

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Институт повышения квалификации
и переподготовки

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ПРАКТИКУМ

**по выполнению контрольной
и практических работ для слушателей
специальности переподготовки**

**1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении
и приборостроении» заочной формы обучения**

Гомель 2020

УДК 621-027.22+681.2(075.8)
ББК 34.5+34.96я73
О-75

*Рекомендовано кафедрой «Металлургия и технологии
обработки материалов» ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 7 от 17.09.2020 г.)*

Составители: *И. В. Агунович, А. М. Урбанович*

Рецензент: декан машиностроительного факультета «металлургия
и технологии обработки материалов» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *Г. В. Петришин*

О-75 **Основы** технологии машиностроения и приборостроения : практикум по выполнению контрол. и практ. работ для слушателей специальности переподготовки 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» заоч. формы обучения / сост.: И. В. Агунович, А. М. Урбанович. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – 42 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

В практикуме изложены: примерный перечень практических работ; требования к объему и содержанию контрольной работы; задание на контрольную работу; примеры выполнения расчетно-графической части контрольной работы.

Для слушателей специальности переподготовки 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» заочной формы обучения ИПКиП.

УДК 621-027.22+681.2(075.8)
ББК 34.5+34.96я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2020

1 Объем и содержание контрольной работы

Контрольная работа включает 1 лист формата А3 (А2) графической части и расчетно – пояснительную записку на 15–25 страницах.

Содержание расчетно – пояснительной записки:

Введение.

1. Теоретическая часть (ответ на вопросы).

2. Расчетно-графическая часть.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

2 Задание на контрольную работу

Теоретическая часть предусматривает ответ на вопросы, из следующего перечня:

1. Технология машиностроения – история и основные направления развития.

2. Основные понятия и положения технологии машиностроения.

3. Виды (типы) производства и характеристика их технологических процессов.

4. Основные факторы, влияющие на характер технологического процесса.

5. Нормирование технологических операций и структура технологических операций.

6. Выбор маршрута обработки поверхностей детали.

7. Проектирование технологического маршрута изготовления детали и технологических операций.

8. Определение припусков на обработку.

9. Получение заготовок для изготовления деталей машин способом литья в песчаные формы.

10. Получение заготовок для изготовления деталей машин способом литья в оболочковые и металлические формы.

11. Получение заготовок для изготовления деталей машин способом литья под давлением.

12. Правка заготовок и обдирка прутков – как методы предварительной обработки заготовок.

13. Разрезание прутков, валов, труб и листов при подготовке заготовок.
14. Центрование заготовок при их предварительной обработке.
15. Общие сведения технологии изготовления деталей класса валы.
16. Обработка деталей класса валы на токарно-винторезных и карусельных станках.
17. Обработка деталей класса валы на токарных многолезцовых станках и копировальных полуавтоматах.
18. Обработка деталей класса валы на одношпиндельных токарных автоматах.
19. Обработка деталей класса валы на многошпиндельных токарных автоматах и полуавтоматах.
20. Методы чистовой обработки наружных цилиндрических поверхностей.
21. Методы обработки на валах шпоночных пазов.
22. Методы обработки на валах шлицев.
23. Методы обработки на валах резьбовых поверхностей.
24. Общие сведения технологии изготовления втулок.
25. Методы обработки отверстий лезвийным инструментом.
26. Методы обработки отверстий абразивным инструментом.
27. Общие сведения технологии изготовления корпусных деталей.
28. Методы обработки плоских поверхностей лезвийным инструментом.
29. Методы обработки плоских поверхностей абразивным инструментом.
30. Общие сведения технологии изготовления зубчатых колес.
31. Основные методы формообразования зубчатых колес.
32. Методы обработки зубьев цилиндрических зубчатых колес.
33. Методы обработки зубьев конических зубчатых колес и зубьев червячных зубчатых колес и червяков.
34. Обработка деталей класса валы на токарно-револьверных станках.
35. Методы обработки на валах шлицев.
36. Общие сведения технологии изготовления деталей класса валы.

37. Основные принципы безопасности, предъявляемые к станкам.
38. Основные требования безопасности, предъявляемые к осуществлению станков.
39. Основные требования безопасности, предъявляемые к транспортированию станков. Безопасность и надежность систем управления станками.
40. Основные требования безопасности, предъявляемые к средствам и органам управления станками.
41. Основные требования безопасности, предъявляемые к пуску и остановке станков.
42. Основные требования безопасности, предъявляемые к переключателям режима функционирования (работы) станков.
43. Основные требования безопасности, предъявляемые к конструкции станков и их элементам.
44. Основные требования безопасности, предъявляемые к устройствам для перемещения, установки и закреплении заготовок и инструмента на станках.
45. Основные требования безопасности, предъявляемые к защитным устройствам станков.
46. Опасности, вызванные электрической и другими видами энергии, в станочном оборудовании.
47. Опасности, возникающие при эксплуатации станков.
48. Основные требования безопасности к уходу, содержанию и исправности станков.
49. Основные требования безопасности к информации, необходимой для функционирования и технического обслуживания станков.
50. Основные требования безопасности к электрооборудованию станков.
51. Дополнительные требования безопасности к станкам токарной группы.
52. Дополнительные требования безопасности к станкам сверлильной и расточной группы.
53. Дополнительные требования безопасности к станкам фрезерной, строгальной, долбежной и протяжной групп.
54. Дополнительные требования безопасности к станкам зубообрабатывающей группы.

55. Дополнительные требования безопасности к станкам отрезной группы.

56. Дополнительные требования безопасности к станкам для абразивной, абразивно-электроэрозионной и абразивно-электрохимической обработки.

57. Дополнительные требования безопасности к агрегатным станкам и станкам, входящим в автоматические линии.

58. Дополнительные требования безопасности к электроэрозионным и электрохимическим станкам.

59. Дополнительные требования безопасности к ультразвуковым станкам и станкам с ЧПУ.

60. Общие требования (положения) к органам управления производственным оборудованием.

61. Основные требования к ручным и ножным органам управления оборудованием.

62. Общие требования безопасности к станкам и приспособлениям для обработки материалов.

63. Организация рабочего места токаря.

64. Основные правила безопасной работы на токарных станках.

65. Организация рабочего места сверловщика.

66. Основные правила безопасной работы на сверлильных станках.

67. Основные правила безопасной работы на шлифовальных станках.

68. Организация рабочего места фрезеровщика.

69. Основные правила безопасной работы на фрезерных станках.

70. Общие требования безопасности к станочным приспособлениям.

71. Требования безопасности к основным частям приспособлений (механизмам зажима заготовки; к органам управления; пневмо- и гидроприводам; магнитным и электромагнитным приспособлениям; УСП и др.). Социальные аспекты и экономическая эффективность применения автоматизации. Основные задачи, решаемые автоматизацией.

72. Числовое программное управление.

73. Контактные электрические выключатели, герконы. Бесконтактные концевые электрические выключатели.

74. Трансформаторные и индуктивные датчики.
75. Емкостные датчики. Радиоизотопные датчики.
76. Сельсин-датчик.
77. Оптические датчики.
78. Дискретные пропорциональные датчики.
79. Усилители.
80. Реле.
81. Привод средств автоматизации.
82. Автоматизация контроля производства.
83. Измерение температуры.
84. Измерение деформаций, усилий, напряжений.
85. Измерение силы, массы и давления.
86. Контроль скорости и положения деталей механизмов и машин.
87. Тахометры.
88. Автоматический контроль загрязнения воздуха, промышленных газов и сточных вод.
89. Контрольно-блокирующие устройства (КБУ).
90. Устройства неразрушающего контроля. Ультразвуковые методы контроля.
91. Магнитные методы контроля.
92. Состав автоматизированного комплекса.
93. Разматывающе-правильные устройства.
94. Автоматизация подачи непрерывного и условно-непрерывного материала.
95. Автоматизация подачи штучных заготовок.
96. Автоматические бункерно-загрузочно-ориентирующие устройства. (АБЗОУ).
97. Магазины загрузочные устройства.
98. Вакуумный захват. Электромагнитный захват. Механический захват.
99. Удаляющие устройства.
100. Транспортирующие устройства. Конвейеры.
101. Автоматизация операций резки.
102. Автоматизация нагрева заготовок.
103. Автоматизация машин непрерывного литья.
104. Автоматизация процессов прокатки
105. Автоматизация процессов волочения.
106. Автоматизация трубного производства.

107. Автоматизация сварочного производства.
108. Автоматизация операций сборки.
109. Автоматизация упаковочного производства.
110. Гибкие производственные системы.
111. Промышленные манипуляторы и роботы.
112. Техника безопасности при автоматизированном производстве.

Расчетно-графическая часть выполняется по варианту, номер которого совпадает с последней цифрой номера зачетной книжки слушателя (см. таблицу 2.1), а вариант исходных данных для расчета цикловой диаграммы выбирается по предпоследней цифре номера зачетной книжки (см. таблицу 2.2). Из таблицы 2.2 слушатель берет только те данные, которые ему необходимы для выполнения расчетов.

В таблице 2.1:

ПУ - правильно - разматывающее устройство;

ВП – валковая подача;

РКП – ролик клиновья подача;

НП – ножницы для резки отходов;

НУ – наматывающее устройство;

КП – клещевая подача;

последующие цифры являются номером модели устройства или подачи. При выполнении чертежей общего вида или кинематической схемы рекомендуется использовать каталоги средств механизации и автоматизации (например, [18] или другие).

Таблица 2.1 – Варианты задания

Последняя цифра № зачетной книжки слушателя	1-й лист		2-й лист
	Общий вид	Кинематическая схема	Цикловая диаграмма
0	ПУ8	—	ПУ8
1	—	ПУ7	ПУ7
2	ВП39	—	ВП39
3	—	ВП35	ВП35
4	РКП11	—	РКП11
5	—	РКП9	РКП9
6	КП7	—	КП7
7	НП1	—	НП1
8	НУ11	—	НУ11
9	—	НУ9	НУ9

Таблица 2.2 – Исходные данные для расчета цикловой диаграммы

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Предпоследняя цифра № зачетной книжки слушателя									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Шаг подачи	t	мм	80	75	70	65	60	55	40	35	30	25
Ход ползуна пресса	H	мм	100	90	80	70	60	50	55	65	45	35
Число ходов пресса в минуту	$n_{пр}$	ход/мин	70	80	90	100	120	140	160	180	200	230
Рабочий ход пуансона	S_p	мм	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Заход ловителя	$S_{л}$	мм	6	5	5	4	4	4	3	3	3	3
Подъем валков	S_B	мм	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2
Коэффициент шатуна	λ	—	0,11	0,11	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,12	0,1
Диаметр валков	D	мм	120	120	120	100	100	80	80	80	80	80
Скорость правки	$V_{пр}$	м/мин	16	20	21	22	23	24	22	21	18	19
Скорость намотки	$V_{нам}$	м/мин	25	22	24	27	28	32	34	29	23	26
Максимальная длина петли	L_{max}	м	2,3	2,4	2,6	3,0	2,9	2,8	2,7	2,8	2,2	2,3
Минимальная длина петли	L_{min}	м	1,7	1,8	2,0	3,2	2,1	1,9	2,0	1,9	1,8	1,7
Скорость хода каретки	V_k	м/мин	16	14	10	12	21	17	15	18	25	20

Контрольная работа включает также 1 лист формата А2 или А3 графической части (цикловая диаграмма работы средства автоматизации).

3 Методика построения цикловых диаграмм

Цикловые диаграммы строятся на начальном этапе проектирования автоматизированных комплексов и систем для взаимосогласования продолжительности и очередности во времени работы отдельных механизмов, оборудования, контрольно – блокирующих уст-

ройств, датчиков, подсистем и других структурных составляющих, входящих в комплекс или систему. Необходимы эти диаграммы при программировании, наладке, эксплуатации и ремонте автоматических комплексов и систем. Строятся цикловые диаграммы как в прямоугольных, так и в полярных координатах.

Различают последовательные, совмещенные и комбинированные режимы работы. При последовательных режимах работа технологического оборудования происходит с остановками, паузами, во время которых работают средства автоматизации, включение которых производится после остановки подвижных частей технологического оборудования по команде соответствующих контрольно – блокирующих устройств. По завершении работы средств автоматизации также по команде контрольно – блокирующих устройств включаются в работу подвижные части оборудования. Это исключает аварийные ситуации и поломки из-за несогласования движений подвижных частей оборудования и средств автоматизации.

При построении цикловых диаграмм работы в последовательных режимах чаще всего используют прямоугольные координаты, откладывая по оси абсцисс время работы. Ось ординат разбивают на количество входящих в систему составных частей в виде таблицы. Слева от начала отсчета времени цикла в таблице дается название составной части, механизма, подсистемы датчика и т.п. Могут быть также приведены пояснения последующей графической части: включено (“вкл”), выключено (“выкл”), верхнее положение (“ВП”), нижнее положение (“НП”), исходное положение (“ИП”), переднее положение (“ПП”), останов (“О”), работа (“Р”) и т.п.

От начала отсчета времени цикла вправо для каждой составной части дается графическое изображение работы этой части в каждый момент времени цикла. Допускается упрощенное изображение движений. Сложные траектории движения могут быть представлены в виде прямых линий.

Если слева от точки начала отсчета не приведены пояснения, то они даются на графических изображениях: “открыт”, “закрыт”, “нижнее положение”, “верхнее положение” и т.п.

При совмещенном режиме работа технологического оборудования идет без остановок и пауз, а средства автоматизации приводятся в движение в определенные периоды времени в зависимости от положения и направления движения подвижных частей оборудования или по командам контрольно – блокирующих устройств.

Если при совмещенном режиме продолжительность цикла работы средств автоматизации совпадает с одним циклом (для двухударных автоматов с двумя циклами) работы оборудования, то в декартовых координатах графики движения подвижных частей оборудования и средств автоматизации приводятся в верхней правой части цикловой диаграммы и даются не упрощенно, а строятся аналитически по расчетным зависимостям; непосредственно под этими графиками и строго с ними увязано отмечаются начало и окончание каждого интервала работы каждой составной части в соответствующей горизонтальной строке таблицы. Наименование составной части приводится слева от начала цикла.

Для кривошипных технологических машин графики движения строятся в координатах “перемещение ползуна – угол поворота кривошипного вала”. При вертикальном ходе ползуна пресса начало отсчета времени цикла совмещают с моментом нахождения ползуна в верхней мертвой точке, чему соответствует угол поворота кривошипного вала $\alpha = 180^\circ$. При ходе ползуна вниз угол α уменьшается, до $\alpha = 0^\circ$ в нижней мертвой точке. Для этой же точки принимают $\alpha = 360^\circ$, продолжая при подъеме ползуна вверх уменьшать значения α до верхней мертвой точки, где $\alpha = 180^\circ$ и заканчивается диаграмма. (Для двухударных автоматов повторяют еще раз диаграмму хода ползуна вниз и вверх или вперед – назад для горизонтальных автоматов).

График хода ползуна строится расчетом по формуле:

$$S_\alpha = R \left[(1 - \cos \alpha) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\alpha) \right], \quad (3.1)$$

где R – радиус кривошипа;

λ – коэффициент шатуна.

Если известны углы поворота кривошипа α , при которых начинаются или заканчиваются интервалами работы каждой составной части комплекса или системы, то составляющую величину хода ползуна определяют расчетом по зависимости (3.1).

Если интервалы работы меняются в зависимости от величины хода ползуна, то решается обратная задача по известной величине S находят α следующим образом: вначале определяют коэффициент:

$$C = \frac{S}{R}, \quad (3.2)$$

а затем величину α , используя следующую зависимость:

$$\cos \alpha = \frac{2(1-C)\left(1 + \frac{1}{\lambda}\right) + C^2}{2\left(1 - C + \frac{1}{\lambda}\right)}. \quad (3.3)$$

Если составную часть системы представляет собой механизм, для которого известна средняя скорость движения \mathcal{G} и максимальное перемещение l , то продолжительность интервала движения механизма определяют по формуле:

$$t = \frac{l}{\mathcal{G}}. \quad (3.4)$$

Соответствующее изменение угла поворота кривошипного вала $\Delta\alpha$ определяется следующим образом:

$$\Delta\alpha = \alpha_{\text{н}} - \alpha_{\text{к}} = \frac{6l \cdot n_{\text{пр}}}{\mathcal{G}}, \quad (3.5)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ и $\alpha_{\text{к}}$ – соответственно углы поворота кривошипного вала прессы в градусах, при которых начинается и заканчивается движение механизма;

l – перемещение механизма в м;

\mathcal{G} – скорость перемещения механизма в м/с;

$n_{\text{пр}}$ – число ходов прессы в минуту.

Продолжительность полного двойного хода ползуна прессы:

$$T_{\text{пол}} = \frac{60}{n_{\text{пр}}}, \text{ с.} \quad (3.6)$$

При построении цикловой диаграммы в полярных координатах, определив углы поворота кривошипного вала, при которых начинаются и заканчиваются интервалы на круге отмечают эти углы.

Как правило, цикловая диаграмма дополняется таблицей наименований интервалов с указанием углов, соответствующих началу, окончанию и продолжительности интервалов, что позволяет на самой диаграмме только нумеровать углы интервалов или интервалы, не указывая их численных значений, приведенных в таблице.

Если строится цикловая диаграмма для совмещенного режима работы, при продолжительности работы средств автоматизации значительно превышающей время двойного хода ползуна и включении – выключении этих средств происходит по командам командно – блокирующих устройств, то построение цикловой диаграммы может

производиться по методике, применяемой при последовательных режимах работы.

4 Примеры расчета цикловых диаграмм

4.1 Построение цикловой диаграммы работы валковой подачи

Исходные данные:

1. Число ходов пресса в минуту: $n_{пр} = 100$ ход/мин.
2. Ход ползуна пресса: $H = 60$ мм.
3. Шаг подачи: $t = 27$ мм.
4. Рабочий ход пуансона: $S_p = 7,5$ мм.
5. Заход ловителя: $S_{л} = 5$ мм.
6. Подъем валков: $S_v = 5$ мм.
7. Коэффициент шатуна: $\lambda = \frac{R}{L_{ш}} = 0,1$.
8. Диаметр валков: $D = 80$ мм.

Последовательность расчёта

По формуле (3.1):

$$S_{\alpha} = R \left[(1 - \cos \alpha) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\alpha) \right] = R \cdot f(\alpha),$$

где R – радиус кривошипа, мм;
 λ – коэффициент шатуна.

Строим график перемещения ползуна через 20° .

$$R = \frac{H}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ мм.} \quad (4.1)$$

Результаты расчета сводим в таблицу 4.1.

Определяем коэффициент:

$$C_1 = \frac{S_p}{R} = \frac{7,5}{30} = 0,25. \quad (4.2)$$

и

$$\cos \alpha_1 = \frac{2(1-C_1)\left(1+\frac{1}{\lambda}\right)+C_1^2}{2\left(1-C_1+\frac{1}{\lambda}\right)} = \frac{2(1-0,25)\left(1+\frac{1}{0,1}\right)+0,25^2}{2\left(1-0,25+\frac{1}{0,1}\right)} = 0,772. \quad (4.3)$$

Таблица 4.1 – График перемещения ползуна

№ п.п.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\alpha, ^\circ$	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
$f(\alpha)$	0	0,066	0,25	0,54	0,873	1,22	1,54	1,79	1,94	2,0
$S_\alpha, \text{мм}$	0	2	7,6	16,1	26,2	36,7	46,1	53,6	58,3	60
№ п.п.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
$\alpha, ^\circ$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	
$f(\alpha)$	1,94	1,79	1,54	1,22	0,873	0,54	0,25	0,066	0	
$S_\alpha, \text{мм}$	58,3	53,6	46,1	36,7	26,2	16,1	7,6	2	0	

Угол поворота кривошипного вала прессы, при котором начинается рабочий ход пуансона: $\alpha_1 = 39^\circ 30'$.

Выход пуансона из ленты закончится при угле:
 $360^\circ - \alpha_1 = 360^\circ - 39^\circ 30' = \frac{12,5}{30} = 0,417.$

Определяем коэффициент:

$$C_2 = \frac{S_p + S_{л}}{R} = \frac{7,5 + 5}{30} = 0,417$$

и

$$\cos \alpha_2 = \frac{2(1-0,417)\left(1+\frac{1}{0,1}\right)+0,417^2}{2\left(1-0,417+\frac{1}{0,1}\right)} = 0,614.$$

Угол поворота кривошипного вала прессы, при котором ловители начинают входить в ленту: $\alpha_2 = 52^\circ 7'$.

Угол при котором ловители выйдут из ленты:
 $360^\circ - \alpha_2 = 307^\circ 53'.$

Определяем коэффициент:

$$C_3 = \frac{S_p + S_{\text{л}} + S_{\text{в}}}{R} = \frac{12,5 + 5}{30} = \frac{17,5}{30} = 0,583.$$

Угол поворота кривошипного вала, при котором начинается подъем валков:

$$\cos \alpha_3 = \frac{2(1 - 0,583) \left(1 + \frac{1}{0,1}\right) + 0,583^2}{2 \left(1 - 0,583 + \frac{1}{0,1}\right)} = 0,455.$$

$$\cos \alpha_3 = 63^\circ.$$

Угол при котором валки вернутся в нижнее положение:
 $360^\circ - \alpha_3 = 297^\circ.$

Угол поворота ведущего кольца обгонной муфты:

$$\varphi_3 = \beta_0 \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{2t}{D} + \varphi_0, \quad (4.4)$$

где $\beta_0 = 1,02 \div 1,03$ – коэффициент, учитывающий проскальзывание ленты в валках;

D – диаметр подающих валков $D = 80$ мм;

$\varphi_0 = 6 \div 10^\circ$ – угол заклинивания муфты обгона. Примем $\varphi_0 = 6$.

$$\varphi_3 = 1,02 \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{2 \cdot 35}{80} + 6^\circ = 57^\circ 27'.$$

Изменение угла поворота кривошипного вала, необходимое для заклинивания муфты обгона:

$$\Delta \alpha_0 = \frac{\varphi_0 - 180^\circ}{\varphi_3} = \frac{6^\circ - 180^\circ}{51,16^\circ} = 21,11^\circ = 21^\circ 18'. \quad (4.5)$$

Углы поворота кривошипного вала при которых меняется направление вращения ведущего кольца обгонной муфты определим из условий:

$$\alpha_5 < 360^\circ - \alpha_3, \quad (4.6)$$

$$\alpha_4 = \alpha_5 - 180^\circ, \quad (4.7)$$

$$\alpha_5 < 360^\circ - 63^\circ = 297^\circ.$$

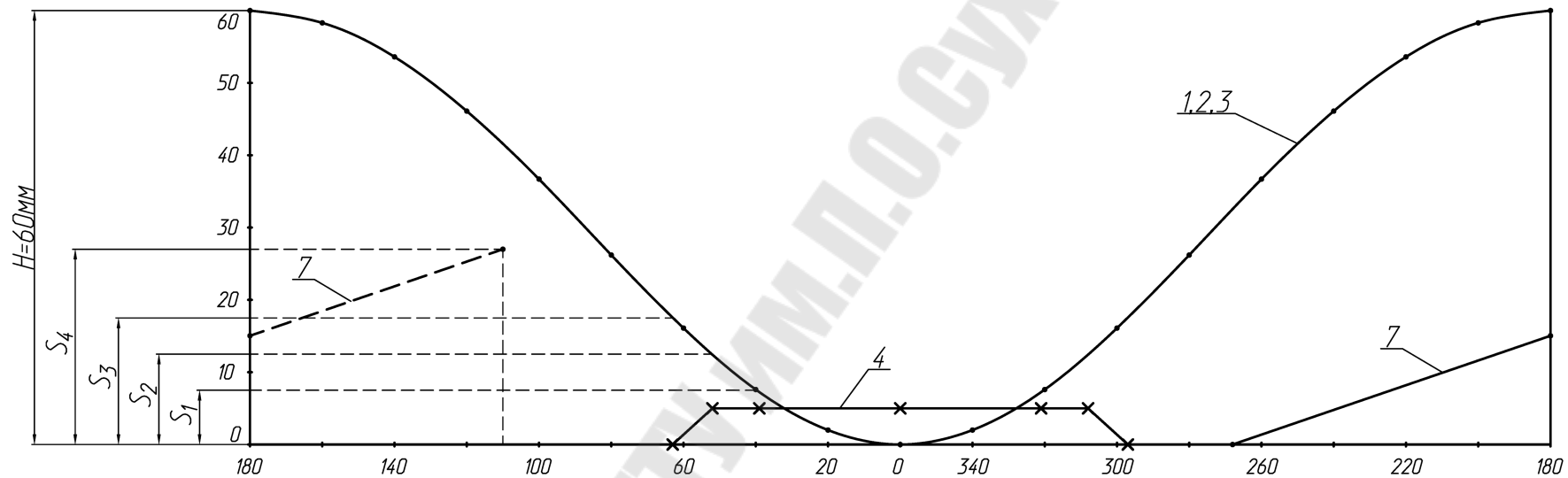
Примем: $\alpha_5 = 290^\circ.$

Тогда $\alpha_4 = 290^\circ - 180^\circ = 110^\circ.$

Угол поворота кривошипного вала, при котором начнется подача ленты:

$$\alpha_6 = \alpha_5 - \Delta\alpha_0 = 290^\circ - 21^\circ 18' = 268^\circ 42'. \quad (4.8.)$$

По результатам расчета строится цикловая диаграмма (см. рис. 4.1) и заполняется таблица интервалов цикловой диаграммы (табл. 4.2)



1	Ползун	Ход вниз (180°)				Ход вверх (180°)			
2	Пуансон	1		2	3	4			
3	Ловители	5		6	7	8	9		
4	Подъем валков	10		11	12		13	10	
5	Муфта обгона	14	15			16	14		
6	Вращение валков	17	18			17			
7	Лента	19	20			19			

Рис. 4.1 – Цикловая диаграмма работы валковой подачи

Таблица 4.2 – Интервалы цикловой диаграммы

№ интервала	Наименование интервала	начало	Конец	Продолжительность
		в градусах		
1	Свободный ход пуансона вниз	180°	39°30'	140°30'
2	Рабочий ход пуансона	39°30'	0	39°30'
3	Выход пуансона ленты	360°	320°30'	39°30'
4	Свободный ход пуансона вверх	320°30'	180°	140°30'
5	Свободный ход ловителей вниз	180°	52°7'	127°53'
6	Ввод ловителей в ленту	52°7'	39°30'	12°37'
7	Фиксация ленты ловителями	39°30'	320°30'	79°
8	Вывод ловителя из ленты	320°30'	307°53'	12°37'
9	Свободный ход ловителей вверх	307°53'	180°	127°53'
10	Нижнее положение валков	297°	63°	234°
11	Подъем валков	63°	52°7'	10°53'
12	Верхнее положение валков	52°7'	307°53'	104°14'
13	Опускание валков	307°53'	297°	10°53'
14	Муфта заклинена	268°42'	110°	158°42'
15	Муфта расклинена	110°	290°	180°
16	Заклинивание муфты	290°	268°42'	21°18'
17	Вращение валков	268°42'	110°	158°42'
18	Валки не вращаются	110°	268°42'	201°18'
19	Подача ленты	268°42'	110°	158°42'
20	Лента неподвижна	110°	268°42'	201°18'

4.2 Построение цикловой диаграммы работы правильно – разматывающего устройства

Исходные данные:

1. Число ходов пресса в минуту: $n_{\text{пр}} = 60$ ход/мин.
2. Шаг подачи: $t = 20$ мм.
3. Скорость правки: $V_{\text{прав}} = 4,8$ м/мин.
4. Максимальная длина петли: $L_{\text{max}} = 2,6$ м.
5. Минимальная длина петли: $L_{\text{min}} = 2,0$ м.

Последовательность расчёта

По формуле:

$$V_{\text{под}} = \frac{t \cdot n_{\text{пр}}}{1000}. \quad (4.9)$$

Определяем среднюю скорость подачи:

$$V_{\text{под}} = \frac{20 \cdot 60}{1000} = 1,2 \text{ м/мин.}$$

По формуле:

$$T_{\text{прав}} = \frac{(L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) \cdot 60}{V_{\text{прав}} - V_{\text{под}}}. \quad (4.10)$$

Определяем время работы правильно – разматывающего устройства без остановки:

$$T_{\text{прав}} = \frac{(2,6 - 2,0) \cdot 60}{4,8 - 1,2} = 10 \text{ с.}$$

Время остановки правильно – разматывающего устройства определим по формуле:

$$T_0 = \frac{(L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) \cdot 60}{0,5V_{\text{под}}}, \quad (4.11)$$

$$T_{\text{прав}} = \frac{(2,6 - 2,0) \cdot 60}{0,5 \cdot 2,4} = 30 \text{ с.}$$

Время цикла работы правильно – разматывающего устройства:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{прав}} + T_0 = 10 + 30 = 40 \text{ с.} \quad (4.12)$$

Время хода ползуна пресса:

$$T_{\text{пол}} = \frac{60}{n_{\text{пр}}} = \frac{60}{60} = 1 \text{ с.} \quad (4.13)$$

Время работы подачи:

$$T_{\text{пол}} = \frac{60}{2n_{\text{пр}}} = \frac{60}{2 \cdot 60} = 0,5 \text{ с.} \quad (4.14)$$

На рис. 4.2 представлена цикловая диаграмма работы правильно – разматывающего устройства, построенная по результатам расчета.

При достижении длины петли L_{min} срабатывает датчик верхнего уровня, подавая сигнал на включение правильно – разматывающего устройства.

В момент времени $t = 10$ с длина петли достигает L_{max} и срабатывает датчик нижнего уровня, подавая сигнал на включение привода правильно – разматывающего устройства.

Останов правильно – разматывающего устройства продолжается до момента времени $t = 40$ с, когда длина петли достигает L_{min} , срабатывает датчик верхнего уровня и цикл продолжается снова.

Датчик аварийного уровня петли все время выключен. Он может сработать и остановить пресс только при неполадках и достижении длины петли $L_{\text{авар}} = L_{\text{min}}$.

Ползун прессы за время $t = 1$ с совершает ход от верхней мертвой точки и обратно, возвращаясь в исходное положение и каждую последующую секунду повторяя этот цикл.

Подача ленты в штамп прессы начинается на середине хода ползуна вверх и заканчивается на середине хода ползуна вниз за время равное 0,5 с (половина времени цикла работы прессы). Оставшуюся половину времени цикла работы прессы подача ленты остановлена и лента неподвижна. Цикл работы подачи “подача – останов” также как и у прессы составляет 1 с. Кинематическая связь подачи с прессом обеспечивает их общий цикл работы в течение 1 с.

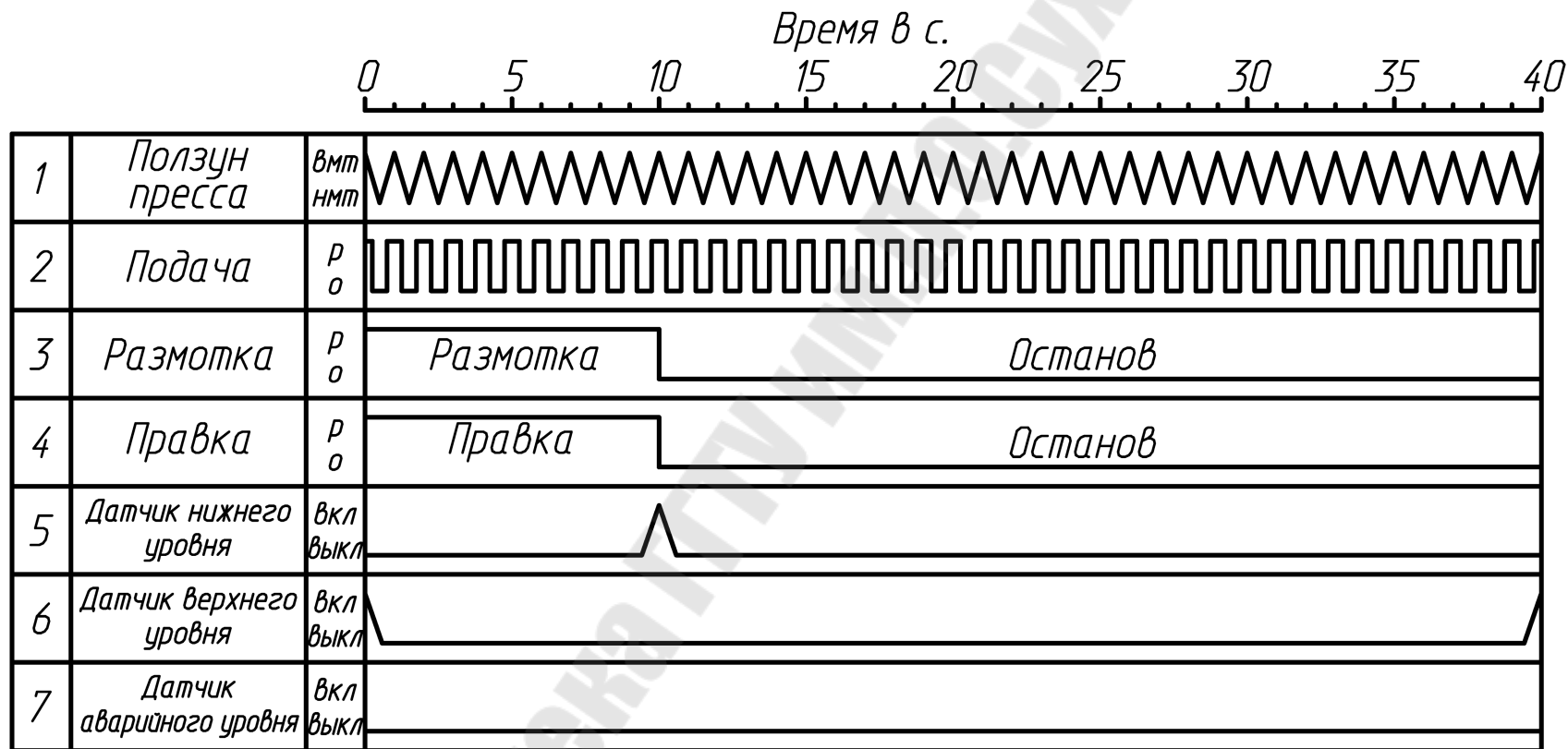


Рис. 4.2 – Цикловая диаграмма работы правильно – разматывающего устройства:
 P– работа; O– останов; ВМТ– верхняя мертвая точка; НМТ – нижняя мертвая точка.
 Время цикла $T_{\text{ц}} = 40$ с

5 Определение точности механической обработки

Цель: получение практических навыков по определению величины погрешности закрепления заготовки и по оценке погрешности обработки, вызванной упругими деформациями технологической системы: станок-приспособление-инструмент-заготовка.

Приборы и материалы:

1. Токарно-винторезный станок модели 16К20 с трёхкулачковым патроном.
2. Резец Т15К6.
3. Линейка слесарная.
4. Штангенциркуль или микрометр;
5. Индикатор часового типа ИЧ-10.
6. Штатив с магнитным основанием ШМ-111.
7. Заготовки из стального круглого проката:
 - 1-я – диаметром $D = 60...80$ мм и длиной $l = 80...100$ мм;
 - 2-я – диаметром $D = 30...50$ мм и длиной $l = 100...150$ мм.

Теоретические сведения

Важнейшие показатели качества машин в значительной степени определяются точностью их изготовления. Повышение нагрузок и скоростей работы машин, требований надёжности обеспечиваются повышением точности изготовления их механизмов, отдельных деталей и машин в целом. Под точностью обработки понимают соответствие формы, размеров и положения обрабатываемых поверхностей требованиям чертежа и технических условий. По ряду причин, при любых методах обработки, полученные значения параметров обработанных поверхностей отличаются от заданных чертежом их номинальных значений. Разность этих значений называют погрешностью обработки. Суммарная погрешность механической обработки является следствием влияния на этот процесс ряда факторов, каждый из которых вызывает появление отдельной первичной погрешности.

Суммарную погрешность обработки или поле рассеяния выполняемого размера, можно в общем виде выразить следующей зависимостью:

$$\Delta = f(\Delta y, \varepsilon, \Delta H, \Delta u, \Delta t, \sum \Delta \Phi),$$

где Δy – погрешность (поле рассеяния) выполняемого размера, которая возникает в результате упругих отжатий звеньев технологической

системы под влиянием нестабильности сил резания. Величину Δy определяют для сечения заготовки, где жёсткость системы минимальна;

ε – погрешность установки заготовки;

ΔH – погрешность настройки станка, которая является разностью предельных положений режущего инструмента на станке, при настройке его на выполняемый размер;

Δu – погрешность из-за размерного износа (по задней поверхности) режущего инструмента;

$\Delta \tau$ – погрешность выполняемого размера, вызываемая тепловыми деформациями системы;

$\sum \Delta \Phi$ – суммарная погрешность формы данного элемента, вызываемая геометрическими неточностями станка, деформациями заготовки под влиянием сил закрепления, неравномерным по различным сечениям заготовки упругим отжатием технологической системы и др.

Существует три следующих метода расчёта значений погрешностей для конкретно заданных условий обработки:

1. Расчётно-аналитический, при котором расчёт ведётся по аналитическим (эмпирическим) зависимостям, описывающим протекание процесса и условий возникновения погрешностей. Он основан на учёте физических явлений и позволяет выявить причины образования погрешностей;

2. Вероятностно-статистический метод, который позволяет, не раскрывая физической сущности явлений, определять точность обработки большой партии деталей;

3. Расчётно-статистический метод, сочетающий положительные стороны двух предыдущих методов, так как позволяет рассчитывать первичные погрешности как статистическим, так и расчётным путём.

При известных первичных погрешностях, суммарную погрешность обработки можно определять методами полной или неполной взаимозаменяемости.

Суммарная погрешность обработки по методу полной взаимозаменяемости определяется алгебраическим сложением по максимуму и минимуму приведённых значений первичных величин погрешностей с использованием следующей зависимости:

$$\Delta = \Delta y + \varepsilon + \Delta H + \Delta u + \Delta \tau + \sum \Delta \Phi). \quad (5.1)$$

Расчёт суммарной погрешности обработки этим методом прост, однако значение Δ получается завышенным, что приводит к увеличе-

нию допуска на обработку и увеличению промежуточных и общих припусков на обработку.

Поэтому суммирование погрешностей целесообразнее производить по методу неполной взаимозаменяемости с использованием следующей зависимости:

$$\Delta = \sqrt{\Delta y^2 + \varepsilon^2 + \Delta H^2 + 3\Delta u^2 + 3\Delta \tau^2} + \Sigma \Delta \Phi. \quad (5.2)$$

Рассмотрим несколько подробнее факторы, обуславливающие возникновение следующих первичных погрешностей, используемых в лабораторной работе: погрешность установки заготовок в приспособлениях (ε) и погрешность обработки, обусловленную жёсткостью технологической системы (Δy).

Погрешность установки заготовок в приспособления (ε), как одна из составляющих общей погрешности выполняемого размера, состоит из: погрешности базирования – $\Delta \delta$; погрешности закрепления – Δ_3 ; и погрешности положения заготовки, вызываемой неточностью приспособления – $\Delta_{пр}$.

Погрешности базирования возникают при несовпадении измерительной и технологической баз и определяется разностью расстояний от измерительной базы до установленного на размер инструмента. Для устранения и уменьшения погрешности базирования следует совмещать технологические и инструментальные базы, повышать точность выполнения размеров технологических баз, выбирать рациональное расположение установочных элементов и назначать правильно их размеры или уменьшать зазоры при посадке заготовок на охватываемые установочные элементы.

Погрешностью закрепления называется разность предельных расстояний от измерительной базы до установленного на размер инструмента в результате смещения обрабатываемых заготовок под действием сил закрепления. Зажимное усилие характеризуется: величиной действующей зажимной силы; направлением её; точкой приложения. Следует отличать принудительное закрепление деталей и основанное на действии сил трения. Для повышения точности обработки следует стремиться к тому, чтобы усилие резания и другие большие усилия всегда воспринимались упорами или другими элементами, не зависящими от наличия сопротивления трения. Так, при установке заготовки в трёхкулачковом патроне возникают погрешности

закрепления в радиальном и осевом направлениях. В работе исследуется только погрешность, возникающая в осевом направлении.

Погрешность положения заготовки, вызываемая неточностью приспособления, определяется ошибками изготовления и сборки его установочных элементов, их прогрессирующим износом, а также ошибками установки и фиксации приспособления на станке. При использовании одного приспособления она представляет собой систематическую постоянную погрешность и устраняется соответствующей настройкой станка. При использовании нескольких одинаковых приспособлений, а также множественных приспособлений эта погрешность не компенсируется настройкой станка и входит полностью в погрешность приспособления.

В общем виде погрешность установки (ε) может быть представлена как векторная сумма:

$$\varepsilon = \Delta_{\sigma} + \Delta_{з} + \Delta_{пр}. \quad (5.3)$$

Для практических целей общая погрешность установки определяется в соответствии с правилами суммирования случайных величин по формуле:

$$\varepsilon = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{з}^2 + \Delta_{пр}^2}. \quad (5.4)$$

Для определения погрешности обработки, вызванной упругими деформациями системы (Δy), необходимо определить жёсткость этой системы. Под жёсткостью технологической системы станок-приспособление-инструмент-обрабатываемая заготовка понимают отношение силы резания, направленной нормально к обрабатываемой поверхности (P_y), к смещению лезвия инструмента в направлении действия этой силы (y) (рисунок 5.1.):

$$j = \frac{P_y}{y}, \frac{Н}{мм}, \quad (5.5)$$

где P_y - составляющая силы резания, направленная нормально к обрабатываемой поверхности, Н.

y - величина отжата инструмента под воздействием силы, мм.

При расчетах удобнее пользоваться величиной обратной жесткости, которая называется податливостью (W):

$$W = \frac{1}{j}, \frac{мм}{Н}. \quad (5.6)$$

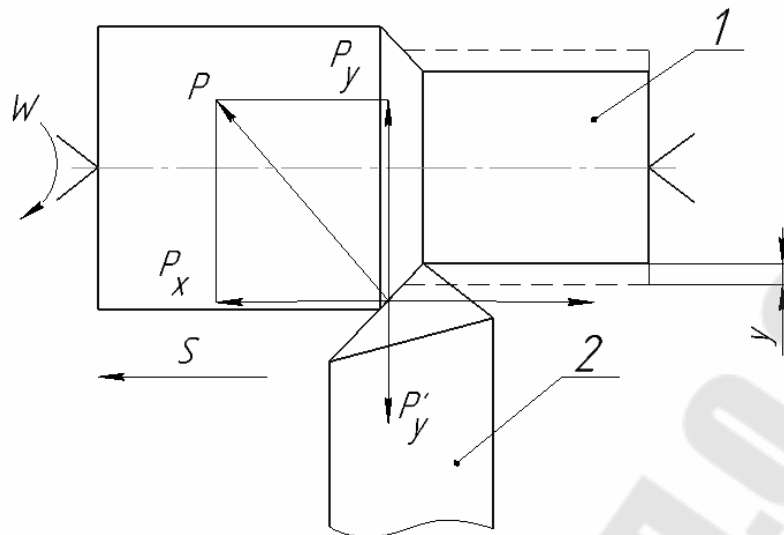


Рисунок 5.1 – Схема обработки заготовки на токарном станке:
1 – обрабатываемая заготовка, 2 – резец токарного станка

Податливость технологической системы ($W_{\text{сист}}$) складывается из податливости составляющих её элементов: податливости станка ($W_{\text{ст}}$) (включающей податливость приспособления и инструмента) и податливости детали ($W_{\text{дет}}$), т.е.

$$W_{\text{сист}} = W_{\text{ст}} + W_{\text{дет}}. \quad (5.7)$$

Аналогично жёсткость технологической системы определяется зависимостью:

$$\frac{1}{J_{\text{сист}}} = \frac{1}{J_{\text{ст}}} + \frac{1}{J_{\text{дет}}}. \quad (5.8)$$

Наиболее распространёнными являются следующие методы определения жёсткости металлорежущих станков и их составных частей: статический (испытания проводятся на неработающем станке); производственный (испытания проводятся при обработке заготовки).

Сущность статического метода определения жёсткости металлорежущих станков заключается в том, что элементы станка с помощью специальных приспособлений нагружают силой, воспроизводящей действия силы резания, и одновременно измеряют перемещение отдельных частей станка. Для таких испытаний имеются специальные стенды, которые включают нагружающее устройство с динамометром и устройства для измерения деформаций.

Производственный метод испытания жёсткости станков основан на том, что при обработке заготовки с неравномерным припуском

(изменяющаяся глубина резания t) форма заготовки (эксцентричность, ступенчатость) копируется на обработанной поверхности детали. Причём степень копирования будет тем больше, чем меньше жёсткость станка. При принятых условиях проведения опыта влияние всех факторов, кроме жёсткости станка, практически исключается.

Податливость заготовки или детали теоретически можно определить по соответствующей формуле из курса "Сопротивление материалов":

$$W_{\text{дет}} = \frac{l^3}{3EI}, \frac{\text{мм}}{\text{Н}} \quad (5.9)$$

где l – длина консоли, мм;

E – модуль упругости $\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ (для стали $E = 2 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$);

I – момент инерции поперечного сечения заготовки.

Для круглого сечения: $I = 0,05D^4$,

где D - диаметр заготовки в рассматриваемом сечении, мм.

Техника безопасности

1. Непосредственно перед выполнением работы проводится инструктаж по технике безопасности на металлорежущих станках.

2. Станок должен быть исправным и оснащён экраном, защищающим работающего от отлетающей стружки и смазочно-охлаждающей жидкости.

3. Перед включением станка убедиться в исправности заземления. Проверить, чтобы двери шкафа с электрооборудованием, крышки пульта управления, а также ограждения подвижных частей станка были закрыты и надёжно закреплены.

4. Обработка заготовок на токарном станке осуществляется токарем или учебным мастером, имеющим соответствующую квалификацию, в присутствии студентов, выполняющих работу, и преподавателя.

Порядок выполнения работы

1. Определение погрешности закрепления заготовки в трёхкулачковом патроне.

1.1. Установив первую заготовку в трёхкулачковом патроне проточить поочередно с двух сторон её торцевые поверхности. Затем установить на суппорт станка штатив с закреплённым индикатором, подвести наконечник индикатора к торцу заготовки с натягом 1...3 мм, установить под стрелкой индикатора ноль поворотом шкалы. Заготовка при этом должна быть прижата вторым торцом к поверхности планшайбы патрона и закреплена (рисунок 5.2).

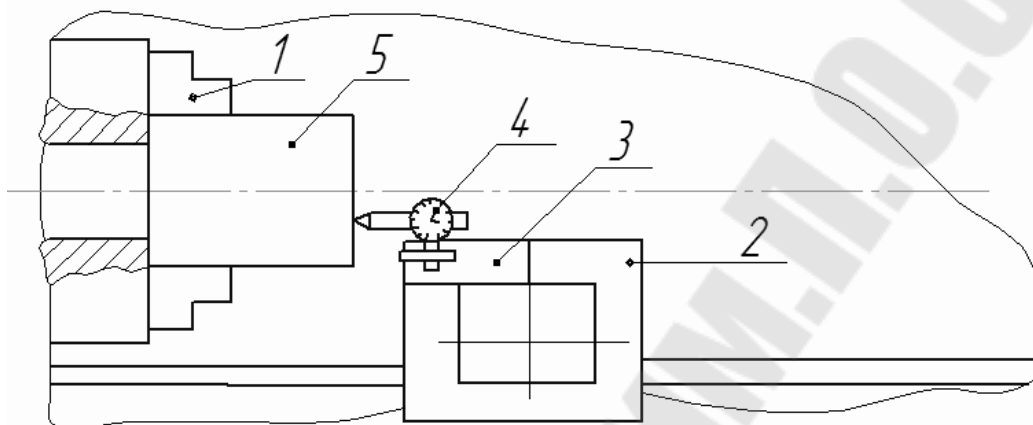


Рисунок 5.2- Схема измерения погрешности закрепления заготовки: 1 – трёхкулачковый патрон, 2 – суппорт станка, 3 – штатив с магнитным основанием, 4 – индикатор, 5 – заготовка

1.2. Многократно проворачивая и закрепляя заготовку в патроне (40...50 раз), записывать показания индикатора, фиксирующего действительную величину погрешности закрепления. Из полученных данных выбрать наибольшее (Δ_{\max}) и наименьшее (Δ_{\min}) показания индикатора (с учётом знаков "+" и "-") и вычислить величину поля рассеяния погрешности осевых смещений заготовки ($\Delta_{\text{закр}}$) по формуле:

$$\Delta_{\text{закр}} = \Delta_{\max} - \Delta_{\min} \quad (5.10)$$

1.3. В интервале значений от до сгруппировать одинаковые показания индикатора и составить таблицу 5.1 данных для построения графика распределения погрешностей осевых смещений заготовки при закреплении.

Относительная частота показаний индикатора (табл. 5.1) вычисляется из выражения:

$$\frac{m}{n} \cdot 100,$$

где m – количество одинаковых показаний индикатора;

n – общее количество измерений.

Таблица 5.1– Данные для построения графика распределения погрешностей

Показания индикатора, мм	Частота показаний индикатора, m	Относительная частота, %
-0,02	2	4
-0,01	5	10
0	и т.д.	и т.д.
...		
0,09		
0,10		
$\Delta_{\text{закр}} = 0,12$ мм	n = 50	$\Sigma 100\%$

Примечание: В качестве примера графа “Показания индикатора” таблица 5.1 заполнена для интервала значений индикатора от $\Delta_{\text{min}} = -0,02$ мм до мм. Для первой строки рассматриваемого примера $m = 2$, следовательно относительная частота составит: $\frac{2}{50} \cdot 100 = 4\%$ и так далее.

1.4. По данным таблицы 5.1 построить график распределения погрешностей осевых смещений заготовки при закреплении, откладывая по оси ординат относительную частоту показаний в процентах, а по оси абсцисс – значения показаний индикатора. Последовательно соединив нанесённые на графике точки между собой, получим ломаную линию, называемую кривой фактического распределения погрешностей.

1.5. Сделать выводы о проделанной части работы, обратив внимание на форму кривой распределения и причины, вызывающие появление погрешности закрепления.

2. Определение податливости станка.

2.1. Установить и закрепить в трёхкулачковом патроне станка первую заготовку, а в резцедержателе – резец с твердосплавной пластиной T15K6 со следующими геометрическими параметрами: $\phi = 60^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\lambda = 0$ и $r = 1$ мм (рисунок 5.3).

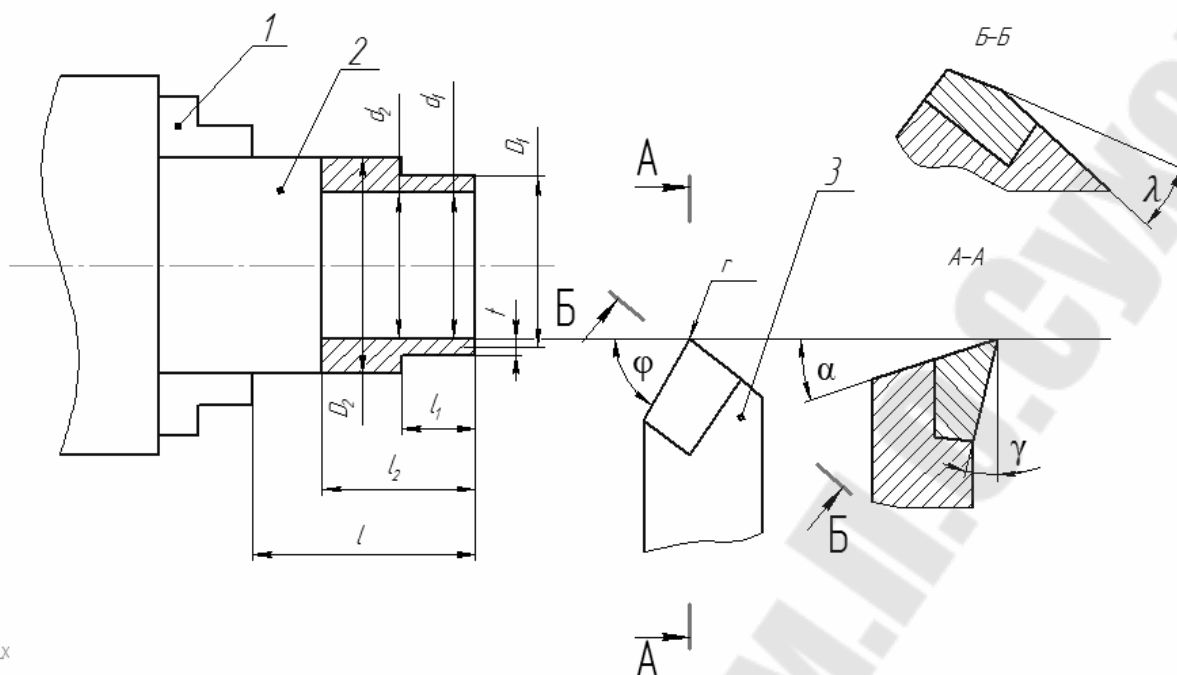


Рисунок 5.3– Схема обработки и измерения заготовки:
1 – трёхкулачковый патрон; 2 – заготовка; 3 – резец

2.2. Проточить заготовку от торца на длину $l_1 = 5 \dots 10$ мм так, чтобы мм и измерить фактические диаметры заготовки перед (D_1) и за (D_2) образованной ступенькой. Затем повторно проточить заготовку от торца на длину мм с глубиной резания t на диаметре равной 1 мм и измерить диаметры обработанной поверхности перед (d_1) и за (d_2) местом расположения ступеньки. Рекомендуемые режимы обработки:

$$\text{подача } S = 0,05 \dots 0,1 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$$

$$\text{частота вращения } n = 800 \dots 400 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

2.3. Вычислить фактические погрешности заготовки и обработанной поверхности по формулам:

$$\text{и } \Delta_{\text{дет}} = d_2 - d_1 \quad (5.11)$$

подставив в них измеренные численные значения ; ; и .

2.4. Податливость технологической системы определяется из следующей зависимости:

$$\Delta'_{\text{дет}} = C_p \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p \cdot W_{\text{сист}} \cdot \Delta_{\text{заг}}, \quad (5.12)$$

или отсюда

$$W_{\text{сист}} = \frac{\Delta_{\text{дет}}}{C_p \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p \cdot \Delta_{\text{заг}}}, \frac{\text{мм}}{\text{Н}}, \quad (5.13)$$

где C_p – постоянная характеризующая определённые условия обработки;

S – подача, $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$;

V – скорость резания, $(V = \frac{\pi D \cdot n}{1000})$;

где D – диаметр обрабатываемой поверхности в мм;

n – частота вращения шпинделя в $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$;

и n_p – показатели степени;

K_p – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих изменение против табличных условий резания.

$$K_p = K_{\mu p} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p},$$

где $K_{\mu p}$ – коэффициент, учитывающий влияние свойств обрабатываемого материала.

При обработке конструкционной стали и стального литья:

$$K_{\mu p} = \left(\frac{\sigma_B}{75} \right)^{n_p},$$

где n_p – показатель степени в данной формуле. При $\sigma_B = 600 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ –

для обрабатываемой стали и режущей части инструмента из твёрдого сплава: $n_p = 1,35$;

$K_{\phi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$ и $K_{r p}$ – поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента, а именно: главного угла в плане ϕ° , переднего угла γ° , и радиуса при вершине r (мм).

Для используемого резца с приведёнными геометрическими параметрами режущей части твердосплавной пластины:

$$K_{\phi p} = 0,77; K_{\gamma p} = K_{\lambda p} = 1; K_{r p} = 0,82.$$

Значения постоянной C_p и показателей степени y_p и n_p для данных условий обработки будет: $C_p = 234$, $y_p = 0,6$ и $n_p = -0,3$.

Примечание: Вычисленное значение $W_{\text{сист}}$ перевести в $\frac{\text{мм}}{\text{Н}}$, умножением полученного результата на число 10.

2.5. Вычислять теоретическую податливость обрабатываемой заготовки $W_{\text{дет}}$ по формуле (5.9).

2.6. Определить податливость станка по следующей формуле: полученной из выражения (5.7):

$$W_{\text{ст}} = W_{\text{сист}} - W_{\text{дет}}. \quad (5.14)$$

3. Определение точности обработки заготовки.

3.1. Установить и закрепить в трехкулачковом патроне станка вторую заготовку и при минимальной глубине резания ($t = 0,2 \div 0,5$ мм) проточить её от торца вначале по всей длине l , а затем на длину $l_1 = 5 \dots 10$ мм так, чтобы $D_2 - D_1 = 1,5 - 2$ мм и после этого измерить фактические диаметры заготовки перед (D_2) и за (D_1) образованной ступенькой (см. рис. 5.3). Затем повторно проточить заготовку от торца на длину $l_2 = 15 \dots 20$ мм с глубиной резания t на диаметре D_1 равной 1 мм и измерить диаметры обработанной поверхности перед (d_1) и за (d_2) местом расположения ступеньки.

3.2. Вычислить фактические погрешности заготовки ($\Delta_{\text{заг}}$) и обработанной поверхности ($\Delta_{\text{дет}}$) по формулам (5.11).

3.3. Вычислить теоретическую податливость для обрабатываемой заготовки ($W_{\text{дет}}$) по формуле (5.9).

3.4. Определить податливость данной технологической системы ($W_{\text{сист}}$) по формуле (5.7), используя значения ($W_{\text{ст}}$), вычисленные в разделе 2 по формуле (5.14).

3.5. Определить расчётное значение погрешности обработанной поверхности ($\Delta'_{\text{дет}}$) в зависимости от точности заготовки ($\Delta_{\text{заг}}$) и жёсткости технологической системы ($W_{\text{сист}}$) по формуле (5.12).

3.6. Данные измерений и расчётов, полученные при выполнении работы свести в таблице 5.2. выполненную по приведённой форме:

3.7. Сравнить погрешность обработки поверхности ($\Delta_{\text{дет}}$), полученную экспериментальным путём при обработке второй заготовки с её расчётным значением ($\Delta'_{\text{дет}}$), а также со значением ($\Delta_{\text{дет}}$) для

первой заготовки. Качественно оценить изменение значений ($\Delta_{дет}$) в зависимости от изменения податливости заготовки ($W_{дет}$) и податливости технологической системы в целом ($W_{сист}$). Сделать выводы.

Таблица 5.2 – Режимы обработки, результаты измерений и расчетов

№ заготовки	Режим обработки			D ₂	D ₁	Δ _{заг}	d ₂	d ₁	Δ _{дет}	W _{дет}	W _{ст}	W _{сист}	Δ' _{дет}
	n, об/мин	S, мм/об	V, м/мин										

6 Определение количества проходов при обработке элементарных поверхностей

Цель: приобретение практических навыков по обеспечению точности размеров при обработке элементарных поверхностей, и закрепление материала лекционного курса: "Точность изделия и способы её обеспечения в производстве".

Приборы и материалы: токарно-винторезный станок модели 16К20 с трёхкулачковым патроном; резец с режущей пластиной из сплава Т15К6; штангенциркуль и микрометр; рабочие чертежи на деталь – вал и его исходную заготовку; заготовка из стального круглого проката диаметром $d=30...50$ мм и длиной $l=100...150$ мм.

Теоретические сведения

При механической обработке станок-приспособление-инструмент-обрабатываемая заготовка образуют замкнутую упругую систему, называемую технологической системой. В процессе обработки деталей сила резания, вызывающая упругие отжатия элементов технологической системы, непрерывно изменяется по своей величине из-за неравномерной глубины резания, непостоянства размеров заготовок в партии, нестабильности механических свойств материала за-

готовок и прогрессирующего затупления инструмента. Величина упругих отжати́й элементов технологической системы зависит как от силы резания, так и от жёсткости самих элементов, т.е. от их способности противостоять действующей силе и в свою очередь непосредственно влияет на геометрическую точность обработки.

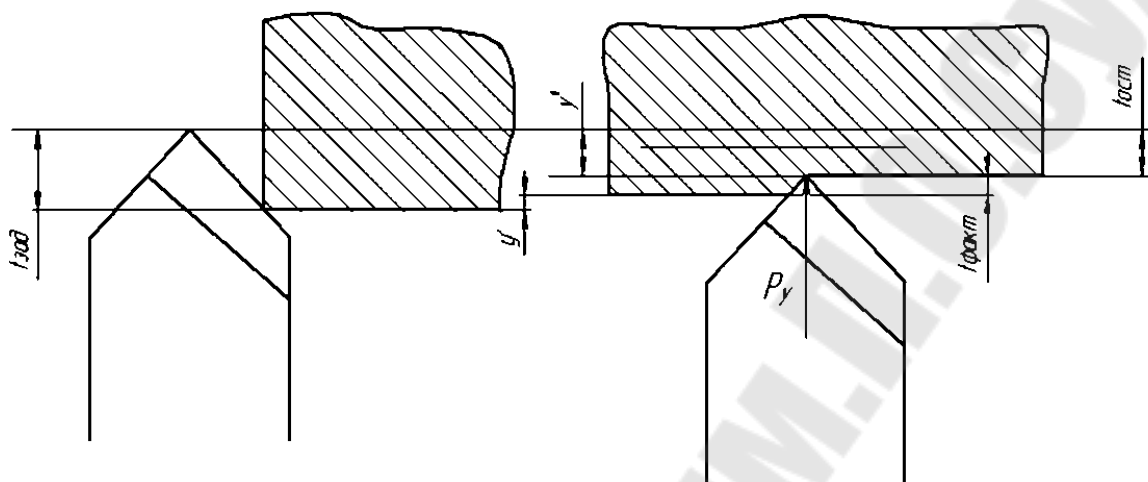


Рисунок 6.1– Схема упругих перемещений элементов технологической системы в процессе обработки

Так при настройке станка на обрабатываемый размер (рисунок 6.1) устанавливается заданная глубина резания. Но в реальных условиях обработки под действием силы резания заготовка упруго отжимается на величину y' , а режущий инструмент на величину y'' , от заготовки и глубина резания уменьшается до $t_{факт}$. Следовательно остаточная глубина $t_{факт}$, определяющая погрешность обработки поверхности, определяется выражением:

$$t_{зад} = y' + y'' = t_{зад} - t_{факт}. \quad (6.1)$$

Из-за этих факторов геометрические погрешности заготовки переносятся на обрабатываемую поверхность, как бы повторяя её. С увеличением жёсткости системы погрешность обработки, полученная на технологическом переходе, уменьшается, однако не может быть полностью устранена. Понятие "жёсткость" учитывает как упругие свойства технологической системы, так и условия её нагружения: при изменении условий нагружения жёсткость так же изменяется. Например, при обтачивании вала жёсткость его при положении резца в средней части будет отличаться от жёсткости при положении резца у места закрепления вала в патроне. При переменной жёсткости технологической системы, даже в случае обработки заготовки с геометрически правильной формой поверхности и постоянным припуском, ве-

личина не будет стабильной. Т.е. в реальных условиях происходит не копирование, а последовательное уменьшение погрешности обработки. Причём с каждым переходом величина этих погрешностей уменьшается.

В общем виде коэффициент уменьшения погрешности можно выразить следующей формулой:

$$K_y = \frac{\Delta_{дет}}{\Delta_{заг}}, \quad (6.2)$$

где $\Delta_{дет}$ - погрешность обработанной детали;

$\Delta_{заг}$ - погрешность исходной заготовки.

Допустимая погрешность исходной заготовки и обработанной детали, задаются в чертежах величиной допуска на соответствующий номинальный размер и определяется как разность между наибольшим (d_{max}) и наименьшим (d_{min}) допустимыми определенными размерами или как абсолютная величина алгебраической разности между заданными верхним (es) и нижним (ei) отклонениями размера:

$$\begin{aligned} \Delta_{заг} &= d_{max.заг} - d_{min.заг} = es_{max.заг} - ei_{min.заг}, \\ \Delta_{дет} &= d_{max.дет} - d_{min.дет} = es_{дет} - ei_{дет}. \end{aligned} \quad (6.3)$$

При обработке партии заготовок и можно так же определить из следующих зависимостей:

$$\begin{aligned} \Delta_{заг} &= 2(t_{зад.макс} - t_{зад.мин}), \\ \Delta_{дет} &= 2(t_{ост.макс} - t_{ост.мин}) = 2(y_{макс} - y_{мин}), \end{aligned} \quad (6.4)$$

где $y_{мин}$ - максимальная и минимальная величина упругого отжатия обрабатываемой поверхности и инструмента ($y = y' + y''$).

Величина отжатия ($y_{макс}$ и $y_{мин}$) определяется по формуле:

$$y = \frac{P_y}{j}.$$

Тогда

$$y_{макс} = \frac{P_{yмакс}}{j_1}, \quad y_{мин} = \frac{P_{yмин}}{j_2}, \quad (6.5)$$

где $P_{yмакс}$ и $P_{yмин}$ - максимальное и минимальное значения радиальной составляющей силы резания в процессе рабочего хода;

j_1 и j_2 - значения жёсткости технологической системы.

При обработке относительно коротких валов можно с достаточной степенью точности считать, что жёсткость технологической системы не изменяется, т.е. $j_1 = j_2 = j_{\text{сист}}$.

Значения радиальных составляющих сил резания $P_{y\text{max}}$ и $P_{y\text{min}}$ можно определить по известной формуле из теории резания:

$$P_y = C_p \cdot t^{X_p} \cdot S^{Y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p, \quad (\text{Н}), \quad (6.6)$$

где C_p - постоянная, характеризующая определённые условия обработки;

t - глубина резания, мм;

S - подача, мм/об;

V - скорость резания, мм/мин;

K_p - поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих изменение против табличных условий резания;

$$K_p = K_{\mu p} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p},$$

где $K_{\mu p}$ - коэффициент, учитывающий влияние свойств обрабатываемого материала;

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}$ и $K_{\tau p}$ - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента, а именно: главного угла в плане φ° , переднего угла γ° , и радиуса при вершине r (мм);

X_p, Y_p , и n_p - показатели степени.

$$P_{y\text{max}} = C_p \cdot t_{\text{max}}^{X_p} \cdot S^{Y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p; \quad P_{y\text{min}} = C_p \cdot t_{\text{min}}^{X_p} \cdot S^{Y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p. \quad (6.7)$$

Подставляя значения $P_{y\text{max}}$ и $P_{y\text{min}}$ в формулу (6.5), а полученные значения u_{max} и u_{min} в формулу (6.4), будет иметь:

$$u_{\text{max}} = \frac{C_p \cdot t_{\text{max}}^{X_p} \cdot S^{Y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p}{j_{\text{сист}}}; \quad u_{\text{min}} = \frac{C_p \cdot t_{\text{min}}^{X_p} \cdot S^{Y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p}{j_{\text{сист}}};$$

$$\Delta_{\text{дет}} = 2(u_{\text{max}} - u_{\text{min}}) = C_p \cdot S^{Y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p \cdot \frac{1}{j_{\text{сист}}} \cdot 2(t_{\text{max}}^{X_p} - t_{\text{min}}^{X_p}).$$

Величину показателя степени X_p можно принять равной 1, т. к. $0,9 < X_p < 1$ учитывая, что $\Delta_{\text{зад}} = 2(t_{\text{зад. max}} - t_{\text{зад. min}})$ будем иметь:

$$\Delta_{\text{дет}} = C_p \cdot S^{Y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p \cdot \frac{1}{j_{\text{сист}}} \cdot \Delta_{\text{заг}}. \quad (6.8)$$

Подставляя в формулу (6.2) полученное в выражении (6.8) значение $\Delta_{\text{дет}}$, получим формулу для определения коэффициента уменьшения погрешности за один проход:

$$K_y = C_p \cdot S^{Y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p \cdot \frac{1}{j_{\text{сист}}}. \quad (6.9)$$

При обработке заготовки за несколько рабочих ходов общий коэффициент уменьшения погрешностей K_{0y} равен:

$$K_{0y} = K_{1y} \cdot K_{2y} \cdot \dots \cdot K_{ny}, \quad (6.10)$$

где n - число рабочих ходов;

K_{1y}, K_{2y}, K_{ny} - коэффициенты уменьшения погрешностей, подученные на отдельных рабочих ходах.

$K_y < 1$ и поэтому K_{0y} при большом числе рабочих ходов является малой величиной.

В то же время:

$$K_{0y} = \frac{\Delta_{\text{заг1}}}{\Delta_{\text{заг}}} \cdot \frac{\Delta_{\text{заг2}}}{\Delta_{\text{заг1}}} \cdot \dots \cdot \frac{\Delta_{\text{заг}n}}{\Delta_{\text{заг}n-1}}. \quad (6.11)$$

Преобразовав выражение (6.11) получим:

$$\Delta_{\text{заг1}} = K_{1y} \cdot \Delta_{\text{заг}}; \quad \Delta_{\text{заг2}} = K_{1y} \cdot K_{2y} \cdot \Delta_{\text{заг}}; \quad \Delta_{\text{заг}n} = K_{1y} \cdot K_{2y} \cdot \dots \cdot K_{ny} \cdot \Delta_{\text{заг}}.$$

При незначительно неменяющихся условиях обработки поверхности за несколько проходов, можно принять:

$$K_{1y} = K_{2y} = \dots = K_{ny}, \text{ тогда } \Delta_{\text{заг}n} = K_y^n \cdot \Delta_{\text{заг}}.$$

Так как $\Delta_{\text{заг}n} = \Delta_{\text{дет}}$, то получим выражение:

$$\Delta_{\text{дет}} = K_y^n \cdot \Delta_{\text{заг}}. \quad (6.12)$$

Из выражения (6.12) получим:

$$n = \frac{\lg \cdot \Delta_{\text{дет}} - \lg \cdot \Delta_{\text{заг}}}{\lg \cdot K_y}.$$

Подставив в данную формулу значение K_y приведённое в формуле (6.9), получим:

$$n = \frac{\lg \cdot \Delta_{\text{дет}} - \lg \cdot \Delta_{\text{заг}}}{\lg \cdot \left(C_p \cdot S^{Y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p \cdot \frac{1}{j_{\text{сист}}} \right)}. \quad (6.13)$$

Выражение (6.13) позволяет определять необходимое число рабочих ходов (n), обеспечивающее, при известной жесткости технологической системы, получение из исходной заготовки детали с требуемой точностью размеров. При получении дробного числа, принимается ближайшее большее целое число проходов.

Техника безопасности

1. Обработка заготовки на токарном станке выполняется токарем или учебным мастером, имеющим соответствующую квалификацию, в присутствии студентов выполняющих работу и преподавателя.
2. Непосредственно перед выполнением работы студентам проводится инструктаж по ТБ на металлорежущих станках.
3. Станок должен быть исправным и оснащён экраном, защищающим работающего от отлетающей стружки и смазывающе-охлаждающей жидкости.
4. Перед включением станка убедиться в исправности заземления. Проверить, чтобы двери электрошкафа, крышки пульта управления, а так же защитные, ограждения подвижных частей станка была закрыты и надёжно закреплены.
5. В процессе работы станка наблюдающие студенты должны находиться на безопасном расстоянии от его движущихся частей и зоны резания.

Порядок выполнения работы

1. Установить и закрепить в трёхкулачковом патроне токарного станка заготовку из круглого стального проката. Настроить станок на следующие режимы обработки: $S=0,05...0,11$ мм/об, $n=800...400$ об/мин.
2. Проточить заготовку от торца на длину 20...30 мм с глубиной резания $t=0,5...1$ мм и замерить её фактические диаметры перед $W_{дет}$ (D_1) и за (D_2) образованной ступенькой. Затем повторно проточить заготовку от торца на длину 50...60 мм с глубиной резания $t=0,5...1$ мм на диаметре и измерить диаметры обработанной поверхности перед (d_1) и за местом расположения ступеньки.

3. Вычислить фактические погрешности заготовки ($\Delta_{\text{заг}}$) и обработанной поверхности ($\Delta_{\text{дет}}$) по формулам: $\Delta_{\text{заг}} = D_2 - D_1$; $\Delta_{\text{дет}} = d_2 - d_1$ подставив в них измеренные численные значения соответствующих диаметров вала.

4. Подставив в формулу (6.13) полученные значения $\Delta_{\text{заг}}$ и $\Delta_{\text{дет}}$ вычислить необходимое число рабочих ходов, для сравнения расчётных данных с экспериментальными. Недостающие для вычисления данные, характеризующие жёсткость технологической системы $\left(\frac{1}{j_{\text{сист}}} = W_{\text{сист}} \right)$ и определённые условия обработки (C_p , Y_p , n_p и K_p), можно взять из предыдущей работы или вычислить по изложенной в ней методике.

5. По рабочему чертежу определить для детали типа вал наиболее точно обрабатываемую поверхность и по назначенному допуску на её номинальный размер установить допустимую погрешность обработки этой поверхности ($\Delta_{\text{дет}}$). Затем по чертежу на исходную заготовку аналогичным образом определить для этой же поверхности допустимую погрешность исходной заготовки ($\Delta_{\text{заг}}$).

6. Подставить полученные погрешности $\Delta_{\text{заг}}$ и $\Delta_{\text{дет}}$ в формулу (6.13) и вычислить необходимое количество рабочих ходов для обработки этой поверхности в условиях, аналогичных проведённому эксперименту.

7. Данные измерений и расчётов, полученные при выполнении работы, свести в таблицу 6.1 выполненную по приведённой форме.

Таблица 6.1 – Режимы обработки, результаты измерений и расчётов

Режим обработки				D_2	D_1	$\Delta_{\text{заг}}$	d_2	d_1	$\Delta_{\text{дет}}$	n		При меч.
n, об/мин	S, мм/об	t, мм	V, м/мм							Факт.	Расч.	

Литература

1. Сычев, Е.Г. Автоматизация кузнечно – штамповочного производства. Часть I. Основные системы автоматизации кузнечно – штамповочного производства. (м/ук – 1920), Гомель, ротапринт ГПИ, 1995.
2. Сычев, Е.Г. Автоматизация кузнечно – штамповочного производства. Часть II. Механизация и автоматизация холодной штамповки. (м/ук – 2011), Гомель, ротапринт ГПИ, 1995.
3. Сычев, Е.Г. Автоматизация кузнечно – штамповочного производства. Часть III. Механизация и автоматизация холодной штамповки. (м/ук – 2012), Гомель, ротапринт ГПИ, 1996.
4. Барановский, М.А. Механизация и автоматизация штамповочного производства, – Минск, Госиздат БССР, 1960.
5. Автоматизация загрузки прессов штучными заготовками. Под ред. В. Ф. Прейса – М.: Машиностроение, 1975.
6. Керного, В.В. и др. Основы автоматики и теория автоматического регулирования. Высшая школа, 1972.
7. Малов, А.И. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов. – М.: Машиностроение, 1974.
8. Норицын, И.А. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки. – М.: Машиностроение, 1967.
9. Овчинников, С.С. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов. – Минск, Высшая школа, 1973.
10. Смирнов, А.М. Основы автоматизации кузнечно – прессовых машин. – М.: Машиностроение, 1987.
11. Атрощенко, А.П. Механизация и автоматизация горячей штамповки. – М.: Машиностроение, 1965.
12. Ковка и штамповка. Справочник: в 64-х т. Под ред. Е.И. Семенова. – М.: Машиностроение, 1985.
13. Трофимов, И.Д. Автоматы и автоматические линии для горячей объемной штамповки. – М.: Машиностроение, 1978.
14. Мансуров, И.З. Специальные кузнечно – прессовые машины и автоматизированные комплексы кузнечно – штамповочного производства: Справочник. – М.: Машиностроение, 1900.
15. Стрикель, Н.И. Методические указания к лабораторным работам по курсу “Автоматизация кузнечно – штамповочного производства” для студентов специальности 12.04 (м/ук – 1157), Гомель, ротапринт ГПИ, 1989.

16. Стрикель, Н.И. Методические указания по разделу “Расчет захватов промышленных роботов на ПЭВМ” курса “Автоматизация, робототехника и ГПС кузнечно – штамповочного производства” для студентов спец. 1204 (м/ук – 1617), Гомель, ротاپринт ГПИ, 1993.
17. Стрикель, Н.И. Автоматизация процессов обработки материалов. Практическое пособие к лабораторным занятиям. (м/ук – 2567) Гомель, ризографф ГГТУ им. П.О. Сухого, 2001 г.
18. Средства механизации и автоматизации кузнечно – штамповочного производства. Каталог, М.: НИИМАШ, 1977.
19. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
20. Егоров, М.Е. и др. Технология машиностроения. Учебник для вузов. Изд. 2-е, доп. М., Высш. шк, 1976. 543с.
21. Жуков, Э.Л. и др. Технология машиностроения: В 2 кн. Учеб. пособие для вузов. М., Высш. шк, 2003. – 507 с.
22. Ткачев А.Г. Технология машиностроения. – Тамбов: Тамбовский гос. техн. универс., 2009. 164 с.1.
23. ГОСТ 12.2.009. Станки МР. Общие требования безопасности.
24. ГОСТ 12.2.029 Приспособления станочные.
25. ГОСТ 12.2.064. Органы управления производственным оборудованием.
26. Правила безопасности при работе с механизмами, инструментом и приспособлениями.

Содержание

1 Объём и содержание контрольной работы.....	3
2 Задание на контрольную работу.....	3
3 Методика построения цикловых диаграмм.....	9
4 Примеры расчета цикловых диаграмм.....	13
4.1 Построение цикловой диаграммы работы валковой подачи.....	13
4.2 Построение цикловой диаграммы работы правильно – разматывающего устройства.....	19
5 Определение точности механической обработки.....	22
6 Определение количества проходов при обработке элементарных поверхностей.....	32
Литература.....	40

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

**ПРАКТИКУМ
по выполнению контрольной
и практических работ для слушателей
специальности переподготовки
1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении
и приборостроении» заочной формы обучения**

Составители: **Агунович** Ирина Валентиновна
Урбанович Александр Маркович

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 09.11.20.

Рег. № 82Е.

<http://www.gstu.by>