

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра ракетных двигателей

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА
АВИАЦИОННЫХ И РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических и самостоятельных работ для студентов
специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»
(специализация «Проектирование жидкостных ракетных двигателей»)
очной формы обучения

Воронеж 2021

УДК 629.7:621.452(07)
ББК 39.551.4я7

Составитель
д-р техн. наук Г. А. Сухочев

Технология производства авиационных и ракетных двигателей: методические указания к выполнению практических и самостоятельных работ для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» (специализация «Проектирование жидкостных ракетных двигателей») очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Г. А. Сухочев. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. - 33 с.

В методических указаниях изложены требования и общие вопросы по выполнению практических и самостоятельных работ, представлен теоретический материал и сформулированы задания.

Предназначены для студентов 4 курса, выполняющих практические и самостоятельные работы по дисциплине «Технология производства авиационных и ракетных двигателей».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ТПАиРД_ПР_СР.pdf.

Ил. 13. Табл. 24. Библиогр: 5 назв.

УДК 629.7:621.452(07)
ББК 39.551.4я7

Рецензент – В. Д. Горохов, д-р техн. наук, проф. кафедры ракетных двигателей ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Практическая работа № 1
Определение припусков по нормативным таблицам.
Расчет операционных припусков и предельных размеров
аналитическим методом

Цель и задачи проведения практической работы состоит в приобретении практических навыков в выборе методов определения и оптимизации режимов по критериям погрешности и времени обработки с применением компьютерной техники.

План и задачи проведения практической работы:

1. Получить задание соответствующего варианта.
2. Изучить методическое указание.
3. Выбрать методы обработки, припуски, глубину резания, подачу, вычислить скорости и силы резания, построить графики погрешностей и машинного времени обработки.
4. Оформить и защитить результаты работы в установленные учебным графиком сроки.


Формирование исходных данных. Включите компьютер. Активизируйте знак  на рабочем столе компьютера двойным нажатием ЛКМ. Появится 1-е окно. Введите имя, фамилию, номер группы, номер варианта, соответствующий Вашему порядковому номеру в журнале. Ознакомьтесь со схемами обработки, для этого нажмите на кнопки 1-го окна: «Схема первого вида обработки» - консольное закрепление заготовки в трех кулачковом патроне, «Схема второго вида обработки» - закрепление в трех кулачковом патроне и во вращающемся центре. Конструкторский допуск равен разности наибольшего и наименьшего предельных размеров $IT_k = D_{\max} - D_{\min}$; технологический допуск равен $IT_T = (0,7 \div 0,8)IT_k$. Нажмите «Далее». Появится 2-е окно. Запишите исходные данные в тетрадь по лабораторным работам. В столбце L меньшее значение указано для консольного закрепления, большее – для двух опорного закрепления, где имеется вероятность необходимости применения люнета. Зарисуйте обе схемы обработки и изобразите схемы базирования вала. Выполнив все действия по вводу исходных данных, нажмите кнопку «Далее». Должно открыться 3-е окно. Варианты заданий представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Исходные данные для выполнения работы

Вар	$\varnothing D$, мм	L	Вар	$\varnothing D$, мм	L
1	$20e8 \begin{pmatrix} -0,040 \\ -0,073 \end{pmatrix}$	50 270	15	$70j_s 7 (\pm 0,015)$	260 820
2	$30f8 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,064 \end{pmatrix}$	65 310	16	$80j7 \begin{pmatrix} +0,018 \\ +0,012 \end{pmatrix}$	270 860
3	$40h8 \begin{pmatrix} \\ -0,039 \end{pmatrix}$	90 400	17	$90k7 \begin{pmatrix} +0,038 \\ +0,003 \end{pmatrix}$	290 895
4	$50s7 \begin{pmatrix} +0,068 \\ +0,043 \end{pmatrix}$	120 550	18	$100m7 \begin{pmatrix} +0,048 \\ +0,013 \end{pmatrix}$	360 920
5	$60n7 \begin{pmatrix} +0,050 \\ +0,020 \end{pmatrix}$	130 680	19	$110n7 \begin{pmatrix} +0,058 \\ +0,023 \end{pmatrix}$	380 970
6	$70c8 \begin{pmatrix} -0,150 \\ -0,196 \end{pmatrix}$	170 750	20	$20p6 \begin{pmatrix} +0,035 \\ +0,022 \end{pmatrix}$	60 235
7	$80d8 \begin{pmatrix} -0,100 \\ -0,146 \end{pmatrix}$	200 890	21	$30r6 \begin{pmatrix} +0,041 \\ +0,028 \end{pmatrix}$	96 360
8	$90e8 \begin{pmatrix} -0,072 \\ -0,126 \end{pmatrix}$	220 950	22	$40s7 \begin{pmatrix} +0,059 \\ +0,049 \end{pmatrix}$	98 470
9	$100f8 \begin{pmatrix} -0,036 \\ +0,090 \end{pmatrix}$	250 980	23	$90k7 \begin{pmatrix} +0,068 \\ +0,043 \end{pmatrix}$	430 965
10	$110b9 \begin{pmatrix} -0,240 \\ -0,327 \end{pmatrix}$	270 995	24	$50t6 \begin{pmatrix} +0,070 \\ +0,054 \end{pmatrix}$	175 460
11	$20js6 (\pm 0,0065)$	60 230	25	$60r6 \begin{pmatrix} +0,060 \\ +0,041 \end{pmatrix}$	247 570
12	$30f6 \begin{pmatrix} -0,020 \\ -0,033 \end{pmatrix}$	65 250	26	$65p6 \begin{pmatrix} +0,051 \\ +0,032 \end{pmatrix}$	230 610
13	$40k6 \begin{pmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{pmatrix}$	95 420	27	$70e8 \begin{pmatrix} -0,060 \\ -0,106 \end{pmatrix}$	270 670
14	$50m6 \begin{pmatrix} +0,025 \\ +0,009 \end{pmatrix}$	130 570	28	$80d8 \begin{pmatrix} -0,100 \\ -0,146 \end{pmatrix}$	320 780

Выбор видов обработки при наружном точении и шлифовании выполняется по нормативным таблицам (табл. 1.2, 1.3 и 1.4) по технологическому допуску IT_T , высотному параметру шероховатости R_a , толщине дефектного слоя h_d .

Таблица 1.2

Параметры шероховатости и качества точности при точении вала [2, с.]

Виды обработки	Ra, мкм	Квалитет точности
Обтачивание при продольной подаче		
- Обдирочное	100-25	17-15
- Получистовое	12,5-6,3	14-12
- Чистовое	3,2-1,6* (0,80)	9-7
- Тонкое	0,80-0,40* 0,20)	6
Обтачивание при поперечной подаче		
- Обдирочное	100-25	16-17
- Получистовое	12,5-6,3	15-14
- Чистовое	3,2*	13-11
- Тонкое	1,6- (0,80)	11-8

Таблица 1.3

Параметры шероховатости и качества точности при шлифовании [2, с.]

Виды обработки	Ra, мкм	Квалитет точности
Шлифование круглое:		
- Получистовое	6,3-3,2	11-8
- Чистовое	1,6-0,80*	8-6
- Тонкое	0,40-0,20* (0,10)	5

Для этого нажмите клавишу «Зависимость технологического допуска от диаметра и вида точения» в окне 3 и «Зависимость технологического допуска от диаметра и вида шлифования» в окне 3а. Выбранный маршрут обработки пометьте знаком * в рамках соответствующего окна, запишите в тетрадь. Нажмите «Далее». Появится 4-е окно. В табл. 1.2 и 1.3 значения Ra приведены для стали. В круглых скобках указаны предельно достижимые параметры. Средние значения параметра шероховатости для данного вида обработки отмечены одной звездочкой. Квалитет точности IT, параметр шероховатости Ra, толщина дефектного слоя h_d , достигаемые при наружном точении, с учетом размеров обрабатываемой поверхности представлены в табл. 1.4.

Формирование состав переходов операций осуществляется расчетным путем посредством формирования состава переходов, а из них - формирования операций в зависимости от исходных размеров заготовки и конечного размера. Процедура формирования осуществляется за счет последовательного перебора технологических возможностей методов обработки от конечного к

предшествующему, при соблюдении условия, допуск размеров предшествующего перехода IT_{i-1} меньше на величину $K_{\text{ТП}}$ припуска на последующий переход Π_i (1.1):

$$IT_{i-1} \leq k_{\text{ТП}} \times \Pi_i, \quad (1.1)$$

где $k_{\text{ТП}} = 0,4 \div 0,6$ – коэффициент надежности технологического процесса.

Таблица 1.4
Зависимость технологического допуска от диаметра и вида точения [2, с.]

Вид точения	IT	Ra, мкм	h_d , мкм	Технологический допуск (мкм) при диаметре (мм)				
				Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180
Черновое	14	50-6,3	120-100	-	620	740	870	1000
	13		100-80	330	390	460	540	630
	12		60-70	210	250	300	350	400
Полу-чистовое	13	25-1,6	50-40	330	390	460	540	630
	12		40-30	210	250	300	350	400
	11		30-20	130	160	190	220	250
Чистовое	10	6,3-0,4	30-25	84	100	120	140	160
	9		25-20	52	62	74	87	100
	8		20-15	33	39	46	57	63
Тонкое	8	1,6-0,2	15-10	33	39	46	57	63
	7		10-7	21	25	30	35	40
	6		7-4	13	16	19	22	25

Рассмотрим пример формирования состава переходов наружной цилиндрической поверхности вала $\varnothing 60k6^{(+0,021}_{+0,002})$ Ra0,63 мкм. Исходная заготовка – штамповка выполнена по IT14 с предельными отклонениями размеров $\varnothing 65^{(+2,2}_{-1,4})$ мм [1, с. 134-138]. В качестве конечного метода обработки выберем тонкое шлифование которое обеспечивает $IT_i = (19-13)$ мкм и Ra 0,63 мкм [1, с. 8-10]. Припуск $\Pi_i = 40$ мкм (табл. 1.5). Предшествующий метод обработки выбираем из условия $IT_{i-1} \leq 0,6 \cdot 40 = 24$ мкм. Этому условию соответствует чистовое шлифование по IT7, для которого при $\varnothing 60$ мм $IT_T = (30-19)$ мкм, припуск 150-200 мкм. Вид обработки для $i-2$ перехода $IT_{i-2} = 0,6 \cdot 150 = 90$ мкм. Этому условию удовлетворяет чистовое точение по IT7

для которого при $\varnothing 60$ мм $IT_T = 74-40$ мкм. $IT_{i-2} = 0,6-1,0$ мм. Определим для $i-3$ перехода $IT_{i-3} = 0,6 \cdot 1000 = 600$ мкм. Условию удовлетворяет черновое обтачивание, где $IT_{i-3} = 740-1200$ мкм. Для обработки $\varnothing 60 \text{к}6 \begin{matrix} (+0,021) \\ (+0,002) \end{matrix}$ необходимо выполнить черновое и чистовое обтачивание, чистовое и тонкое шлифование.

Определение припусков выполняется по нормативным, таблицам одна из которых представлена ниже (табл. 1.5). Запишите найденный припуск и занесите графу «Суммарные припуски».

Таблица 1.5

Припуски на точение наружных поверхностей валов из проката повышенной точности [2]

$\varnothing D$, мм	Способ обработки	Припуск на диаметр при длине, мм			
		<120	$120 < L < 260$	$260 < L < 500$	$500 < L < 800$
< 30	Черновое однократ.	1,2	1,7	-	-
		1,1	-	-	-
	Чистовое	0,25 0,25	0,3	-	- -
$30 < D < 50$	Черновое однократ.	1,2	1,5	2,2	-
		1,1	1,4	-	-
	Чистовое	0,3 0,25	0,3 0,25	0,35 -	- -
Тонкое	0,15 0,12	0,16 0,31	0,20 -	- -	
	$50 < D < 80$	Черновое однократ.	1,5	1,7	2,3
1,1			1,5	2,1	-
$50 < D < 80$	Чистовое	0,25 0,20	0,3 0,25	0,3 0,3	0,4 -
		Тонкое	0,14 0,12	0,15 0,13	0,17 0,16
	$80 < D < 120$	Черновое однократ.	1,6	1,7	2,0
1,2			1,3	1,7	2,3
Чистовое		0,25 0,25	0,3 0,25	0,3 0,3	0,3 0,3
		Тонкое	0,14 0,13	0,15 0,13	0,16 0,15

Примечание: Припуск для проката обычной точности определяется умножением на 1,15-1,25; припуск для проката высокой точности определяется делением на 1,1-1,2, большие значения соответствуют большим диаметрам.

Таблица 1.6

Припуск на шлифование наружных цилиндрических поверхностей с продольной или радиальной подачей, мм [2]

Вид шлифования	Диаметр вала, мм				
	D<30	30-50	50-80	80-120	D<180
Предварительное до и после термической обработки	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5
Чистовое без термической обработки	0,3	0,3	0,5	0,5	0,8
Чистовое после термической обработки	0,1-0,4	0,1-0,4	0,2-0,5	0,2-0,5	0,3-0,8

Определение расчетного диаметра заготовки Определение расчетного диаметра заготовки осуществляется с учетом суммарного припуска на диаметр и округления в большую сторону до целого числа. Затем, используя предельные отклонения прутка или кругляка, по табл. 1.7 окна 5, определяется диаметр заготовки, который записывается с предельными отклонениями. Например: $\text{Ø}80_{-1,3}^{+0,5}$ мм. Учитываются так же следующие условия. Сталь диаметром до 9 мм поставляется в мотках, свыше 9 мм в прутках. Кривизна прутка не более 0,2-0,5% от длины. Допустимая кривизна реза прутка диаметром менее 30 мм не менее 0,1 диаметра, - прутка диаметром свыше 30 мм до 5 мм. Диаметр ØD заготовки определяется как сумма припусков на диаметр, плюс номинальный ее диаметр с учетом предельного отклонения (указанного в табл. 1.7). Уточните припуски Z_{\max} и Z_{\min} с учетом предельных отклонений заготовки, указанных в табл. 1.7. Соответственно корректируются припуски для всех переходов. Для дальнейших расчетов принимается Z_{\max} . Записывается его значение в тетради и заносится в графу «Суммарные припуски» на экране компьютера. Нажмите «Далее». Появится 6-е окно.

Таблица 1.7

Номинальные размеры и предельные отклонения круглого проката [1, с. 169, табл. 62]

Номинальный диаметр ØD , мм	Предельные отклонения (мм) при точности проката					
	высокая		повышенная		обычная	
	+	-	+	-	+	-
5; 6; 7 - 9	0,1	0,2	0,2	0,5	0,3	0,5
10 - 19 (интервал 1 мм)	0,1	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5
20 - 25 (интервал 1 мм)	0,2	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5

Окончание табл. 1.7

26 - 48 (интервал 2 мм)	0,2	0,5	0,2	0,7	0,4	0,7
50;52 - 58 (интервал 2 мм)	0,2	0,8	0,2	1,0	0,4	1,0
60; 62; 63; 65; 68 - 70; 72 - 78	0,3	0,8	0,3	1,1	0,5	1,1
80; 82; 85; 90; 95	0,3	1,1	0,3	1,3	0,5	1,3
100; 105; 110; 115	-	-	0,4	1,7	0,6	1,7
120; 125; 130; 135; 140; 150	-	-	0,6	2,0	0,8	2,0
160; 170; 180; 190; 200	-	-	-	-	0,9	2,5
210; 220; 230; 240; 250	-	-	-	-	1,2	3,0

Определение глубины резания (t) осуществляется для каждого вида (перехода) обработки. При обработке приближенно можно принять глубину резания величине припуска на сторону. Для черного точения диаметров 30-60 мм $t \approx 0,5 \div 2,0$ мм, для чистового точения - $t \approx 0,3 \div 0,7$ мм. Значения глубины резания записываются в тетради и заносятся в графу «Номер перехода» и «Глубина резания» на экране Монитора компьютера.

Определение подачи резания (S) выполняется для каждого вида (перехода) обработки по нормативным таблицам. Для черного точения по табл. 1.8 в зависимости от диаметра обрабатываемой поверхности d , размеров поперечного сечения державки резца ($a \times b$), глубины резания. Номер перехода черного точения, подача и размеры сечения державки заносятся в графы на экране компьютера.

Таблица 1.8

Подача S при глубине резания и диаметре вала из стали конструкционной, углеродистой, легированной и жаропрочной [1]

$\varnothing D$, мм	$a \times b$, мм	Подача S , мм/об, при глубине резания (t), мм		
		До 1	От 1 до 3	От 3 до 5
<20	16×25	0,15-0,20	0,30-0,40	-
20 ÷ 40	16×25	0,2-0,25	0,40-0,50	0,30-0,40
	25×25	0,25-0,4	0,50-0,80	0,40-0,60
40 ÷ 60	16×25	0,25-0,45	0,50-0,90	0,40-0,80
	25×40	0,30-0,55	0,60-1,10	0,50-1,00
60 ÷ 100	16×25	0,30-0,60	0,60-1,20	0,50-1,10
	25×40	0,35-0,65	0,70-1,40	0,50-1,20
100 ÷ 400	16×25	0,40-0,70	0,80-1,30	0,70-1,20
	25×40	0,45-0,80	0,90-1,40	0,80-1,30

Примечания. Обозначения: $\varnothing D$ - номинальный диаметр вала, мм; $a \times b$ - ширина и высота державки резца, мм.

Размер державки резца, мм: от 16 x 25 до 25 x 25 при диаметре детали до 40 мм; от 16 x 25 до 25 x 40 при диаметре от 40 до 400; от 20 x 30 до 40 x 60 мм при диаметре от 400 до 600 мм. Подачу S назначают максимально допустимой при ограничениях по шероховатости; жесткости технологической системы; мощности главного привода. Нижние значения подач в табл. 1.8 соответствуют меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхние значения подач – большим размерам державки резца и менее прочным обрабатываемым материалам. При обработке жаропрочных сталей и сплавов подачи свыше 1 мм/об не применять. При обработке прерывистых поверхностей и при работе с ударами табличные значения подач следует уменьшить на коэффициент 0,75 - 0,85. При обработке закаленных сталей табличные значения подач уменьшать, умножая на коэффициент 0,8 для стали с HRC 44 - 56 и на 0,5 для стали с HRC 57 - 62.

Таблица 1.9

Подача S , мм/об, при чистовом точении в зависимости от требуемой шероховатости и радиуса вершины резца [1]

Параметры шероховатости		Радиус при вершине резца r , мм				
Ra	Rz	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00
0,63		0,07	0,10	0,12	0,14	0,15
1,25		0,10	0,13	0,17	0,19	0,21
2,50		0,15	0,20	0,25	0,29	0,32
		20	0,25	0,33	0,42	0,49
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80
	80	0,47	0,66	0,83	0,94	1,04

Примечание: Подачи даны для обработки сталей с $\sigma_B = 700 \div 900$ МПа; для сталей с $\sigma_B = 500 \div 700$ МПа значения подач умножать на коэффициент $K_s = 0,45$; для сталей с $\sigma_B = 900 \div 1000$ МПа значение подач умножать на коэффициент $K_s = 1,25$.

Подача (S) для чистового точения определяется по таблице в окне ба, в зависимости от требуемого высотного параметра шероховатости (Ra или Rz), радиуса вершины резца R , с учетом коэффициента k_v - обрабатываемости материала детали. Таблица активизируется нажатием на клавишу «Подача для чистового точения». Номер перехода чистового точения, подача заносятся в графы на экране компьютера. Нажмите на клавишу «Запомнить данные», нажмите на клавишу «Далее». Появится 7-е окно.

Скорость резания вычисляется для каждого перехода. Для этого укажите в 8-м окне клавиши «№ перехода», затем нажмите «Пересчитать» и «Графики». Для просмотра графиков нажмите на клавишу «Точение вала при консольном

варианте закрепления». Проанализируйте их по критерию отжима вала и технологического допуска. Скопируйте информацию необходимую для подготовки отчета нажатием на клавишу «Prt Scr SysRq» и переноса ее в файл. Если величина отжима превышает технологический допуск, то необходимо изменить глубину, подачу, углы резца или обороты и пересчитать. Если величина отжима мала, надо увеличить глубину или подачу, для сокращения времени обработки.

Скорость резания (1.2):

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.2)$$

с учетом стойкости режущего инструмента T , глубины t , подачи S , прочности материала детали и инструмента, и других факторов. Среднее значение стойкости T при одно инструментальной обработке составляет 30-40 мин. Применение нескольких инструментов и обслуживание нескольких станков учитывается зависимостью $T = K_{ти} \cdot K_{тс}$ и коэффициентами $K_{ти}$ и $K_{тс}$ (табл. 1.10 - 1.12).

Таблица 1.10

Коэффициент стойкости $K_{ти}$ от числа одновременно работающих инструментов [1, с. 264, табл. 7])

Число работающих инструментов	1,0	3,0	5,0	8,0	10,0	5,0
$K_{ти}$	1,0	1,7	2,0	2,5	3,0	4,0

Примечания: При равномерной загрузке инструментов $K_{ти}$ увеличивается в 2 раза. При загрузке инструментов с большей неравномерностью коэффициент $K_{ти}$ уменьшается на 25 - 30%.

Таблица 1.11

Предел прочности σ_B , твердость HB и коэффициент обрабатываемости различных сталей K_v [3]

Марка стали	№ вар.	σ_B , МПа	HB	K_v
Сталь 45 (закален.)	1	690	160-200	1,00
Сталь 10	2	470	169-317	0,70-0,60
Сталь А20	3	495	107-248	2,00-1,70
Сталь 40Х	4	1080	116-317	0,60-0,36
30Н	5	980	116-288	1,83-1,58
65Г	6	1100	160-345	0,40-0,33

Окончание табл. 1.11

35XГСА	7	1200	146-345	0,90-0,27
20X2H4A	8	1300	116-345	0,67-0,39
32XHM	9	1100	317-345	0,80-0,34
12X2HBФА	10	1270	174-317	0,80-0,31
P9Ф5	11	HB ≤ 270	HRC63	0,47-0,17
12X1MФ	12	800	174-235	2,00-1,80
30X2H2MФА	13	1300	262-263	1,40-1,20
25X2H4МА	14	1000	174-285	1,20-1,00
09X16H460	15	1850	263-462	0,60-0,30
12X17Г9АН4	16	780	212-229	0,95-0,90
40X13	17	1100	275-311	1,30-1,00
9X18-III	18	1900	500-600	0,25-0,22
08X15H24BЧТР	19	900	212-262	0,60-0,45
12X18H9	20	610	145-175	1,00-0,90
12X13	21	750	220-311	1,40-1,00
XH35BTЮ	22	930	262-269	0,35-0,38
XH56BMКЮ	23	1300	285-363	0,24-0,28
XH67MBTЮ	24	1300	290-280	0,15-0,20
ВНЛ-3	25	1200	285-263	0,30-0,21
ЖС6-КП	26	1100	262-311	0,10-0,15
28X3СНМФА	27	1600	450-470	0,44-0,40
ВНЛ-6	28	2000	-	0,20

Таблица 1.12

Коэффициент изменения периода стойкости K_{TC} в зависимости от числа одновременно обслуживаемых станков [1, с. 264, табл. 8]

Число обслуживаемых станков	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
K_{TC}	1,0	1,4	1,9	2,2	2,6	2,8

Значение коэффициентов C_v , показателей степени x , y , m приведены в табл. 13 [1, с. 269, табл.17]). Коэффициент обрабатываемости материала детали K_v представлен для различных материалов в табл. 1.7. K_v можно определить с учетом состояния обрабатываемой поверхности и материал инструмента (1.3):

$$K_v = 0,5(K_{пв} + K_{ив}), \quad (1.3)$$

где $K_{пв}$ - коэффициент, учитывающий состояния обрабатываемой поверхности (табл. 1.13) [1, с. 263, табл. 5]); $K_{ив}$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента (табл. 1.14) [1, с. 263, табл. 6]).

Вычислить обороты расчетные для каждого перехода (1.4):

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин.} \quad (1.4)$$

где V – скорость м/мин; D – диаметр обрабатываемый, мм.

Составляющие сил резания и суммарная сила резания вычисляются для каждого перехода.

Таблица 1.13

Значение C_v и показателей x , y , m в формуле скорости резания при точении для стали $\sigma_B \cong 750$ МПа [1]

Вид точения	Материал инструмента	Подача, мм	C_v	Показатель степени		
				x	y	m
Наружное продольное	Типа Т15К6	$S \leq 0,3$	420	0,15	0,20	0,20
		$0,3 < S < 0,7$	350	0,15	0,35	0,20
		$0,7 < S < 1,2$	340	0,15	0,45	0,20
		$1,2 < S < 1,5$	292	0,15	0,30	0,18
Наружное продольное	Типа ВК4	$S \leq 0,4$	317	0,14	0,17	0,16
		$S \geq 0,4$	215	0,14	0,19	0,18

Таблица 1.14

Поправочный коэффициент $K_{пв}$ влияния состояние поверхности заготовки на скорость резания [1, с. 263, табл. 5]

Состояние поверхности заготовки					
Без корки	С коркой				
	Прокат	Поковка	Стальные и чугунные отливки при корке		Медные и алюминиевые сплавы
			Нормальной	Сильно загрязненной	
1,0	0,9	0,8	0,8-0,85	0,5-0,6	0,9

Таблица 1.15

Поправочный коэффициент $K_{ив}$ учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания [1]

Материал детали	Значения коэффициента $K_{ив}$ в зависимости от инструментального материала						
	Сталь конструкторная	T5K12B 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,8	T15K6 1,00	T15K6 1,15	T30K4 1,4
Жарпрочная сталь	BK8 1,0	T5K10 1,4	T15K6 1,9	P18 0,3	-		
Сталь закаленная	HRC 35-50				HRC 51-62		
	T15K6 1,0	T30K4 1,25	BK6 0,85	BK8 0,83	BK4 1,0	BK6 0,92	BK8 0,74

Тангенциальная составляющая сил резания P_z , радиальная P_y и осевая P_x определяются известной зависимостью [1, с. 271] (1.5):

$$P_{xyz} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.5)$$

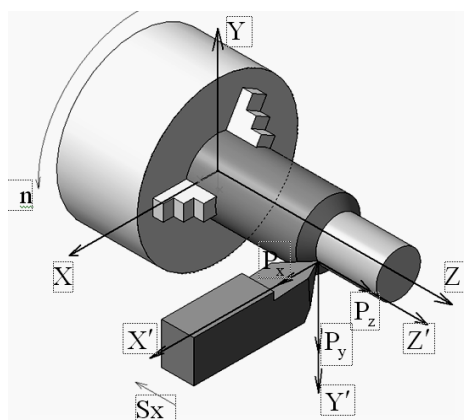


Рис. 1.1. Схема сил резания при наружном точении

В формуле (5) C_p , x , y , n – коэффициент и показатели степени определяются отдельно для P_x , P_y и P_z (табл. 1.16) [1, с. 273 табл. 22]; t – глубина резания, мм; S – подача, мм/об; V – скорость резания (м/мин), определенная ранее в 2.7.

Поправочный коэффициент (1.6):

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{фр} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{гр}, \quad (1.6)$$

где $K_{\text{мр}}$ - учитывает материал заготовки (табл. 1.18) [1, с. 264 табл. 9]);
 $K_{\varphi\text{р}}$ - учитывает главный угол в плане φ° ; $K_{\gamma\text{р}}$ - учитывает передний угол γ° ;
 $K_{\lambda\text{р}}$ - учитывает угол наклона главного лезвия λ° ; $K_{\text{гр}}$ - учитывает радиус при вершине (табл. 1.18) [1, с. 275 табл. 23]).

Таблица 1.16

Значение коэффициента C_p и показателем степени x, y, n
в формуле сил резания [2]

σ_B стали, МПа 750	Коэффициент C_p и показатели степени											
	тангенц. P_z				радиал. P_y				осевой P_x			
	C_p	x	y	n	C_p	x	y	n	C_p	x	y	n
	300	1,0	0,75	0,15	243	0,9	0,6	-0,3	339	1,0	0,5	-0,4

Таблица 1.17

Значение коэффициента $K_{\text{мр}}$ для конструкционных сталей

σ_B стали, МПа	Расчетная формула	Материал инструмента	Коэф. n
≤ 600	$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$	Твердый сплав	0,65
		Быстрорежущий	0,35
≥ 600		Твердый сплав	0,95
		Быстрорежущий	0,65

Уточните влияние материала и углов резца на режимы резания. Для этого для каждого перехода определить и занести в ячейку: номер перехода, материал режущей части резца, значения главного угла в плане резца φ° и коэффициент k_φ , передний угла резца γ° и коэффициент k_γ , угла наклона главного лезвия резца λ° и коэффициент k_λ , радиус при вершине резца r и коэффициент k_r . Расположение углов резца представлено в компьютере. Для открытия схемы нажмите клавише «Схема расположения углов резца». Для просмотра и уточнения расположения углов резца активизируйте «Угловые параметры резца», окно 7. Эти параметры определяются для трех составляющих сил резания: осевой P_x , направленной вдоль продольной подачи резца; радиальной P_y , направленной вдоль поперечной подачи; тангенциальной P_z , направленной по касательной к обрабатываемой поверхности. Нажмите на клавишу «Запомнить данные». Нажмите на клавишу «Далее», появиться 8-е окно. Поправочные коэффициенты, влияния углов резца на скорость резания представлены в табл. 1.19: главный угол в плане - φ° ; вспомогательный угол -

φ_1° ; радиус вершины резца - r^* ; коэффициенты $K_{\varphi v}$, $K_{\varphi 1v}$, K_{rv} - учитывают влияние главного угла в плане φ° , вспомогательного угла - φ_1° и радиуса вершины резца r^* на скорость резания. Вычисление упругих деформации детали для каждого перехода для двух видов закреплений заготовки. Рассчитаем максимальные упругие деформации за счет силового отжатия вала f_{\max} в критическом сечении на длине вала $l_{f_{\max}}$, затем на участках заготовки с шагом $0,1L$. Для консольного закрепления вала в трех кулачковом патроне прогиб (рис.1.2) детали за счет силового отжима

Таблица 1.18

Поправочные коэффициенты, учитывающие угловые параметры твердосплавного резца при точении стали и чугуна в формуле сил резания [2]

Параметры			Поправочные коэффициенты для составляющих сил:		
Параметр	Величина	Коэф.	тангенциальной P_z	радиальной P_y	осевой P_x
Главный угол в плане φ°	30	$K_{\varphi p}$	1,08	1,30	0,78
	45		1,00	1,00	1,00
	60		0,94	0,77	1,11
	90		0,89	0,50	1,17
Передний угол γ°	-15	$K_{\gamma p}$	1,25	2,00	2,00
	0		1,10	1,40	1,40
	10		1,00	1,00	1,00
Угол наклона главного лезвия λ°	-5	$K_{\lambda p}$	1,00	0,75	1,07
	0		1,00	1,00	1,00
	5		1,00	1,25	0,85
	15		1,00	1,70	0,65

Таблица 1.19

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние углов резца на скорость резания [1]

Угол φ°	$K_{\varphi v}$	Угол φ_1°	$K_{\varphi 1v}$	Радиус r^* , мм	K_{rv}
20	1,4	10	1,0	1	0,94
30	1,2	15	0,97	2	1,0
45	1,0	20	0,94	3	1,03
60	0,9	30	0,91	-	-
75	0,8	45	0,87	5	1,13
90	0,7	-	-	-	-

$$f_{\max} = \frac{Pl^3}{3EJ}, \quad (1.7)$$

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}, \quad (1.8)$$

где P - результирующая сила резания, E – модуль продольной упругости (модуль Юнга) материала детали.

Для углеродистой стали $E = 2,0 - 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ кг/см}^2$. Для легированной стали $E = 2,1 - 2,15 \cdot 10^{-6} \text{ кг/см}^2$. Значение осевого момента инерции для круглого сечения вала $J = \frac{\pi d^4}{64}$. После подстановки значения $E = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ кг/см}^2$ и приближенного значения $J \cong 0,049063 \cdot d^4$ получим при координате $l_{f_{\max}} = L$ (1.9):

$$f_{\max} = \frac{Pl^3}{0,31 \cdot d^4 \cdot 10^{-6}}. \quad (1.9)$$

Для двух опорного закрепления вала в трех кулачковом патроне и в центре $f_{\max} = \frac{7Pl^3}{768 \cdot EJ}$. После подстановки значений E и J получим (1.10):

$$f_{\max} = \frac{Pl^3}{11,3 \cdot d^4 \cdot 10^{-6}} \quad (1.10)$$

при координате $l_{f_{\max}} = 0,649L$.

Для закрепления заготовки в центрах (рис. 1.3) $f_{\max} = \frac{Pl^3}{48 \cdot EJ}$. После подстановки значений E и J получим (1.11):

$$f_{\max} = \frac{Pl^3}{4,946 \cdot d^4 \cdot 10^{-6}} \quad (1.11)$$

при координате $l_{f_{\max}} = 0,5L$.

Текущее значение прогиба f_i для всех случаев закрепления заготовки получим из соотношения: $f_i = f_{\max} \left(\frac{L_i}{L} \right)$. Для крепления заготовки в трех кулачковом патроне примем $L_i = L$. Для крепления заготовки в трех кулачковом патроне и центре, где $l_{f_{\max}} = 0,649L$ L_i разделяется на два участка $L_{i1} = l_{f_{\max}} = 0,649L$ и $L_{i2} = (1 - 0,649) \cdot L = 0,351L$. При использовании люнета вал

разделяется на два участка. Результаты расчета деформаций вала скопируйте и выведите на графики.

Вычисление упругих деформаций суппорта станка в процессе обработки под действием сил резания (1.12):

$$X = P_x/J_x, Y = P_y/J_y, Z = P_z/J_z, \quad (1.12)$$

где J_x, J_y, J_z - жесткость элементов технологической системы (кг/см).

Приближенно упругих деформаций суппорта станка. При расчетах возникают трудности с определением жесткости. Поэтому упругие деформации определяют приближенно по нормативным таблицам, представленным в [5, с. 28-38, табл. 11] и др. Выбрать токарный станок по табл. 1.20, руководствуясь диаметром и длиной обрабатываемой детали. Найти упругие деформации суппорта f_c (мкм) токарного станка нормального класса точности, интерполируя данные, представленные в табл. 1.20 и принимая прямо пропорциональную зависимость деформации от радиальной силы $P_y(N)$, т.е. прямая $f_c(P_y(N))$ начинается от нуля.

Таблица 1.20

Краткая характеристика токарных станков

Параметры	1В340Ф30	16Б16А	16Б05П	16А20Ф3
Наибольший обрабатываемый диаметр, мм	40	145	180	200
Наибольшая обрабатываемая длина, мм	120	500	750	900
Частота вращения шпинделя, об/мин	45-2000	30-3000	20-2000	20-2500
Мощность привода, кВт	6,2	1,5	2,8; 4,6	7,5; 11,0

Таблица 1.21

Краткая характеристика кругло-шлифовального станка

Параметры	3М153	3М163В
Мах диаметр шлифуемой поверхности, мм	140	280
Мах длина шлифуемой поверхности, мм	500	1400
Частота вращения заготовки, об/мин	50-1000	55-620
Частота вращения шлифкруга, об/мин,	1900	1260
Мощность привода главного движения, кВт	7,5	13,0

Диаметр обрабатываемой детали

Параметр	Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм					
	30	40	50	65	80	100
f_c (мкм)	70	80	100	120	140	160
Сила, P_y (Н)	4650	5980	7350	9300	11500	14500

Выбор средств измерения. Выбрать средства измерения диаметра вала: штангенциркуль – ШЦ; микрометр – ИЧ; измерительная скоба – 0,1L. Замерить диаметр вала $\varnothing D$ в сечениях с шагом 0,1L. Определите суммарные погрешности, связанные с силовым отжимом детали и элементов технологической системы. Сопоставьте с технологическим допуском. Разработать технологические мероприятия для снижения погрешности до допустимых значений. Выполнить повторный расчет. Принять решение о степени оптимизации режимов обработки. Средства измерения линейных размеров выбираются: во-первых, исходя из принципиальной возможности выполнения измерений, во-вторых, погрешность средства измерения не должна превышать 10-15% от допуска контролируемого размера, а погрешность процедуры измерения не превышать 25-30% [стм т. 1 с. 72 табл.27]. Технические характеристики некоторых средств измерения нониусного, микрометрического и рычажного типа, представлены в табл. 1.23. Средства измерений выбираются из следующих соображений. Возможности выполнить абсолютные или относительные измерения. Относительная погрешность средств измерений не должна превышать (10-15) % от величины технологического допуска на измеряемый размер. Относительная погрешность процедура измерения не должна превышать (20-30) % от величины технологического допуска на измеряемый размер. Технологический допуск равен примерно (70-80) % от величины конструкторского допуска. Индикатор часового типа, скобы с отсчетным устройством типа СР, микрометры оптико-механические применяются для относительных измерений.

Таблица 1.23

Технические характеристики средств измерения [4]

Микрометрические инструменты		
Штангенциркуль (ГОСТ166-80).	Цена деления, мм	Диапазон измерения, мм
ШЦ-1; ШЦТ-1	0,1	0-125
ШЦ-П	0,1 0,05	0-160
		0-200
		0-250

Микрометрические инструменты		
Микрометры гладкие ГОСТ577-68	0,01	0-300 300-600
Рычажно-механические приборы		
Индикатор часового типа ИЧ ГОСТ577-68	0,01	0-2; 0-5; 0-10
Скобы с отсчетным устройством типа СР ГОСТ11098-5	0,002	0-150 (интерв. 2 мм)
Микраторы оптико-механические типа ИРП	0,0002	± 120 делений

Постройте графики скорости и сил резания, машинного времени обработки, величины отжима вала и суппорта станка для различных глубин и подач резания, для двух схем закрепления заготовки. Построение графиков осуществляется после наведения курсора на кнопку «Графики» в окне 8 и однократного нажатия левой кнопкой мышки. Скопируйте графики, необходимые для подготовки отчета нажатием на клавишу «Prt Scr SysRq» и переноса их в соответствующий файл. Проанализируйте результаты расчетов и графиков. Разработайте технологические мероприятия для снижения погрешности до допустимых значений. Запишите рекомендуемые режимы в таблице. Сделайте вывод по оптимизации режимов резания посредством моделирования процесса токарной обработки на персональном компьютере по следующим критериям.

1. Погрешности упругих деформаций вала и суппорта станка в результате их силового отжима вала.
2. Машинного времени обработки при точении наружной поверхности вала.
3. Не превышения погрешности обработки примерно половине величины технологического допуска, достижения нормативной шероховатости. Так как уменьшение подачи приведет к чрезмерному снижению погрешностей упругих деформаций, но неоправданно увеличит машинное время обработки.

Подготовка технического отчета по практической работе осуществляется в соответствии с [6] СТП 004. Дипломное проектирование. Оформление расчетно-пояснительной записки и графической части. ВГТУ. 2003. 83 с. Графические зависимости оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД. Защита практической работы осуществляется в соответствии с учебным графиком.

Пример оформления работы. Диаметр вала $\varnothing 80d8$; длина вала при первом варианте закрепления $L_1 = 200$ мм; при втором варианте закрепления $L_2 = 400$ мм; конструкторский допуск $IT_K = 0,046$ мм; технологический допуск

$IT_T = 0,0322$ мм; среднеарифметическая высота неровностей $Rz = 2,5$ мкм; среднеарифметическое отклонения профиля неровностей от средней линии $Ra = 0,625$ мкм. Ниже представлены оформления результатов компьютерного определения режимов и погрешностей.

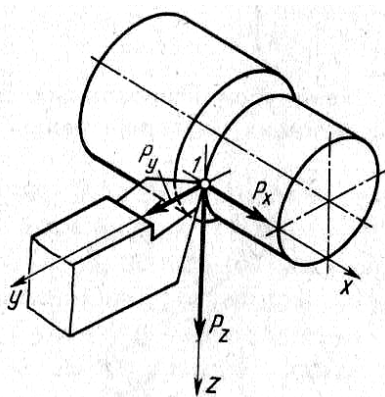


Рис. 1.2. Схематическое изображение составляющих сил резания при наружном продольном точении вала

Графики при консольном закреплении (рис. 1.3).

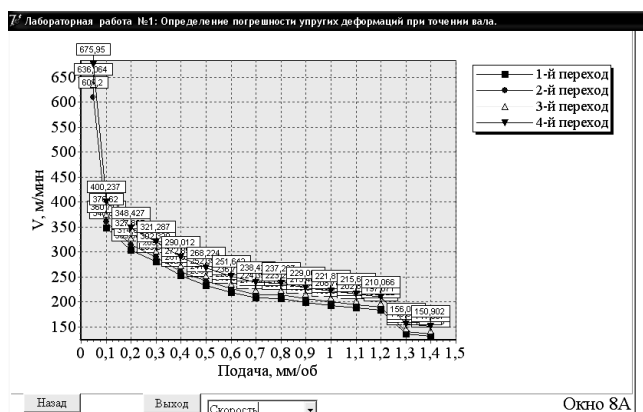


Рис. 1.3. График зависимости скорости от подачи

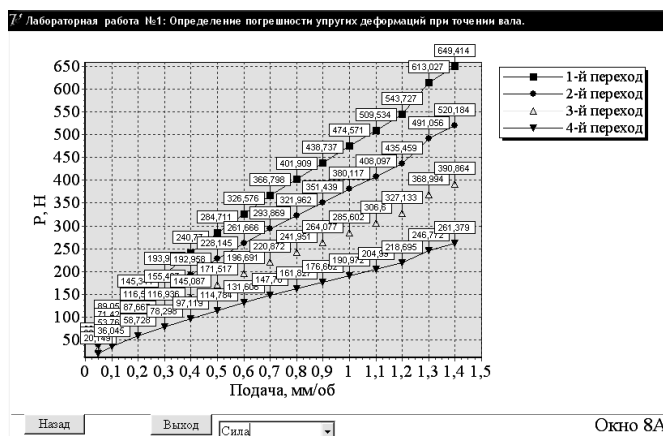


Рис. 1.4. График зависимости силы от подачи

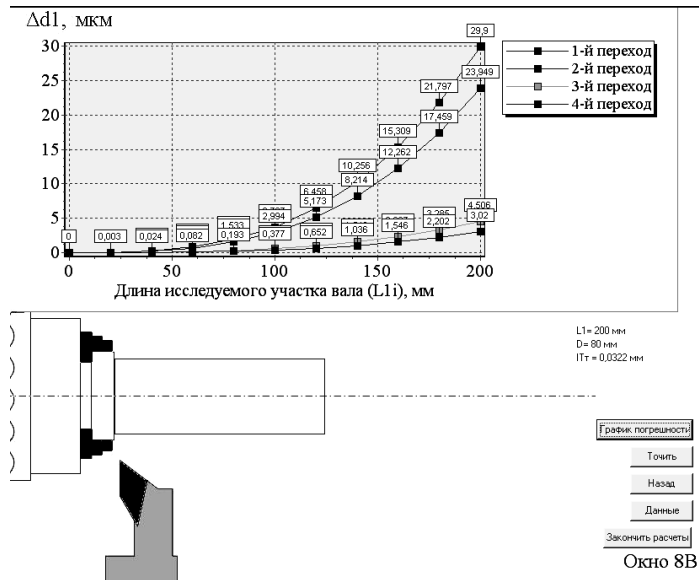


Рис. 1.5. Схема точения вала при консольном закреплении и график упругих отжатиий вала

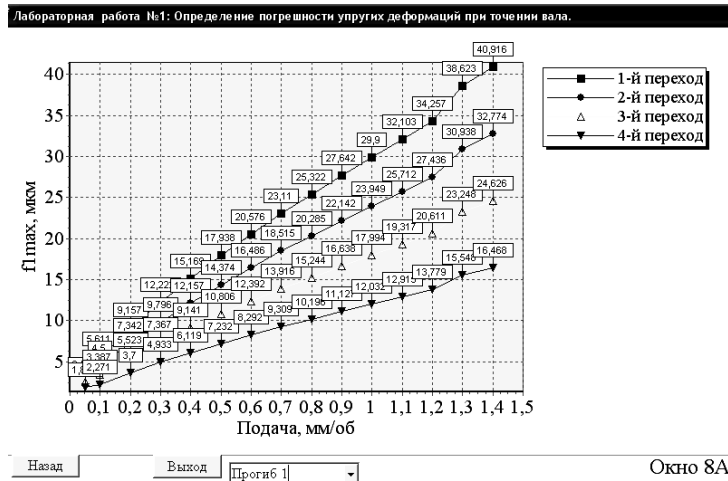


Рис. 1.6. График зависимости прогиба f_{1max} от подачи

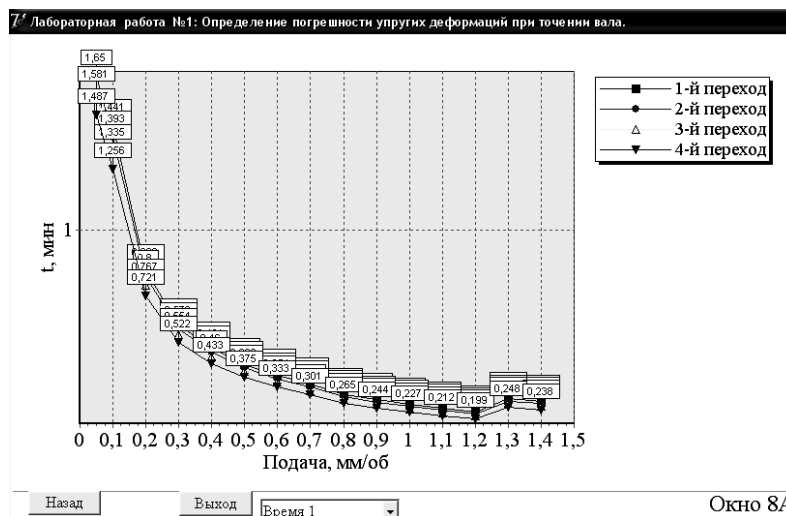


Рис. 1.7. График зависимости машинного времени обработки вала t_1 от подачи

Графики при двухопорном закреплении (рис. 1.8 – 1.11).

Лабораторная работа №1: Определение погрешности упругих деформаций при точении вала.

По таблице с учетом полученных припусков выберите и введите диаметр заготовки:

Справка: выбор диаметра заготовки осуществляется как сумма припусков для ближайшего значения диаметра прутка или кругляка. Длина заготовки L для схемы контрольного крепления заготовки выбирается меньшая из двух значений.

Для ранее выбранных операций припуски составят:
 Сумарный припуск для консольного вида закрепления = 3,59мм
 Сумарный припуск для двухопорного вида закрепления = 4,87мм

Номинальный диаметр, мм	Пределные отклонения при точности (мм)					
	высокая		повышенная		обычная	
	+	-	+	-	+	-
5,6;7-9	0,1	0,2	0,2	0,5	0,3	0,5
10-19	0,1	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5
20-25	0,2	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5
26-48	0,2	0,5	0,2	0,7	0,4	0,7
50;52-58	0,2	0,8	0,2	1,0	0,4	1,0
60;62;63;65;68-70;72-78	0,3	0,8	0,3	1,1	0,5	1,1
80;82;85;90;95	0,3	1,1	0,3	1,3	0,5	1,3
100;105;110;115	-	-	0,4	1,7	0,6	1,7
120;125;130;135;140;150	-	-	0,6	2,0	0,8	2,0
160;170;180;190;200	-	-	-	-	0,9	2,5
210;220;230;240;250	-	-	-	-	1,2	3,0

Назад Далее Выход Окно 5

Рис. 1.8. Выбирается диаметр заготовки

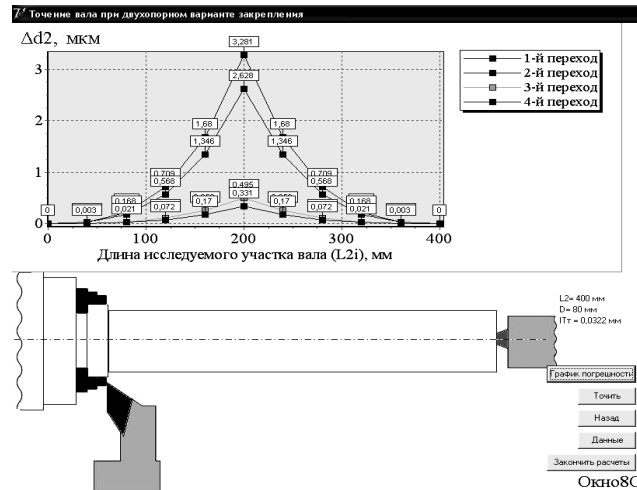


Рис. 1.9. Схема точения вала при двух опорном закреплении и график упругих отжатий f_2 вала

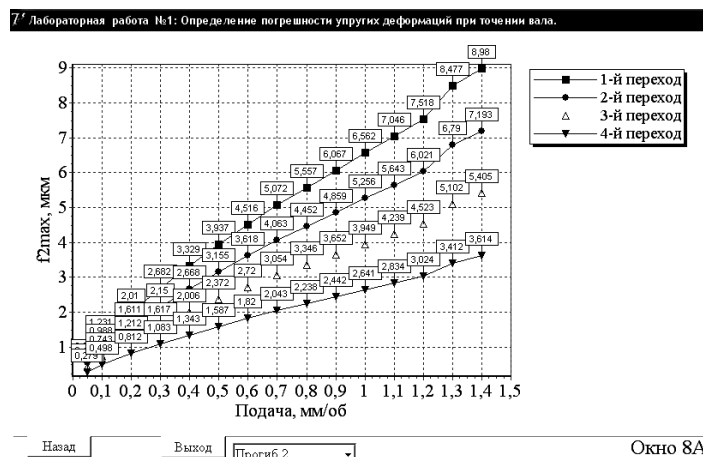


Рис. 1.10. График зависимости прогиба f_{2max} от подачи

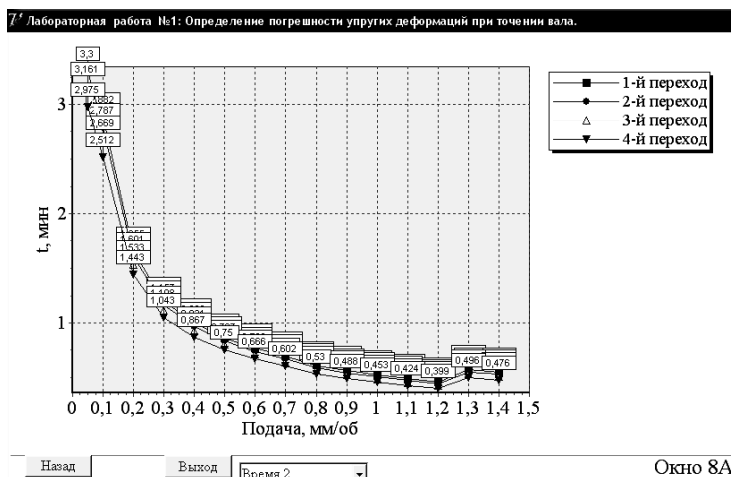


Рис. 1.11. Зависимость машинного времени t_2 от подачи

Вывод: Оптимальной подачей для консольного вида закрепления при тонком точении (четвертый переход) является подача 0,7 мм/об, при радиусе вершины резца 1, 2 мм, при этом прогиб составляет 9,3 мкм, а машинное время при этом оптимально и составляет 0,3 мин.

Оптимальной подачей для двух опорного вида закрепления при тонком точении является подача 1,1 мм/об, при этом прогиб составляет 2,8 мкм, а время при этом оптимально и составляет 0,424 мин. Уменьшение подачи приведет к неоправданному увеличению времени обработки, а повышение подачи вызовет недопустимые упругие деформации и погрешности обработки выше нормативно допустимых. Точение при двух опорном варианте закрепление предпочтительнее, чем при консольном варианте закрепления. Так как можно точить с большими подачами, сокращая тем самым время обработки по сравнению с теми же этапами, что и при консольном виде закрепления.

Практическая работа № 2

Выбор режимов резания по критериям погрешности силового отжима и машинного времени обработки

Цель практической работы состоит в приобретении студентами практических навыков разработке технологии и формировании технического задания на разработку управляющих программ для изготовления различного типа деталей на станках с ЧПУ при изучении курса «Технология производства авиационных и ракетных двигателей». План проведения практической работы.

1. Изучить операционную технологию, ранее разработанную студентом при выполнении лабораторных работ.

2. Уточнить модели станков, определить размеры рабочих зон.

3. Разработать схему системы координат станка, приспособления, детали, суппорта, вершины резца; ноль станка, приспособления, детали, суппорта; исходной точки инструмента.

4. Разработать траекторию движения инструментов по переходам, проходам и ходам в координатной системе станка с ЧПУ для обработки нескольких поверхностей по ранее спроектированной технологии своего варианта детали.

5. Разработать расчетную схему перемещений инструментов по эквидистанте (для патронных и центровых станков),

вычислить координаты перемещений инструментов по ранее выбранной траектории по переходам, проходам и ходам.

6. Разработать расчетно-технологическую карту (РТК) на несколько разнотипных операций.

7. Разработать технологическую программную карту (ТПК) на несколько разнотипных операций.

8. Разработать карту наладки станка (КНС) на несколько разнотипных операций.

9. Оформить отчет в бумажном и электронном виде, защитить результаты практической работы.

Студент до выполнения настоящей работы должен владеть навыками проектирования технологий методом адресации с применением УТС, КТЭ и конструкторско-технологического кодирования деталей [6, 7].

Содержание технического задания (ТЗ): исходные данные; назначение и выполняемые программой функции; виды обслуживания и восстановление при отказах; параметры технических средств, применяющих программы; языки программирования; маркировка и хранение. Исходные данные для разработки программного обеспечения (ПО) технологии изготовления деталей: чертеж заготовки и детали; технологическая документация (маршрутные и операционные карты, карты эскизов); для сложных деталей по требованию программистов – расчетно-технологическая карта (РТК), технологическая программная карта (ТПК), карта наладки станка (КНС). Нормативными материалами для разработки ТЗ на программное обеспечение изготовления деталей на станках с ЧПУ являются: ГОСТы и СТП [10–11]. Состав

программного обеспечения, передаваемого Заказчику (цеху), должен включать: программы (подлинник и копия), методики испытаний и внедрения; для сложных программ – руководство для пользователя (оператора). Этапы разработки ТЗ: постановка задачи; определение требований к техническим средствам (станкам) и к программе, срокам ее разработки, отладки и внедрения; согласование и утверждение технического задания.

Разработка расчетно-технологической карты. Схема расположения систем координат и нулевых точек технологической системы станок – инструмент – деталь – приспособление токарного станка представлена на рис. 2.1. Опорные точки характеризуют координаты концов элементарных участков перемещения инструмента по расчетной траектории. Положение опорных точек определяется в системе координат станка (рис. 2.1). Совмещение координат станка, оснастки, заготовки и инструмента удовлетворяется при параллельном и перпендикулярном расположении базовых поверхностей по координатам X и Z. Координатные системы станков с ЧПУ представлены в [13, с. 208], технологические возможности станков с ЧПУ – в [15, с. 549]. При не совмещении нулевых точек станка, приспособления, заготовки и инструмента с простановкой исполнительных размеров на чертеже обрабатываемой детали для определения координат опорных точек элементарных участков перемещения инструмента необходимо выполнить перерасчет размеров обрабатываемой детали относительно исходной точки инструмента (ИТ). Для перерасчета размеров используют параметры начала отсчета станка (ноль станка) – точка 0_c ; начала отсчета приспособления – точка 0_n ; начала отсчета заготовки – 0_z ; начала отсчета инструмента – точка $0_{и}$, начало обработки: исходная точка инструмента – ИТ. Расчетно-технологическая карта (РТК) разрабатывается Заказчиком ТЗ по требованию Исполнителя для систематизации и подготовки информации, необходимой для последующего оформления карт наладки инструмента и кодирования информации, разработки управляющей программы. Расчетно-технологическая карта включает в себя информацию о координатах опорных точек; положении нулевой плоскости, координатах нулевой точки станка, приспособления, заготовки и инструмента; радиус инструмента; траекториях относительных перемещений инструмента; расположении припусков на обрабатываемых поверхностях (рис. 2.2). Расчет перемещений по контуру заготовки осуществляется по опорным точкам. При этом координаты перемещений должны соответствовать координатам опорных точек. Расчет перемещений по эквидистанте для поверхностей, расположенных по координатам X и Z, выполняется с учетом радиуса вершины резца $r > 0$. Координаты перемещений соответствуют координатам $X_i + r$, $Z_i + r$. На конусных участках, фасках и других поверхностях, расположенных под углом к координатам X и Z, координаты перемещений инструмента будут отличаться от координат опорных точек на величину $C_z = r \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2$. Расчетные зависимости для вычисления координат перемещения инструмента для патронных и центровых станков, приведены в таблице. Для коррекции размеров по координате X (для патронных +X, для центровых –X) часть размера записывается в виде постоянной части, а остальная, равная +0,5 мм – в виде переменной части.

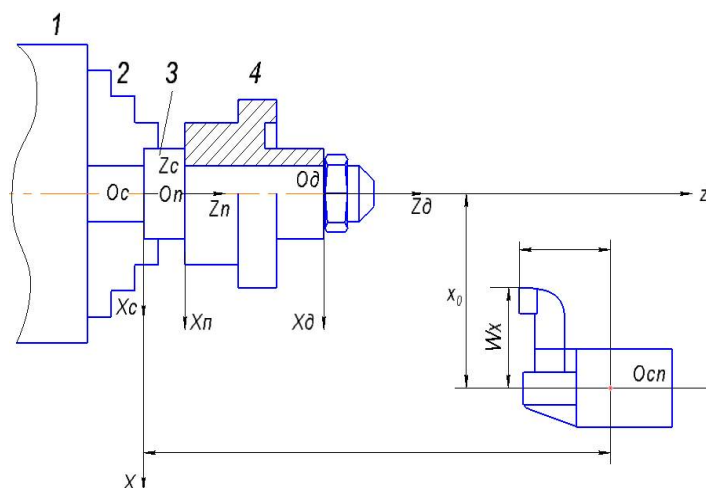


Рис. 2.1. Схема систем координат:

1 – шпиндель; 2 – самоцентрирующие кулачки; 3 – оправка (приспособление); 4 – обрабатываемая деталь; X_c, Z_c – координаты станка; X_n, Z_n – координаты приспособления; X_d, Z_d – координаты детали; $X_{сп}, Z_{сп}$ – координаты положения суппорта; W_x, W_z – координаты вершины резца; $0_c, 0_n, 0_d, 0_{сп}$ – ноль станка, приспособления, детали, суппорта; ИТ – исходная точка инструмента

Обозначения параметров, представленных в таблице, приведены на рис. 2.1. Траектория перемещений при равномерном и небольшом припуске повторяет контур детали и осуществляется по опорным точкам (рис. 2.2). При значительных припусках, если перепад диаметров меньше длины этих участков, то перемещения подачи целесообразно направлять по координате Z . Если перепад диаметров превышает длину участков, то перемещения подачи надо осуществлять по координате X

Таблица 2.1

Зависимости для вычисления координат перемещений инструмента

Опорные точки	Абсолютные перемещения	
	по оси Z	по оси X
0 – 1	$Z_0 + W_z - K_1$	а) $X_0 - W_x - r - 0,5d$ б) $W_0 - W_x - r - 0,5d$
1 – 2	$Z_1 + r + C_z$	0
2 – 3	Z_2	$X_2 - X_1$
3 – 4	$Z_3 - r + C_z$	0
4 – 5	0	$X_3 - X_2$
5 – 6	а) $Z_1 + r + 2C_z + Z_2 + Z_3 + r$ б) $Z_1 + 2C_z + Z_3 - l$	$X_0 + W_x - r - 0,5d + X_1 + X_2$

Типовые схемы траекторий перемещения инструментов приведены в [11, 12]. Пример оформления расчетно-технологической карты представлен в [12, с. 225, 226] и других нормативных материалах. В соответствии со схемой базирования для каждой установки детали выбирают систему отсчета (ноль

заготовки). Относительно этой координатной системы производят пересчет всех размеров, определяющих положение обрабатываемых поверхностей детали. В соответствии с намеченными переходами выбирают режущий инструмент и определяют режимы резания. Составляют операционную карту обработки, в которой отражаются последовательность выполнения технологических переходов, состав применяемого инструмента и технологической оснастки, режимы резания и затраты основного и вспомогательного времени на каждом переходе.

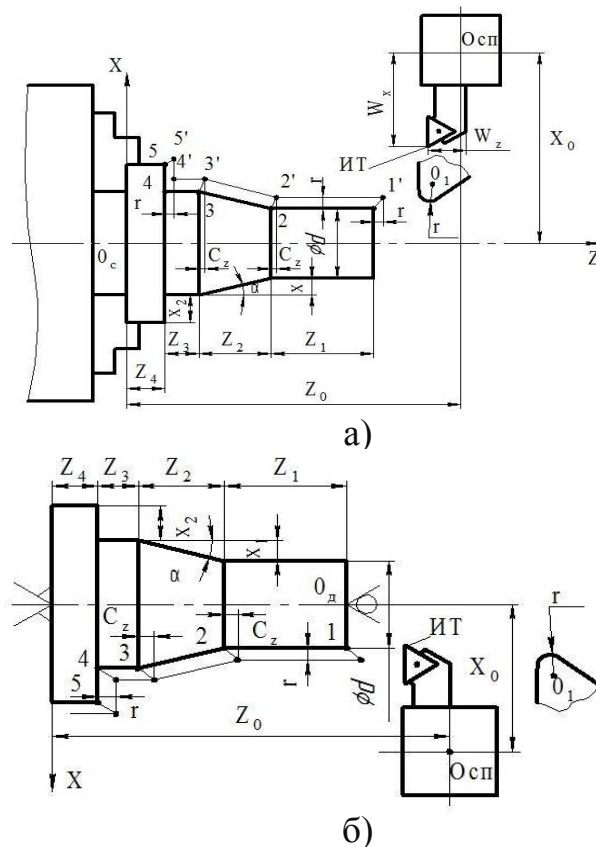


Рис. 2.2. Расчетная схема перемещений по эквидистанте:
а) – для патронных станков; б) – для центровых станков

По операционной карте и данным станка, составляют для каждой операции расчетно-технологическую карту, в которой показывают траекторию относительного перемещения инструмента, указывают координаты опорных точек относительного положения заготовки и инструмента, показывают положение нулевой плоскости, радиус инструмента, приводят данные об относительном расположении припуска на обрабатываемых поверхностях.

Разработка технологической программной карты. В технологической программной карте осуществляется кодирование процесса обработки и отражается в кодовой записи последовательность и содержание подготовительных команд и выполняемых технологических переходов, каждый из которых представлен несколькими кадрами управляющей программы. Подготовительные команды и стандартные циклы кодируются индексом G и соответствующими цифрами, подача и скорость – индексом F и S, режущий инструмент – T, а вспомогательные команды – M. Положение опорных точек,

осей и плоскости обрабатываемой детали задаются координатами X , Y , Z . С технологической программной карты кодированную информацию переносят на программный носитель. Для станков старого типа – на восьмидорожечную перфоленту. Для современных станков – это делают адаптеры, контроллеры, Flash-память. Карты наладки инструмента используются для показа состава, режущего и вспомогательного инструментов в последовательности его применения по операциям и переходам в процессе обработки детали. Карта наладки инструмента (КНИ) оформляется в соответствии с ГОСТ 3.1404-86 на формах 4 и 4, а. Карты наладки станка (КНС) применяется для схематичного изображения зоны обработки: состава режущего инструмента в последовательности его применения с указанием размеров выставки их в осевом и радиальном направлениях по координатам X и Z ; относительного положения приспособлений на станке; размерной связи между координатными системами станка, приспособления, заготовки и инструментов; показываются измерительные и технологические базы; последовательность настройки инструментов и станка для согласования нулей. Пример заполнения карты наладки станка и более подробное оформление представлено в [14]. Для рабочего-наладчика составляют карту наладки станка, в которой изображается: информация о составе режущего инструмента в последовательности его применения с указанием требуемых размеров выставки их в осевом и радиальном направлениях по координатам X и Z ; схематично зона обработки с расположением приспособлений на станке; размерная связь между координатными системами станка, приспособления, заготовки и инструментов, измерительные и технологические базы; последовательность настройки инструментов и станка для согласования нулей. В карте наладки указывают также измерительные базы и последовательность выполнения настройки станка, обеспечивающей согласование нулей. По усмотрению Заказчика разрабатываются вспомогательные документы: карта заказа управляющей программы (КЗУП) [13, с. 248] на формах 6 и 6а; ведомость обрабатываемых деталей (ВОД) на формах 7 и 7 а.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчеты режимов резания и их оптимизация по заданным критериям, является неотъемлемой частью технологической подготовки производства.

В настоящем методическом указании приводится содержание технического задания; исходные данные и нормативные материалы для разработки управляющих программ; состав программного обеспечения, передаваемого цеху; этапы разработки технического задания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М., Машиностроение, 1985. Т.1. – 656 с.
2. Копылов Ю.Р. Проектирование технологии изготовления деталей на персональных компьютерах. / Ю.Р. Копылов. Воронеж: ВГТУ, 1996. – 69 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К.Мещерякова. В 2-х т. М., 1985. Т.2. 695 с.
4. Кондаков А.И. САПР технологических процессов. / А.И. Кондаков. М.: Машиностроение, 2007. – 272 с.
5. Прогрессивный режущий инструмент и режимы резания металлов: справочник / В.И. Баранчиков и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Практическая работа № 1. Определение припусков по нормативным таблицам. Расчет операционных припусков и предельных размеров аналитическим методом.....	3
Практическая работа № 2. Выбор режимов резания по критериям погрешности силового отжима и машинного времени обработки	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	30
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	31

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННЫХ И РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических и самостоятельных работ для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» (специализация «Проектирование жидкостных ракетных двигателей») очной формы обучения

Составитель
Сухочев Геннадий Алексеевич

В авторской редакции

Подписано к изданию 24.12.2021.

Уч.-изд. л. 2,1.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84