

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кузбасский государственный технический  
университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра информационных и автоматизированных  
производственных систем

Составители  
А. Н. Трусов, Е. В. Башкирцева

## **РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ**

### **Методические указания к лабораторной работе**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления  
подготовки: 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов  
и производств», 09.03.02 «Информационные системы и технологии»,  
в качестве электронного издания для использования  
в образовательном процессе

Кемерово 2022

**Рецензенты:**

**Сыркин И. С.** – к.т.н., доцент кафедры информационных и автоматизированных производственных систем

**Чичерин И. В.** – председатель учебно-методических комиссий направлений подготовки: 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», 09.03.02 «Информационные системы и технологии»

**Трусов Александр Николаевич**

**Башкирцева Елена Владимировна**

**Расчет припусков на механическую обработку:** методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Проектирование автоматизированных технологических процессов», для обучающихся направлений подготовки: 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль «Компьютерно-интегрированные производственные системы», 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиль «Цифровые автоматизированные производственные системы» всех форм обучения / сост.: А. Н. Трусов, Е. В. Башкирцева ; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2022. – Текст : электронный.

В данных методических указаниях приведены цель и задача, общие сведения об изучаемом материале, задания для выполнения, вопросы для самопроверки. Рекомендуемая литература для самостоятельной подготовки приведена в рабочей программе дисциплины.

© Кузбасский государственный  
технический университет имени  
Т. Ф. Горбачева, 2022

© А. Н. Трусов,  
© Е. В. Башкирцева,  
составление, 2022

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучить расчетно-аналитический метод определения припусков и межоперационных размеров при механической обработке деталей, научиться определять составляющие элементы припуска для конкретных производственных условий.

## 2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Расчетно-аналитический метод определения припусков, предложенный проф. В. М. Кованом, базируется на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях выполнения заготовок и их обработки, определении величин элементов, составляющих припуск, и их суммировании.

Расчет припусков обуславливает: оптимальные промежуточные размеры заготовок по всем технологическим переходам (от черновой заготовки до готовой детали); минимальное число технологических переходов, обеспечивающих заданное качество обрабатываемой детали; рациональный выбор установочных баз и методов обработки.

Сравнительно с опытно-статистическими величинами припусков расчет обеспечивает экономию металла (от 6 до 15 % чистого веса детали), снижение трудоемкости процессов механической обработки, уменьшение расхода режущего инструмента.

**Припуском** (общим) на обработку называют слой металла, удаляемый с поверхности заготовки в процессе ее обработки, определяют разностью размеров заготовки и готовой детали.

**Промежуточный припуск** – слой металла, удаляемый на промежуточном технологическом переходе.

При обработке наружных и внутренних поверхностей вращения, а также при параллельной обработке противоположащих плоских поверхностей имеют место симметричные припуски на обработку.

Для обеспечения требуемого качества готовой детали необходимо на каждом выполняемом переходе назначать припуск, компенсирующий погрешности предшествующей обработки.

К основным погрешностям относятся (рис. 1):

- $R_z$  – высота микронеровностей поверхности (шероховатость);
- $h$  – глубина дефектного поверхностного слоя;
- $\rho$  – суммарное значение пространственных отклонений взаимосвязанных поверхностей;
- $\varepsilon$  – погрешность установки на выполняемом переходе.

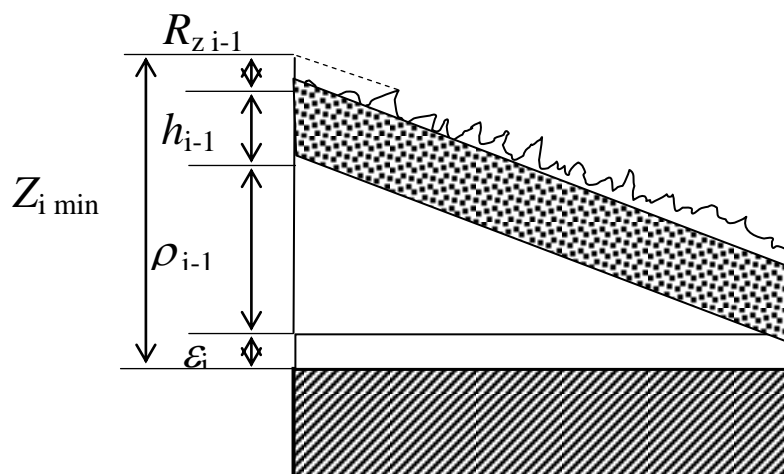


Рис. 1. Схема образования минимального припуска на обработку

Ниже приведен порядок расчета припусков на обработку и операционных размеров по технологическим переходам. При выполнении расчета рекомендуется использовать расчетную таблицу (см. табл. 1).

Порядок расчета:

1. Пользуясь рабочим чертежом детали и технологическим процессом ее механической обработки, записать в расчетную таблицу (графа 1) технологические переходы получения заготовки и ее обработки до получения готовой детали в порядке их выполнения для каждой элементарной поверхности.

2. Записать для каждого перехода значения составляющих припуска  $R_z$ ,  $h$ ,  $\rho$ ,  $\varepsilon$  (графы 2 – 5) и допуска на выполняемые размеры  $T_i$  (графа 8).

3. Определить расчетные величины минимальных припусков (графа 6)  $Z_{i min}$  (здесь и далее  $i$  – номер технологического перехода) на обработку по всем переходам, используя формулы:

а) для асимметричного припуска при последовательной обработке противоположащих поверхностей

$$Z_{i \min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i; \quad (1)$$

б) для симметричного припуска при параллельной обработке противоположащих поверхностей, при параллельном подрезании торцов тел вращения

$$2Z_{i \min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i); \quad (2)$$

в) для симметричного припуска при обработке наружных и внутренних поверхностей тел вращения

$$2Z_{i \min} = 2\left(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right). \quad (3)$$

4. Записать для конечного перехода в графу 7 «Расчетная величина» наименьший (для внутренних поверхностей – наибольший) предельный размер детали по чертежу.

5. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер прибавлением к наименьшему предельному размеру (для внутренних поверхностей – вычитанием из наибольшего предельного размера) по чертежу расчетного минимального припуска  $Z_{i \min}$ .

6. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода прибавлением к расчетному размеру, следующему за ним смежного перехода (для внутренних поверхностей – вычитанием из расчетного размера), расчетного минимального припуска  $Z_{i \min}$  (продолжается заполнение графы 7).

7. Записать наименьшие (для внутренних поверхностей – наибольшие) предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличением (уменьшением) расчетных размеров. Округление проводить до того же знака десятичной

доби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода. Результат записать в графу 10.

8. Определить наибольшие предельные размеры прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру (для внутренних поверхностей – наименьшие предельные размеры вычитанием допуска из округленного наибольшего предельного размера). Результаты занести в графу 9.

9. Записать предельные значения припусков  $Z_{max}$  как разность наибольших предельных размеров и  $Z_{min}$  как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов (для внутренних поверхностей соответственно  $Z_{max}$  определяют как разность наименьших предельных размеров, а  $Z_{min}$  как разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов). Соответственно заполняют графы 11 и 12.

10. Определить общие припуски  $Z_{Omax}$  и  $Z_{Omin}$ , суммируя промежуточные припуски на обработку.

11. Проверить правильность расчетов по формулам

$$Z_{i\ max} - Z_{i\ min} = T_{i-1} - T_i; \quad (4)$$

$$2Z_{i\ max} - 2Z_{i\ min} = TD_{i-1} - TD_i; \quad (5)$$

$$Z_{O\ max} - Z_{O\ min} = T_3 - T_D; \quad (6)$$

$$2Z_{O\ max} - 2Z_{O\ min} = TD_3 - TD_D, \quad (7)$$

где  $T_i(TD_i)$  – допуск на промежуточный размер (диаметр);  $T_3(TD_3)$  – допуск на заготовку (диаметр заготовки);  $T_D(TD_D)$  – допуск на размер детали (диаметр).

12. Определить общий номинальный припуск  $Z_{O\ ном}$  по формулам (он служит для сопоставления с табличными или производственными данными):

а) для наружных поверхностей

$$Z_{O\text{ ном}} = Z_{O\text{ min}} + H_3 - H_{\text{д}} \quad (8)$$

$$2Z_{O\text{ ном}} = 2Z_{O\text{ min}} + HD_3 - HD_{\text{д}}, \quad (9)$$

где  $H$ ,  $(HD)$  – нижнее отклонение соответствующего размера (диаметра).

б) для внутренних поверхностей

$$Z_{O\text{ ном}} = Z_{O\text{ min}} + B_3 - B_{\text{д}}, \quad (10)$$

$$2Z_{O\text{ ном}} = 2Z_{O\text{ min}} + BD_3 - BD_{\text{д}}, \quad (11)$$

где  $B$ ,  $(BD)$  – верхнее отклонение соответствующего размера (диаметра).

В связи с разнохарактерностью расчетов для наружных и внутренних поверхностей рекомендуется предварительно соответственно сгруппировать поверхности детали. При обработке взаимосвязанных плоских поверхностей от переменных баз рекомендуется строить размерные цепи, определяющие взаимосвязь обрабатываемой поверхности с измерительной базой.

Для определения составляющих припуска по переходам используют справочные таблицы. Так, в табл. П1 – П2 приложения приведены значения  $R_z$  и  $h$  для основных видов заготовок, различных методов механической обработки заготовок из проката, штамповок и отливок.

Расчет значений суммарных пространственных отклонений  $\rho$  для различных видов заготовок при их обработке на первой операции приведен в приложении (таблица П6 приложения). Для расчета остаточных пространственных отклонений на последующих переходах удобно пользоваться формулой

$$\rho_i = K_y \rho_{i-1}, \quad (12)$$

где  $K_y$  – коэффициент уточнения (табл. П5 приложения).

Погрешность установки определяют по формуле

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_{\bar{z}}^2 + \varepsilon_{np}^2} , \quad (13)$$

где  $\varepsilon_{\bar{o}}$  – погрешность базирования [5, табл. 18, с. 45-48];  $\varepsilon_{\bar{z}}$  – погрешность закрепления [2];  $\varepsilon_{np}$  – погрешность положения заготовки в приспособлении [2]. Также погрешность установки  $\varepsilon$  можно определить из [5, с. 40-55].

По результатам расчета строят графическую схему расположения припусков и допусков (см. например рис. 3).

### 3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ

**Задача.** Трехступенчатый вал (сталь 45) изготавливают из штампованной заготовки II класса точности (рис. 2). Масса заготовки 2 кг. Токарной операции предшествовала операция фрезерно-центровальная, на которой деталь базировалась по шейкам D1 и D3 ( $D1 = D3 = 25$  мм). Шейка вала D2 имеет диаметр  $55h6_{-0,02}$ . Рассчитать промежуточные припуски для обработки шейки D2 аналитическим методом. Рассчитать промежуточные размеры для выполнения каждого перехода.

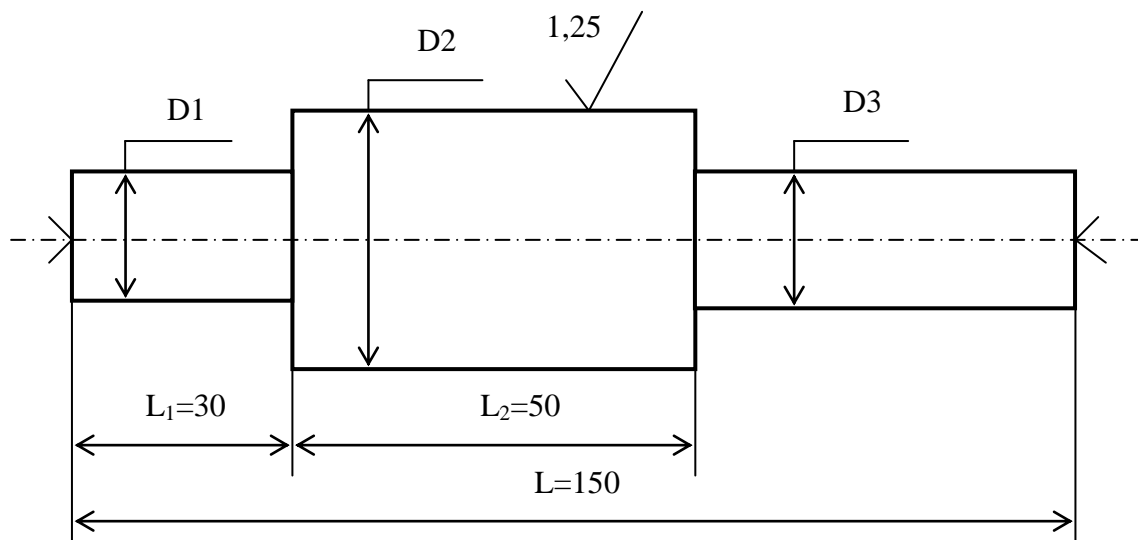


Рис. 2. Эскиз заготовки ступенчатого вала



**Решение.** Соответственно заданным условиям устанавливаем маршрут обработки ступени [5, с. 8-9, табл.4]:

- черновое обтачивание;
- чистовое обтачивание;
- предварительное шлифование;
- окончательное шлифование.

Вся указанная обработка выполняется с установкой заготовки в центрах. Заносим маршрут обработки в графу 1 (см. табл. 1). Данные для заполнения граф 2, 3 для штампованной заготовки возьмем из приложения (таблица П1), для механической обработки – из таблицы П2. Данные графы 8 для заготовки взяты из [3, с. 245, табл. 47], а данные для обработки резанием – в соответствии с предполагаемым качеством обработки (таблицы П3 и П4).

Расчет отклонений расположения поверхностей. Величину отклонений  $\rho$  (в мкм) для штампованной заготовки при обработке в центрах определим по формуле (приложение, табл. П6):

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{24^2 + 500^2} \approx 500, \quad (14)$$

где  $\rho_{кор}$  – общее отклонение оси от прямолинейности, мкм;  $\rho_{см}$  – смещение оси заготовки в результате погрешности центрования, мкм.

В свою очередь:

$$\rho_{кор} = 2\Delta_K l_K = 2 \cdot 0,15 \cdot 80 = 24, \quad (15)$$

где  $l_K$  – размер от сечения, для которого определяется кривизна до торца заготовки, равный ( $l_K = L_1 + L_2$ ) для рассматриваемого случая 80 мм;  $\Delta_K$  – удельная кривизна, мкм на 1 мм длины (в маршруте предусмотрена правка заготовки на прессе, после которой  $\Delta_K = 0,15$  мкм/мм) (табл. П3); средний диаметр, который необходим для определения  $\Delta_K$ , найдем как:

$$D_{cp} = \frac{D_1 L_1 + D_2 L_2 + \dots + D_n L_n}{L} = \frac{25 \cdot 30 + 55 \cdot 50 + 25 \cdot 70}{150} = 35. \quad (16)$$

Смещение оси заготовки  $\rho_{cm}$  рассчитаем по формуле

$$\rho_{cm} = 0,25\sqrt{T^2 + 1000^2} = 0,25\sqrt{1800^2 + 1000^2} = 500, \quad (17)$$

где  $T$  – допуск на диаметральный размер базы заготовки, использованной при центровании,  $T = 1800$  мкм [3, с. 245, табл. 47].

*Черновое обтачивание.* Величину остаточных пространственных отклонений  $\rho$  определим по формуле (18):

$$\rho_{черн.точ} = K_y \rho = 0,06 \cdot 500 = 30 \quad (18)$$

*Чистовое обтачивание.* Величина остаточных пространственных отклонений  $\rho_{чист.точ} = 0,04 \cdot 30 = 1,2$ . Рассчитанные величины пространственных отклонений заносим в графу 4.

Расчет минимальных припусков на диаметральные размеры для каждого перехода выполним по формуле (3.2):

- черновое обтачивание  $Z_{imin} = 2(150 + 200 + 500) = 1700$ ;
- чистовое обтачивание  $2Z_{imin} = 2(50 + 50 + 30) = 260$ ;
- предварительное шлифование  $2Z_{imin} = 2(30 + 30 + 1,2) = 122$ ;
- окончательное шлифование  $2Z_{imin} = 2(10 + 20) = 60$ .

Расчетные значения припусков заносим в графу 6.

Наименьшие расчетные размеры (графа 7) по технологическим переходам определим, складывая значения наименьших предельных размеров, соответствующих предшествующему технологическому переходу, с величиной припуска на выполняемый переход:

$$54,98 + 0,06 = 55,04;$$

$$55,04 + 0,122 = 55,162;$$

$$55,142 + 0,26 = 55,422;$$

$$55,402 + 1,70 = 57,122.$$

Округленные наименьшие предельные размеры заносим в графу 10. Затем определяем наибольшие предельные размеры по переходам:

$$54,980 + 0,020 = 55;$$

$$55,040 + 0,046 = 55,086;$$

$$55,162 + 0,074 = 55,236;$$

$$55,42 + 0,190 = 55,61;$$

$$57 + 5 = 59.$$

Результаты расчета вносим в графу 9.

Расчет фактических максимальных и минимальных припусков по переходам проводим, вычитая соответственно значения наибольших и наименьших предельных размеров, соответствующих выполняемому и предшествующему технологическим переходам:

Максимальные размеры:

$$55,086 - 55 = 0,086;$$

$$55,236 - 55,086 = 0,15;$$

$$55,62 - 55,236 = 0,374;$$

$$59 - 55,61 = 3,39;$$

Минимальные размеры:

$$55,04 - 54,98 = 0,06;$$

$$55,162 - 55,04 = 0,122;$$

$$55,42 - 55,162 = 0,258;$$

$$57 - 55,42 = 1,58.$$

Результаты расчета заносим в графы 11 и 12.

Таблица 1

Расчет припусков и допусков ступени  $\varnothing 55h6_{-0,02}$ 

Маршрут обработки поверхности $\varnothing 55h6_{-0,02}$	Элементы припуска, мкм				Расчетные величины		Допуски $T_i$ , мкм	Операционные размеры, мм		Предельный припуск, мкм	
	$R_z$	$h$	$\rho$	$\varepsilon$	припуска $Z_{imin}$ , мкм	минимального $\varnothing$ , мм		наибольшие	наименьшие	$Z_{max}$	$Z_{min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штамповка.....	150	200	500	-	-	57,122	2000	59,0	57,0	-	-
Точение:											
черновое.....	50	50	30	0	1700	55,422	190	55,61	55,42	3,39	1,58
чистовое.....	30	30	1,2	0	260	55,162	74	55,236	55,162	0,374	0,258
Шлифование											
предварительное	10	20	0	0	122	55,040	46	55,086	55,04	0,15	0,122
Окончательное..	-	-	-	0	60	54,980	20	55,00	54,98	0,086	0,06

Расчет общих припусков проводим по уравнениям:

$$Z_{Omax} = \sum Z_{max} = 0,086 + 0,15 + 0,374 + 3,39 = 4;$$

$$Z_{Omin} = \sum Z_{min} = 0,06 + 0,122 + 0,258 + 1,58 = 2,02.$$

Проверку правильности расчетов проведем по уравнению:

$$Z_{Omax} - Z_{Omin} = 4 - 2,02 = T_3 - T_D = 2,0 - 0,02 = 1,98.$$

На рис. 3 приведена схема расположения припусков и допусков на обработку ступени  $\varnothing 55h6_{-0,02}$ .



Рис. 3. Схема расположения припусков и допусков на обработку ступени  $\varnothing 55h6_{-0,02}$

## 4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

### Задача 1

Четырехступенчатый вал (рис. 4) изготавливают из штампованной заготовки II класса точности. Данные к задаче по вариантам приведены в табл. 2. Условия выполнения операций и маршрут обработки для вариантов 1 – 10 принять по табл. 1 (графа 1). Для вариантов 11 – 20 маршрут обработки тот же, но перед предварительным шлифованием предусмотреть термообработку заготовки в печах. Допускаемую удельную кривизну после термообработки см. [5]. Рассчитать припуски и операционные размеры по переходам. Построить схему расположения припусков и допусков.

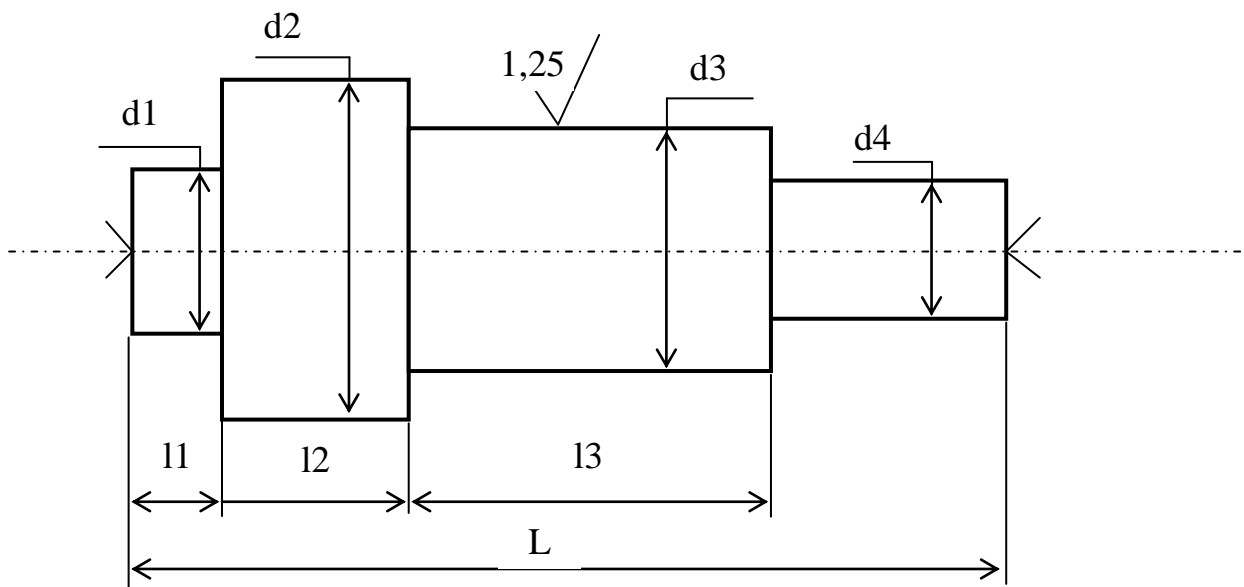


Рис. .4. Эскиз вала

### Задача 2

Четырехступенчатый вал (рис. 3.4) изготовлен из стальной штампованной на молотах заготовки II класса точности (нормального). Параметр шероховатости шейки диаметром  $d_3$  принять  $Ra = 2,5$  мкм. Условия выполнения операций те же что в задаче 1. Определить припуски на заготовку по таблице [3, с. 249, табл. 49] и расчетно-аналитическим методом. Рассчитать

экономии материала за счет применения расчетно-аналитического метода определения припусков при годовом объеме выпуска деталей 20 тыс. шт.

Таблица 2

Исходные данные к задачам 1, 2

Вариан- ты	Диаметр шеек, мм			Длина L, мм	Длина ступеней, мм			Масса заготов- ки, кг
	d1, d4	d2	d3		11	12	13	
1; 11	30	50	$40n6_{-0,050}$	220	45	55	85	2,0
2; 12	45	65	$55g6_{-0,010}^{-0,029}$	260	55	65	95	4,7
3; 13	20	40	$30h6_{-0,013}$	180	40	50	60	1,0
4; 14	50	75	$60f7_{-0,060}^{-0,030}$	350	70	120	80	8,2
5; 15	25	45	$35k6_{0,002}^{0,018}$	200	40	50	70	1,5
6; 16	60	80	$70m6_{0,011}^{0,030}$	300	80	120	50	9,1
7; 17	40	60	$50d8_{-0,119}^{-0,080}$	280	50	70	90	4,1
8; 18	70	90	$80u7_{0,102}^{0,132}$	350	75	125	90	13,8
9; 19	35	55	$45j6_{-0,005}^{0,011}$	240	50	60	90	2,9
10; 20	55	75	$65s6_{0,053}^{0,072}$	300	65	85	85	7,5

## 5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями (п. 2) и примером расчета припусков на механическую обработку (п. 3).

2. В связи с большим объемом расчетных и графических работ целесообразно выполнять задание подгруппами из двух студентов.

3. Получить у преподавателя задание на практическое занятие. В качестве заданий можно использовать задачи, приведенные в п. 4, в [4]. Допускается по согласованию с преподавателем выполнять расчеты на наиболее точную и сложную в обработке поверхность детали, по которой студент выполняет курсовой

проект по курсу «Проектирование автоматизированных технологических процессов».

4. Кроме поставленных в задаче заданий, необходимо выполнить графическую часть работы: схему распределения припусков и допусков (см. рис. 3), операционные эскизы по каждому переходу с указанием базирования и зажима детали по ГОСТ 3.1107-81 [5, с. 49-51], получаемых операционных размеров и параметров шероховатости.

5. Выполнить необходимые расчеты, сделать выводы по решению, оформить и защитить отчет по работе.

6. Ответить на контрольные вопросы.

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Чем объясняется актуальность использования расчетно-аналитического метода расчета припусков?

2. Поясните структуру припуска, принятую в расчетно-аналитическом методе.

3. Как рассчитать значение  $Z_{min}$  для различных случаев?

4. Как определить значения величин, входящих в графы 6 и 7 табл. 1?

5. Как определить значения величин, входящих в графы 9 и 10 табл. 1?

6. Как определить значения величин, входящих в графы 11 и 12 табл. 1?

7. Как и для чего строится схема распределения припусков и допусков?

## **7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Трусов, А. Н. Проектирование автоматизированных технологических процессов : учеб. пособие / А. Н. Трусов ; КузГТУ. – Кемерово, 2015. – 135 с.

2. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учеб. пособие 2-е изд., перераб. и доп.



Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. 138 с.

3. Косилова А. Г. и др. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справ. технолога. – Москва : Машиностроение, 1976.

4. Технология машиностроения: Сборник задач и упражнений. Учеб. пособие / В.И. Аверченков и др.; Под общ. ред. В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. – 2-е изд., перераб. и доп.- Москва : ИНФРА-М, 2006. – 288 с. – (Высшее образование).

5. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 6-е изд., перераб. и доп. Москва : Инновационное машиностроение, 2018. 756 с.: ил.

## Приложение

### СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Таблица П1

#### Качество поверхности различных видов заготовок

Вид заготовки	$R_z$	$h$
	МКМ	
Отливки в земляные формы		
I класса		
наибольший габаритный размер отливки, мм:		
< 1250.....	600	
1250-3150.....	800	
то же II класса		
наибольший габаритный размер отливки, мм:		
< 1250.....	700	
1250-3150.....	900	
Отливки в кокиль.....	200	300
Литье в оболочковые формы.....	40	260
Литье под давлением.....	20	140
Литье по выплавляемым моделям.....	30	170
Штампованные заготовки массой, кг:		
<	150	150
0,25.....	150	200
0,25-2,5.....	150	250
2,5-25.....	200	300
25-100.....	300	300
100-200.....		
Прокат горячекатаный диаметром, мм:	150	150
5-25.....	150	250
26-75.....	200	300
80-150.....	300	400
160-250.....	60	60
Прокат калиброванный гладкотянутый.....	10	20
Прокат калиброванный шлифованный.....		

Примечание. Для отливок в земляные формы указано суммарное значение  $R_z + h$ .

Таблица П2

## Механическая обработка наружных поверхностей

Вид обработки	Квалитет	$R_z$	$h$
		мкм	
Обдирочная обработка лезвийным инструментом отливок II класса, горячего проката обычной точности, нежестких валов, поковок с большим припуском и т. д. ....	12-14	100	100
Черновая обработка лезвийным инструментом заготовок всех видов. ....	11-12	50	50
Чистовая обработка лезвийным инструментом и однократная обработка заготовок с малыми припусками. ....	10-11	30	30
Чистовое торцовое фрезерование. ....	8-9	10	15
Протягивание наружное. ....	7-8	5	10
Тонкая обработка лезвийным инструментом. ....	6-7	3	-
Шлифование:			
предварительное. ....	8-9	10	20
чистовое. ....	7-8	5	15

Таблица П3

## Экономическая точность обработки основных методов (фрагмент)

Метод обработки	Квалитет размера	Шероховатость $Ra$ , мкм
Обтачивание		
предварительное. ....	12...14	25...50
получистовое или однократное. ....	11...13	6.3...25
чистовое. ....	8...10	2.5...12.5
Растачивание отверстий		
предварительное. ....	11..13	12.5...25
чистовое. ....	8...10	2.5...6.3
Шлифование круглое наружное с продольной подачей:		
предварительное. ....	8...9	2.5...6.3
чистовое. ....	6...7	0.2...1.2
тонкое. ....	5...6	0.05...0.3

Таблица П4

## Значения допусков по квалитетам, мкм

Квалитет	Интервалы размеров, мм												
	До 1	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
3	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97
9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
14	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
15	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500
16	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000
17	1000	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200	5700	6300

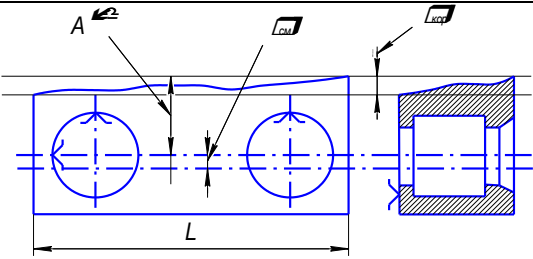
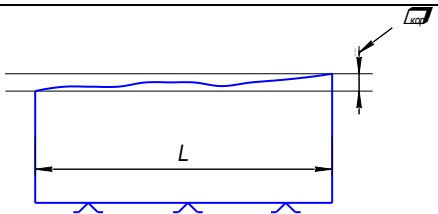
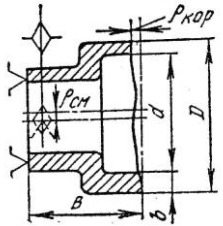
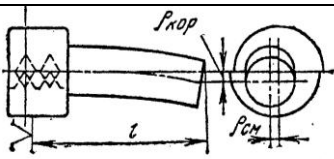
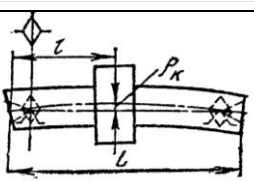
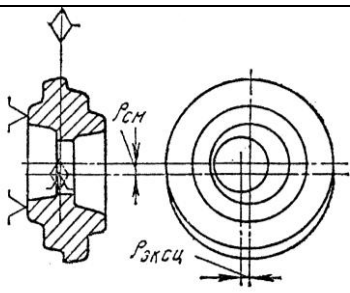
Таблица П5

Рекомендуемые значения коэффициента уточнения  $K_y$ 

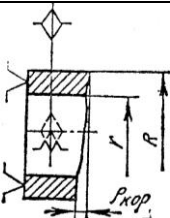
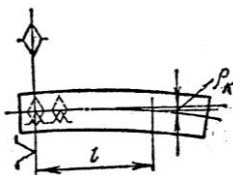
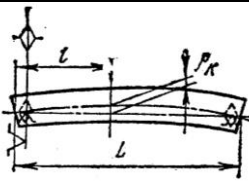
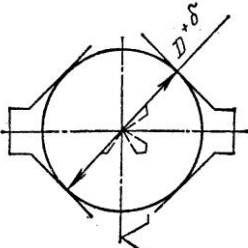
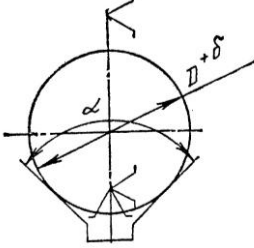
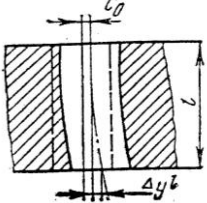
Вид обработки	$K_y$
Однократное и черновое точение штампованных заготовок, заготовок из горячекатаного проката, предварительное шлифование проката.....	0,06
Получистовая обработка заготовок из проката, штампованных заготовок, рассверливание отверстий, смещение оси отверстия после черновой обработки.....	0,05
Чистовое точение заготовок из сортового проката обыкновенного качества, штампованных заготовок, после первого технологического перехода обработки литых заготовок, после чистового шлифования проката.....	0,04
Двукратное обтачивание калиброванного проката или двукратное шлифование заготовок после токарной обработки.....	0,02
Получистовая обработка (зенкерование и черновое развертывание отверстий).....	0,005
Чистовая обработка – развертывание отверстий.....	0,002

Таблица П6

## Суммарные значения пространственных отклонений

Тип детали и метод базирования	Эскиз	Расчетные формулы
Литые заготовки		
Корпусные детали по плоскости и двум отверстиям		$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}$ $\rho_{см} = \delta$ $\rho_{кор} = \Delta_{\kappa} L$
То же, по плоскости, противоположной обрабатываемой		$\rho = \rho_{кор}$
Детали – тела вращения, в самоцентрирующих патронах по наружному диаметру с прижимом к торцу		$\rho_d = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}$ $\rho_D = \rho_{кор} = \Delta_{\kappa} D$ $\rho_{см} = \delta_B$ $\rho_B = \Delta_{\kappa} B$
Штампованные заготовки		
Стержневые детали (валы ступенчатые, рычаги и т.д.) с базированием по крайней ступени		$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}$ $\rho_{кор} = \Delta_{\kappa} l$
Стержневые детали при обработке в центрах		$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}$ $\rho_{кор} = \Delta_{\kappa} l$ $\text{при } l \leq \frac{\Delta}{2}$
Детали типа дисков с прошиваемым центральным отверстием (шестерни, диски и пр.) с установкой по наружному диаметру и торцу		$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{эксц}^2}$

## Продолжение табл. П6

Тип детали и метод базирования	Эскиз	Расчетные формулы
То же, при обработке торцовых поверхностей		$\rho = \rho_{кор}$ $\rho = \Delta_k D = \Delta_k 2R$
Заготовки из сортового проката		
При консольном закреплении в самоцентрирующих патронах		$\rho_k = \Delta_k l$
При обработке в центрах		$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_y^2}$ $\rho_k = \Delta_k l$ <p>при <math>l &lt; \frac{L}{2}</math></p>
Зацентрировка заготовок		
При установке в самоцентрирующих зажимных устройствах		$\rho_k = 0,25 \text{ мм}$
При установке ан призмах с односторонним прижимом		$\rho_y = \sqrt{\frac{\delta^2}{2} + 0,25^2}$ <p>(при <math>\alpha = 90^\circ</math>)</p> $\rho_y = \sqrt{\frac{\delta^2}{3} + 0,25^2}$ <p>(при <math>\alpha = 120^\circ</math>)</p>
Сверление отверстий		
Детали всех типов при обработке отверстий в неподвижной детали		$\rho = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_y l)^2}$
В формулах приняты следующие обозначения $\rho_{кор}$ – составляющая пространственных отклонений, вызванная короблением детали; $\rho_{см}$ – смещение оси заготовки; $\rho_{эксц}$ – составляющая погрешности, вызванная эксцентриситетом верхней и нижней половинок штампа.		

Материал и состояние	Диаметр заготовки, мм					
	5-25	25-50	50-75	75-120	120-150	Свыше 150
Прокат калиброванный:						
- 6-й квалитет	0,5	0,5				
- 9-й квалитет	1	0,75	0,5			
- 10-11-й квалитет	2	1	1			
- 12-й квалитет	3	2	1			
Прокат калиброванный после термообработки	2	1,3	0,6			
Прокат горячекатаный:						
- после правки на прессе	0,15	0,12	0,1	0,08	0,06	0,05
- после термообработки	2,0	1,3	1,3	0,6	0,6	0,3
Штампованные заготов-						
ки:						
- после правки	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0	
- после термообработки	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	
Отливки:						
- плиты	2-3					
- корпуса	0,7-1					

**Примечания:** 1. Общая кривизна прутка не должна превышать произведения допускаемой удельной кривизны на длину прутка.

2. Кривизну отрезаемой заготовки определяют в зависимости от способа базирования при обработке (см. табл. П6).

3. При термообработке проката ТВЧ табличные значения принимать с коэффициентом 0,5.

4. Для ступенчатых валов средний диаметр

$$d_{cp} = \frac{d_1 l_1 + ... + d_n l_n}{l},$$

где  $d_1, ..., d_n$  - диаметры ступеней;  $l_1, ..., l_n$  - длины ступеней;  $l$  – общая длина вала.

5. Для стержневых деталей типа рычагов и пластин  $d_{cp}$  рассчитывают по среднему сечению стержня.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	3
2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ .....	8
4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ .....	14
5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ .....	15
6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	16
7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	16
Приложение.....	18