

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 08.10.2023 17:31:21
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)
Кафедра «Машиностроительных технологий и оборудования»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


О.Г. Локтионова

« 8 » 02



РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИПУСКОВ

Методические указания к выполнению практической работы
по дисциплине «Основы технологии машиностроения»
для студентов направления
15.03.05. Конструкторско-технологическое обеспечение машино-
строительных производств,
15.03.01 Машиностроение

(очной и заочной формы обучения)

Курск 2018

УДК 621.(923)

Составитель О.С. Зубкова

Рецензент

Канд. техн. наук, доцент кафедры
«Машиностроительные технологии и оборудование»

А.А. Горохов

Расчет технологических припусков: методические указания по выполнению практической работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: О.С. Зубкова. Курск, 2018. 28 с., ил. 5, табл. 17, Библиогр.: с. 28.

Содержат сведения о расчете технологических припусков при обработке на настроенных станках заготовок различных типов.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС по направлению подготовки дипломированных специалистов 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и 15.03.01 Машиностроение.

Работа предназначена для студентов очной и заочной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,63. Уч. - изд. л. 1,47. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1. Цель занятия

Получить навык расчета припусков на механическую обработку.

Работа предусматривает решение следующих задач:

- Ознакомиться с методикой расчета припусков на механическую обработку;
- Научиться проводить расчеты припусков на механическую обработку для типовых деталей по разработанному технологическому процессу.

2. Теоретическая часть

2.1. Расчетные схемы и аналитические зависимости для расчета припусков.

Определение оптимальных припусков на обработку тесно связано с установлением предельных промежуточных и исходных размеров заготовки. Эти размеры необходимы для конструирования штампов, прессформ, моделей, для настройки металлорежущих станков, для конструирования специальных режущих и измерительных приборов.

Квалитет точности обрабатываемой поверхности, а также параметры точности и шероховатости после механической обработки можно определить по таблицам 1 – 6.

Целью данной практической является определение припусков расчетно-аналитическим методом. Сделаем допущение, что обработка поверхности производится на предварительно настроенных станках по методу автоматического получения размеров. Расположение полей припусков и межоперационных допусков на двух смежных переходах обработки элементарной поверхности для указанного случая можно представить графически (рис 1а) . Иначе выглядит расположение минимального и максимального припусков, когда обработка проводится по методу пробных проходов (рис 1б).

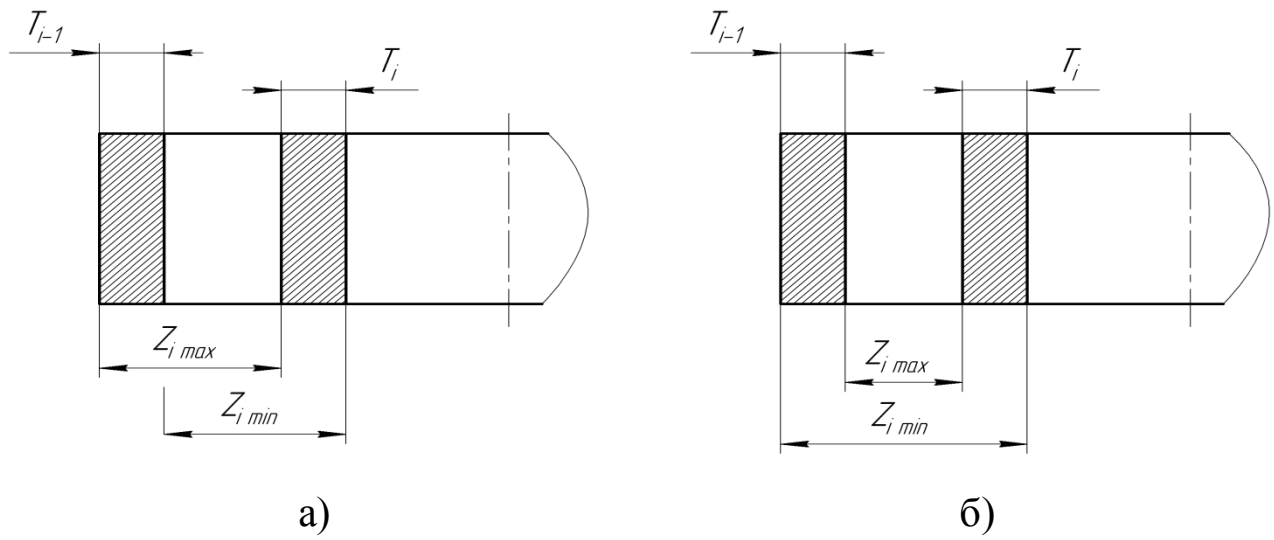


Рис. 1. Схема расположения промежуточных припусков и допусков.

Таблица 1 - Значение допусков Т для размеров до 500 мм.

Размер, мм	Квалитет												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
до 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	0,25	0,4	0,6	1,0
3 ... 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	0,3	0,48	0,75	1,2
6 ...10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	0,36	0,58	0,9	1,5
10 ... 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	0,43	0,7	1,1	1,8
18 ... 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	0,52	0,84	1,3	2,1
30 ...50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	0,62	1,0	1,5	2,5
50 ... 80	15	19	30	46	74	120	190	300	460	0,74	1,2	1,9	3,0
80 ...120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	0,87	1,4	2,2	3,5
120 ... 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1,0	1,6	2,5	4,0
180 ... 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1,15	1,85	2,9	4,6
250 ... 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1,3	2,1	3,2	5,2
315 ... 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1,4	2,3	3,6	5,7
400 ... 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1,55	2,5	4,0	6,3
Ед. измерения	МКМ									ММ			

Таблица 2

Достигаемая точность и качество поверхности после механической обработки отливок
точением, фрезерованием, строганием шлифованием

Обработка	Квалитет	Rz, мкм	h, мкм
1	2	3	4
Точение, фрезерование, строгание.			
Литье в песчаные формы			
Отливки I класса точности			
Однократная обработка	11 - 12	32	32
Черновая обработка	12	50	50
Отливки II класса точности			
Черновая обработка	14	100	100
Получистовая обработка	12	50	50
Отливки III класса точности			
Обдирочная обработка	16 – 17	320	320
Черновая обработка	14 – 15	250	240
Получистовая обработка	11 – 12	100	100
Отливки I, II, III классов точности			
Чистовая обработка	10 – 11	25	25
Тонкая обработка	7 – 9	5	5
Литье в кокиль и центробежное			
Однократная обработка	11	25	25
Черновая обработка	12	50	50
Чистовая обработка	10	20	20
Тонкая обработка	7 – 9	5	5
Литье в оболочные формы			
Однократная обработка	10-11	25	25
Черновая обработка	11	20	20
Чистовая обработка	10	10	10
Тонкая обработка	7 – 9	5	5
Литье по выплавляемым моделям			
Однократная обработка	10	15	20
Тонкая обработка	7 – 9	2,5	5

Продолжение табл. 2

Шлифование отливок, получаемых различными способами			
Однократная обработка	7	5	10
Черновая обработка	8 – 9	10	20
Чистовая обработка	6 – 8	5	15
Тонкая обработка	5 – 6	0,63	-

Таблица 3

Достижимая точность и качество поверхностей после механической обработки, получаемых свободной ковкой на прессах и молотах и в подкладных штампах

Способ обработки		Квалитет	Rz, мкм	h, мкм
Точение резцами, фрезерование	Обдирочное	17	1250	350
	Черновое	15 – 16	250	240
	Получистовое	12 – 14	125	120
	Чистовое	10 – 11	40	40
	Тонкое	6 – 7	5	5
Шлифование	Обдирочное	14 – 15	20	20
	Черновое	10	15	15
	Чистовое	6 – 7	5	5
	Тонкое	5 – 6	2,5	5

Таблица 4

Точность и качество поверхности штампованных заготовок после механической обработки

Способ обработки		Квалитет	Rz, мкм	h, мкм
Обтачивание наружных поверхностей	Однократное	11 – 12	32	30
	Черновое	12	50	50
	Чистовое	11	25	25

Продолжение табл. 4

	Тонкое	7 - 9	5	5
Подрезание торцевых поверхностей	Черновое	12	50	50
	Чистовое	11	32	30
Фрезерование	Однократное	14	100	100
Диски				
Обтачивание наружных поверхностей, подрезание торцевых поверхностей	Одно-кратное	10 – 12	32	30
	Черновое	14	100	100
	Получистовое	12	50	50
	Чистовое	10 - 11	25	25
Протягивание	Однократное	10	5	10
Шлифование валов, дисков, рычагов	Одно-кратное	7 – 9	5	10
	Черновое	8 – 9	10	20
	Получистовое	6 – 7	5	15
	Чистовое	5 – 6	2,5	5

Таблица 5

Точность и качество заготовок из проката после механической обработки

Способ обработки	Квалитет	Rz, мкм	h, мкм
Наружное обтачивание проката повышенной и обычной точности	Обдирка	14	125
	Черновое	12	63
	Чистовое	10 – 11	32 – 20
	Тонкое	7 – 9	6 – 3
Шлифование в центрах	Черновое	8 – 9	10
	Чистовое	7 – 8	6,3
Бесцентровое шлифование	Тонкое	5 – 6	3,2 – 0,8

Продолжение табл. 5

Подрезание торцев	Черновое	12	50	50
	Чистовое	11	32	30
Шлифование на- кругло- и торце- подрезных стан- ках	Однократное	6	5 – 10	-

Таблица 6

Качество поверхности отверстий после механической обработки

Способ обработки		Диаметр отверстий ,мм	Квали- тет	Rz, мкм	h, мкм
Сверление спиральными сверлами		от 3 до 6	12	20	40
		св 6 до 10		32	50
		« 10 « 18		40	60
		« 18 « 50		50	70
		« 50 « 80		63	80
Глубокое сверление специ- альными сверлами		от 3 до 10	12	16	25
		св 10 до 18		20	30
		« 18 « 30		32	40
		« 30 « 50		50	50
Зенкерование	Однократное	до 30	10	32	40
		Черновое			
		св 30 до 80	50	50	
	Чистовое	до 30	10	32	30
		св 30 до 80			
	Растачивание	Черновое	от 50 до	12	40
Чистовое		260	10	20	20

В связи с тем, что заготовки поступают на обработку с колебанием размеров поверхностей, подлежащих обработке от $a_{min_{i-1}}$ до $a_{max_{i-1}}$ в пределах допуска T_{i-1} , то и действительные припуски на обработку этих поверхностей на данной операции (переходе) будут иметь различные величины от Z_{min_i} до Z_{max_i} . В свою очередь, колебания припуска от Z_{min_i} до Z_{max_i} вызовут неравномерное от Δu_{min_i} до Δu_{max_i} отжатие технологической системы, а следовательно – колебание размера на данной операции (переходе) от a_{min_i} до a_{max_i} . Станок настроен на размер $H_{наст}$. Сказанное выше проиллюстрировано на рис. 2а для плоских поверхностей, а на рис. 2б, в – для поверхностей вращения.

Минимальный припуск при последовательной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск) определяют по формуле:

$$Z_{i_{min}} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i \quad (1)$$

При параллельной обработке противоположных поверхностей (двусторонний припуск):

$$2Z_{i_{min}} = 2 \left[R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i \right] \quad (2)$$

При обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск):

$$Z_{i_{min}} = 2 \left[R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right] \quad (3)$$

При обтачивании цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах, а также при бесцентровом шлифовании $\varepsilon_i = 0$. Поэтому

$$2Z_{i_{min}} = 2 \left[R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} \right] \quad (4)$$

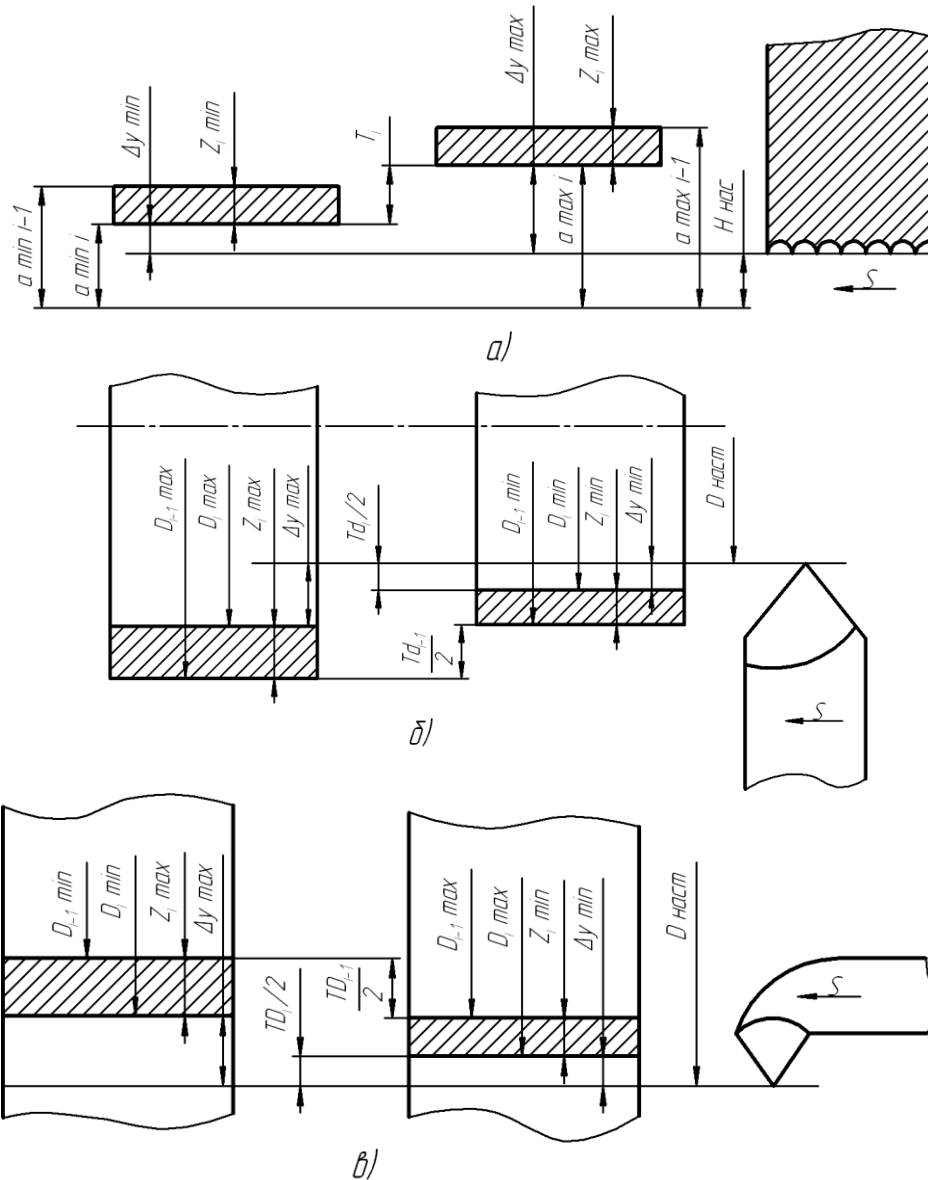


Рис. 2. Схема определения минимального и максимального промежуточного припуска при обработке на настроенных станках

При обработке плавающей разверткой, плавающим блоком резцов, при протягивании:

$$2Zi_{min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} \right) \quad (5)$$

При обкатке лезвийным или абразивным инструментом без выдерживания размера черновой поверхности

$$Z\partial = Rz_{i-1} + h_{i-1} + 0,25T_{i-1}, \quad (6)$$

где Rz_{i-1} – высота неровностей профиля на предшествующем переходе (рис. 3а);

h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (рис. 3а);

$\Delta_{\Sigma-1}$ – суммарное отклонение расположения поверхности, а в ряде случаев отклонение формы поверхности (рис. 3б, в, д, е, ж, з);

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе (рис. 3г).

На рис. 3 приведены характерные схемы для определения суммарного значения пространственного отклонения $\Delta_{\Sigma-1}$, т.е. отклонений от правильной геометрической формы поверхностей и их взаимного расположения для различных видов заготовок при их обработке на первой операции с учетом методов базирования, влияющих на величину их пространственного отклонения.

2.2. Определение качественных характеристик (Rz, h) поверхностей заготовок и деталей.

Значения Rz_{i-1} и h_{i-1} приведены в табл. 16...20 и соответствуют качеству поверхностей деталей обработанных различными способами. Качество поверхностей заготовок $\langle Rz_{i-1} + h_{i-1} \rangle$, полученных различными способами, приведено в табл. 7 – 10.

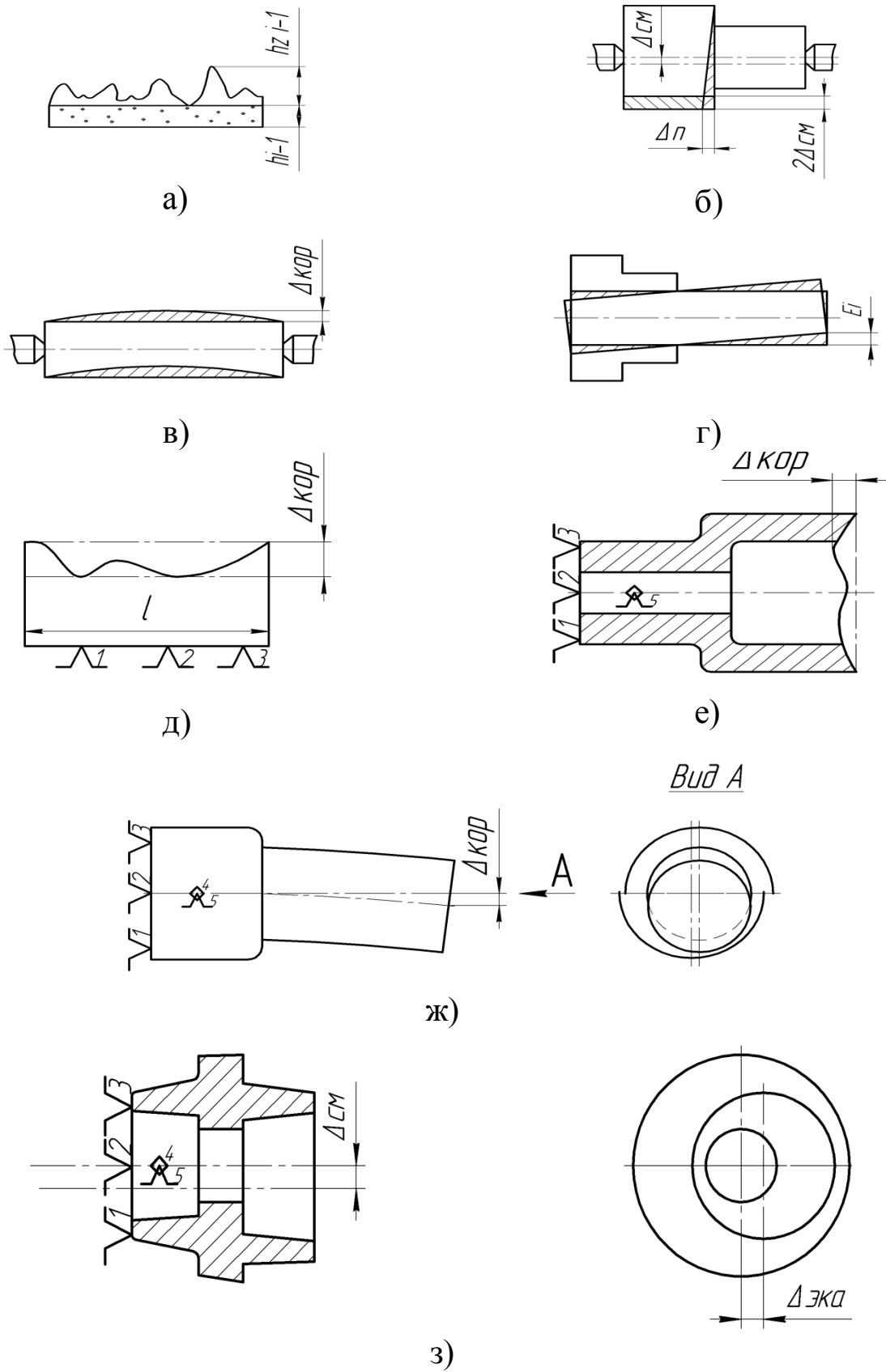


Рис. 3. Схемы для определения элементарных составляющих минимального припуска

Таблица 7

Качество поверхности отливок $\overline{Rz_{i-1} + h_{i-1}}$ в мкм, достигаемое различными способами формовки

Материал	Класс точности	Размеры отливки		Примечание
		До 500	500 – 1250	
Чугун	I	400	600	I – литье в формы, изготовленные машинной формовкой по металлическим моделям
	II	500	700	
	III	600	800	
Сталь	I	300	500	II – машинная формовка по деревянным моделям
	II	400	600	
	III	500	700	
Цветные металлы и сплавы	I	200	400	III – ручная формовка по деревянным моделям
	II	300	500	
	III	400	600	

Таблица 8

Качество поверхности отливок, достигаемое специальными способами литья

Вид литья	Квалитет	Rz, мкм	h, мкм для заготовки			
			из чугуна	из стали	Из цв. мет.	
В кокиль	14 – 15	200	300	200	100	
Центробежное	14 – 15	200	300	200	100	
В оболочковые формы для элементов получаемых	в одной полуформе	11 – 12	40	260	160	100
	в обеих полуформах	14	40	260	160	100
	под давлением	11 – 12	50	-	-	100
По выплавляемым моделям	11 - 12	32	170	100	63	

Таблица 9

Качество поверхности поковок $\overline{Rz_{i-1} + h_{i-1}}$ в мкм,
изготавливаемых ковкой.

Поковки $\overline{Rz + h}$					Штамповки Rz, h		
Наибольший размер поковки, мм	Пресс		Молот	Подкл. штамп	Масса штамповки, кг	мкм	
	Точность, мкм					Rz	h
	По-выш.	Норм.	Норм.	Норм.			
от 50 до 180	800	1000	1000	750	от 4 до 25	20 0	25 0
св 180 до 500	1000	1500	1500	1200	св 25 до 40	25 0	30 0
« 500 « 1250	1500	2000	2000	1500	« 40 « 100	32 0	35 0
« 1250 « 3150	2500	2500	2500	-	« 100 « 200	40 0	40 0

Таблица 10

Качество поверхности $\overline{Rz_{i-1} + h_{i-1}}$ (в мкм)
сортового проката.

Диаметр проката	Точность проката					
	Высокая		Повышенная		Обычная	
	Rz	h	Rz	h	Rz	h
до 30	63	50	80	100	125	150
св 30 до 80	100	75	125	150	160	250
« 80 « 180	125	100	160	200	200	300
« 180 « 250	200	200	250	300	320	400

2.3 Расчет суммарных отклонений расположения поверхностей

Суммарное значение пространственных отклонений $\Delta_{\Sigma i-1}$ расположения при обработке сортового проката круглого сечения (вала) в центрах (рис. 3в):

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_u^2}, \quad (7)$$

где $\Delta_{\Sigma k}$ - величина кривизны (отклонения от прямолинейности) заготовки;

Δ_u - смещение оси заготовки в результате погрешности центрирования.

$$\Delta_{\Sigma k} = \Delta_k \cdot L; \quad (8)$$

$$\Delta_u = 0,25\sqrt{T^2 + 1}; \quad (9)$$

где Δ_k - удельная кривизна заготовки, мкм/мм (табл. 26, 30);

L - длина заготовки;

T - допуск на диаметральный размер базы заготовки, использованной при центрировании.

На последующих операциях суммарное пространственное отклонение может быть определено по формуле:

$$\Delta_{\Sigma i} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma i-1}, \quad (10)$$

где K_y - коэффициент уточнения (см. табл. 25).

Аналогично определяется $\Delta_{\Sigma i-1}$ и $\Delta_{\Sigma i}$ при обработке вала из проката в патроне и на заднем центре.

При обработке вала из проката в патроне (закрепленном консольно, рис 3г) $\Delta_{\Sigma i-1}$ равно:

$$\Delta_{\Sigma i-1} = L \frac{\Delta_k}{\Delta_k^2 + 0,25} \quad (11)$$

Таблица 11

Значение K_y по технологическим переходам

Заготовка	Технологический переход	K_y	Заготовка	Технологический переход	K_y
Калиброванный прокат	Обтачивание однократное	0,05	Горячекатаный прокат, штамповка, отливка	Обтачивание черновое и однократное	0,06
	Обтачивание двукратное	0,02		Обтачивание получистовое	0,05
Прокат, штамповка, отливка	Шлифование черновое	0,03		Обтачивание чистовое	0,04
	Шлифование чистовое	0,02			

Таблица 12

Удельная кривизна профиля сортового проката без праки, Δ_k , в мкм на 1 мм

Точность прокатки	Длина проката, мм				
	До 120	120 – 180	180 – 315	315 – 400	400 – 500
Обычная	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Повышенная	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Высокая	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Суммарное значение пространственных отклонений $\Delta_{\Sigma i-1}$ расположения при обработке поковок и штамповок в патроне и на заднем центре, а также поковок и штамповок в центрах равно:

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{кор}^2 + \Delta_{ц}^2}, \quad (12)$$

где $\Delta_{см}$ - отклонение от соосности (смещение) штамповок, штампуемых в разных половинах штампов (табл. 13);

$\Delta_{кор}$ - коробление штамповок, поковок, равное $\Delta_{кор} = \Delta_k \cdot L$

Δ_k - кривизна поковок, штамповок (см. табл. 13).

При обработке в патроне поковок и штамповок (рис 3 ж):

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{кор}^2}; \quad (13)$$

При обработке в патроне деталей типа дисков (шестерни) с центральным отверстием (рис. 3з):

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{экс}^2}, \quad (14)$$

где $\Delta_{экс}$ - отклонение от concentричности центрального отверстия относительно наружной поверхности (см. табл. 14).

Отклонение расположения торцевых поверхностей поковок $\Delta_{\Sigma i-1}$ равно (рис. 3б)

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \Delta_n \cdot D, \quad (15)$$

где Δ_n - отклонение от перпендикулярности, мкм на 1 мм (см. табл. 15);

D – диаметр торцевой поверхности.

$$\Delta_{чер} = 0,2 \sqrt{R - r} \Delta_n, \quad (16)$$

$$\Delta_{нч} = 0,152 \sqrt{R - r} \Delta_n, \quad (17)$$

$$\Delta_{чус} = 0,1 \sqrt{R - r} \Delta_n, \quad (18)$$

где R, r – радиус наружной и внутренней поверхности.

По формулам (8, 9, 10) можно определить остаточную величину отклонений от перпендикулярности после черновой, получистовой и чистовой обработки.

При обработке корпусных деталей, полученных из отливок, базирующихся по отверстию (или двум отверстиям), ось (оси) которого параллельна обрабатываемой поверхности расчет проводится по формуле (5). Данные необходимые для расчета приведены в табл. 16.

При базировании по плоскости (рис. 3д):

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \Delta_k \cdot L \quad (19)$$

Значение Δ_k определяется по табл. 16.

Таблица 13

Отклонение от соосности $\Delta_{см}$ и удельная кривизна Δ_k для поковок типа валов различной точности

$\Delta_{см}$, мм					Δ_k , мкм/мм				
Масса поковки, кг	Штамповка на молотах		Штамповка на прессах		Диаметр поковки, мм	После штамповки	После правки	После термообработки	
	Повыш.	Нормал.	Повыш.	Нормал.				в печах	ТВЧ
до 4	0,5	1,0	0,4	0,7	до 25	4	0,2	2,5	1,25
св 4 до 6,3	0,63	1,1	0,45	0,8	св 25 до 50	3	0,15	1,5	0,75
« 6,3 « 10	0,7	1,2	0,5	0,9	« 50 « 80	2	0,12	1,5	0,75
« 10 « 16	0,8	1,3	0,6	1,0	« 80 « 120	1,8	0,1	1	0,5
« 16 « 25	0,9	1,4	0,7	1,1	« 120 « 180	1,6	0,08	1	0,5

Таблица 14

Отклонение от концентричности $\Delta_{экс}$ и коробление $\Delta_{кор}$ поковок типа диска с отверстием

Толщина (высота) или ширина поковок, мм	Отклонение от концентричности $\Delta_{экс}$, мм		Коробление $\Delta_{кор}$, мм	
	Повышенная	Нормальная	Повышенная	Нормальная
до 50	0,5	0,8	0,5	0,5
св 50 до 120	0,63	1,4	0,5	0,5
« 120 « 180	0,8	2	0,5	0,7
« 180 « 260	1	2,8	0,6	0,9

Таблица 15

Отклонение от перпендикулярности Δ_n (мкм на 1 мм) торца и оси поковки

Масса поковки, кг	При штамповке	
	на молотах	на прессах
0,25 ... 1,6	0,3	0,5
1,6 ... 4	0,4	0,7
4 ... 10	0,5	0,9
10 ... 25	0,6	1,1
25 ... 40	0,7	1,2

Таблица 16

Удельное коробление Δ_k и смещение оси отверстия $\Delta_{см}$ корпусных деталей

Детали	Удельное коробление Δ_k , мкм на 1 мм	Смещение оси отверстия $\Delta_{см}$ относительно обрабатываемой поверхности, мм
Корпусные	0,3 ... 1,5	1,2 ... 2,5
Плиты	2,0 ... 3,0	

2.4 . Расчет погрешности установки заготовок ε_i и ее составляющих.

Погрешность установки в общем случае рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\Delta_{\varepsilon\delta}^2 + \Delta_{\varepsilon\varepsilon}^2 + \Delta_{np}^2}, \quad (20)$$

где $\Delta_{\varepsilon\delta}$, $\Delta_{\varepsilon\varepsilon}$, Δ_{np} - соответственно погрешность базирования, закрепления и приспособления.

Погрешность базирования $\Delta_{\varepsilon\delta}$ необходимо рассчитать пользуясь данными [1, стр. 45 - 48].

Погрешность изготовления приспособления $\Delta_{пр}$ можно принять равной 20% от допуска на соответствующий обрабатываемый размер заготовки.

Погрешность закрепления можно рассчитать аналитическим способом [1, стр. 51 - 53] или воспользоваться рекомендациями приведенными в источнике [2, стр. 79 - 82].

Погрешность установки можно определить на основе укрупненных данных, приведенных в источнике [1, стр. 41 - 44].

2.5. Правила расчета припусков на обработку.

1. Минимальный припуск рассчитывают по формулам (10 - 15). Для облегчения вычислений необходимо пользоваться расчетной таблицей (см. прил. Е). В таблице указывают номинальный размер элементарной поверхности с соответствующим допуском (по чертежу детали), для которой рассчитывают припуски. Записывают технологические переходы в порядке их выполнения. Для каждого перехода (операции) записывают значения Rz , h , Δ_{Σ} , ε и T . Допуск определяют для отливок по [1, стр. 120 – 121, табл. 3, 4], для штампованных заготовок [1, стр. 145, табл. 23], для проката – [1, стр. 169 – 174]. Рассчитанные минимальные припуски и допуски промежуточных размеров заносят в таблицу (см. прил. Е).

1. В графу «расчетный минимальный диаметр» для конечного перехода записывают наименьший (для наружной) или наибольший (для внутренней) размер по чертежу.

2. Для переходов предшествующих конечному, последовательно определяют расчетные размеры.

Для наружных поверхностей:

$$a_{min_{i-1}} = a_{min_i} + z_{min_i}; \quad (21)$$

$$a_{max_{i-1}} = a_{min_{i-1}} + T_{i-1}; \quad (22)$$

$$d_{min_{i-1}} = d_{min_i} + 2z_{min_i}; \quad (23)$$

$$d_{max_{i-1}} = d_{min_{i-1}} + Td_{i-1}. \quad (24)$$

Для внутренних поверхностей:

$$a_{max_{i-1}} = a_{max_i} - z_{min_i}; \quad (25)$$

$$a_{min_{i-1}} = a_{max_{i-1}} - T_{i-1}; \quad (26)$$

$$D_{max_{i-1}} = D_{max_i} - 2z_{min_i}; \quad (27)$$

$$D_{min_{i-1}} = D_{max_{i-1}} - T_{i-1}. \quad (28)$$

Полученные наименьшие (наибольшие) предельные размеры округляются увеличением (для наружных) или уменьшением (для внутренних) до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждой операции (перехода). Предельные размеры заносят в таблицу (см. прил. Е).

3. Фактические предельные значения припусков находят так:

z_{max} как разность наибольших (для наружных) или наименьших (для внутренних) предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

z_{min} как разность наименьших (для наружных) или наибольших (для внутренних) предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

Общие припуски $z_{\Sigma max}$ и $z_{\Sigma min}$ определяют как сумму промежуточных припусков на обработку.

Правильность расчетов проверяют по формулам:

$$z_{max} - z_{min} = T_{i-1} - T_i; \quad (29)$$

$$2z_{max} - 2z_{min} = Td_{i-1} - Td_i; \quad (30)$$

$$z_{\Sigma max} - z_{\Sigma min} = T_3 - T_\delta; \quad (31)$$

$$2z_{\Sigma max} - 2z_{\Sigma min} = TD_3 - TD_\delta. \quad (32)$$

3. Задания к практической работе.

Для типовых деталей и разработанных к ним технологических процессов представленных в источнике [4, стр 426-467], варианты 1-30 рассчитать припуск на обработку наиболее точной поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] : в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерикова. - М. : Машиностроение, 1986 - .Т. 1. - 656 с. : ил.
2. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. [Текст] : учебное пособие для вузов. / Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. – 5-е издание, стереотипное – М.: ООО ИД «Альянс», 2007 г. – 256 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : [учебное пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / Е. А. Кудряшов [и др.]. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 128 с.
4. Обработка металлов резанием [Текст] : справочник технолога / Под ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 2004. - 784 с.
5. Кудряшов, Евгений Алексеевич. Основы технологии машиностроения [Текст] : [учебник для студентов вузов по направлениям "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)"] / Е. А. Кудряшов, И. М. Смирнов, Е. И. Яцун ; под ред. д-ра техн. наук, проф. Е. А. Кудряшова. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 431 с.

Таблица 17 - Расчет припусков на обработку предельных размеров по технологическим переходам

Наименование детали – вал. Материал – сталь 35. Шейка вала $\varnothing 136_{-0,04}$ мм, $l = 400$ мм. Заготовка – штамповка.

Технологический маршрут обработки	Элементы припуска, мкм				Миним. расчетный припуск, мкм $2z_{\Sigma min}$	Миним. расчетный размер, мм	Допуск на изготовление, мм T_d	Предельные (округленные) размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz	h,	Δ_{Σ}	ε				d_{min}	d_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$
Штамповка	200	250	110 0			138,71	3,6	138, 8	142, 2	-	-
Обтачивание:											
- черновое	50	50	70	0	3100	135,61	0,4	135,	136,	3100	6300
- чистовое	25	25	45	0	340	135,27	0,25	7 135, 27	1 135, 52	430	580
Шлифование:											
- черновое	10	20	30	0	190	135,08	0,1	135,	135,	170	320
- получистовое	5	15	20	0	120	134,96	0,04	1 134, 96	2 135, 0	140	200
Проверка расчета: $Td_{i-1} - Td_i = 3560 = 2z_{max} - 2z_{min} = 3560$ мкм											

Приложение 2

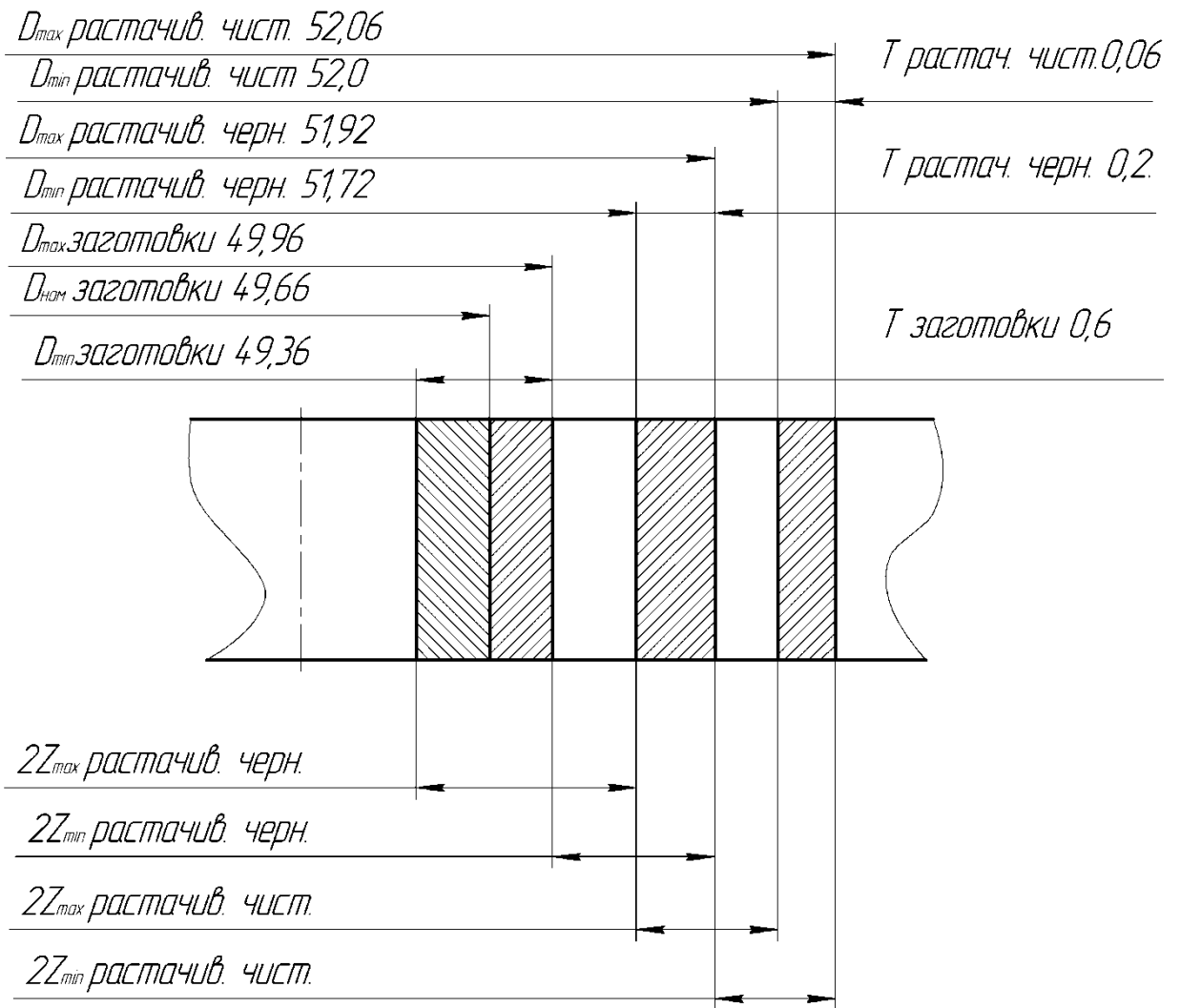


Рис. 4. Графическое расположение припусков и допусков на обработку внутренних поверхностей

Приложение 3

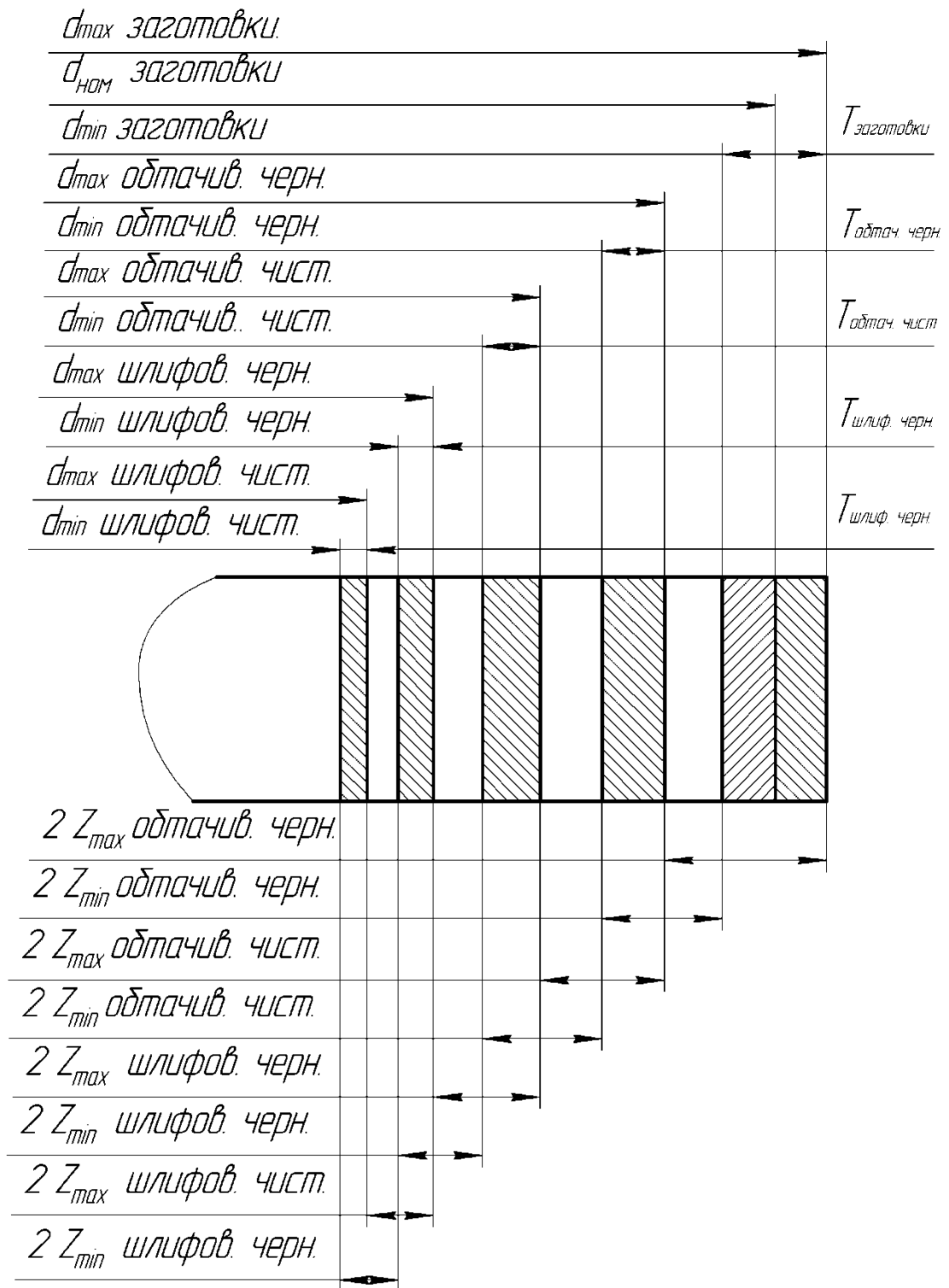


Рис. 5. Графическое расположение припусков и допусков на обработку наружных поверхностей