28. Температурный градиент	$L^{-1}\theta$	кельвин на метр	К/м
29. Количество теплоты	L^2MT^{-2}	джоуль	Дж
30. Удельная теплоемкость	$L^2T^{-2}\theta^{-1}$	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)
31. Тепловой поток	L^2MT^{-3}	ватт	Вт
32. Теплопроводность	$LMT^{-3}\theta^{-1}$	ватт на метр-кельвин	Вт/(м·К)
33. Коэффициент теплообмена (теплоотдачи)	$MT^{-3}\theta^{-1}$	ватт на квадратный метр-кельвин	Вт/(м ² ·К)
34. Температуропроводность	L^2T^{-1}	квадратный метр на секунду	м ² /с

Приложение 2

Задания и справочные материалы для выполнения лабораторной работы № 2

Таблица П.2.1

Таблица значений коэффициента Стьюдента, t_c

Количество измерений n	Коэффициенты Стьюдента для доверительной вероятности P_δ				
	0,900	0,950	0,980	0,990	0,999
2	6,31	12,71	31,82	63,68	636,62
3	2,92	4,30	6,97	9,93	31,60
4	2,35	3,18	4,54	5,84	12,92

Окончание табл. П.2.1

Количество измерений n	Коэффициенты Стьюдента для доверительной вероятности P_δ				
	0,900	0,950	0,980	0,990	0,999
5	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
6	2,02	2,57	3,37	4,06	6,87
7	1,94	2,45	3,14	3,71	5,96
8	1,90	2,37	3,00	3,50	5,41
9	1,86	2,31	2,90	3,36	5,04
10	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
11	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
12	1,80	2,20	2,72	3,11	4,44
13	1,78	2,18	2,68	3,06	4,32
14	1,77	2,16	2,65	3,01	4,22
15	1,76	2,15	2,62	2,98	4,14
16	1,75	2,13	2,60	2,95	4,07
17	1,74	2,12	2,58	2,92	4,02
18	1,73	2,11	2,57	2,90	3,97
19	1,73	2,10	2,55	2,88	3,92
20	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
∞	1,65	1,96	2,33	2,58	3,29

Таблица П.2.2

Варианты практического задания № 1 к лабораторной работе № 2

Номер варианта	Количество измерений, n	Значения, полученные при измерении	Доверительная вероятность, P_δ .
0	11	12,387; 12,389; 12,391; 12,385; 12,384; 12,393; 12,390; 12,388; 12,385; 12,387; 12,390	0,98
1	5	20,150; 20,155; 20,155; 20,160; 20,165	0,95
2	7	5,12; 5,10; 5,13; 5,14; 5,13; 5,11; 5,12	0,90
3	10	20,489; 20,493; 20,485; 20,488; 20,491; 20,496; 20,483; 20,485; 20,489; 20,494	0,99
4	8	17,689; 17,693; 17,685; 17,687; 17,691; 17,683; 17,685; 17,694	0,95
5	7	10,487; 10,489; 10,490; 10,485; 10,493; 10,488; 10,491	0,99
6	6	25,155; 25,150; 25,155; 25,160; 25,165; 25,150	0,98
7	9	35,345; 35,340; 35,355; 35,353; 35,347; 35,350; 35,338; 35,345; 35,340	0,90

Окончание табл. П.2.2

Номер варианта	Количество измерений, n	Значения, полученные при измерении	Доверительная вероятность, P_{Δ} .
8	10	15,390; 15,387; 15,385; 15,388; 15,390; 15,389; 15,391; 15,384; 15,393; 15,389	0,98
9	8	7,125; 7,120; 7,127; 7,124; 7,130; 7,125; 7,123; 7,130	0,95

Таблица П.2.3

Варианты практического задания № 2 к лабораторной работе № 2

Номер варианта	Показания приборов		Среднее квадратическое отклонение		Доверительная вероятность, P_{Δ} .
	U, В	I, А	σ_U	σ_I	
0	220	4	0,1	0,01	0,90
1	200	2	0,2	0,02	0,95
2	360	6	0,5	0,05	0,98
3	100	4	0,1	0,01	0,90
4	120	2	0,3	0,05	0,95
5	50	1,5	0,2	0,02	0,98
6	12	0,5	0,1	0,01	0,99
7	220	2	0,5	0,05	0,90
8	360	4	0,2	0,02	0,95
9	180	3	0,4	0,01	0,98

Таблица П.2.4

Варианты практического задания № 3 к лабораторной работе № 2

Номер варианта	Класс точности прибора	Диапазон показаний, °С	Показание прибора, °С
0	1,5	от -40 до 200	20
1	2	от -200 до 100	-100
2	3	от -40 до 40	4
3	2,5	от -100 до 50	20
4	1,5	от -80 до 40	-15
5	2,5	от -50 до 300	-10
6	1,5	от -20 до 40	-4
7	1	от -10 до 70	25
8	2	от 0 до 150	120
9	2,5	от -100 до 80	-10

Задания и справочные материалы для выполнения лабораторной работы № 3

Таблица П.3.1

Варианты практического задания № 1 к лабораторной работе №3

Номер варианта	n	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅
0	20	10	8	9	7	12	13	8	10	12	14	11	16	8	9	7	14	11	16	10	8					
1	22	25	26	28	25	22	16	26	25	28	27	21	23	26	25	28	21	27	19	20	22	24	26			
2	25	10	12	9	13	10	8	17	11	10	9	13	10	8	12	9	13	10	12	10	8	9	11	13	10	9
3	23	12	14	13	11	16	14	13	15	12	14	15	11	16	13	13	15	20	14	15	11	14	16	12		
4	20	36	40	38	50	38	37	35	41	42	36	40	39	35	41	42	36	40	39	41	38					
5	21	32	33	31	29	30	28	30	33	39	31	29	30	28	30	33	34	31	29	34	30	31				
6	22	5,5	9,0	8,2	2,7	6,2	8,0	7,5	8,3	6,9	7,4	5,6	9,0	8,2	2,7	6,3	8,0	6,2	8,1	7,5	8,3	6,9	7,9			
7	25	111	109	110	107	113	130	115	111	108	107	109	106	108	115	111	108	107	109	106	108	111	109	110	107	113
8	24	10,5	7,9	8,3	9,0	9,2	10,1	10,3	11,0	9,5	8,9	8,5	10,5	9,2	10,4	15,1	8,3	9,0	10,0	8,7	10,3	11,0	9,5	8,3	10,8	
9	22	14	12	15	12	13	17	16	13	14	15	13	12	16	6	15	14	15	17	16	13	14	15			

Таблица П.3.2

Варианты практического задания № 2 к лабораторной работе № 3

Номер варианта	n	P _o	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
0	5	0,90	16	8	9	7	12			
1	6	0,95	25	26	28	25	22	16		
2	7	0,98	11	10	9	13	10	8	17	
3	8	0,99	12	14	20	11	16	13	13	15
4	5	0,90	41	40	38	50	38			
5	6	0,95	39	33	31	29	30	28		
6	7	0,98	5	9	8	2	6	8	7	
7	8	0,99	15	13	17	16	6	15	14	15
8	6	0,90	111	109	110	107	113	130		
9	7	0,95	10	7	8	9	9	15	10	

Таблица П.3.3

Числовые значения критерия Романовского, t_p .

Число измерений n	При P_0				Число измерений n	При P_0			
	0,90	0,95	0,98	0,99		0,90	0,95	0,98	0,99
3	1,412	1,414	1,414	1,414	12	2,39	2,52	2,66	2,28
4	1,69	1,71	1,72	1,73	13	2,43	2,56	2,75	2,81
5	1,87	1,92	1,96	1,97	14	2,48	2,61	2,81	2,88
6	2,00	2,10	2,13	2,16	15	2,52	2,67	2,88	2,95
7	2,09	2,18	2,28	2,31	16	2,54	2,67	2,90	2,97
8	2,17	2,27	2,37	2,43	17	2,56	2,70	2,93	3,00
9	2,24	2,35	2,49	2,53	18	2,58	2,73	2,96	3,03
10	2,29	2,41	2,54	2,62	19	2,60	2,76	2,98	3,05
11	2,34	2,47	2,64	2,69	20	2,62	2,78	3,01	3,08

Приложение 4

Варианты заданий к лабораторной работе № 4

1. Основные показатели свойств песка для приготовления асфальтобетонных смесей.
2. Показатели физико-механических свойств плотных и высокоплотных асфальтобетонных смесей и их нормы для асфальтобетонов I марки в I дорожно-климатической зоне.
3. Проведение испытаний при определении температуры размягчения битума «для битумов с температурой размягчения выше 80 °С».
4. Технические требования к содержанию зерен слабых пород, пылевидных и глинистых частиц в щебне из природного камня для строительных работ.
5. Проведение испытаний при определении температуры размягчения битума «для битумов с температурой размягчения ниже 80 °С».
6. Определение предела прочности асфальтобетона при сжатии.
7. Показатели физико-механических свойств асфальтобетонов из холодных смесей и их нормы для асфальтобетонов I марки.
8. Показатели физико-механических свойств пористых и высокопористых асфальтобетонов из горячих смесей и их нормы для асфальтобетона I марки.
9. Технические требования к щебню из природного камня для строительных работ.
10. Правила приёмки бетонных смесей.
11. Аппаратура, материалы и реактивы для определения состава асфальтобетонной смеси.
12. Технические требования к морозостойкости гравия для строительных работ.
13. Зерновой состав и основные фракции гравия для строительных работ.
14. Классификация строительной извести.
15. Технические требования к компонентам дорожных битумных эмульсий.
16. Определение средней плотности асфальтобетона.

17. Технические требования к содержанию зерен слабых пород, пылевидных и глинистых частиц в щебне из гравия для строительных работ.
18. Подготовка образца битума для определения температуры размягчения.
19. Технические требования к морозостойкости щебня из гравия для строительных работ.
20. Технические требования к минеральным порошкам для асфальтобетонных смесей.
21. Технические требования к бетонным смесям.
22. Подготовка битума к испытанию при определении глубины проникания иглы.
23. Упаковка, транспортирование и хранение строительной извести.
24. Отбор проб для текущего контроля качества отгружаемой партии строительной извести.
25. Технические требования к песку для строительных работ.
26. Приемочный контроль качества песка в карьере.
27. Транспортирование и хранение битумных эмульсий.
28. Технические требования к жидким дорожным битумам.
29. Классификация, характеристика и область применения дорожных битумных эмульсий.
30. Аппаратура, реактивы и материалы для определения температуры хрупкости битума.
31. Требования к температуре вяжущего при приготовлении асфальтобетонных смесей.
32. Зерновой состав и основные фракции щебня из гравия для строительных работ.
33. Определение сцепления битума с поверхностью минеральной части асфальтобетонной смеси.
34. Показатели физико-механических свойств асфальтобетонов из холодных смесей и их нормы для асфальтобетонов II марки.
35. Требования к температуре минеральных материалов при приготовлении асфальтобетонных смесей.
36. Проведение испытаний и обработка результатов при определении сцепления битума с мрамором и песком («пассивное» сцепление).
37. Правила приемки дорожных битумных эмульсий.
38. Требования безопасности при работе с жидкими дорожными битумами.
39. Технические требования к строительной извести.
40. Технические требования к гравию для строительных работ.
41. Правила отбора проб для контроля качества асфальтобетонной смеси в производственных условиях.
42. Контроль качества асфальтобетонной смеси на предприятии - изготовителе.
43. Упаковка, транспортирование и хранение минерального порошка.
44. Аппаратура, реактивы и материалы для определения сцепления битума с мрамором («пассивное» сцепление).
45. Аппаратура, реактивы и материалы для определения сцепления битума с мрамором («активное» сцепление).

46. Показатели физико-механических свойств плотных асфальтобетонных смесей и их нормы для асфальтобетона II марки во II и III дорожно-климатических зонах.
47. Показатели физико-механических свойств пористых и высокопористых асфальтобетонов из горячих смесей и их нормы для асфальтобетона II марки.
48. Технические требования к шлаковому щебню для дорожного строительства.
49. Требования безопасности при изготовлении дорожных битумных эмульсий.
50. Определение водонасыщения асфальтобетона.

Приложение 5

Задания и справочные материалы для выполнения лабораторной работы № 5

Таблица П.5.1

Значения количества измерений N_{min} и отклонения t для дорог различной технической категории

Количество измерений, n	Значения нормируемого отклонения t для категории дороги		Количество измерений, n	Значения нормируемого отклонения t для категории дороги	
	I и II	III и IV		I и II	III и IV
4	4,54	3,18	20	2,54	2,09
6	3,36	2,57	26	2,49	2,06
8	3,00	2,37	30	2,46	2,04
10	2,82	2,26	40	2,42	2,02
12	2,27	2,20	60	2,39	2,00
14	2,65	2,16	80	2,36	1,98
16	2,60	2,13	100	2,33	1,96
18	2,57	2,11			

Таблица П.5.2

Таблица случайных чисел

86	51	59	07	95	66	15	56	55	81	23	32	94	37	75	78	02	64	34	56
69	18	60	33	93	42	50	29	92	24	88	95	55	37	58	91	64	11	88	67
41	68	64	21	63	85	18	13	89	76	33	18	17	26	64	53	80	70	06	07
86	52	24	71	71	88	05	98	93	42	67	24	80	90	82	12	31	19	03	60
72	58	79	30	00	89	68	87	84	16	27	55	99	95	28	14	48	06	09	61
52	45	24	99	33	34	68	39	35	79	13	09	04	10	45	42	07	77	57	24
76	77	39	75	26	27	15	66	64	47	25	73	13	75	25	16	28	76	61	81
04	82	58	21	34	89	31	77	51	20	45	80	47	50	01	70	49	21	02	74
87	13	38	47	78	45	86	32	45	20	19	92	50	49	25	07	84	47	60	44
84	75	45	46	17	38	13	26	42	94	15	21	84	92	86	89	57	14	29	03

Таблица П.5.3

Варианты практического задания к лабораторной работе № 5

Предпоследняя цифра шифра	Контролируемый показатель (метод измерения)	ρ	C_v
0	Плотность грунта (прибор Н.П. Ковалева)	0,017	0,032
1	Модуль упругости грунта (штамповые испытания)	0,27	0,45
2	Толщина слоя дорожной одежды	0,19	0,32
3	Ширина слоя дорожной одежды	0,08	0,14
4	Ровность покрытия (трехметровая рейка)	0,50	0,92
5	Прочность при сжатии асфальтобетонных образцов	0,09	0,15
6	Влажность грунта (термостатно-весовой способ)	0,11	0,18
7	Температура асфальтобетона (ртутный термометр)	0,15	0,25
8	Плотность асфальтобетона	0,025	0,041
9	Модуль упругости слоя дорожной одежды	0,016	0,032

Таблица П.5.4

Варианты практического задания к лабораторной работе № 5

Последняя цифра шифра	Техническая категория дороги	Протяженность контролируемого участка дороги, м
0	I	250
1	II	300
2	III	400
3	IV	450
4	I	500
5	II	250
6	III	300
7	IV	400
8	I	450
9	II	500

Таблица П.5.5

Порядок разбивки контролируемого участка на зоны

Длина участка	Ширина участка	Порядок разбивки участка
до 300 м	любая	На 20 равных участков по длине и на 5 частей в поперечном направлении
более 300 м	до 7 м	На 100 равных участков по длине
	от 7 до 14 м	На 50 равных участков по длине и пополам в поперечном направлении
	более 14 м	На 33 равных участка по длине и на 3 в поперечном направлении

Перечень ГОСТ, используемых при выполнении лабораторной работы № 6

Дорожно-строительный материал	Наименование и обозначение государственных стандартов
Песок	ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия; ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытания
Щебень	ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия; ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний
Минеральный порошок	ГОСТ 16557-78. Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей. Технические условия; ГОСТ 12784-78. Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей. Методы испытаний
Битум	ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия; ГОСТ 11501-78. Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы, ГОСТ 11506-73 Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару, ГОСТ 11505-75. Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости, ГОСТ 11507-78. Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу, ГОСТ 4333-87. Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле, ГОСТ 18180-72. Битумы нефтяные. Метод определения изменения массы после прогрева, ГОСТ 11503-74. Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости
Асфальтобетонная смесь	ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Физические величины, размерность и размер физической величины	4
<i>Лабораторная работа №1. Физические величины, определение размерности физической величины</i>	5
2 Обработка результатов измерений, основные метрологические характеристики средств измерения	7
<i>Лабораторная работа №2. Обработка результатов измерений, классы точности средств измерений</i>	11
3 Погрешности измерений	13
<i>Лабораторная работа № 3. Грубые погрешности и методы их исключения</i>	14
4 Основы стандартизации, виды стандартов	16
<i>Лабораторная работа №4. Основы стандартизации, работа с ИС «Строй-Консультант»</i>	18
5 Статистический контроль качества дорожно-строительных работ	21
<i>Лабораторная работа №5. Планирование статистического контроля качества дорожно-строительных работ</i>	22
6 Контроль качества дорожно-строительных материалов, лабораторная служба	24
<i>Лабораторная работа № 6. Составление локального перечня средств измерений</i>	25
Библиографический список	27
Приложение 1. Задания и справочные материалы для выполнения лабораторной работы № 1	28
Приложение 2. Задания и справочные материалы для выполнения лабораторной работы № 2	32
Приложение 3. Задания и справочные материалы для выполнения лабораторной работы № 3	35
Приложение 4. Варианты заданий к лабораторной работе № 4	36
Приложение 5. Задания и справочные материалы для выполнения лабораторной работы № 5	38
Приложение 6. Справочные материалы для выполнения лабораторной работы № 6	40

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ, СЕРТИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов обучающихся по направлениям 08.03.01 «Строительство», 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», 23.05.06.65 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» профиль «Автомобильные дороги», «Автодорожные мосты и тоннели», «Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений» и «Мосты»

Составители: д.т.н. проф. Татьяна Васильевна Самодурова
к.т.н., доц. Андрей Владимирович Андреев

Редактор Аграновская Н.Н.

Подписано в печать 2015. Формат 60×84 1/16. Уч.-изд. л. 2,0.
Усл. печ.л. 2,1.

Воронежский ГАСУ
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84