

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

24/40/10

Одобрено кафедрой
«Здания и сооружения
на транспорте»

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

**Руководство к выполнению
лабораторных работ
для студентов IV курса**

специальностей

**270102 ПРОМЫШЛЕННОЕ
И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО (ПГС)
270201 МОСТЫ И ТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ (МТ)**



Москва – 2007

Составитель — канд. техн. наук, доц. И.Л. Дудинцева

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

*Руководство к выполнению
лабораторных работ*

Редактор Д. Н. Тихонычев
Компьютерная верстка В. В. Бебко

Тип. зак.	Изд. зак. 204	Тираж 500 экз.
Подписано в печать 03.05.07	Гарнитура NewtonС.	Офсет.
Усл. печ. л. 0,75		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2
Участок оперативной печати РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

© Российский государственный открытый технический
университет путей сообщения, 2007

Введение

Лабораторные работы ставят целью объяснить студентам понятие точности и погрешности измерений, сущность корректной статистической обработки выборки и связь доверительного интервала измерений с объемом выборки.

Содержание лабораторных работ соответствует рабочей программе дисциплины, а количество (две лабораторные работы) ограничено временем студента заочной формы обучения.

Лабораторные работы проводятся в лаборатории «Сопротивление материалов» кафедры «Сопротивление материалов и строительная механика», где имеется комплект моделей механизмов и персональные компьютеры с процессором Pentium III, измерительные приборы и инструменты.

Лабораторная работа № 1

Определение погрешности измерений

Измерение — организованное действие человека, которое он выполняет опытным путем для получения значения физической величины.

Основные характеристики измерений включают: **принцип, метод, точность, правильность, достоверность и погрешности.**

Принцип измерений — физическое явление, положенное в основу измерения (например, измерение температуры, массы тела и т. п.).

Метод измерений — приемы и технические средства с нормированными метрологическими свойствами.

Точность измерений характеризует близость полученных результатов к истинному значению измеряемой величины.

Правильность измерений — это качество измерения. Качество зависит от того, насколько правильно были выбраны средства измерения (т. е. от того, насколько выбранная единица измерения отличается от ее истинного размера).

Достоверность измерения определяет доверие к результатам измерений и сразу делит их на достоверные и недостоверные.

Погрешность измерений представляет собой разность между измеренным и истинным значением измеряемой величины.

Погрешности бывают различных типов. Все они ограничивают число достоверных значений. Их появление объясняется рядом причин: несовершенством методов и средств измерений, непостоянством условий измерения и, наконец, недостаточным опытом оператора (наблюдателя) и особенностями его органов чувств.

Любое значение измеренной величины при ограниченном числе отчетов содержит элемент случайности. Среднее арифметическое значение полученных значений случайной величины при большом числе измерений с большой вероятностью будет близко к математическому ожиданию.

Среднее арифметическое значение измеряемой величины определяют по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где \bar{x} — среднее арифметическое значение;

n — число измерений;

x_i — значение отдельного измерения.

Получив значение среднего арифметического значения проверим есть ли погрешности в результатах измерений.

Для этого пользуются статистическими критериями, которые позволяют найти ошибочное измерение и исключить его из общей совокупности результатов измерений. Такое действие называется цензурированием выборки.

Известно несколько критериев определения погрешностей. Когда результаты измерения распределены по нормальному закону и число измерений $n > 20 \dots 50$ применяют правило «трех сигм». По этому критерию грубой ошибкой считается результат измерений, для которого разность между средним арифметическим значением измеренной величины и значением отдельного измерения будет больше трех значений среднего квадратичного отклонения:

$$|\bar{x} - x_i| > 3\sigma,$$

где \bar{x} — среднее арифметическое значение;

x_i — значение отдельного измерения;

σ — среднее квадратичное отклонение измеренной величины:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}},$$

где n — число измерений.

Это правило принято считать слишком жестким и обычно рекомендуется учитывать объем выборки:

при $n < 100$ пользуются критерием 4σ ;

при $100 < n < 1000$ — $4,5\sigma$;

при $1000 < n < 10000$ — 5σ .

Кроме правила «трех сигм» известны еще критерии Романовского (при $n < 20$), Шарлье ($n > 20$), вариационный критерий Диксона, а также Граббса и Шовенэ.

В данной лабораторной работе применяем правило «трех сигм».

Последовательность работы следующая. Измеряем n раз числовые значения прогиба балки от вертикальной нагрузки, приложенной в середине пролета (x_i). Затем вычисляем среднее арифметическое значение прогиба балки (\bar{x}). Потом определяем среднее квадратичное отклонение измерений (σ), утраиваем это значение (3σ) и сравниваем с разностью между отдельным измерением (x_i) и средним арифметическим значением прогиба (\bar{x}), т. е. ($x_i - \bar{x}$).

Если разности ($x_i - \bar{x}$) оказываются больше 3σ , то эти значения прогибов исключают из общего числа измерений (n).

Затем находим новое среднее арифметическое значение прогиба. Из оставшихся значений, вычисляем новое среднее квадратичное отклонение, берем три значения нового σ и сравниваем с новой разностью для каждого из оставшихся измерений.

Это выглядит следующим образом (рис. 1).

Данные измерений заносят в табл. 1.



Рис. 1

Таблица 1

№ п/п	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	σ	3σ	$(x_i - \bar{x}) < 3\sigma$	$(x_i - \bar{x}) > 3\sigma$
1	2	3	4	5	6	7	8

Вывод относительно правильности выполненных измерений.
Студент должен обосновать правильность измерений.

Работу выполнил студент _____

Ф. И. О

(подпись)

Работу принял _____

Дата «___» _____ 200 г.

Лабораторная работа № 2

Доверительный интервал измерений

Смысл измерений заключается не в определении значения величины, а в нахождении интервала, внутри границ которого находится действительное значение измеряемой величины.

Например, $l = 15,00 \pm 0,05$ означает, что действительное значение измеряемой величины находится в границах от 14,95 до 15,05, а не равно 15,00.

Поскольку истинное значение измеряемой величины неизвестно, то с границами интервала сравнивается среднее арифметическое значение \bar{x} , полученное в результате ряда измерений. Оно отличается от истинного значения на величину погрешности измерения.

В математической статистике для оценки точности и надежности измерений пользуются понятиями **доверительный интервал** и **доверительная вероятность**.

Предположим, что, не зная истинного значения x , опытным путем получено среднее арифметическое значение.

Если задаться достаточно большой вероятностью β (например, $\beta = 0,95$; $\beta = 0,99$), чтобы событие с вероятностью β можно было считать практически достоверным, и найти такое значение погрешности измерения ε для которого выполняться условие:

$$P(|\bar{x} - x_i| < \varepsilon) = \beta,$$

то интервал практически возможных значений ошибки будет $\pm\varepsilon$. Ошибки, превышающие по абсолютной величине ε , будут маловероятны.

Исходя из сказанного выше следует, что с вероятностью β неизвестное значение x попадает в интервалы:

$$I_\beta = (I_1 = \bar{x} - \varepsilon; I_2 = \bar{x} + \varepsilon).$$

Вероятность β называют доверительной вероятностью, а интервал I_β — **доверительным интервалом**.

Значения I_1 и I_2 представляют собой границы доверительного интервала:

$$I_2 - I_1 = 2\varepsilon.$$

Для нормального распределения результатов измерений известно решение математика Госсета, который писал под псевдонимом Стьюдент (student). С помощью распределения Стьюдента (таблица Стьюдента) можно найти отклонение среднего арифметического от истинного значения измеряемой величины.

Ход лабораторной работы

Для определения границ доверительного интервала (I_1 , I_2) надо задаться доверительной вероятностью β .

Имеем (см. рис. 2)

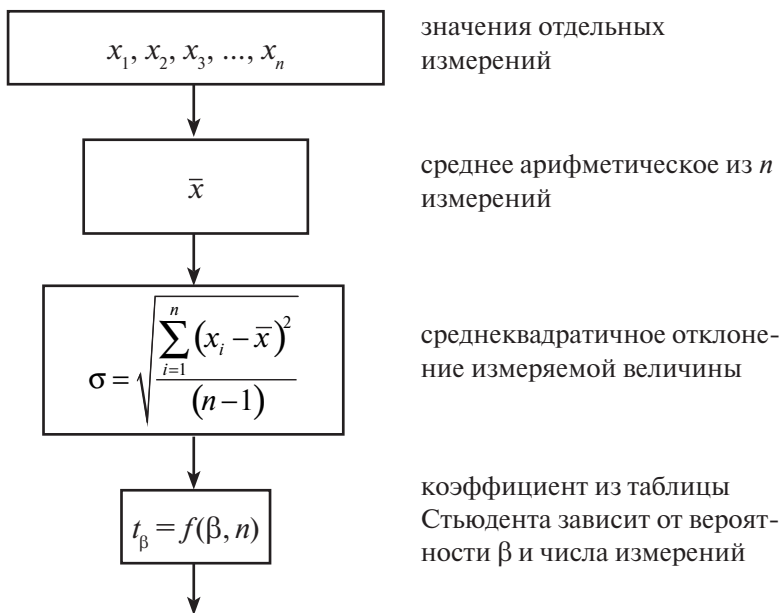
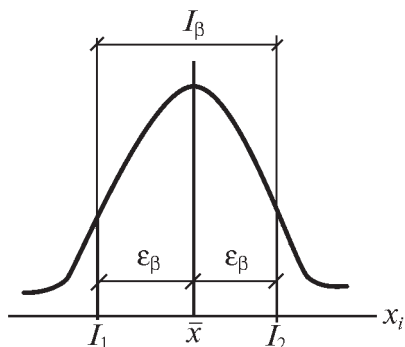




Рис. 2.

Студент выполняет последовательно вычисления, находит границы доверительного интервала и вычерчивает график.



Работу выполнил студент _____

Ф. И. О

(подпись)

Работу принял _____

Дата «__» _____ 200 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: Уч. пос. Мин. образования РФ. — М.: ЛОГОС, 2003.
2. Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация. — М.: Высшая школа, 2004.

Дополнительная

3. Никифоров А. Д., Бакиев Т. А. Метрология, стандартизация и сертификация: Уч. пос. Мин. образования РФ. — М.: Высшая школа. 2003.
4. Сергеев А. Г. Метрология: Учеб. — М.: ЛОГОС. 2005.
5. Лифиц И. М. Стандартизация, метрология и сертификация: Учеб. Мин. образования РФ. — М.: ЮРАЙТ. 2004.
6. Крылова Г. Д. Основы стандартизация, сертификации, метрологии. — М.: ЮНИТИ. 2001.
7. Сазыкин И. А. Метрология, стандартизация и сертификация : Уч. пос. — Ч. 1. — М.: РГОТУПС, 2003.