

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

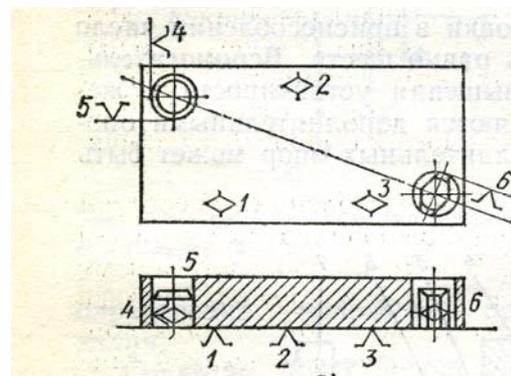
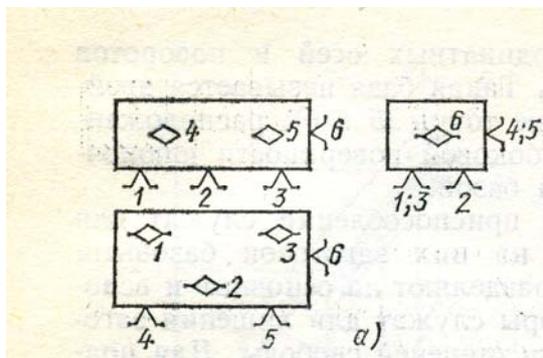
Федеральное агентство по образованию

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*Кафедра технологии машиностроения,  
металлорежущих станков и инструментов*

**ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ**

**Методические указания  
к выполнению лабораторной работы**  
для студентов специальностей  
050501, 080502, 150202, 151001, 190201,  
190202, 200503, 220301, 260601





## I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Овладение методикой расчета погрешности установки при выполнении заданного размера обрабатываемой детали.

## II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1. Общие понятия

При установке заготовок для обработки на станках различают следующие поверхности:

- а) обрабатываемые поверхности, с которых режущими инструментами снимается слой металла;
- б) поверхности, определяющие положение заготовки при обработке;
- в) поверхности, воспринимающие зажимные силы;
- г) поверхности, от которых измеряют выдерживаемые размеры;
- д) необрабатываемые поверхности.

В процессе обработки заготовка должна сохранять определенное положение относительно рабочих узлов станка или приспособления. Для этого заготовку необходимо лишить шести степеней свободы (трех перемещений вдоль осей декартовой системы координат и поворотов вокруг этих осей). Это достигается с помощью шести опорных точек (опорная точка – точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с избранной системой координат). Таким образом, для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в избранной системе координат на них необходимо наложить шесть двусторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз.

**База** – это поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

### 2. Классификация баз

Базы классифицируются по назначению, лишаемым степеням свободы и характеру проявления.

**По назначению** базы делятся на конструкторские, технологические и измерительные.

**Конструкторская база** – это база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии. Различают основную и вспомогательную конструкторские базы.

**Основная база** – это конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения ее положения в изделии.

*Вспомогательная база* – это конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения положения присоединяемого к ним изделия.

*Технологическая база* – это база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта.

*Измерительная база* – это база, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

**По лишаемым степеням свободы** базы делятся на установочную, направляющую, опорную, двойную направляющую и двойную опорную.

*Установочная база* – это база, лишаящая заготовку или изделие трех степеней свободы (перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей).

*Направляющая база* – это база, лишаящая заготовку или изделие двух степеней свободы (перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси).

*Опорная база* – это база, лишаящая заготовку или изделие одной степени свободы (перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси).

Двойная направляющая база – это база, лишаящая заготовку или изделие четырех степеней свободы (перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей).

Двойная опорная база – это база, лишаящая заготовку или изделие двух степеней свободы (перемещения вдоль двух координатных осей).

**По характеру проявления** различают скрытую и явную базы.

*Скрытая база* – это база заготовки или изделия в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

*Явная база* – это база заготовки или изделия в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

Схематично классификация баз выглядит следующим образом

А. По назначению

Конструкторская

основная

вспомогательная

Технологическая

Измерительная

Б. По лишаемым степеням свободы

Установочная

Направляющая

Опорная

Двойная

направляющая

Двойная опорная

В. По характеру

проявления

Скрытая

Явная

### 3. Суммарная погрешность обработки

Абсолютно точно изготовить деталь невозможно, так как при ее обработке возникают погрешности. Суммарная погрешность обработки является следствием влияния технологических факторов. В общем виде её можно представить как сумму

$$\Delta = \varepsilon_y + \Delta_{ТС}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_y$  – погрешность установки заготовки;

$\Delta_{ТС}$  – погрешность технологической системы

*станок – приспособление – инструмент – деталь.*

На величину погрешности технологической системы  $\Delta_{ТС}$  влияют такие основные факторы, как геометрическая неточность станков; погрешности изготовления режущего вспомогательного инструмента; погрешность установки инструмента и настройки станка на обрабатываемый размер; деформации деталей станка, приспособления, заготовки и инструмента во время обработки под влиянием сил резания; тепловые деформации элементов технологической системы и деформации, возникающие под влиянием внутренних напряжений в материале заготовки; погрешность измерения; размерный износ режущего инструмента.

### 4. Погрешность установки

Погрешность установки ( $\varepsilon_y$ ) возникает в процессе базирования и закрепления заготовки и определяется суммой погрешности базирования ( $\varepsilon_\delta$ ) и погрешности закрепления ( $\varepsilon_3$ ).

$$\varepsilon_y = \varepsilon_\delta + \varepsilon_3. \quad (2)$$

Погрешность базирования  $\varepsilon_\delta$  – это отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при базировании от требуемого. Эта погрешность возникает вследствие несовмещения измерительной базы с технологической. Она определяется как разность наибольшего и наименьшего расстояний от измерительной базы до технологической, то есть равна погрешности размера между этими базами. В качестве примера рассмотрим обработку призматической детали (рис.1).

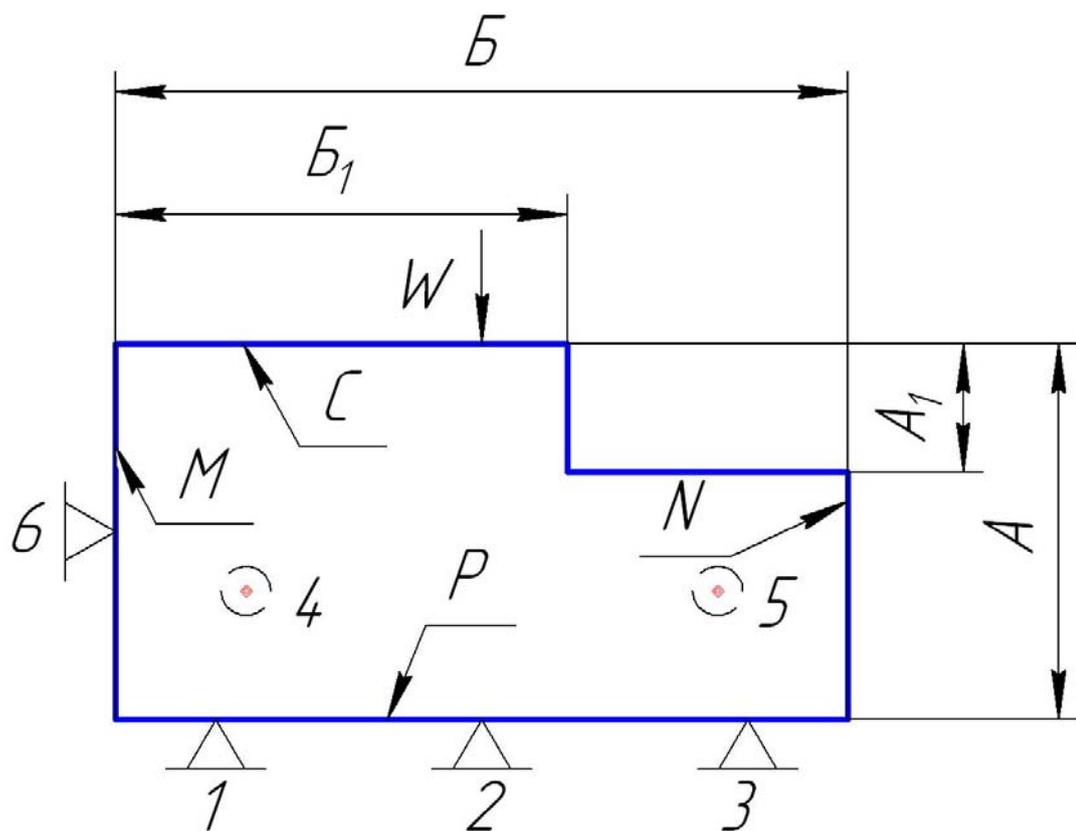


Рис.1. Схема, поясняющая погрешность базирования

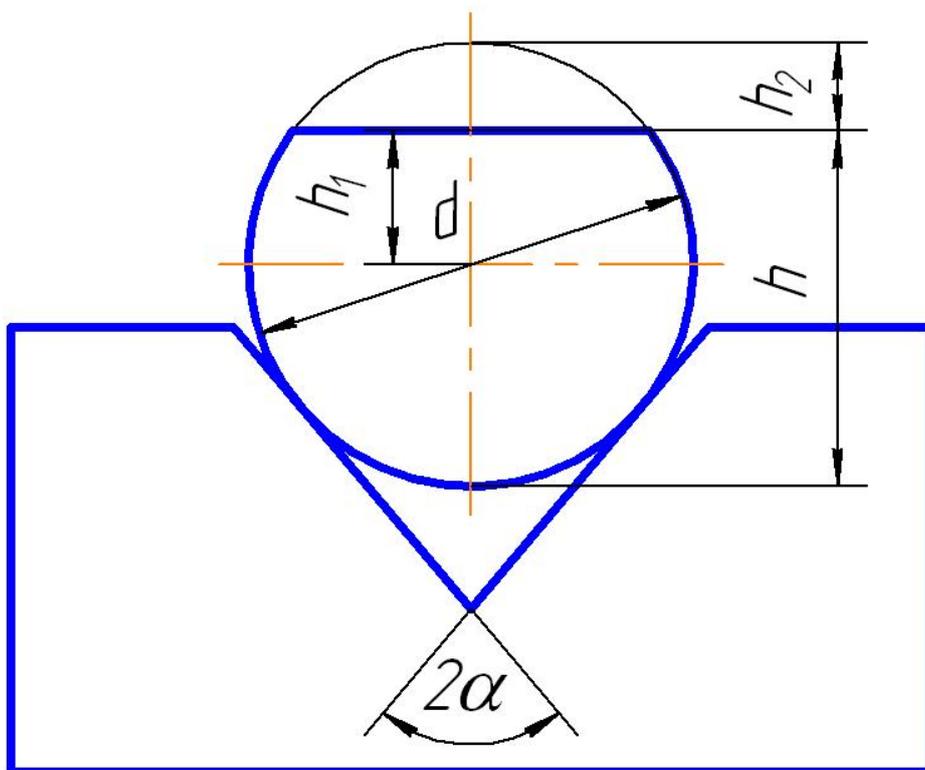


Рис.2. Эскиз обработки валика

При фрезеровании детали погрешность базирования по отношению к размеру  $A_1$  будет равна разности наибольшего ( $A_{\max}$ ) и наименьшего ( $A_{\min}$ ) предельных значений размера  $A$ , то есть погрешности на этот размер ( $T_A$ ), так как в этом направлении технологическая и измерительная базы не совмещены.

$$\varepsilon_{\delta A_1} = A_{\max} - A_{\min} = T_A .$$

Действительно, при обработке первой заготовки инструмент (фрезу) мы настраиваем на заданный размер  $A_1$  от измерительной базы (поверхность С). При обработке других заготовок положение инструмента не меняется. Однако положение поверхности С (измерительной базы) может изменяться в пределах погрешности на размер  $A$  – расстояние от технологической базы (поверхность Р) до измерительной базы. Величина рассеяния размера  $A$  или допуск на этот размер и будет составлять погрешность базирования по отношению к размеру  $A_1$ .

Погрешность базирования по отношению к размеру  $B_1$  будет равна нулю ( $\varepsilon_{\delta B_1} = 0$ ), так как технологическая и измерительная база совмещены (поверхность М). В этом направлении фрезу мы настраиваем на размер  $B_1$  от поверхности М.

Погрешность закрепления ( $\varepsilon_3$ ) возникает из-за смещения измерительной базы заготовки в результате деформации цепи (заготовка, установочные элементы и корпус приспособления), через которую передается сила закрепления ( $W$ ). Она определяется как разность предельных расстояний от измерительной базы до установленного на размер инструмента в результате смещения обрабатываемых заготовок под действием силы закрепления. Для партии заготовок эту погрешность можно свести к нулю, если смещение хоть и велико, но постоянно; в этом случае точность выполняемого размера может быть скорректирована настройкой станка.

Для схемы, приведенной на рис.1, погрешность закрепления заготовки относительно размера  $B_1$  равна нулю ( $\varepsilon_{3B_1} = 0$ ), так как измерительная база (плоскость М) не смещается в горизонтальном направлении при закреплении заготовки. Погрешность закрепления относительно размера  $A_1$  имеет место ( $\varepsilon_{3A_1} \neq 0$ ) вследствие того, что под действием силы  $W$  измерительная база (плоскость С) может менять свое положение в вертикальном направлении.

### III. ОБОРУДОВАНИЕ, ОСНАСТКА И ИНСТРУМЕНТЫ

1. Токарный станок
2. Горизонтально-фрезерный станок
3. Цилиндрические заготовки
4. Фреза дисковая трехсторонняя

5. Подрезной резец
6. Установочно-зажимное приспособление
7. Гаечный ключ
8. Микрометр

#### IV. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

По первому варианту погрешность установки в данной работе рассматривается и определяется на примере фрезерования площадок при установке их в призмах (рис.2). Суммарная погрешность обработки в соответствии с формулой (1) будет складываться из погрешности установки и погрешности технологической системы  $\Delta_{ТС}$ . Погрешность установки складывается, как указывалось выше, из погрешностей базирования и закрепления (формула 2). В зависимости от допуска ( $T_d$ ) на диаметр обрабатываемых валиков и угла призмы погрешность базирования по отношению к размерам  $h$ , ( $h_1$  и  $h_2$ ) определяется из выражений:

$$\varepsilon_{\delta h} = \frac{T_d}{2} \left( \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) \quad (3), \quad \varepsilon_{\delta h_1} = \frac{T_d}{2 \sin \alpha} \quad (4), \quad \varepsilon_{\delta h_2} = \frac{T_d}{2} \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right). \quad (5)$$

Погрешность закрепления при установке заготовки в призмах зависит от суммарной линейной нагрузки, действующей по нормали к рабочим поверхностям призмы, величины шероховатости поверхности заготовки, физико-механических свойств материала заготовки и многих других факторов. Расчет этой погрешности довольно трудоемок, вследствие чего ее средние значения приведены в табл.1.

Таблица 1

Погрешность закрепления заготовок в призме

Угол призмы $2\alpha$ , град.	60	90	180
$\varepsilon_3$ , мкм	20	15	10

Эксперименты по определению погрешности установки и обработка проводятся в два этапа.

На первом этапе обрабатываются валики с разными допусками на диаметральный размер. Для этого:

1. Подобрать 3 пары образцов с разницей наибольших и наименьших диаметров (то есть допусков  $T_d$ ) примерно равными 0,2; 0,4; 0,6 (значения  $T_d$  конкретизируются студентами, исходя из действительных

- размеров образцов). Данные по диаметрам образцов и их допуску занести в графы 2 и 3 табл. 2.
2. Подобранные пары образцов фрезеровать на одной из призм (по указанию преподавателя) с одной настройкой, для чего:
    - а) закрепить валик с наименьшим диаметром в призме;
    - б) установить заданную глубину резания (выполняется учебным мастером);
    - в) установить на станке необходимые режимы обработки;
    - г) обработать последовательно площадки на всех образцах, не меняя настроечного размера.
  3. Измерить действительные размеры  $h$ , ( $h_1$  и  $h_2$ ) образцов и занести в графу 5 табл.2.
  4. Подсчитать погрешность обработки для каждой пары образцов как разность наибольшего и наименьшего значений размера  $h$  и занести в графу 6 табл.2
  5. Рассчитав погрешность базирования по формуле (3) и используя данные табл.1, подсчитать погрешность установки по формуле (2) для каждой пары образцов и занести в графу 4 табл.2.
  6. По формуле (1) рассчитать  $\Delta_{TC}$  (как разность значений граф 6 и 4) и полученные данные записать в графу 7 табл.2.
  7. Построить график зависимости  $\varepsilon_{yh}$  и  $\Delta_h$  от  $Td$ .

На втором этапе изменяется угол призмы  $2\alpha$ . Эксперименты на этом этапе проводятся в следующей последовательности:

1. Подобрать пару образцов с определенным допуском  $Td$  (по указанию преподавателя).
2. Подбранную пару образцов обработать в призме с углом  $2\alpha = 60^\circ$  в последовательности, указанной в пункте 2 первого этапа.
3. Измерить размер  $h$  обработанных образцов и записать в графу 5 табл.2.
4. Повторить пункты 2 и 3 для призм с углом  $2\alpha = 90^\circ$  и  $2\alpha = 180^\circ$ .
5. По пунктам 4, 5, 6 первого этапа произвести расчет суммарной погрешности обработки, погрешности установки и технологической системы  $\Delta_{TC}$ ; данные занести в таблицу в соответствующие графы табл.3.
6. Построить графики зависимости  $\varepsilon_{yh}$  и  $\Delta_h$  от  $2\alpha$ .
7. Сделать общие выводы по работе:
  - какова  $\Delta_{TC}$  данной системы;
  - удельный вес погрешности установки в суммарной погрешности обработки;
  - мероприятия по уменьшению погрешности установки.

**Во втором** варианте погрешность установки определяется на примере подрезания торцев валика в размер **A** на токарном станке по двум схемам базирования.

При установке валика в патроне по первой схеме (рис. 3а) соблюдается принцип совмещения баз, поэтому теоретическая погрешность базирования будет равна нулю. При обработке по второй схеме базирования (рис. 3б) указанный принцип нарушается, поэтому погрешность базирования будет численно равна погрешности размера **B**, соединяющего технологическую и измерительную базы:

$$\varepsilon_{\delta} = \Delta B .$$

В данном случае другими погрешностями обработки (погрешностью закрепления, упругими и температурными деформациями, размерным износом и другими) можно пренебречь.

Экспериментальное определение погрешности базирования при подрезании торца валика проводится в следующем порядке:

1. Также, как и при обработке плоскости в первой серии опытов, имитировать обработку партии валиков, для чего подобрать несколько валиков со ступенчато изменяющимся размером **B** (длиной валика). Значения отклонений  $\Delta B$  записать в табл.4.

2. Последовательно устанавливая валики в токарном патроне по первой схеме базирования (рис. 3а), подрезать торец и измерить получившиеся размеры **A**. Результаты измерений также занести в таблицу.

3. Подсчитать фактическую погрешность базирования как разность размеров **A**.

4. Аналогичным образом провести установку и обработку торцев валика по второй схеме базирования (рис. 3б) и также подсчитать погрешность базирования.

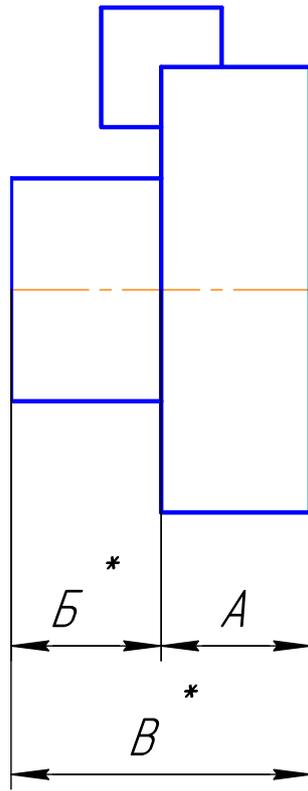
5. Полученные результаты представить графически, в виде функции  $\varepsilon_{\delta A} = f(\Delta B)$ .

6. Оценить результаты и сделать выводы по работе (характер зависимости  $\varepsilon_{\delta A} = f(\Delta B)$ , указать причины возможных отклонений от теоретической зависимости).

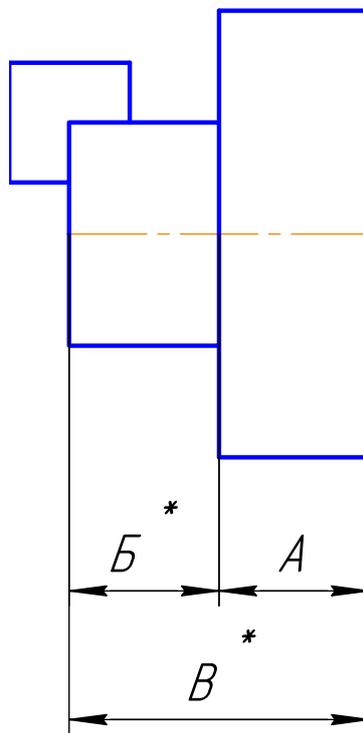
Таблица 2

Отчет по лабораторной работе

Номер образца	Диаметр образца $d, мм$	Допуск $T_d, мм$	Погрешность установки $\varepsilon_{yh}, мм$	Размер $h, мм$	Суммарная погрешность $\Delta_h, мм$	$\Delta_{TC}, мм$
1	2	3	4	5	6	7



а)



б)

$B^*$ ,  $B^*$  - размеры  
для справок

Рис.3. Схемы установки валика  
а – с соблюдением принципа совмещения баз;  
б – с нарушением принципа совмещения баз

Таблица 3

## Отчет по лабораторной работе

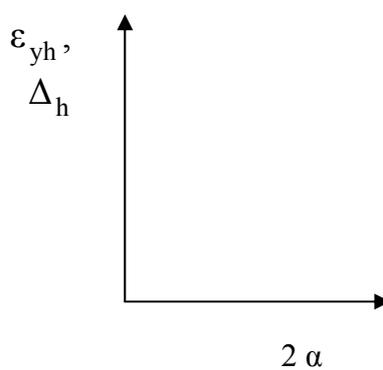
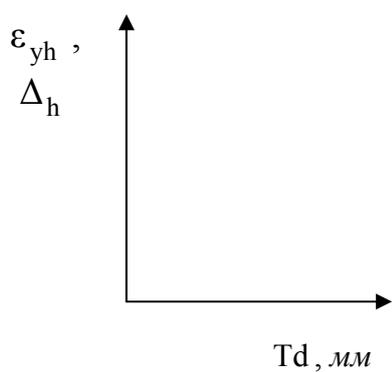
Номер образца	Угол призмы $\alpha$	Допуск $T_d$ , мм	Погрешность установки $\epsilon_{yh}$ , мм	Размер $h$ , мм	Суммарная погрешность $\Delta_h$ , мм	$\Delta_{тс}$ , мм
1	2	3	4	5	6	7

Таблица 4

## Отчет по лабораторной работе

Номер партии	Размер (диаметр или длина) валика, мм	Допуск в партии валиков, мм	Расчетная погрешность базирования, мм	Расчетная погрешность установки, мм	Размер валика после обработки	Суммарная погрешность обработки	Погрешность Технологической системы

## Графики




---



---



---



---



Моисеев Юрий Иванович  
Салахов Федор Нажмутдинович

## **ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ**

**Методические указания  
к выполнению лабораторной работы**  
для студентов специальностей  
050501, 080502, 150202, 151001, 190201,  
190202, 200503, 220301, 260601

Редактор Н.Л.Попова

---

Подписано в печать  
Печать трафаретная  
Заказ

Формат 60×84 1/16  
Усл. печ. л. 1,0  
Тираж 150

Бумага тип. №1  
Уч.-изд. л. 1,0  
Цена свободная

---

Редакционно-издательский центр КГУ  
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25  
Курганский государственный университет