

№ 1602

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ СТАЛИ и СПЛАВОВ  
Технологический университет



# **МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ**

Раздел: *Нормирование точности*

**Лабораторный практикум**

№ 1602

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ  
Технологический университет



Кафедра машин и агрегатов металлургических предприятий

# МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ

Раздел: *Нормирование точности*

**Лабораторный практикум**  
для студентов специальности 1703

Рекомендовано редакционно-издательским со-  
ветом института

УДК 621.753

В 31

*Авторы:* А.Н. Веремеевич, И.Г. Морозова, А.Д. Русаков,  
Л.Н. Смирнов, В.Ю. Кошелев

В 31 Метрология, стандартизация и взаимозаменяемость: Нормирование точности: Лаб. практикум / *А.Н. Веремеевич, И.Г. Морозова, А.Д. Русаков и др.* – М.: МИСиС, 2001. – 71 с.

Лабораторный практикум предназначен для студентов, выполняющих лабораторные работы по курсу "Метрология, стандартизация и взаимозаменяемость. Нормирование точности".

Описан порядок проведения лабораторных работ. Рассмотрены теоретические положения, необходимые для подготовки к лабораторным работам. В конце каждой работы указана соответствующая литература, приведен список контрольных вопросов.

Практикум предназначен для студентов специальности 1703.

© Московский государственный  
институт стали и сплавов  
(Технологический университет)  
(МИСиС), 2001

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
Введение.....	5
Лабораторная работа 1	
Определение параметров цилиндрической резьбы.....	8
Лабораторная работа 2	
Измерение отклонений параметров зубчатых колес.....	20
Лабораторная работа 3	
Определение параметров гладкого цилиндрического соединения и измерение диаметров сопрягаемых поверхностей.....	32
Лабораторная работа 4	
Определение допусков предельных калибров и их действительных размеров.....	42
Лабораторная работа 5	
Измерение действительных размеров и отклонений формы деталей универсальными измерительными средствами.....	48
Лабораторная работа 6	
Определение шероховатости поверхностей.....	58
Приложение.....	70

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В лабораторный практикум включены вопросы определения параметров цилиндрической резьбы, зубчатых колес и параметров цилиндрического соединения. Рассмотрены методы и средства измерения действительных размеров деталей и отклонений их формы, а также определение допусков предельных калибров и шероховатости поверхности деталей.

В процессе выполнения лабораторных работ студенты имеют возможность подробно знакомиться с эксплуатационными и метрологическими характеристиками наиболее широко применяемых измерительных приборов, получить навыки обращения с ними, а также закрепить полученный на лекциях теоретический материал.

Каждая лабораторная работа представляет собой небольшое законченное исследование. Для выполнения работы студенты делятся на бригады по 2–3 человека. Каждый студент самостоятельно выполняет один из вариантов работы и проводит статистическую обработку результатов испытаний.

В отчет о проделанной работе включают следующие материалы:

- краткое изложение теоретических основ и методики проведения работы;
- описание используемых приборов и инструментов;
- эскизы деталей, предназначенных для измерений;
- экспериментальные данные, полученные результаты и выводы по работе.

Записи в отчете должны вестись четко, на одной стороне листа. Результаты непосредственных измерений и вспомогательные расчеты заносятся в лабораторную тетрадь без предварительной обработки. Отчет представляется преподавателю для последующей защиты.

# ВВЕДЕНИЕ

Статистическая обработка результатов испытаний заключается в следующем.

При обработке экспериментальных данных важно уметь оценивать погрешность полученных результатов измерений. Применяемые для этого методы математической статистики позволяют оценить точность и надежность получаемых характеристик исследуемого объекта.

Поскольку оценку результатов измерений проводят на основании ограниченного числа наблюдений, то соответствующие численные характеристики параметров отличаются от так называемых генеральных характеристик, которые получают основываясь на бесконечно большом числе наблюдений. Ограниченную совокупность результатов измерений называют выборкой.

На практике значения генеральных характеристик оценивают с большей или меньшей степенью точности по выборочным (эмпирическим) данным; при этом обычно принимают нормальный закон распределения погрешностей.

Выборочное среднее значение результата измерений вычисляют по формуле \*

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

где  $n$  – число измерений (объем выборки);

$x_i$  – значение  $i$ -го измерения.

Для оценки случайной погрешности результата измерения  $S$  обычно используют значение выборочного среднего квадратического отклонения  $\sigma$ .

Для определения величины среднеквадратичной погрешности отдельного измерения  $S_n$  применяется формула

$$S_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}.$$

---

\* Приведенные ниже формулы и теоретические выкладки взяты из книги: Чиченев Н.А., Кудрин А.Б., Полухин П.И. Методы исследования процессов обработки металлов давлением. – М.: Металлургия, 1977. – С. 274 – 275.

При ограниченном количестве измерений необходимо указать степень точности и надежности таких оценок.

Пусть в результате измерений в  $n$  точках получено среднее арифметическое значение параметра  $\bar{X}$ . Обозначим через  $\alpha$  вероятность того, что  $\bar{X}$  отличается от истинного значения на величину, меньшую, чем  $\Delta X$ , т.е.

$$P(\bar{X} - \Delta X < X < \bar{X} + \Delta X) = \alpha. \quad (1)$$

Вероятность  $\alpha$  называют *доверительной вероятностью*, а интервал значений случайной величины от  $\bar{X} - \Delta X$  до  $\bar{X} + \Delta X$  – *доверительным интервалом*. Ширина доверительного интервала характеризует точность, а доверительная вероятность – надежность оценки неизвестного параметра  $X$  с помощью выборочного среднего значения  $\bar{X}$ . При обычных испытаниях можно ограничиться доверительной вероятностью 0,90 или 0,95.

Ширина доверительного интервала  $\Delta X$  для математического ожидания определяется числом измерений  $n$ , выборочными значениями  $\bar{X}$ ,  $S$  и вычисляется по формуле

$$\Delta X = \frac{S}{\sqrt{n}} t, \quad (2)$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента ( $t$ -критерий), который зависит от объема выборки и заданной доверительной вероятности  $\alpha$ :

Число наблюдений	Значение коэффициента Стьюдента при доверительной вероятности		
	0,5	0,90	0,95
2	1,0	6,31	12,71
3	0,82	2,92	4,3
4	0,77	2,35	3,18
5	0,74	2,13	2,78
6	0,73	2,01	2,57
7	0,72	1,94	2,45
8	0,71	1,9	2,36
9	0,71	1,86	2,31
10	0,7	1,84	2,26