

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки – 15.03.01. Машиностроение
Отделение школы – Материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Совершенствование технологического процесса изготовления детали шестерня

УДК № 621.833.002.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л32	Мухиддинов Сардор Муроджон угли		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Петровский Евгений Николаевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ефременков Егор Алексеевич	к.т.н.		

Томск - 2018 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Ефременков Е.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л31	Мухиддинову Сардору Муроджон угли

Тема работы:

Совершенствование технологического процесса изготовления детали шестерня	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	05.04.2018г №2348/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	-Чертеж детали; -Годовая программа выпуска.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	-Аналитический обзор научно-технической литературы; -Определение типа производства, форм и методов организации работ; -Анализ технологичности конструкции детали; -Выбор заготовки; -Разработка маршрута обработки детали; -Размерный анализ техпроцесса; -Выбор оборудования; -Расчет и назначение режимов обработки; -Нормирование технологического процесса; -Конструирование приспособления.
Перечень графического материала	-Чертеж детали; -Чертеж приспособления

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технологический	Петровский Евгений Николаевич
Конструктоский	Петровский Евгений Николаевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старикова Екатерина Васильевна
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Петровский Евгений Николаевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л32	Мухиддинов Сардор Муроджон угли		

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
Р3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
Р4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
Универсальные компетенции	
Р11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

РЕФЕРАТ

Тема выпускной квалификационной работы: Совершенствование технологического процесса изготовления детали шестерня. Объем дипломной работы 135 ст, 20 рис и 26 таб. При написании диплома использовалось 11 источников.

Ключевые слова: шестерня, поковка, технологический процесс, приспособления, размерный анализ.

Объектом исследования при написании работы была деталь шестерня и технологический процесс ее изготовления.

В дипломную работу входит введение, четыре раздела, итоговое заключения.

Во введении раскрывается актуальность исследования по выбранному направлению, цель и задачи исследования.

В разделе первом проектируется технологический процесс изготовления детали.

В разделе втором проектируется конструкторская часть, которое будет использовано на одной из операций технологический процесс.

В разделе третьем рассмотрен экономический анализ по оценке деловой привлекательности научной разработки.

В разделе четвертом рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего место на механическом участке, промышленного предприятия по изготовления детали шестерня.

Заключение посвящено основным выводам

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

1. Технологическая часть

1.1. Анализ служебного назначения детали.....	8
1.2. Анализ технологичности конструкции детали.....	11
1.3. Определение типа производства, форм и методов организации работ.....	14
1.4. Выбор заготовки	15
1.5. Анализ базового техпроцесса.....	17
1.6. Разработка маршрутного технологического процесса и операции.....	18
1.7. Расчет припусков на обработку операционных и исходных размеров заготовки...28	
1.8. Анализ схем базирования детали.....	36
1.9. Выбор оборудования и технологической оснастки.....	38
1.10. Расчет режимов резания	59

2. Конструкторская часть

2.1 Анализ исходных данных и разработка технического задания	84
2.2 Разработка принципиальной и компоновки приспособления.....	84
2.3 Выбор и расчет привода зажимного устройства.....	85
2.4 Описание конструкции и принципа работы приспособления.....	86
2.5 Расчет приспособления на точность.	86
2.6 Анализ технических требований	87
2.6.1 Анализ технологичности конструкции	87

3. Экономическая часть

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	90
3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	90
3.1.1 Потенциальные потребители услуг по разработке технологического процесса изготовления детали шестерня.....	90
3.1.2 Определение качества технологического процесса изготовления детали «шестерня» и его перспективности на рынке с помощью технологии QuaD.....	91
3.1.3 Комплексный анализ научно-исследовательского проекта по разработке технологического процесса изготовления детали «полумуфта» посредством SWOT-анализа.....	92
3.2. Планирование научно-исследовательской работы.....	94
3.2.1 Структура работы в рамках научного исследования.....	94
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	95

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	95
3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	97
3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	98
3.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	98
3.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	100
3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	101
3.3.5 Накладные расходы.....	101
3.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	102
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	103
4. Социальная ответственность	
4.Производственная безопасность.....	110
4.1. Анализ вредных факторов производственной среды	110
4.1.2. Анализ опасных факторов производственной среды.....	111
4.2.Экологическая безопасность.....	124
4.3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	129
4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	132
Заключение	133
Список литературы	134

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение играет основополагающую роль в ускорении научно-технического прогресса, в повышении производительности труда, в переводе экономики на интенсивный путь развития, создает условия, определяющие развитие многих видов производства и отраслей промышленности.

Важными задачами машиностроения являются совершенствование технологических процессов, внедрение автоматизации производства и точечной механизации. Необходимо так же использовать достижения науки, совершенствовать методы управления персоналом, следить за нормами охраны труда, отдыхом, организацией питания персонала.

Целью данного ВКР совершенствование технологического процесса изготовления детали – шестерня и разработка приспособления для долбежной операции. Для этого необходимо рассчитать припуски, режимы резания. Выбрать оборудование, приспособление, инструмент, с помощью которого будет производиться обработка. Спроектированный технологический процесс должен удовлетворять требованиям экономичности изготовления детали.

1 Технологическая часть

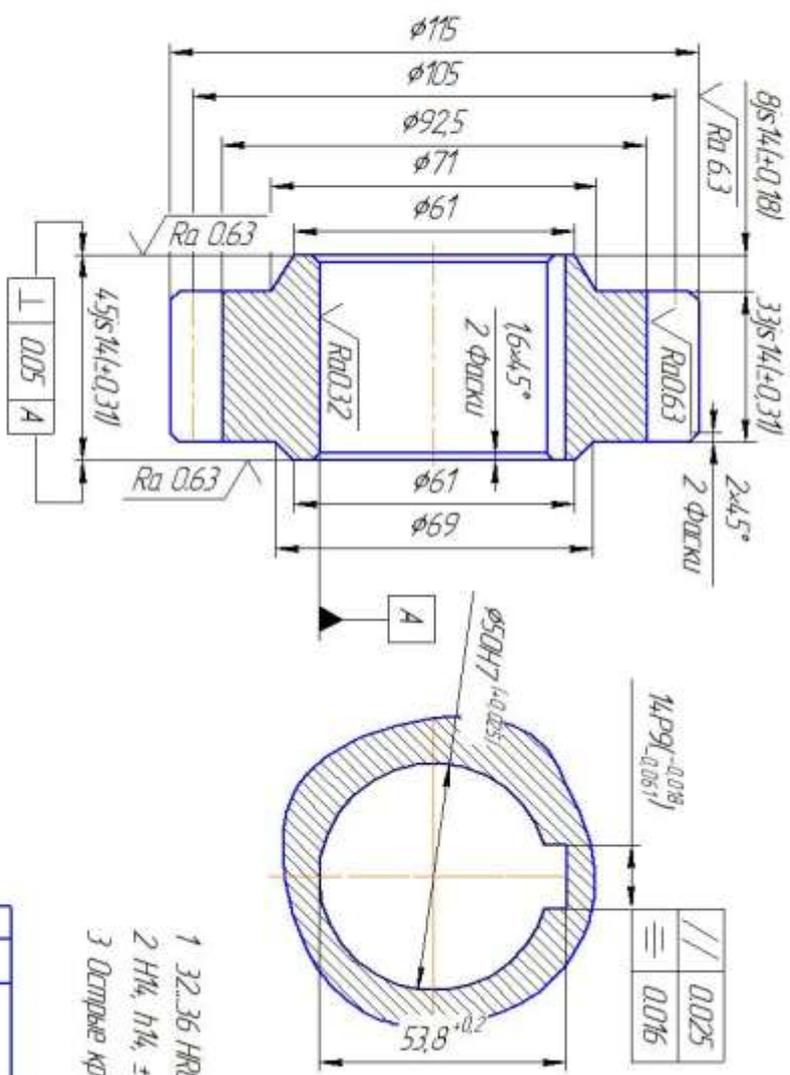
1.1.ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ. НАЗНАЧЕНИЯ ДЕТАЛИ И ЕЕ КОНСТРУКТОРСКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

ШЕСТЕРНЯ, зубчатое колесо, прикрепленное к вращающейся оси. Зубцы одной шестерни захватывают другую и, таким образом, передают и видоизменяют движение и вращающий момент. В зависимости от количества выпускаемых в партии редукторов зависит и количество выпускаемых для него комплектующих деталей. В нашем случае количество определено как мелкосерийное (1000 шт.).

Конструкция детали является не очень сложной, но имеются классные размеры, которые требуется выдерживать при изготовлении..

ВКР.15.03.01

√ Ra6.3 (√)



- 1 32...36 НРС
- 2 H14, h14, ± $\frac{IT_{14}}$
- 3 Острые крошки прилипли

Модуль	m	5
Число зубьев	Z	21
Угол наклона зубьев	β	0°
направление линии зуба	-	-
Исходный контур	-	ГОСТ 13755-81
Коэффициент смещения	x	0
Точность по ГОСТ 1643-81	-	7-G
Делительный диаметр	d	105
Постоянная хорды зуба	S	6.93524
Высота до постоянной хорды зуба	h _c	3.73789
Обозначение чертёжа сопряжённого зубчатого колеса		

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Чертёж №	Чертёж примен.
----------	----------------

ВКР.15.03.01		Шестерня m5 z21	
Дат. вкл.	№ докум.	Год от.	Вари.
Разработ.	Утверждён/ДП		
Проект.	Верифицирован/ЕН		
Технолог.			
Норм. ТО			
Наимен.			
Шрифт			
Сталь 40X ГОСТ 4543-71		Материал	ИЛН11
		Лист	38/132
Котировка		Формат	A3

1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА, ФОРМ И МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ

Для производственной программы 1000 шт. и массе изделий 1,9 кг – тип производства – мелкосерийное.

Данный тип производства характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска, чем в единичном типе производства. При мелкосерийном производстве используются универсальные станки, оснащенные как специальными, так и универсальными и универсально-сборными приспособлениями, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия. В мелкосерийном производстве технологический процесс изготовления, как правило, дифференцирован, т.е. расчленен на отдельные операции, выполняемые на определенных станках.

При мелкосерийном производстве обычно применяют универсальные, специализированные, агрегатные и другие металлорежущие станки. При выборе технологического оборудования специального и специализированного, дорогостоящего приспособления или вспомогательного приспособления и инструмента необходимо производить расчет затрат и сроков окупаемости, а также ожидаемый экономический эффект от использования оборудования и технологического оснащения.

Рассчитаем партию запуска:

$$N_{\text{зан}} = \frac{N \cdot a}{F},$$

Где N – годовая программа выпуска деталей, $N=1000$ шт.;

a - необходимый запас деталей на складе, для мелкосерийного производства мелкогабаритных изделий принимаем равным 7 дней;

F - количество рабочих дней в году, $F = 247$ дней.

На основании этого получаем:

$$N_{\text{зан}} = \frac{1000 \cdot 7}{247} = 28,34 \text{ шт.}$$

Принимаем партию запуска равную 28 деталям.

Штучно-калькуляционное время, необходимое для выпуска шестерня, для полной сборки агрегата производит производственный отдел нормирования времени, утверждается руководителем предприятия.

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}},$$

где $t_{\text{в}}$ - такт выпуска детали, мин;

$T_{\text{ср}}$ - среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяется по формуле:

$$t_{\text{д}} = \frac{\Phi_{\text{г}}}{N_{\text{г}}},$$

где $\Phi_{\text{г}}$ - годовой фонд времени работы оборудования. ин;

$N_{\text{г}}$ - годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по табл.5 [1,стр .22] при двухсменном режиме работы: $\Phi_{\text{г}} = 4030\text{ч}$.

Тогда

$$t_{\text{д}} = \frac{\Phi_{\text{г}}}{N_{\text{г}}} = \frac{4030 \cdot 60}{1000} = 241,8 \text{ мин}$$

Среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.ки}}}{n},$$

где $T_{\text{ш.ки}}$ - штучно-калькуляционное время i -ой основной операции, мин;

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3 операции ($n=6$): две токарные, одно зубофрезерная, (см. операционную карту).

Штучно-калькуляционное время i -ой основной операции определяем по рекомендациям приложение 1[1,стр.147].

$$T_{ш.ки} = \varphi_{к.и} * T_{о.и},$$

где $\varphi_{к.и}$ - коэффициент i -ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

$T_{о.и}$ – основное технологическое время i -ой основной операции, мин.

Для первых двух токарных операций: $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2} = 2,14$; для зубофрезеровании: $\varphi_{к.3} = 3,27$;

Основное технологическое время первой операции:

$$\begin{aligned} T_{о.1} &= 0,037d^2 + 0,17dl + 0,17dl + 0,17dl + 0,52dl + 0,18dl + 0,52dl + 0,52dl \\ &\quad + 0,17dl + 19dl + 0,4dl \\ &= 0,037 * 60^2 + 0,17 * 39 * 52 + 0,17 * 34 * 45 + 0,17 * 32 * 12 \\ &\quad + 0,52 * 16 * 74 + 0,18 * 17 * 9 + 0,52 * 4 * 55 + 0,52 * 4 * 55 + 0,17 \\ &\quad * 22 * 10 + 19 * 39 * 5 + 0,4 * 18 * 9 = 21,795 \text{ мин;} \end{aligned}$$

Штучно-калькуляционное время данной операции определяется по формуле:

$$T_{ш.к1} = \varphi_{к.1} * T_{о.1} = 2,14 * 21,795 = 46,641 \text{ мин;}$$

Основное технологическое время второй операции:

$$\begin{aligned} T_{о.2} &= 0,037d^2 + 0,17dl + 0,17dl + 0,63(D^2 - d^2) + 0,18dl \\ &= 0,037 * 60^2 + 0,17 * 52 * 22 + \\ &\quad + 0,17 * 30 * 8 + 0,63(52^2 - 34^2) + 0,18 * 18 * 65 = 1,554 \text{ мин;} \end{aligned}$$

Штучно-калькуляционное время данной операции определяется по формуле:

$$T_{ш.к2} = \varphi_{к.2} * T_{о.2} = 2,14 * 1,554 = 3,325 \text{ мин;}$$

Основное технологическое время третьей операции:

$$T_{о.3} = 4l + 4l + 4l = 4 * 13,8 + 4 * 13,8 + 4 * 13,8 = 0,165 \text{ мин;}$$

Штучно-калькуляционное время данной операции определяется по формуле:

$$T_{ш.к3} = \varphi_{к.4} * T_{о.3} = 1,84 * 0,165 = 0,303 \text{ мин;}$$

Тип производства определяется по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_{в}}{T_{ср}} = \frac{80,6}{12,616} = 6,388.$$

Так как $K_{з.о} = 1 < 6,388 < 10$, то тип производства – мелкосерийное производство.

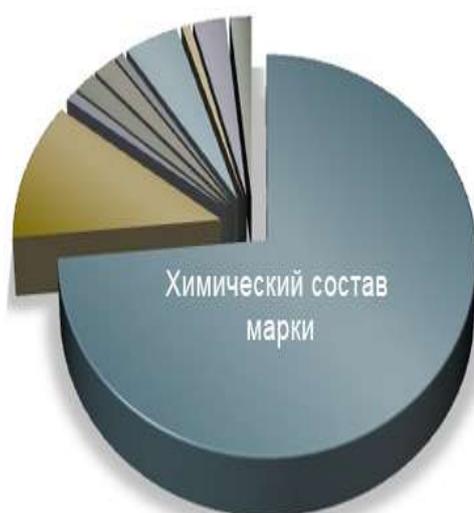
1.3. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

Марка: 40Х (заменитель: 45ХН)

Сталь 40Х 2590-2006

Класс: Сталь конструкционная легированная

Использование в промышленности: оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, губчатые венцы, болты, полуоси, втулки и другие улучшаемые детали повышенной прочности.



Углерод (С)	– 0,36 – 0,44%
Кремний (Si)	– 0,17 – 0,37%
Марганец (Mn)	- 0,5 – 0,8%
Никель (Ni)	- до– 0,3%
Сера (S)	– до 0,035%
Фосфор (P)	– до 0,035%
Хром (Cr)	– 0,8 – 1,1%
Медь (Cu)	– до 0,3%
Остальное железо	– 97%

На чертеже детали представлены все виды, сечения и разрезы, необходимые для выяснения конструкции детали. Деталь имеет простую форму и не представляет особых технологических трудностей при ее изготовлении.

Обработка детали возможна с применением стандартного и стандартизированного режущего и мерительного инструмента.

При проектировании детали выдержаны все требования стандартов.

Точность размеров и параметры шероховатости согласованы.

Самыми точными поверхностями детали являются поверхность $\text{Ø}50\text{H}7$ - его можно получить двукратным (черновым и чистовым) точением. Также 21 зубьев $m5$ расположенных на диаметре $\text{Ø}115$ – их можно получить нарезанием зубьев и шлифовкой поверхности зубьев после термообработки. Остальные поверхности получаем однократной механической обработкой.

Технологический контроль чертежа производится в техническом отделе предприятия. После разработки чертежа конструктором проводится проверка, технический контроль, со стороны технолога. До утверждения чертежа проходит проверку у начальника отдела, после чертеж утверждается главным специалистом курирующий отдел. Составляется технологическая карта с выдачей комплекта документов на технологический процесс обработки резанием.

1.4.ВЫБОР ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ И МЕТОДОВ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Изготовление заготовок – один из основных этапов машиностроительного производства, непосредственно влияющий на расход материалов, качество изделий, трудоемкость их изготовления и себестоимость.

Таблица – Определение размеров заготовки

Размер детали	Допуск, мм	Припуск, мм	Размер заготовки, мм
$\text{Ø}115$	0,5	2,5x2	$\text{Ø}120$
45	0,5	2+2	49

<i>Перв. примен</i>				
<i>Справ. №</i>				
<i>Подп. и дата</i>				
<i>Инд. № д/цкл.</i>				
<i>Взам. инв. №</i>				
<i>Подп. и дата</i>				
<i>Инд. № подл.</i>				

$\phi 120^*$

49

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
								1:1
<i>Разраб.</i>								
<i>Проб.</i>								
<i>Т.контр.</i>						<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	1
<i>Н.контр.</i>								
<i>Утв.</i>								

Копировал *Формат А4*

Рис 1 размеры заготовки

1.5 ВЫБОР ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЛИ АНАЛОГА ЕДИНИЧНОГО

Рассмотрим маршрутную карту базового технологического процесса, сконцентрировав внимание на важных пунктах. Маршрутная карта технологического процесса представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Маршрутная технология базового технологического процесса

Номер операции	Наименование Операции	Оборудование
000	Заготовочная	Пила гидравлическая
005	Токарная	Токарно-винторезный станок 16К20
010	Токарная с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ L300 LA
015	Долбёжная	Долбёжный станок ГД200
020	Зуборезная	HERA 500
025	Термообработка	
030	Шлифовочная	Samputensili G 450
035	Слесарная	Верстак
040	Моечная	Моечная ванна
045	Контрольная	Контрольный стол

В соответствии с существующим технологическим процессом, детали со станка на станок передаются партиями. Время механической обработки партии деталей складывается из времени обработки партии на первом, втором и третьем станке, времени транспортировки партии между станками.

На точность механической обработки оказывает значительное влияние погрешность базирования на станках. Достоинством этого технологического процесса является то, что для обработки используется универсальное оборудование и универсальная оснастка. В свою очередь недостатки этого технологического процесса очевидны: очень длительный цикл обработки и очень низкая точность

обработки.

1.6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛИ

1.6.1. РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗАГАТОВКИ И СОДЕРЖАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИИ

Разработка маршрутного технологического процесса сводится к определению вида обработки каждой поверхности, соответствующей точности данной поверхности.

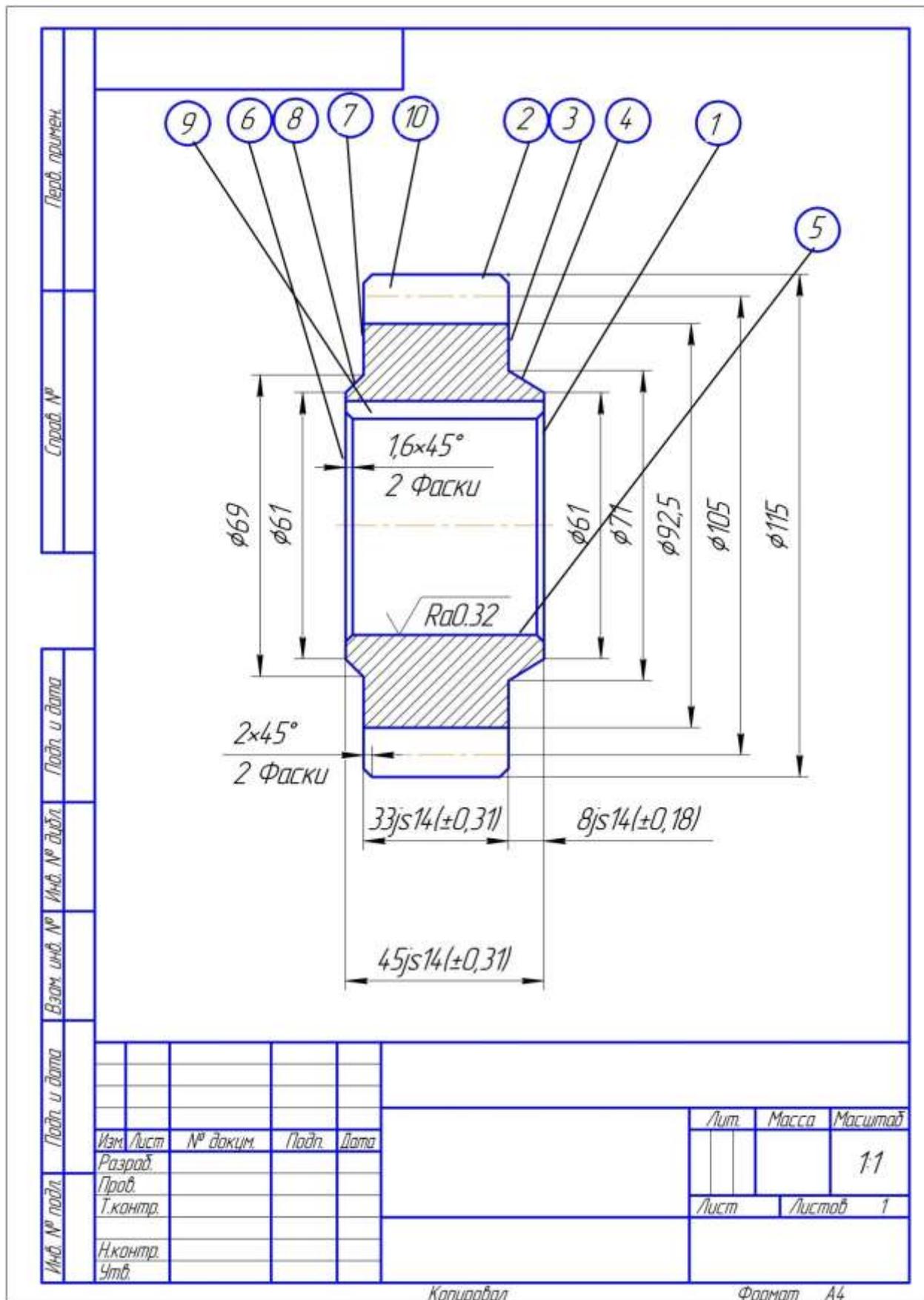


Рисунок 3 – Эскиз обозначения поверхностей детали

Маршрутный технологический процесс представляем в виде таблицы.

Разработку маршрутного технологического процесса начинаем с установления количества переходов для каждой обрабатываемой поверхности. Определяется необходимое количество технологических переходов, для обеспечения требуемого качества поверхности зависящий от ее точности, способа обработки, относительного положения, шероховатости, качества поверхностного слоя. Результаты выбора количества переходов сведем в таблицу 2

Таблица 2 – Формирование маршрутного технологического процесса

Поверхн.	точность	Ra МКМ	Технологический переход	Квалитет	Ra МКМ
	<u>IT14</u> 2	2,5	Черновое подрезание торца	IT14/2	12.5
1		2,5	Чистовое подрезание торца	IT14/2	2.5
2	h6	2.5	Черновое точение	h6	12.5
		2.5	Чистовое точение	h6	2.5
	<u>IT14</u> 2	2.5	Черновое подрезание торца	IT14/2	12.5
3		2.5	Чистовое подрезание торца	IT14/2	5.0
	h6	2.5	Черновое точение	h6	12.5
4		2.5	Чистовое точение	h6	5.0
		5.0	Сверление	H12	12.5
5	H12	5.0	Рассверление	H12	12.5
		3.2	Расстачивание	H12	2.5
6	<u>IT14</u> 2	2.5	Черновое подрезание торца	IT14/2	12.5
		2.5	Чистовое подрезание торца	IT14/2	2.5
7	<u>IT14</u> 2	2.5	Черновое подрезание торца	IT14/2	12.5
		2.5	Чистовое подрезание торца	IT14/2	5.0

8	h6	2.5	Черновое точение	h6	12.5
		2.5	Чистовое точение	h6	5.0
9		2.5	Продолбить шпон.паз	H12	12.5
10		1.25	Нарезать зубьев	h6	0.63

По данным из таблицы составим маршрутный техпроцесс обработки детали полумуфта:

000. Заготовительная.

005. Токарная.

А Установить и снять деталь.

1 Подрезать торец выдерживая размер A1,1

2 Точить поверхность выдерживая размер Ø117

L 38

3 Сверлить отверстия на сквозь и расточить выдерживая размер D0.1

4 Снять фаску 1,85x45°

010. Токарная с ЧПУ

А Установить и снять деталь.

1 Подрезать торец выдерживая размер A2,1

2 Подрезать торец выдерживая размер A1,2

3 Проточить поверхность выдерживая размер D1.2 и D1.3

4 Снять фаски 1,85x45° и 3x45°

015. Токарная с ЧПУ

Б Установить и снять деталь.

1 Проточить поверхность выдерживая размер D1.1

2 Подрезать торец выдерживая размер K3

3 Проточить поверхность выдерживая размер D2.1 и D2.2

4 Снять фаску 2x45°

020. Долбежная

А Установить и снять деталь

1 Продолбить шпон.паз выдерживая размер D3.1

025. Зуборезная

A Установить и снять деталь.

1 Нарезать 21 зубьев m5 выдерживая размер D3.1

Согласно по таблицу

<i>Модуль</i>	<i>m</i>	<i>5</i>
<i>Число зубьев</i>	<i>z</i>	<i>21</i>
<i>Угол наклона зубьев</i>	<i>β</i>	<i>0°</i>
<i>направление линии зуба</i>	<i>–</i>	<i>–</i>
<i>Исходный контур</i>	<i>–</i>	<i>ГОСТ 13755-81</i>
<i>Коэффициент смещения</i>	<i>x</i>	<i>0</i>
<i>Степень точности по ГОСТ 1643-81</i>	<i>–</i>	<i>7-С</i>
<i>Делительный диаметр</i>	<i>d</i>	<i>105</i>
<i>Постоянная хорда зуба</i>	<i>S_ε</i>	<i>6,93524</i>
<i>Высота до постоянной хорды зуба</i>	<i>h_ε</i>	<i>3,73789</i>
<i>Обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса</i>		

030. Термообработка

1 Калить деталь согласно требованиям по чертежу

32...36 HRC

035. Шлифовочная

A Установить и снять деталь

1 Шлифовать внутренней поверхности выдерживая размер D5.1

040. Шлифовочная

A Установить и снять деталь

1 Шлифовать поверхность зубьев выдерживая размер D4.1

045. Слесарная

1 Острые кромки притупить

050. Моечная

1 Промыт деталь

055. Контрольная

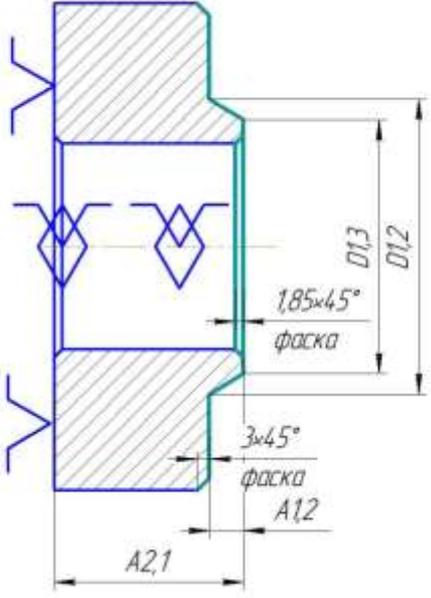
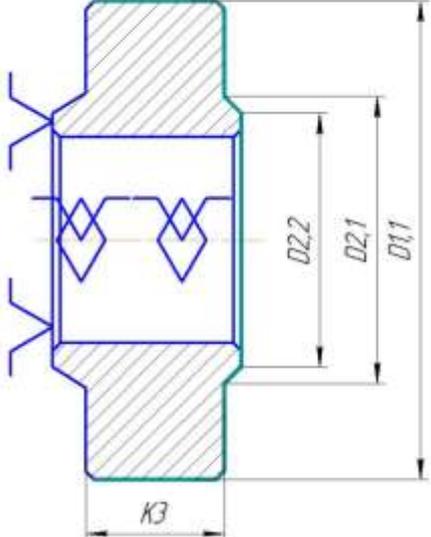
1. контроль размеров окончательный.

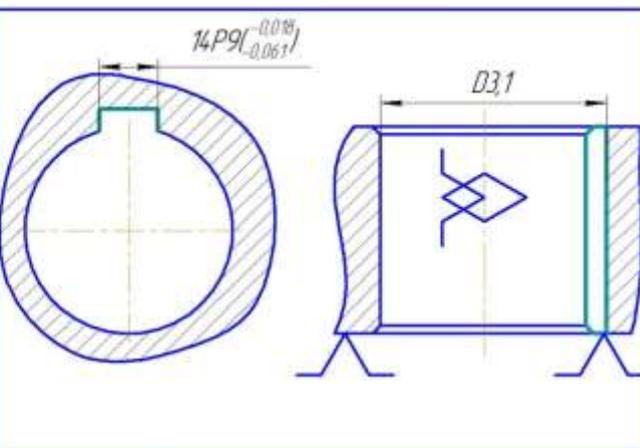
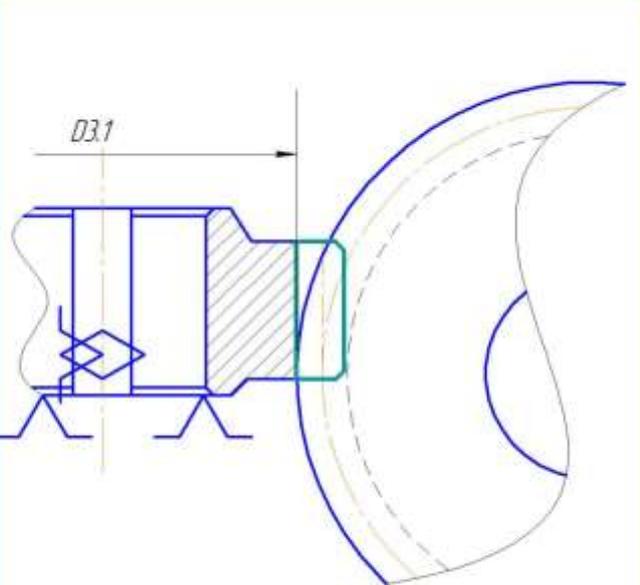
Разработка маршрута изготовления детали

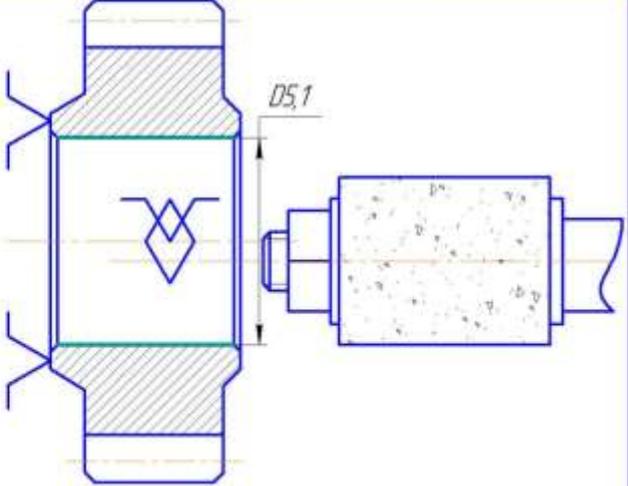
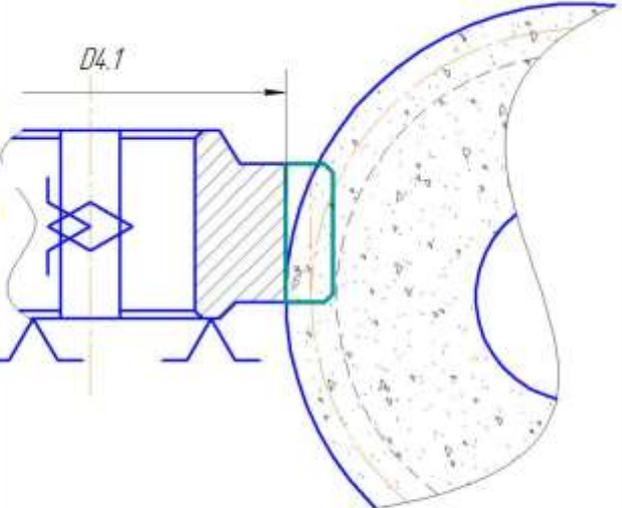
Маршрут технологии изготовления детали типа «Шестерня» представлен в таблице 1. Предварительный маршрут включает в себя схемы базирования заготовки, выдерживаемые технологические размеры, а так же тексты переходов и их эскизы

Таблица 3 - Маршрут обработки.

Номер		Наименование операций и содержание переходов	Операционный эскиз
операции	установ		
1	2	3	4
000	A 1	<p>Заготовительная</p> <p>Установит и снять деталь</p> <p>1 Отрезать заготовку выдерживая размер 50*</p>	
005	A 1 2 3 4	<p>Токарная.</p> <p>Установить и снять деталь.</p> <p>1 Подрезать торец выдерживая размер A1,1</p> <p>2 Точить поверхность выдерживая размер $\phi 117$ L 38</p> <p>3 Сверлить отверстия насквозь и расточить выдерживая размер D0.1</p> <p>4 Снять фаску 1,85x45°</p>	

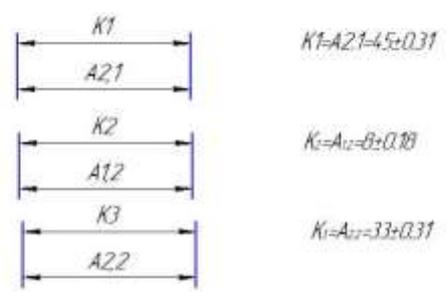
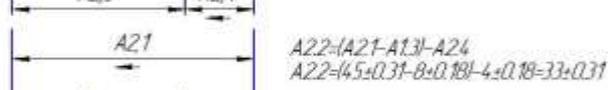
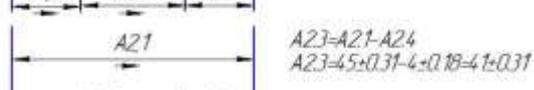
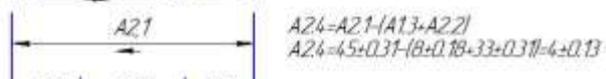
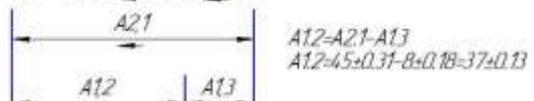
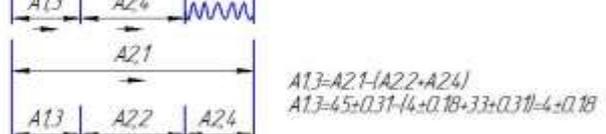
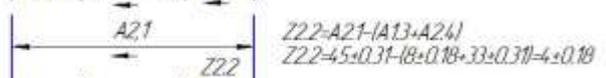
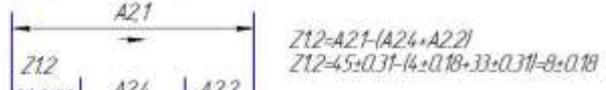
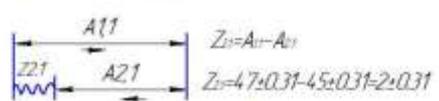
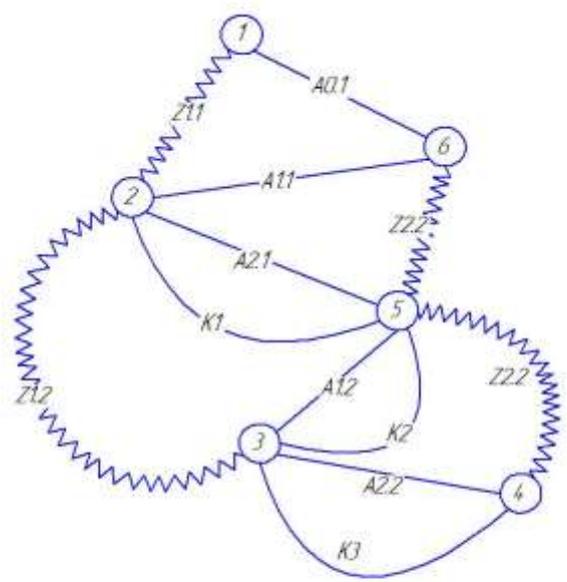
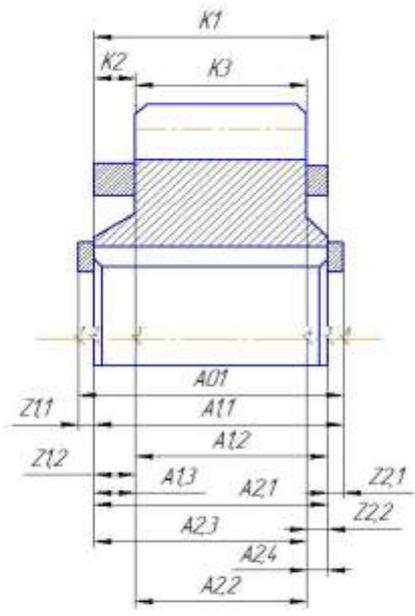
010	<p>А 1 2 3 4</p>	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>Установить и снять деталь.</p> <p>Подрезать торец выдерживая размер A2,1</p> <p>Подрезать торец выдерживая размер A1,2</p> <p>Проточить поверхность выдерживая размер D1,2 и D1,3</p> <p>Снять фаски 1,85x45° и 3x45°</p>	 <p>The drawing shows a shaft with a central section of diameter D1,2 and two outer sections of diameter D1,3. The total length is A2,1. Chamfers are specified as 1,85x45° and 3x45°.</p>
015	<p>Б 1 2 3 4</p>	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>Установить и снять деталь.</p> <p>Проточить поверхность выдерживая размер D1,1</p> <p>Подрезать торец выдерживая размер К3</p> <p>Проточить поверхность выдерживая размер D2,1 и D2,2</p> <p>Снять фаску 2x45°</p>	 <p>The drawing shows a shaft with a central section of diameter D2,1 and two outer sections of diameter D2,2. The total length is D1,1. Chamfers are specified as 2x45°.</p>

020	A 1	<p>Долбежная Установить и снять деталь Продолбить шпон.паз выдерживая размер D3.1</p>																																		
025	A 1	<p>Зуборезная Установить и снять деталь. Нарезать 21 зубьев m5 выдерживая размер D3.1 Согласно по таблицу</p>	 <table border="1" data-bbox="818 1171 1353 1664"> <thead> <tr> <th>Модуль</th> <th>m</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Число зубьев</td> <td>z</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Угол наклона зубьев</td> <td>β</td> <td>0°</td> </tr> <tr> <td>направление линии зуба</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Исходный контур</td> <td>-</td> <td>ГОСТ 13755-81</td> </tr> <tr> <td>Коэффициент смещения</td> <td>x</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Степень точности по ГОСТ 1643-81</td> <td>-</td> <td>7-C</td> </tr> <tr> <td>Делительный диаметр</td> <td>d</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>Постоянная хорда зуба</td> <td>S_c</td> <td>6,93524</td> </tr> <tr> <td>Высота до постоянной хорды зуба</td> <td>h_c</td> <td>3,73789</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса</td> </tr> </tbody> </table>	Модуль	m	5	Число зубьев	z	21	Угол наклона зубьев	β	0°	направление линии зуба	-	-	Исходный контур	-	ГОСТ 13755-81	Коэффициент смещения	x	0	Степень точности по ГОСТ 1643-81	-	7-C	Делительный диаметр	d	105	Постоянная хорда зуба	S _c	6,93524	Высота до постоянной хорды зуба	h _c	3,73789	Обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса		
Модуль	m	5																																		
Число зубьев	z	21																																		
Угол наклона зубьев	β	0°																																		
направление линии зуба	-	-																																		
Исходный контур	-	ГОСТ 13755-81																																		
Коэффициент смещения	x	0																																		
Степень точности по ГОСТ 1643-81	-	7-C																																		
Делительный диаметр	d	105																																		
Постоянная хорда зуба	S _c	6,93524																																		
Высота до постоянной хорды зуба	h _c	3,73789																																		
Обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса																																				

030	<p><i>Термообработка</i></p> <p>1 <i>Калить деталь согласно требованиям по чертежу 32...36 HRC</i></p>	
035	<p><i>Шлифовочная</i></p> <p>A <i>Установить и снять деталь</i></p> <p>1 <i>Шлифовать внутренний поверхность выдерживая размер D5.1</i></p>	
040	<p><i>Шлифовочная</i></p> <p>A <i>Установить и снять деталь</i></p> <p>1 <i>Шлифовать поверхность зубьев выдерживая размер D4.1</i></p>	
045	<p><i>Слесарная</i></p>	<p><i>Зачистить заусенцы</i></p>

050		Моечная	Промыть деталь
055		Контрольная	Контроль размеров окончательный.

**1.7. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ОПЕРАЦИОННЫХ И
ИСХОДНЫХ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ**



Лист № 11
 Дата: 15.03.01
 Имя: [blank]
 Фамилия: [blank]
 Подпись: [blank]

				ВКР 15.03.01		
Имя	№ докум.	Дата	Лист	Размерная схема	Лист	Из всего
Подпись	Исполнитель					
Исполнитель					Группа 38/132	
Дата					Формат А2	

Рис 4- Размерная схема технологического процесса изготовления детали шестерня

С целью облегчения составления размерных цепей в дальнейшем, на базе расчётной схему строиться граф технологических размерных цепей. Методика построения графа подробно излагается в источнике [3, стр. 29]. Граф для продольной размерной схемы изготовления шестерни представлен на рис. 5.

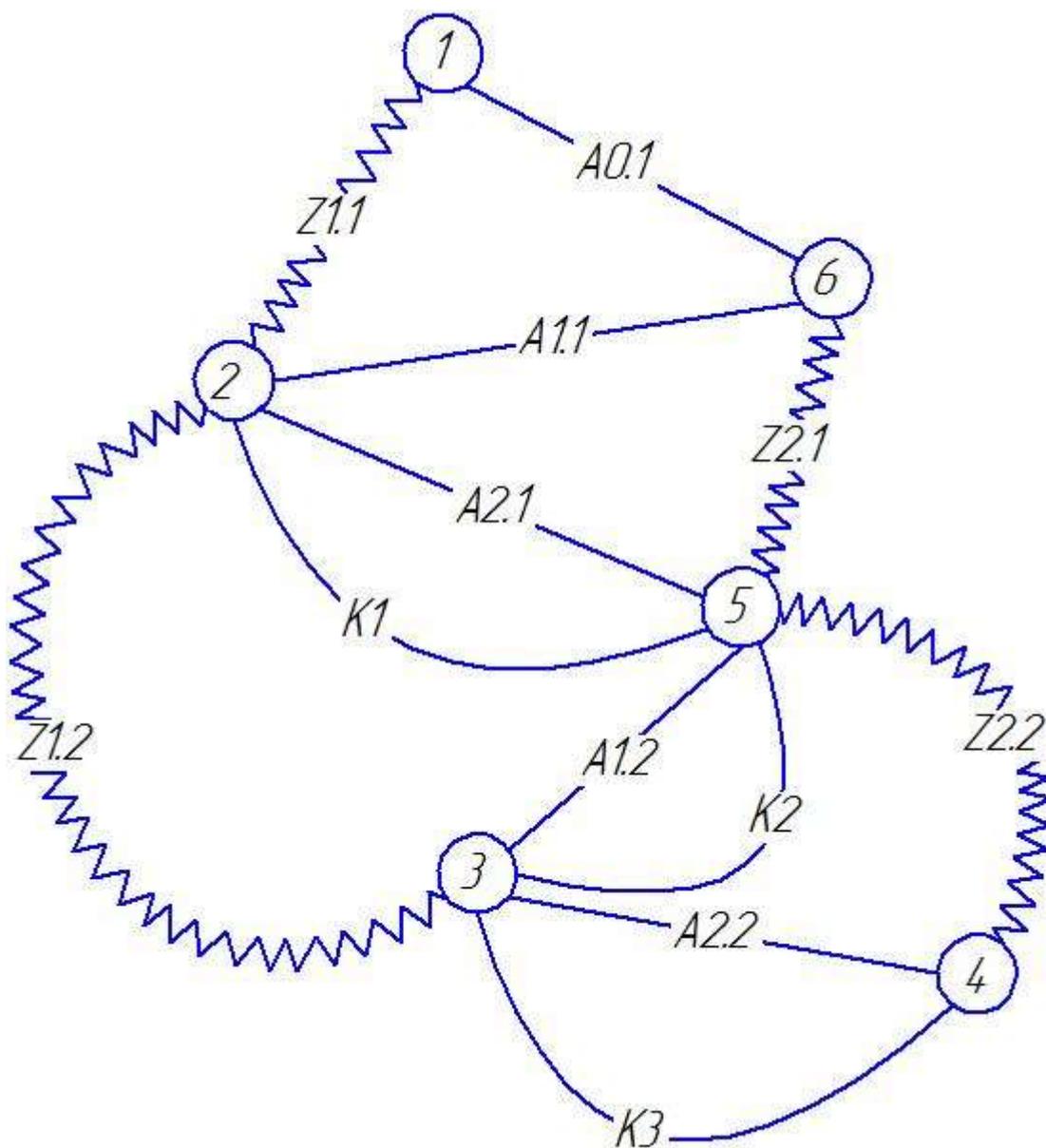
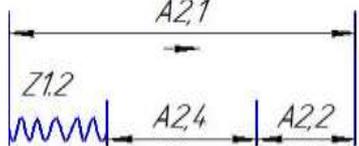
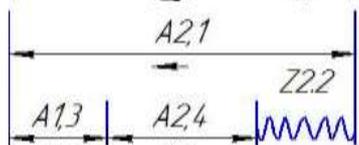
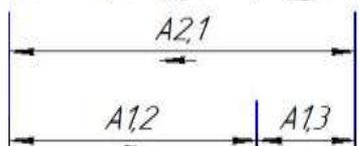
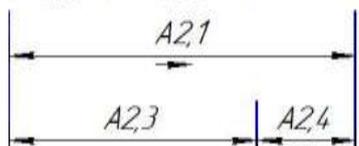
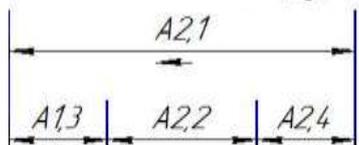
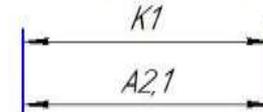
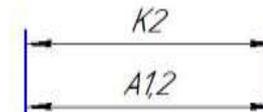
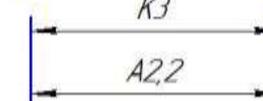


Рис 5- граф дерево

Таблица 4 - Расчет технологических размеров (продольное направление)

	$Z_{10} = A_{01} - A_{11}$ $Z_{10} = 49 \pm 0.31 - 47 \pm 0.31 = 2 \pm 0.31$
	$Z_{11} = A_{11} - A_{21}$ $Z_{11} = 47 \pm 0.31 - 45 \pm 0.31 = 2 \pm 0.31$
	$Z_{12} = A_{21} - (A_{24} + A_{22})$ $Z_{12} = 45 \pm 0.31 - (4 \pm 0.18 + 33 \pm 0.31) = 8 \pm 0.18$
	$Z_{22} = A_{21} - (A_{13} + A_{24})$ $Z_{22} = 45 \pm 0.31 - (8 \pm 0.18 + 33 \pm 0.31) = 4 \pm 0.18$
	$A_{13} = A_{21} - (A_{22} + A_{24})$ $A_{13} = 45 \pm 0.31 - (4 \pm 0.18 + 33 \pm 0.31) = 4 \pm 0.18$
	$A_{12} = A_{21} - A_{13}$ $A_{12} = 45 \pm 0.31 - 8 \pm 0.18 = 37 \pm 0.13$
	$A_{24} = A_{21} - (A_{13} + A_{22})$ $A_{24} = 45 \pm 0.31 - (8 \pm 0.18 + 33 \pm 0.31) = 4 \pm 0.13$
	$A_{23} = A_{21} - A_{24}$ $A_{23} = 45 \pm 0.31 - 4 \pm 0.18 = 41 \pm 0.31$
	$A_{22} = (A_{21} - A_{13}) - A_{24}$ $A_{22} = (45 \pm 0.31 - 8 \pm 0.18) - 4 \pm 0.18 = 33 \pm 0.31$
	$K_1 = A_{21} = 45 \pm 0.31$
	$K_2 = A_{12} = 37 \pm 0.18$
	$K_3 = A_{22} = 33 \pm 0.31$

Расчет припусков аналитическим методом будем вести для $\text{Ø}50\text{H}^{(+0,025)}$ и $\text{Ø}115$.

Расчет припусков на механическую обработку для $\text{Ø}50\text{H}7^{(+0,025)}$.

Припуск на механическую обработку аналитическим методом определяется по формуле:

$$2Z_{\text{mini}} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) \quad (6.1.1)$$

где R_{zi-1} – шероховатость поверхности на предыдущем переходе, мкм;

h_{i-1} – глубина дефектного слоя на предыдущем переходе, мкм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - суммарная погрешность взаимного положения поверхностей на предыдущем переходе, мкм

ε_{yi} - погрешность установки на выполняемом переходе, мкм.

Определяем параметры поверхности Rz - шероховатость и h – глубину дефектного слоя в зависимости от вида обработки поверхности. Суммарная погрешность взаимного расположения поверхностей определяем для заготовки по формуле:

$$\Delta\Sigma = l \frac{\Delta_{\kappa}}{\Delta_{\kappa}^2 + 0,25}, \quad (6.1.2)$$

где Δ_{κ} - отклонение оси детали от прямолинейности, мкм на 1мм $\Delta_{\kappa}=84$ мкм [4, стр.186];

l - длина вылета заготовки $l=45000$ мкм [4,стр.177].

Таким образом:

$$\Delta\Sigma = 45000 \frac{84}{84^2 + 0,25} = 333 \text{ мкм}$$

На остальных переходах $\Delta\Sigma$ определяем через коэффициент уточнения K_y [4,стр.190]:

$$\Delta\Sigma_i = \Delta\Sigma_{i-1} \cdot k_y, \quad (6.1.3)$$

После точения:

чернового $K_y=0,06$,

$$\Delta\Sigma_{\text{ток.черн}} = 333 \cdot 0,06 = 19,98 \text{ мкм},$$

чистового $K_y=0,04$,

$$\Delta\Sigma_{\text{ток.чист}} = 19,98 \cdot 0,04 = 0,799 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки заготовки в приспособлениях ε_y определяем по [4, стр].

Операционный припуск для токарной черновой:

$$2z_{\min}^{\text{ток.черн}} = 2(200 + 300 + \sqrt{333^2}) = 1666 \text{ мкм},$$

Операционный припуск для токарной чистовой:

$$2z_{\min}^{\text{ток.чист}} = 2(50 + 50 + \sqrt{19,98^2 + 80^2}) = 365 \text{ мкм},$$

После этого определяем максимальное $2z_{\max i}$ и $2z_{\min i}$ минимальное округленное значение операционных припусков по формулам:

$$2z_{\min i} = A_{\min i-1} + A_{\max i} \quad (6.1.4)$$

$$2z_{\max i} = A_{\max i-1} + A_{\min i} \quad (6.1.5)$$

где $A_{\max i}$, $A_{\min i}$ - максимальное и минимальное значение операционного размера на выполняемом переходе; $A_{\max i-1}$, $A_{\min i-1}$ - максимальное и минимальное значение операционного размера на предыдущем переходе.

Результаты расчета занесем в таблицу 2.3.

Таблица 5 – Определение припусков аналитическим методом для **50H7**.

Технологический переход, операция	Квалитет	Rz	h	$\Delta\Sigma$	ε_y	$2Z_{\min}$, МКМ	Допуск, мкм	Операционный Размер, мм	расч. оперр раз-р max, мм	расч. оперр раз-р min, мм	расч. раз-р прип. max, мм	расч. раз-р прип. min, мм
Пов. 50H7												
Заготовка		200	300	333	0	-	2000	64,750	67,000	65,000	-	-
Черн. точение	1 2	50	50	19,98	80	1666	755	63,585	64,340	63,625	2,660	1,375
Чист. точение	7	25	25	0,8	80	365	310	63,260	63,570	63,260	0,77	0,365

Расчет припусков на механическую обработку для Ø115

Припуск на механическую обработку аналитическим методом определяется по формуле:

$$2Z_{\min i} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (6.2.1)$$

где R_{zi-1} – шероховатость поверхности на предыдущем переходе, мкм;

h_{i-1} – глубина дефектного слоя на предыдущем переходе, мкм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – суммарная погрешность взаимного положения поверхностей на предыдущем переходе, мкм

ε_{yi} – погрешность установки на выполняемом переходе, мкм.

По [4] определяем параметры поверхности Rz – шероховатость и h – глубину дефектного слоя в зависимости от вида обработки поверхности. Суммарная погрешность взаимного расположения поверхностей определяем для заготовки по формуле:

$$\Delta\Sigma = l \frac{\Delta_{\kappa}}{\Delta_{\kappa}^2 + 0,25}, \quad (6.2.2)$$

где Δ_{κ} – отклонение оси детали от прямолинейности, мкм на 1мм $\Delta_{\kappa} = 72$ мкм [4, стр.186];

l – длина вылета заготовки $l = 33000$ мкм [4, стр.177].

Таким образом:

$$\Delta\Sigma = 33000 \frac{72}{72^2 + 0,25} = 333 \text{ мкм}$$

На остальных переходах $\Delta\Sigma$ определяем через коэффициент уточнения K_y [4, стр.190]:

$$\Delta\Sigma_i = \Delta\Sigma_{i-1} \cdot k_y, \quad (6.2.3)$$

После точения:

чернового $K_y = 0,06$,

$$\Delta\Sigma_{\text{ток.черн}} = 333 \cdot 0,06 = 19,98 \text{ мкм},$$

чистового $K_y=0,04$,

$$\Delta\Sigma_{\text{ток.чист}} = 19,98 \cdot 0,04 = 0,799 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки заготовки в приспособлениях ϵ_y определяем по [4, стр].

Операционный припуск для токарной черновой:

$$2z_{\text{min}}^{\text{ток.черн}} = 2(200 + 300 + \sqrt{333^2}) = 1666 \text{ мкм,}$$

Операционный припуск для токарной чистовой:

$$2z_{\text{min}}^{\text{ток.чист}} = 2(50 + 50 + \sqrt{19,98^2 + 80^2}) = 365 \text{ мкм,}$$

После этого определяем максимальное $2z_{\text{max } i}$ и $2z_{\text{min } i}$ минимальное округленное значение операционных припусков по формулам:

$$2z_{\text{min } i} = A_{\text{min } i-1} + A_{\text{max } i} \quad (6.2.4)$$

$$2z_{\text{max } i} = A_{\text{max } i-1} + A_{\text{min } i} \quad (6.2.5)$$

где $A_{\text{max } i}$, $A_{\text{min } i}$ - максимальное и минимальное значение операционного размера на выполняемом переходе; $A_{\text{max } i-1}$, $A_{\text{min } i-1}$ - максимальное и минимальное значение операционного размера на предыдущем переходе.

Результаты расчета занесем в таблицу 4.

Таблица 6 – Определение припусков аналитическим методом для $\varnothing 115$.

переход, операция	Квалитет	Rz	h	$\Delta\Sigma$	ϵ_y	$2z_{\text{min}}$, МКМ	Допуск, мкм	Операц. размер, мм	расч. оперр размер max, мм	расч. оперр размер min, мм	расч. раз-р прип. max, мм	расч. раз-р прип. min, мм
Пов. $\varnothing 115$												
Заготовка		200	30 0	333	0	-	200 0	53,800	56,000	54,000	-	-
Черн. точение	12	100	10 0	18,5	80	166 6	780	52,540	53,320	52,751	2,68 0	1,24 9
Чист. точение	7	25	25	0,74	80	365	280	52,260	52,570	52,386	0,75 0	0,36 5

1.8. АНАЛИЗ СХЕМ БАЗИРОВАНИЯ ДЕТАЛИ

Выбор баз является одним из самых сложных и принципиальных разделов проектирования технологических процессов. От правильного выбора технологических баз в значительной степени зависят: фактическая точность исполнения размеров, правильность взаимного расположения поверхностей, степень сложности приспособлений, режущих и измерительных инструментов, общая производительность обработки заготовок.

Выбор базовых поверхностей зависит от конструктивных форм детали, технических требований и масштаба выпуска. Цилиндрические детали имеют основные базирующие поверхности обычно в виде цилиндрических поверхностей или комбинации поверхностей, которые обладают достаточной протяженностью. В качестве вспомогательных баз обычно используют торцовые поверхности.

При выборе баз использовались следующие основные рекомендации:

- базовые поверхности должны быть простыми по форме и иметь достаточную протяженность;
- заготовка должна занимать в приспособлении соответствующее ей место под действием собственного веса, а не в результате приложения усилий закрепления;
- на всех операциях желательно добиваться соблюдения принципа постоянства баз и принципа совмещения баз.

На первой токарной операции 005 заготовка базируется по наружной поверхности $\varnothing 120$ с упором в торец (в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне). Схема базирования в данной операции показана на рис 6.

Использование этой схемы обеспечивает принцип совмещения баз, поэтому погрешность установки определяется погрешностью установки в 3-х кулачковом патроне: $\varepsilon_y = 50 \text{ мкм}$.

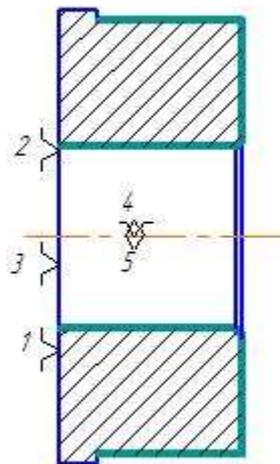


Рис 6 – Схема базирования заготовки на токарной операции 005.

На токарной операции 015 заготовка базируется по внутренней поверхности $\varnothing 49,5$ с упором в торец (в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне).

Схема базирования в данной операции показана на рис 7. Использование этой схемы обеспечивает принцип совмещения баз, поэтому погрешность установки определяется погрешностью установки в 3-х кулачковом патроне: $\varepsilon_y=50\text{мкм}$.

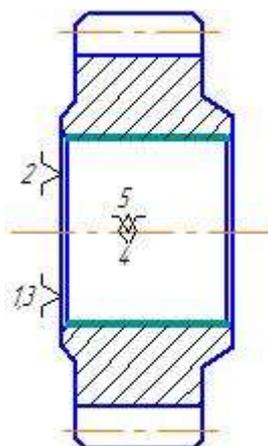


Рис 7 – Схема базирования заготовки на токарной операции 010

На долбежной операции 020 заготовка устанавливается на специальное приспособления выбираем схему базирования по наружной поверхности $\varnothing 115$ с упором в торец основания . Схема базирования на данной операции показана на рис.4. Этот способ позволяет обеспечивать принцип совмещения баз, а также обеспечивает наиболее точное положение обрабатываемых поверхностей относительно инструмента.

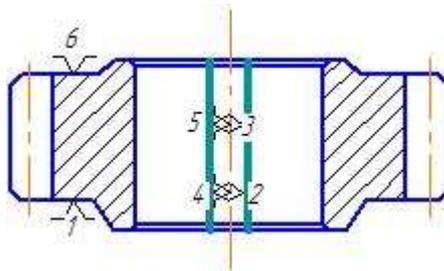


Рис 8– Схема базирования заготовки на долбежной операции 020

На зуборезной операции 025 заготовка базируется на специальной оправке станка по внутренней поверхности $\varnothing 49,5$ с упором в торец. Схема базирования в данной операции показана на рис 9. Использование этой схемы обеспечивает принцип совмещения баз.

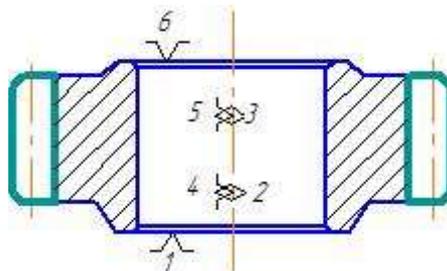


Рис 9 – Схема базирования заготовки на зуборезной операции 030

1.9. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСТНАСТКИ

После выбора методов обработки, точности, шероховатости и припуска на обработку поверхностей осуществляем выбор оборудования, на котором будет реализоваться данный технологический процесс, с учетом типа производства.

Выбор технологического оборудования производим по критерию, который в наибольшей степени отражает его функциональное назначение и технологические возможности. Таким критерием является вид обработки, на который рассчитан станок, соответственно его служебного назначения (фрезерный - для фрезерования, сверлильный - для сверления, шлифовальный – для шлифования). Вторым по важности критерием являются габаритные размеры рабочей зоны станка, которые должны соответствовать размерам заготовки с учётом размеров приспособлений. Третьим критерием является соответствие станка необходимой

точности обработки.

Обеспечив соблюдение этих трёх основных требований, осуществляем выбор модели с помощью паспортов станков и каталогов металлорежущего оборудования. Выбранный станок должен давать возможность работы на оптимальных режимах резания, соответствовать по мощности и производительности

Выбираемый станок должен позволять осуществлять взаимное перемещение детали и инструмента по командам без применения материального аналога обрабатываемой детали (кулачков, шаблонов, копиров), характеристик механизмов подач по различным координатам с целью обеспечения высокой точности обработки криволинейных контуров детали; уменьшения изнашивания и нагрева механических узлов во избежание потери точности;

16К20 Станок токарно-винторезный универсальный. Назначение, область применения

Токарно-винторезный станок 16К20 предназначен для выполнения различных токарных работ и нарезания метрической, модульной, дюймовой и питчевой резьб . Обрабатываемые детали устанавливаются в центрах или патроне.

Станок заменяет модель 1К62. По всем качественным показателям (производительности, точности, долговечности, надежности, удобству обслуживания, безопасности работы и т. д.) превосходит станок модели 1К62. Жесткая коробчатой формы станина с калеными шлифованными направляющими установлена на монолитном основании.

Таблица – 7. Технические характеристики токарного станка 16К20

Наименование параметра	16К20	16К20П
------------------------	-------	--------

Основные параметры станка		
Класс точности по ГОСТ 8-82	Н	П
Наибольший диаметр заготовки устанавливаемой над станиной, мм	400	400
Высота оси центров над плоскими направляющими станины, мм	215	215
Наибольший диаметр заготовки обрабатываемой над суппортом, мм	220	220
Наибольшая длина заготовки, устанавливаемой в центрах (РМЦ), мм	710, 1000, 1400, 2000	710, 1000
Наибольшее расстояние от оси центров до кромки резцедержателя, мм	225	225
Наибольший диаметр сверла при сверлении стальных деталей, мм	25	25
Наибольшая масса заготовки, обрабатываемой в центрах, кг	460..1300	460..1300
Наибольшая масса заготовки, обрабатываемой в патроне, кг	200	200
Шпиндель		
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	52	52
Наибольший диаметр прутка, проходящий через отверстие в шпинделе, мм	50	50

Частота вращения шпинделя в прямом направлении, об/мин	12,5..1600	12,5..1600
Частота вращения шпинделя в обратном направлении, об/мин	19..1900	19..1900
Количество прямых скоростей шпинделя	22	22
Количество обратных скоростей шпинделя	11	11
Конец шпинделя по ГОСТ 12593-72	6К	6К
Коническое отверстие шпинделя по ГОСТ 2847-67	Морзе 6	Морзе 6
Диаметр фланца шпинделя, мм	170	170
Наибольший крутящий момент на шпинделе, Нм	1000	1000
Суппорт. Подачи		
Наибольшая длина продольного перемещения, мм	645, 935, 1335, 1935	645, 935
Наибольшая длина поперечного перемещения, мм	300	300
Скорость быстрых продольных перемещений, мм/мин	3800	3800
Скорость быстрых поперечных перемещений, мм/мин	1900	1900
Максимально допустимая скорость перемещений при работе по упорам, мм/мин	250	250
Минимально допустимая скорость перемещения каретки (суппорта), мм/мин	10	10
Цена деления лимба продольного перемещения, мм	1	1

Цена деления лимба поперечного перемещения, мм	0,05	0,05
Диапазон продольных подач, мм/об	0,05..2,8	0,05..2,8
Диапазон поперечных подач, мм/об	0,025..1,4	0,025..1,4
Количество подач продольных	42	42
Количество подач поперечных	42	42
Количество нарезаемых резьб - метрических		
Количество нарезаемых резьб - модульных		
Количество нарезаемых резьб - дюймовых		
Количество нарезаемых резьб - питчевых		
Пределы шагов метрических резьб, мм	0,5..112	0,5..112
Пределы шагов дюймовых резьб, ниток/дюйм	56..0,5	56..0,5
Пределы шагов модульных резьб, модуль	0,5..112	0,5..112
Пределы шагов питчевых резьб, питч диаметральный	56..0,5	56..0,5
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подач на резце - продольное, Н	5884	5884
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подач на резце - поперечное, Н	3530	3530
Резцовые салазки		
Наибольшее перемещение резцовых салазок, мм	150	150
Перемещение резцовых салазок на одно деление	0,05	0,05

лимба, мм		
Наибольший угол поворота резцовых салазок, град	$\pm 90^\circ$	$\pm 90^\circ$
Цена деления шкалы поворота резцовых салазок, град	1°	1°
Наибольшее сечение державки резца, мм	25 x 25	25 x 25
Высота от опорной поверхности резца до оси центров (высота резца), мм	25	25
Число резцов в резцовой головке	4	4
Задняя бабка		
Диаметр пиноли задней бабки, мм		
Конус отверстия в пиноли задней бабки по ГОСТ 2847-67	Морзе 5	Морзе 5
Наибольшее перемещение пиноли, мм	150	150
Перемещение пиноли на одно деление лимба, мм	0,1	0,1
Величина поперечного смещения корпуса бабки, мм	± 15	± 15
Электрооборудование		
Электродвигатель главного привода, кВт	11	11
Электродвигатель привода быстрых перемещений, кВт	0,12	0,12
Электродвигатель насоса СОЖ, кВт	0,125	0,125
Габариты и масса станка		

Габариты станка (длина ширина высота) РМЦ=1000, мм	2795 x 1190 x 1500	2795 x 1190 x 1500
Масса станка, кг	3010	3010

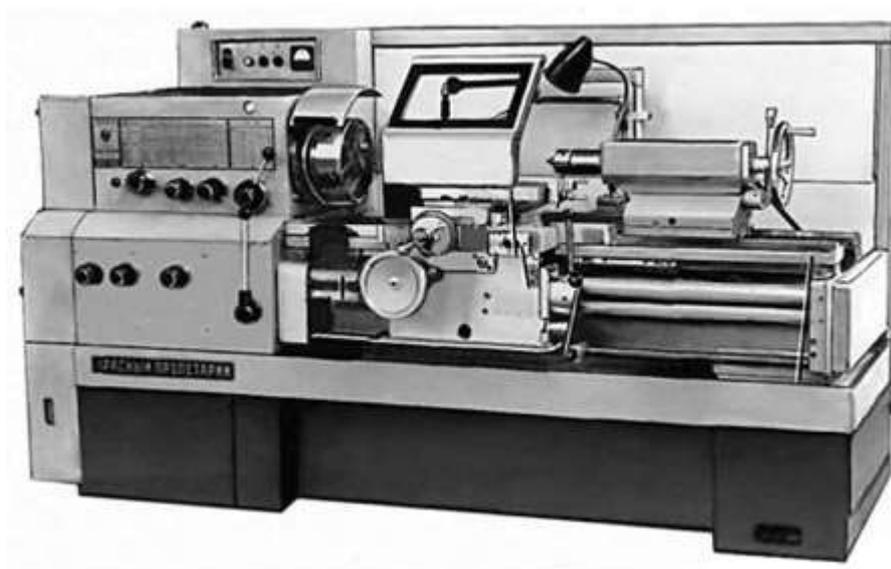


Рис – 10. Токарно винто-резный станок 16K20

Для токарной обработки выбираем универсальный токарный станок с ЧПУ модели L300LA Абамет (рис. 11).

Токарный станок с ЧПУ – Токарные станки с программным управлением предназначены для наружной и внутренней обработки сложных заготовок типа тел вращения. Токарные станки с ЧПУ используются для обработки внешних и внутренних сферических, конических и цилиндрических поверхностей тел вращения, а также для нарезки наружной и внутренней резьбы. За перемещение исполнительных органов станка отвечает электроника – числовое программное управление (ЧПУ) и система двигателей и приводов. Токарное оборудование применяется при средне- и мелкосерийном производстве, где важна высокая точность. Станки с ЧПУ могут быть оснащены револьверными головками, обеспечивающими автоматическую смену инструмента. Такое решение позволяет

использовать токарное оборудование в качестве недорогих, многофункциональных систем, способных выполнять большую часть производственных задач в минимальные сроки при низкой себестоимости работ. Токарные станки с ЧПУ по сравнению с обычными станками имеют более широкие технологические возможности:

1. Мощный привод главного движения до 20-40 и более кВт. Используются двигатели постоянного тока, позволяющие осуществить бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя, или трехфазные двигатели переменного тока с большим числом ступеней регулирования (18-20 и более).

Верхние пределы частоты вращения шпинделя достигают 2000 об/мин (16K20Ф3С5, 1П717Ф3, 1П416Ф3).

Пределы регулирования частоты вращения шпинделя изменяются до 200 раз (1П752МФ3, 1А61Ф3С2, 1А512МФ3, 1А516МФ3).

2. Бесступенчатый привод движения подачи с очень широкими пределами регулирования величины подачи.

При установке специальных державок в одном гнезде можно закреплять несколько режущих инструментов для одновременной обработки детали положение каждого из инструментов регулируются так, чтобы размеры обработанной им поверхности деталей соответствовали указанным в чертеже.



Рисунок 11 – Универсальный токарный ст. ЧПУ модели L300LA Абамет.

Таблица -8 . Технические характеристики Универсальный токарный ст. ЧПУ модели L300LA

Наименование оборудования	Haas DS-30	Haas DY-30Y
Максимальный устанавливаемый диаметр над станиной, мм	806	806
Максимальный устанавливаемый диаметр над кареткой, мм	527	527
Максимальный обрабатываемый диаметр (зависит от револьвера), мм	457	457
Максимальная длина обработки (без патрона), мм	660	584
Диаметр 3-х кулачкового патрона, мм	210	210
Максимальный диаметр обрабатываемого прутка, мм	51	51
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	88,9	88,9
Макс. частота вращения шпинделя, об/мин	4000	4000
Максимальный крутящий момент, Нм	407	407
Максимальная мощность шпинделя, кВт	22,4	22,4
Перемещение по оси X, мм	318	318
Перемещение по оси Y, мм	–	±50,8
Перемещение по оси Z, мм	660	584
Максимальное осевое усилие, кН	22,7	22,7
Максимальная скорость холостых подач, м/мин	24	24
Исполнение посадочного гнезда револьвера	VDI40/BOT	VDI40/BOT
Количество инструментальных гнезд в револьвере, шт.	12	12
Максимальное количество приводных станций, шт.	6*	6
Макс. скорость вращения приводного инструмента, об/мин	6000*	6000
Максимальная частота вращения контршпинделя, об/мин	4000	4000
Максимальная мощность контршпинделя, кВт	14,9	14,9

Диаметр 3-х кулачкового патрона контршпинделя, мм	210	210
Точность позиционирования, мм	±0,0050	±0,0050
Повторяемость, мм	±0,0025	±0,0025
Объем бака <u>СОЖ</u> , литр	208	208

СТАНОК ДОЛБЕЖНЫЙ ГД 200

Долбёжный станок ГД200 предназначен для изготовления шпоночных пазов, шлицев, поднутрений и канавок на фасонных и плоских поверхностях в единичном и мелкосерийном производстве. Станок оснащен поворотной резцовой головкой для долбления под углом 90° в обе стороны, устройством наклона салазок долбяка на угол до 8° к вертикальной плоскости для изготовления шпоночных пазов в конических отверстиях, а также вертикально переустанавливаемым долбяком в диапазоне до 265 мм, что позволяет значительно расширить номенклатуру обрабатываемых на станке изделий.

Таблица -9. Технические характеристики станок долбежный гд 200

Максимальный ход долбяка, мм	200
Расстояние от поверхности стола до нижнего торца направляющих долбяка, мм	320
Расстояние от наружной поверхности резцовой головки до станины (вылет), мм	450

Высота обрабатываемого изделия, мм, при обработке:	
- наружной поверхности	300
- внутренней поверхности	100
Усилие резания, кН	15
Скорость долбяка под нагрузкой, двойных ходов/мин	32, 49, 66, 101
Ход стола:	
- продольный, мм	500
- поперечный, мм	400
- круговой, град	360
Диапазон подач стола на один двойной ход долбяка:	
- продольных, мм	0,1...1,2
- поперечных, мм	0,1...1,2
- круговых, град	0,07...0,8
Мощность главного привода, кВт	3
Габаритные размеры, мм	
- длина	1900
- ширина	1270
- высота	2175
Масса, кг	2000



Рис - 12. Станок долбежный гд 200

Зуборезный станок

Зубофрезерование является самой распространенной, но трудоемкой операцией для обеспечения высокого качества изготовления зубчатых колес, ее следует производить на жестких с мощным электродвигателем высокопроизводительных станках на повышенных режимах резания с применением многозаходных червячных фрез.

В зависимости от расположения оси обрабатываемой детали зубофрезерные станки разделяют на станки с вертикальной и горизонтальной компоновкой. В станках с вертикальной компоновкой стол с заготовкой неподвижен, по горизонтальным направляющим перемещается левая стойка с червячной фрезой. Станки с неподвижным столом удобны и надежны для автоматизации и встраивания в автоматические линии. Обеспечивается высокая жесткость системы : стол, магазин, заготовка и постоянный уровень расположения заготовки при загрузке и разгрузке.

Горизонтальные станки имеют две модификации. Для обработки зубчатых колес малого модуля станки имеют замкнутую рамную конструкцию с широким

фрезерным суппортом, хорошую доступность зажимных элементов и инструмента.

Таблица – 10. Технические характеристики Зуборезный станок

Технические данные	Ед.Изм	HERA 500
Максимальный диаметр заготовки	мм	Ø 500
Максимальный модуль	модуль	12
Радиальное перемещение зубофрезерного шпинделя (X-ось)	мм	360 (40-400)
Наклон зубофрезерного шпинделя (A-ось)	град	+35° / -45°
Частота вращения зубофрезерного шпинделя (B-ось)	об/мин	20-500
Частота вращения стола (C-ось)	об/мин	110
Рабочий диапазон заготовки по вертикали (Z-ось)	мм	380 (250-630)
Рабочий диапазон перемещения прижимного центра (Z-ось)	мм	420 (400-820)
Диаметр стола	мм	Ø 450
Конус шпинделя		NT 50
Максимальный размер модульной фрезы с оправкой (диаметр × длина)	мм	Ø 220 × 260
Перемещение зубофрезерного шпинделя (Y-ось)	мм	240
Ускоренные подачи по оси Z	мм/мин	5000
Ускоренные подачи по оси X	мм/мин	50000
Ускоренные подачи по оси Y	мм/мин	2000
Наклон зубофрезерного шпинделя (A-ось)	Ошибка	720
Потребляемая мощность	кВт	90
Мощность главного шпинделя	кВт	24.5
Контроллер ЧПУ		SIEMENS 840Di
Габариты	мм	3570×2800

		×2900
Вес	кг	13000



Рис – 13. Зуборезный станок HERA 500

Внутришлифовальный универсальный особо высокой точности станок ЗК228В

Внутришлифовальный станок ЗК228В предназначен для шлифования цилиндрических и конических (с углом при вершине до 60°) сквозных и глухих отверстий: для станка модели **ЗК228В** диаметр 50—200 мм, длина до 200 мм..

Станки ЗК228В снабжены торцешлифовальным приспособлением, позволяющим шлифовать наружный торец изделия за один установ со шлифовкой отверстия.

Область применения **станков 3К228В** — машиностроительные заводы с мелкосерийным и серийным производством, а также инструментальные и ремонтные цехи этих заводов. Класс точности станков В по ГОСТ 8—71. Категория качества — высшая.

Таблица – 11. Технические характеристики станка 3К228В:

Наименование параметра	3К228В
Основные параметры	
Класс точности по ГОСТ 8-71	В
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия, мм	200
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия в кожухе, мм	560
Наибольшая длина устанавливаемого изделия, мм	200
Наименьший и наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм	50..200
Наибольшая длина шлифования при диаметре шлифования не менее 100 мм, мм	320
Наибольшая рекомендуемая длина шлифования при наименьшем диаметре, мм	200
Расстояние от оси шпинделя передней бабки до подошвы станины, мм	1225
Расстояние от оси шпинделя передней бабки до зеркала стола (высота центров), мм	340

Расстояние от опорного торца фланца шпинделя изделия до торца кронштейна шлифовальной бабки, мм	1335
Расстояние от торца нового круга торцешлифовального приспособления до опорного торца фланца шпинделя, мм	150..400
Рабочий стол станка	
Наибольшая длина перемещения стола, мм	630
Ручное перемещения стола за один оборот маховика, мм	25
Скорость перемещения стола при шлифовании, м/мин	1..7
Скорость перемещения стола при правке круга, м/мин	0,1..2
Скорость перемещения стола при быстром продольном подводе и отводе, м/мин	10
Привод и электрооборудование станка	
Количество электродвигателей на станке	7
Электродвигатель шпинделя шлифовальной бабки, кВт	7,5
Электродвигатель привода торцешлифовального приспособления, кВт	2,2
Электродвигатель привода изделия (бабки изделия) постоянного тока, кВт	1,6
Электродвигатель насоса гидросистемы, кВт	3,0
Электродвигатель фильтра-транспортера, кВт	0,09
Электродвигатель насоса системы охлаждения, кВт	0,15

Электродвигатель магнитного сепаратора, кВт	0,09
Общая мощность электродвигателей, кВт	14,63
Преобразователь тиристорный ЭТ1Е2-10, кВт	1,3
Габаритные размеры и масса станка	
Габаритные размеры станка (длина x ширина x высота), мм	3970x2200x1870
Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг	6900

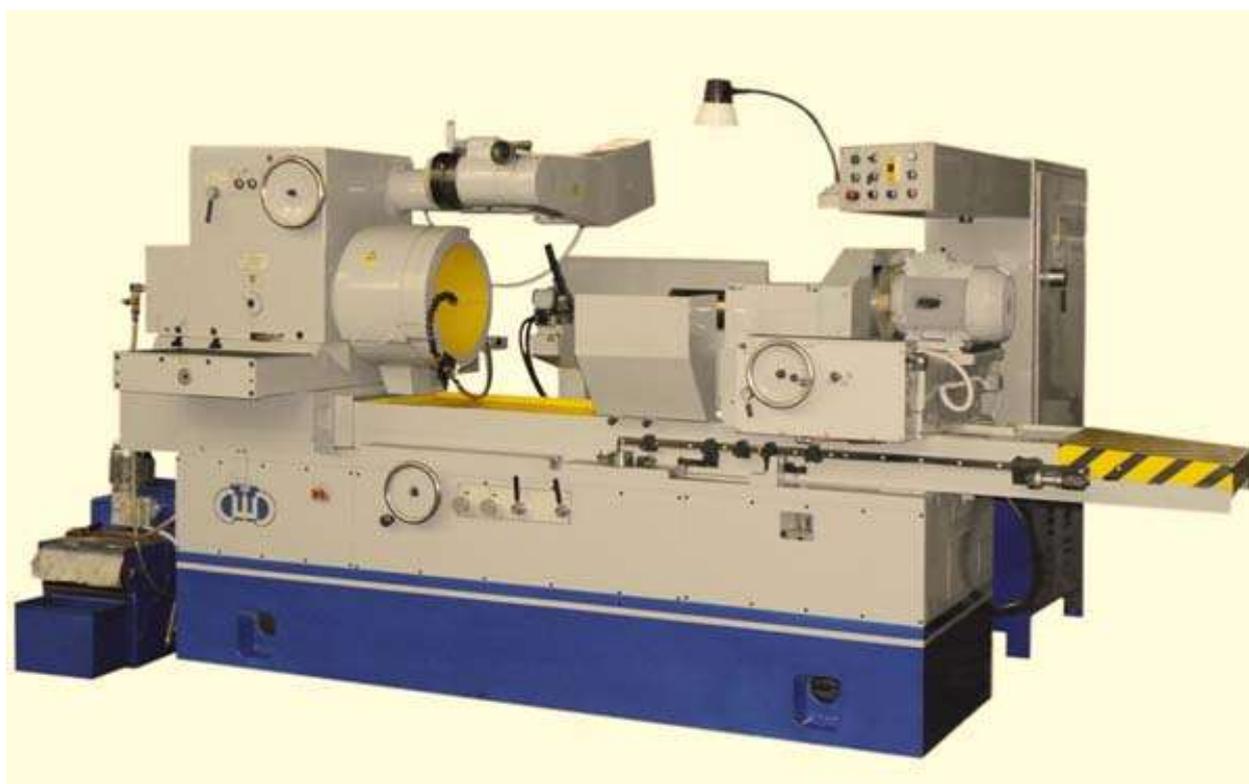


Рис -14. Внутришлифовальный универсальный особо высокой точности станок 3K228B

Шлифовальный станок **Samputensili G 450** - это инновационный, компактный и чрезвычайно гибкий шлифовальный станок.

Samputensili G 450 специально разработан для очень малых циклов и для высококачественного и эффективного массового производства шестерен с наружным диаметром до 450 мм и валов длиной до 550 мм.

Этот шлифовальный станок с зубчатой передачей может в равной степени использовать профильные и червячные шлифовальные круги, как в керамической, так и в гальванизированной CBN. Сильные стороны этой уникальной машины - простейшие концепции дизайна с точки зрения оснастки и перевязочных технологий, быстрая автоматизация и удивительная удобство для пользователя.

Рабочий шпиндель, установленный на вращающемся столе, упрощает операцию погрузки / разгрузки, а также операции оснастки. Повязочный шпиндель также установлен на вращающемся столе, но диаметрально противоположно рабочему шпинделю.

Основные преимущества:

Ориентированные на клиента решения для каждого приложения

Шлифовка всех видов заготовок и сложных геометрий

Идеально подходит для небольших производственных партий

Возможно шлифование большого модуля

Легкие погрузочно-разгрузочные операции

Высокая термическая и механическая стабильность

Таблица – 12. Технические данные Шлифовальный станок Samputensili G 450

Модель	G 450
Диаметр заготовки, макс. мм	450
Диапазон модулей mn	0,5 - 7,0
Длина детали, макс. Мм	550

Ширина лица, макс. Мм	380
Угол поворота стрелы градуса	+ 45 ° / -45 °
Диаметр шлифовального круга. мм	120 макс / 90 мин
Ширина шлифовального круга мм	180
Скорость шлифования, макс. м / с	80 м / с
Диаметр дозирующего инструмента. мм	120
Размеры станка, Д x Ш x В мм	4 120 x 2,200 x 2,700
Управление	Siemens Siemens 840 D sl



Рис – 15. Шлифовальный станок Samputensili G 450

Выбор технологической оснастки

Для закрепления заготовок и других элементов технологического оборудования применяют зажимные механизмы. Их также используют в качестве промежуточных передающих звеньев в составе более сложных систем. По степени автоматизации зажимные механизмы бывают ручными,

механизированными и автоматизированными. Ручные механизмы требуют приложения мускульной силы рабочего, применяются только в мелкосерийном и единичном производстве. Механизированные зажимные устройства, которые оборудованы силовым приводом (пневмопривод или гидропривод), используют в серийном производстве. Автоматизированные механизмы работают без участия рабочего и применяются в крупносерийном и массовом производстве.

Базирующими элементами технологических приспособлений являются основные и вспомогательные опоры. Основными опорами называют элементы приспособлений, которые лишают заготовку всех или некоторых степеней свободы, определяя ее положение в пространстве или в системе координат станка. Поэтому они в большинстве случаев закреплены неподвижно относительно технологической системы. Вспомогательные опоры - отдельные элементы или механизмы, предназначенные для придания заготовке дополнительной жесткости или стойкости во время ее обработки. При обработке данной детали использовались основные и направляющие опоры.

Общие требования к базирующим элементам приспособлений обусловлены заданной точностью и сводятся к следующему:

- количество и расположение установочных элементов должны обеспечивать надежное базирование заготовки, ее стойкость и жесткость при закреплении. Для обеспечения стойкого положения заготовки в приспособлении расстояние между опорами принимают как можно больше;

- рабочие поверхности установочных элементов не должны быть слишком большими (для уменьшения влияния отклонений размеров и формы базовых поверхностей заготовки на точность базирования);

- установочные опоры не должны ухудшать качество базовых поверхностей заготовки, для чего следует увеличивать контактную поверхность, что противоречит предыдущему требованию. Поэтому принятое решение должно быть оптимальным;

- для обеспечения надежного соединения опор с корпусом приспособления установочные опоры должны быть достаточно жесткими;

– конструкция опор должна способствовать их быстрой замене в случае износа или повреждения.

На токарных операциях заготовка устанавливается в трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон DIN 6350 тип 3204-250. На операции 005 заготовка устанавливается по наружной цилиндрической поверхности $\text{Ø}120$ мм, а на операции 015 заготовка устанавливается по обработанной внутренней цилиндрической поверхности $\text{Ø}49,5$ мм. Общий вид патрона представлен на рис. 16. Корпус данного патрона получен чугуном высшего качества. Кулачки из легированной высококачественной стали, направляющие и другие рабочие поверхности цементированы, закалены и отшлифованы.



Рисунок 16 – Токарный трехкулачковый самоцентрирующийся патрон
DIN 6350 тип 3205-250.

Основные размеры трёхкулачкового самоцентрирующегося патрона DIN 6350 тип 3205: B=89 мм, B1=92,8 мм, C=5 мм, D=200H7, E=76 мм, F=224 мм, G=6xM12, H=105 мм, J=34 мм, K=95 мм, L=53 мм, P=3xM12, вес около 29кг.

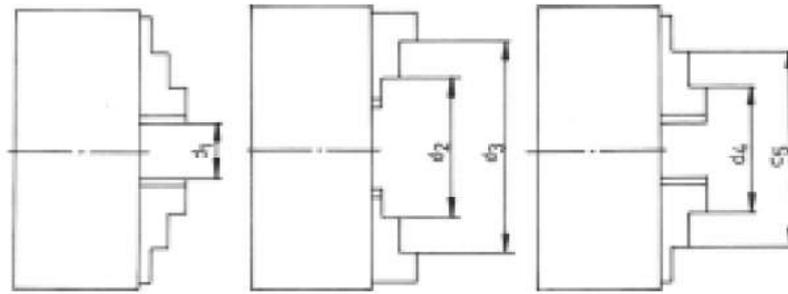


Рисунок 17 – Диапазоны крепления трехкулачкового самоцентрирующегося патрона DIN 6350 тип 3205.

Диапазоны крепления трехкулачкового самоцентрирующегося патрона DIN 6350 тип 3205: $d_1=5-118$ мм, $d_2=77-188$ мм, $d_3=160-250$ мм, $d_4=62-174$ мм, $d_5=145-256$ мм.

Максимальная скорость вращения патрона 2000 об/мин.

Сила крепления в патроне приблизительно 4600 Н при моменте на ключе 180 Нм.

На шлифовальной станок операции 040 заготовка устанавливается в специальный в цанговый патрон: базирование и закрепление происходит по внутренней цилиндрической поверхности $\varnothing 50H7$ с упором в левый торец.

1.10. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Расчет режимов резание для токарной операции 005

1) Точить с 49, 47, последовательно по программе.

На данном переходе обработка производится резцом CoroTurn 107 для контурного точения, держатель SCLCR2020K09, правый с механическим креплением неперетачиваемой пластины CCMG090308-MR, материал пластины GC1525, рекомендуемые режимы резания: подача $S=0,2$ мм/об, скорость резания $V=90$ м/мин.

Частота вращения определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.11.1)$$

где, V – скорость резания, $V=90$ мм/мин;

D – диаметр, $D=120$ мм,

Подставив численные значения в формулу (2.11.1) получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 120} = 238 \text{ об / мин.}$$

Главная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.11.2)$$

где $C_p = 204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$ – постоянные коэффициенты по [5,стр.274];

t – глубина резания, $t=2$ мм;

$$K_p = k_{mp} k_{\varphi p} k_{\gamma p} k_{\lambda p} k_{rp}, \quad (2.11.3)$$

где k_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [5,стр.264] :

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где σ_B - предел прочности, $\sigma_B=655$ МПа

$n=0,75$ – показатель степени [5,стр.264] , тогда:

$$k_{mp} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90;$$

$k_{\varphi p}=0,89$ ($\varphi=95^0$) , $k_{\gamma p}=1,1$ ($\gamma=0^0$) , $k_{\lambda p}=0,98$ ($\lambda=0^0$) ,

$k_{rp}=0,9$ ($r=0,8$ мм) – коэффициенты , учитывающие фактические условия резания [5,стр.275] .

Подставив численные значения в формулу (2.11.3) получим:

$$K_p = 0,90 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot 0,9 = 0,780;$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.2) получим:

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 90^0 \cdot 0,780 = 952 \text{ Н.}$$

Определим эффективную мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{952 \cdot 90}{1020 \cdot 60} = 1.40 \text{ кВт.}$$

Основное время обработки определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.11.4)$$

где n – частота вращения, $n=238$ об/мин,

L – длина обработки:

$$L = l_o + l_n + l_{ep},$$

где, l_o - длина поверхности обработки, $l_o=60$ мм;

l_n - длина перебега, $l_n=0$ мм;

l_{ep} – длина врезания, $l_{ep}=0$ мм;

Подставив численные значения в формулу (2.11.4) получим:

$$t_o = \frac{(60+0) \cdot 1}{238 \cdot 0,2} = 1,26 \text{ мин.}$$

2) Точить с $\emptyset 120$, $\emptyset 117$, последовательно по программе.

На данном переходе обработка производится резцом CoroTurn 107 для контурного точения, держатель SCLCR2020K09, правый с механическим креплением неперетачиваемой пластины CCMG090308-MR, материал пластины GC1525, рекомендуемые режимы резания: подача $S=0,2$ мм/об, скорость резания $V=90$ м/мин.

Частота вращения определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.11.1)$$

где, V – скорость резания, $V=90$ мм/мин;

D – диаметр, $D=120$ мм,

Подставив численные значения в формулу (2.11.1) получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 120} = 238 \text{ об / мин.}$$

Главная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.11.2)$$

где $C_p = 204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$ – постоянные коэффициенты по [5, стр.274];

t – глубина резания, $t=1,5$ мм;

$$K_p = k_{mp} k_{\varphi p} k_{\gamma p} k_{\lambda p} k_{rp}, \quad (2.11.3)$$

где k_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [5, стр.264] :

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где σ_B - предел прочности, $\sigma_B = 655$ МПа

$n=0,75$ – показатель степени [5, стр.264] , тогда:

$$k_{mp} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90;$$

$k_{\varphi p} = 0,89$ ($\varphi = 95^\circ$) , $k_{\gamma p} = 1,1$ ($\gamma = 0^\circ$) , $k_{\lambda p} = 0,98$ ($\lambda = 0^\circ$) ,

$k_{rp} = 0,9$ ($r = 0,8$ мм) – коэффициенты , учитывающие фактические условия резания [5, стр.275] .

Подставив численные значения в формулу (2.11.3) получим:

$$K_p = 0,90 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot 0,9 = 0,780;$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.2) получим:

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,5^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 90^0 \cdot 0,780 = 713 \text{ Н}.$$

Определим эффективную мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{713 \cdot 90}{1020 \cdot 60} = 1,05 \text{ кВт}.$$

Основное время обработки определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.11.4)$$

где n – частота вращения, $n=238$ об/мин,

L – длина обработки:

$$L=l_o+l_n+l_{ep},$$

где, l_o - длина поверхности обработки, $l_o=37$ мм;

l_n - длина перебега, $l_n=0$ мм;

l_{ep} – длина врезания, $l_{ep}=$ мм;

Подставив численные значения в формулу (2.11.4) получим:

$$t_o = \frac{(37 + 0) \cdot 1}{238 \cdot 0,2} = 0,77 \text{ мин.}$$

3) Сверлить отверстие диаметром $\varnothing 24$ последовательно по программе.

Скорость резания определяется по формуле:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.11.5)$$

где D – диаметр сверления, $D=24$ мм;

T – период стойкости сверла с материалом из быстрорежущей стали,
 $T=50$ мин [5,стр.280];

S – горизонтальная подача, $S=0,12$ мм/об [5,стр.277];

$C_v=9,8$ – коэффициент [5,стр.278];

$q=1,0$, $y=0,8$, $m=0,9$ – показатели степени [5,стр.278];

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV}, \quad (2.11.6)$$

где K_{MV} – коэффициент на обрабатываемый материал [5,стр.261] :

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (2.11.7)$$

где $k_r=1,0$, $n_v=1,0$ – постоянные коэффициенты [5,стр.262];

σ_B - предел прочности, $\sigma_B=655$ МПа;

Подставив численные значения в формулу (2.11.7) получим:

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{655} \right)^{1,0} = 1,14;$$

$K_{IV}=1,0$ – коэффициент на инструментальный материал [5,стр.263];

$K_{IV}=1,0$ – коэффициент , учитывающий глубину зенкерования[5, стр.280];

Подставив численные значения в формулу (2.11.6) получим:

$$K_V=1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0=1,14 .$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.5) получим:

$$V_p = \frac{9,8 \cdot 24^1}{50^{0,9} \cdot 0,12^{0,8}} \cdot 1,14 = 43,2 \text{ м / мин.}$$

Частота вращения инструмента определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 43,2}{\pi \cdot 24} = 573,1 \text{ об / мин.}$$

Крутящий момент рассчитывается по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{MP} , \quad (2.11.8)$$

где $C_M=0,0345$ – коэффициент [5,стр.281];

$q=2,0$, $x=0$, $y=0,8$ – показатели степени [5,стр.281];

K_{MP} – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки [5,стр.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n ,$$

где $n=0,75$ – показатель степени[5, стр.264] , тогда :

$$K_{MP} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90; .$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.8) получим:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 24^{2,0} \cdot 35^0 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 0,90 = 32,8 \text{ Нм} .$$

Осевая сила рассчитывается по формуле:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{MP}, \quad (2.11.9)$$

где $C_p=68$ – коэффициент [5, стр.281];

$q=1,0$, $x=0$, $y=0,7$ – показатели степени [5, стр.281];

K_{MP} – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки,

$K_{MP}=0,90$;

Подставив численные значения в формулу (2.11.9) получим:

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 35^0 \cdot 0,12^{0,7} \cdot 0,90 = 138,8 \text{ Н}.$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{32,8 \cdot 573,1}{9750} = 1,93 \text{ кВт}.$$

Основное технологическое время определяется по формуле :

$$T_o = \frac{L}{n_{cm} \cdot S_{cm}}, \quad (2.11.10)$$

где L – расчётная глубина отверстия :

$$L = l + l_1 + l_2,$$

где $l=47$ мм – глубина отверстия,

l_1 – величина врезания инструмента,

l_2 – величина перебега инструмента.

Можно принять $l_1 + l_2 = 0,47D = 0,47 \cdot 26 = 9,1$ мм.

Подставив численные значения в формулу (2.11.10) получим:

$$T_o = \frac{47 + 12,2}{573,1 \cdot 0,12} = 1,27 \text{ мин}$$

Рассверлить отверстие диаметром $\varnothing 45$ последовательно по программе.
Скорость резания определяется по формуле:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.11.5)$$

где D – диаметр сверления, $D=45$ мм;

T – период стойкости сверла с материалом из быстрорежущей стали,
 $T=90$ мин [5,стр.280];

S – горизонтальная подача, $S=0,2$ мм/об [5,стр.277];

$C_v=9,8$ – коэффициент [5,стр.278];

$q=1,0$, $y=0,8$, $m=0,9$ – показатели степени [5,стр.278];

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} , \quad (2.11.6)$$

где K_{MV} – коэффициент на обрабатываемый материал [5,стр.261] :

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (2.11.7)$$

где $k_r=1,0$, $n_v=1,0$ – постоянные коэффициенты [5,стр.262];

σ_B - предел прочности, $\sigma_B=655$ МПа;

Подставив численные значения в формулу (2.11.7) получим:

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{655} \right)^{1,0} = 1,14 ;$$

$K_{IV}=1,0$ – коэффициент на инструментальный материал [5,стр.263];

$K_{IV}= 1,0$ – коэффициент , учитывающий глубину зенкерования[5, стр.280];

Подставив численные значения в формулу (2.11.6) получим:

$$K_v=1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0=1,14 .$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.5) получим:

$$V_p = \frac{9,8 \cdot 45^1}{90^{0,9} \cdot 0,2^{0,8}} \cdot 1,14 = 31,75 \text{ м / мин.}$$

Частота вращения инструмента определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31,75}{\pi \cdot 45} = 224, \text{ об / мин.}$$

Крутящий момент рассчитывается по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{MP}, \quad (2.11.8)$$

где $C_M=0,09$ – коэффициент [5,стр.281];

$q=1,0$, $x=0,9$ $y=0,8$ – показатели степени [5,стр.281];

K_{MP} – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки [5,стр.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где $n=0,75$ – показатель степени [5,стр.264] , тогда :

$$K_{MP} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90; .$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.8) получим:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 45^{1,0} \cdot 35^{0,9} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,90 = 10,1 \text{ Нм} .$$

Осевая сила рассчитывается по формуле:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{MP}, \quad (2.11.9)$$

где $C_p=67$ – коэффициент [5,стр.281];

$q=0$, $x=1,2$, $y=0,65$ – показатели степени [5,стр.281];

K_{MP} – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки , в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки, $K_{MP}=0,90$;

Подставив численные значения в формулу (2.11.9) получим:

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 35^{1,2} \cdot 0,2^{0,65} \cdot 0,90 = 211,8 \text{ Н} .$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{10,1 \cdot 224}{9750} = 0,23 \text{ кВт.}$$

Основное технологическое время определяется по формуле :

$$T_o = \frac{L}{n_{cm} \cdot S_{cm}}, \quad (2.11.10)$$

где L – расчётная глубина отверстия :

$$L = l + l_1 + l_2,$$

где $l=47$ мм – глубина отверстия,

l_1 – величина врезания инструмента,

l_2 – величина перебега инструмента.

Можно принять $l_1 + l_2 = l = 47 \cdot 7 = 54$ мм.

Подставив численные значения в формулу (2.11.10) получим:

$$T_o = \frac{47 + 7}{224 \cdot 0,2} = 1,20 \text{ мин}$$

расточить отверстия $\varnothing 45$, $\varnothing 49,5$, $L=47$ последовательно по программе.

На данном переходе обработка производится резцом CoroTurn 107 для контурного точения, держатель S16R-SCLCR06, правый с механическим креплением неперетачиваемой пластины CCMT 06 02 08-PR, материал режущей части GC4035, рекомендуемые режимы резания: глубина резания $t=1,6(0,8-3,2)$ мм, подача $S=0,19(0,09-0,26)$ мм/об, скорость резания $V=235$ м/мин.

Частота вращения определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.11.1)$$

где, V – скорость резания, $V=235$ мм/мин;

D – диаметр, $D=49,5$ мм,

Подставив численные значения в формулу (2.11.1) получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 235}{\pi \cdot 49,5} = 1511 \text{ об / мин.}$$

Главная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.11.2)$$

где $C_p = 204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$ – постоянные коэффициенты по [5, стр.274];

t – глубина резания, $t=2,25$ мм;

$$K_p = k_{mp} k_{\varphi p} k_{\gamma p} k_{\lambda p} k_{rp}, \quad (2.11.3)$$

где k_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [5, стр.264] :

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где σ_B - предел прочности, $\sigma_B = 655$ МПа

$n=0,75$ – показатель степени [5, стр.264] , тогда:

$$k_{mp} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90;$$

$k_{\varphi p} = 0,89$ ($\varphi = 95^\circ$) , $k_{\gamma p} = 1,1$ ($\gamma = 0^\circ$) , $k_{\lambda p} = 0,98$ ($\lambda = 0^\circ$) ,

$k_{rp} = 0,9$ ($r = 0,8$ мм) – коэффициенты , учитывающие фактические условия резания [5, стр.275] .

Подставив численные значения в формулу (2.11.3) получим:

$$K_p = 0,90 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot 0,9 = 0,780;$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.2) получим:

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2,25^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 90^0 \cdot 0,780 = 1070 \text{ Н}.$$

Определим эффективную мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1070 \cdot 235}{1020 \cdot 60} = 4,11 \text{ кВт}.$$

Основное время обработки определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.11.4)$$

где n – частота вращения, $n=1511$ об/мин,

L – длина обработки:

$$L=l_o+l_n+l_{ep},$$

где, l_o - длина поверхности обработки, $l_o=47$ мм;

l_n - длина перебега, $l_n=0$ мм;

l_{ep} – длина врезания, $l_{ep}=$ мм;

Подставив численные значения в формулу (2.11.4) получим:

$$t_o = \frac{(47 + 0) \cdot 1}{1511 \cdot 0,2} = 0,15 \text{ мин.}$$

Расчет режимов резание для токарной операции 010

1) Точить с 47, 45 ± 0.33 , последовательно по программе.

На данном переходе обработка производится резцом CoroTurn 107 для контурного точения, держатель SCLCR2020K09, правый с механическим креплением неперетачиваемой пластины CCMG090308-MR, материал пластины GC1525 , рекомендуемые режимы резания: подача $S=0,2$ мм/об, скорость резания $V=90$ м/мин.

Частота вращения определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.11.1)$$

где, V – скорость резания, $V=90$ мм/мин;

D – диаметр, $D=117$ мм,

Подставив численные значения в формулу (2.11.1) получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 117} = 244 \text{ об / мин.}$$

Главная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.11.2)$$

где $C_p = 204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$ – постоянные коэффициенты по [5,стр.274];

t – глубина резания, $t=2$ мм;

$$K_p = k_{mp} k_{\varphi p} k_{\gamma p} k_{\lambda p} k_{r p}, \quad (2.11.3)$$

где k_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [5,стр.264] :

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где σ_B - предел прочности, $\sigma_B=655$ МПа

$n=0,75$ – показатель степени [5,стр.264] , тогда:

$$k_{mp} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90;$$

$$k_{\varphi p} = 0,89 (\varphi=95^0), \quad k_{\gamma p} = 1,1 (\gamma=0^0), \quad k_{\lambda p} = 0,98 (\lambda=0^0),$$

$k_{r p} = 0,9 (r=0,8\text{мм})$ – коэффициенты , учитывающие фактические условия резания [5,стр.275] .

Подставив численные значения в формулу (2.11.3) получим:

$$K_p = 0,90 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot 0,9 = 0,780;$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.2) получим:

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 90^0 \cdot 0,780 = 952\text{Н}.$$

Определим эффективную мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{952 \cdot 90}{1020 \cdot 60} = 1,40\text{кВт}.$$

Основное время обработки определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.11.4)$$

где n – частота вращения, $n=244$ об/мин,

L – длина обработки:

$$L = l_o + l_n + l_{\text{сп}},$$

где, l_o - длина поверхности обработки, $l_o=33,75$ мм;

l_n - длина перебега, $l_n=0$ мм;

l_{ep} – длина врезания, $l_{ep}=$ мм;

Подставив численные значения в формулу (2.11.4) получим:

$$t_o = \frac{(33.75 + 0) \cdot 1}{244 \cdot 0,2} = 0.69 \text{ мин.}$$

2) Точить с 45 ± 0.33 , $37 \pm 0,33$ последовательно по программе.

На данном переходе обработка производится резцом CoroTurn 107 для контурного точения, держатель SCLCR2020K09, правый с механическим креплением неперетачиваемой пластины CCMG090308-MR, материал пластины GC1525 , рекомендуемые режимы резания: подача $S=0,2$ мм/об, скорость резания $V=90$ м/мин.

Частота вращения определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} , \quad (2.11.1)$$

где, V – скорость резания, $V=90$ мм/мин;

D – диаметр, $D=117$ мм,

Подставив численные значения в формулу (2.11.1) получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 117} = 244 \text{ об / мин.}$$

Главная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.11.2)$$

где $C_p = 204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$ – постоянные коэффициенты по [5,стр.274];

t – глубина резания, $t=8$ мм;

$$K_p = k_{mp} k_{\varphi p} k_{\gamma p} k_{\lambda p} k_{rp}, \quad (2.11.3)$$

где k_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [5,стр.264] :

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где σ_B - предел прочности, $\sigma_B=655$ МПа

$n=0,75$ – показатель степени [5,стр.264] , тогда:

$$k_{mp} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90;$$

$$k_{\varphi p} = 0,89 (\varphi=95^\circ), \quad k_{\gamma p} = 1,1 (\gamma=0^\circ), \quad k_{\lambda p} = 0,98 (\lambda=0^\circ),$$

$k_{r p} = 0,9 (r=0,8 \text{ мм})$ – коэффициенты , учитывающие фактические условия резания [5,стр.275] .

Подставив численные значения в формулу (2.11.3) получим:

$$K_p = 0,90 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot 0,9 = 0,780;$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.2) получим:

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 8^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 90^0 \cdot 0,780 = 3807 \text{ Н}.$$

Определим эффективную мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{3807 \cdot 90}{1020 \cdot 60} = 5,59 \text{ кВт}.$$

Основное время обработки определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \tag{2.11.4}$$

где n – частота вращения, $n=244$ об/мин,

L – длина обработки:

$$L = l_o + l_n + l_{\text{вр}},$$

где, l_o - длина поверхности обработки, $l_o=23$ мм;

l_n - длина перебега, $l_n=0$ мм;

$l_{\text{вр}}$ – длина врезания, $l_{\text{вр}}=$ мм;

Подставив численные значения в формулу (2.11.4) получим:

$$t_o = \frac{(23 + 0) \cdot 1}{244 \cdot 0,2} = 0,47 \text{ мин.}$$

3) Точить с Ø71, Ø61 последовательно по программе.

На данном переходе обработка производится резцом CoroTurn 107 для контурного точения, держатель SCLCR2020K09, правый с механическим креплением неперетачиваемой пластины CCMG090308-MR, материал пластины GC1525, рекомендуемые режимы резания: подача $S=0,2$ мм/об, скорость резания $V=90$ м/мин.

Частота вращения определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.11.1)$$

где, V – скорость резания, $V=90$ мм/мин;

D – диаметр, $D=61$ мм,

Подставив численные значения в формулу (2.11.1) получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 61} = 469 \text{ об / мин.}$$

Главная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.11.2)$$

где $C_p = 204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$ – постоянные коэффициенты по [5, стр.274];

t – глубина резания, $t=2,5$ мм;

$$K_p = k_{mp} k_{\varphi p} k_{\gamma p} k_{\lambda p} k_{rp}, \quad (2.11.3)$$

где k_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [5, стр.264]:

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где σ_B - предел прочности, $\sigma_B=655$ МПа

$n=0,75$ – показатель степени [5, стр.264], тогда:

$$k_{mp} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90;$$

$k_{\varphi p}=0,89$ ($\varphi=95^0$), $k_{\gamma p}=1,1$ ($\gamma=0^0$), $k_{\lambda p}=0,98$ ($\lambda=0^0$),
 $k_{r p}=0,9$ ($r=0,8$ мм) – коэффициенты, учитывающие фактические условия резания
 [5,стр.275].

Подставив численные значения в формулу (2.11.3) получим:

$$K_p=0,90 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot 0,9=0,780;$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.2) получим:

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2,5^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 90^0 \cdot 0,780 = 1189H.$$

Определим эффективную мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1189 \cdot 90}{1020 \cdot 60} = 1,75кВт.$$

Основное время обработки определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.11.4)$$

где n – частота вращения, $n=496$ об/мин,

L – длина обработки:

$$L=l_o+l_n+l_{\text{вр}},$$

где, l_o - длина поверхности обработки, $l_o=8$ мм;

l_n - длина перебега, $l_n=0$ мм;

$l_{\text{вр}}$ – длина врезания, $l_{\text{вр}}=$ мм;

Подставив численные значения в формулу (2.11.4) получим:

$$t_o = \frac{(8+0) \cdot 1}{469 \cdot 0,2} = 0,08\text{мин.}$$

Расчет режимов резание для токарной операции 015

1) Точить с $\emptyset 117$, $\emptyset 115$, последовательно по программе.

На данном переходе обработка производится резцом CoroTurn 107 для контурного точения, держатель SCLCR2020K09, правый с механическим креплением неперетачиваемой пластины CCMG090308-MR, материал пластины GC1525, рекомендуемые режимы резания: подача $S=0,2$ мм/об, скорость резания $V=90$ м/мин.

Частота вращения определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.11.1)$$

где, V – скорость резания, $V=90$ мм/мин;

D – диаметр, $D=115$ мм,

Подставив численные значения в формулу (2.11.1) получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 115} = 249 \text{ об / мин.}$$

Главная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.11.2)$$

где $C_p = 204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$ – постоянные коэффициенты по [5, стр.274];

t – глубина резания, $t=1$ мм;

$$K_p = k_{mp} k_{\varphi p} k_{\gamma p} k_{\lambda p} k_{r p}, \quad (2.11.3)$$

где k_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [5, стр.264]:

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где σ_B - предел прочности, $\sigma_B=655$ МПа

$n=0,75$ – показатель степени [5, стр.264], тогда:

$$k_{mp} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90;$$

$$k_{\varphi p}=0,89 (\varphi=95^0), k_{\gamma p}=1,1 (\gamma=0^0), k_{\lambda p}=0,98 (\lambda=0^0),$$

$k_{r p}=0,9(r=0,8\text{мм})$ – коэффициенты, учитывающие фактические условия резания [5,стр.275].

Подставив численные значения в формулу (2.11.3) получим:

$$K_p=0,90 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot 0,9=0,780;$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.2) получим:

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 90^0 \cdot 0,780 = 475\text{Н}.$$

Определим эффективную мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{475 \cdot 90}{1020 \cdot 60} = 0,69\text{кВт}.$$

Основное время обработки определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.11.4)$$

где n – частота вращения, $n=249$ об/мин,

L – длина обработки:

$$L=l_o+l_n+l_{\text{вр}},$$

где, l_o - длина поверхности обработки, $l_o=37$ мм;

l_n - длина перебега, $l_n=0$ мм;

$l_{\text{вр}}$ – длина врезания, $l_{\text{вр}}=$ мм;

Подставив численные значения в формулу (2.11.4) получим:

$$t_o = \frac{(37 + 0) \cdot 1}{249 \cdot 0,2} = 0,75\text{мин}.$$

2) Точить с 45 ± 0.33 , 41 последовательно по программе.

На данном переходе обработка производится резцом CoroTurn 107 для контурного точения, держатель SCLCR2020K09, правый с механическим

креплением неперетачиваемой пластины CCMG090308-MR, материал пластины GC1525 , рекомендуемые режимы резания: подача $S=0,2$ мм/об, скорость резания $V=90$ м/мин.

Частота вращения определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} , \quad (2.11.1)$$

где, V – скорость резания, $V=90$ мм/мин;

D – диаметр, $D=115$ мм,

Подставив численные значения в формулу (2.11.1) получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 115} = 249 \text{ об / мин.}$$

Главная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.11.2)$$

где $C_p = 204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$ – постоянные коэффициенты по [5,стр.274];

t – глубина резания, $t=4$ мм;

$$K_p = k_{mp} k_{\varphi p} k_{\gamma p} k_{\lambda p} k_{r p}, \quad (2.11.3)$$

где k_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [5,стр.264] :

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n ,$$

где σ_B - предел прочности, $\sigma_B=655$ МПа

$n=0,75$ – показатель степени [5, стр.264] , тогда:

$$k_{mp} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90;$$

$k_{\varphi p}=0,89$ ($\varphi=95^0$) , $k_{\gamma p}=1,1$ ($\gamma=0^0$) , $k_{\lambda p}=0,98$ ($\lambda=0^0$) ,

$k_{r p}=0,9$ ($r=0,8$ мм) – коэффициенты , учитывающие фактические условия резания [5,стр.275] .

Подставив численные значения в формулу (2.11.3) получим:

$$K_p=0,90 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot 0,9=0,780;$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.2) получим:

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 4^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 90^0 \cdot 0,780 = 1903H.$$

Определим эффективную мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1903 \cdot 90}{1020 \cdot 60} = 2,79кВт.$$

Основное время обработки определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.11.4)$$

где n – частота вращения, $n=249$ об/мин,

L – длина обработки:

$$L=l_o+l_n+l_{сп},$$

где, l_o - длина поверхности обработки, $l_o=23$ мм;

l_n - длина перебега, $l_n=0$ мм;

$l_{сп}$ – длина врезания, $l_{сп}=$ мм;

Подставив численные значения в формулу (2.11.4) получим:

$$t_o = \frac{(23 + 0) \cdot 1}{249 \cdot 0,2} = 0,46мин.$$

3) Точить с Ø69, Ø61, последовательно по программе.

На данном переходе обработка производится резцом CoroTurn 107 для контурного точения, держатель SCLCR2020K09, правый с механическим креплением неперетачиваемой пластины CCMG090308-MR, материал пластины GC1525 , рекомендуемые режимы резания: подача $S=0,2$ мм/об, скорость резания $V=90$ м/мин.

Частота вращения определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.11.1)$$

где, V – скорость резания, $V=90$ мм/мин;

D – диаметр, $D=61$ мм,

Подставив численные значения в формулу (2.11.1) получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 61} = 471 \text{ об / мин.}$$

Главная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.11.2)$$

где $C_p = 204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$ – постоянные коэффициенты по [5, стр.274];

t – глубина резания, $t=2$ мм;

$$K_p = k_{mp} k_{\varphi p} k_{\gamma p} k_{\lambda p} k_{rp}, \quad (2.11.3)$$

где k_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [5, стр.264] :

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где σ_B - предел прочности, $\sigma_B=655$ МПа

$n=0,75$ – показатель степени [5, стр.264] , тогда:

$$k_{mp} = \left(\frac{655}{750} \right)^{0,75} = 0,90;$$

$k_{\varphi p}=0,89$ ($\varphi=95^0$) , $k_{\gamma p}=1,1$ ($\gamma=0^0$) , $k_{\lambda p}=0,98$ ($\lambda=0^0$) ,

$k_{rp}=0,9$ ($r=0,8$ мм) – коэффициенты , учитывающие фактические условия резания [5, стр.275] .

Подставив численные значения в формулу (2.11.3) получим:

$$K_p = 0,90 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \cdot 0,9 = 0,780;$$

Подставив численные значения в формулу (2.11.2) получим:

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 90^0 \cdot 0,780 = 951 \text{ Н.}$$

Определим эффективную мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{951 \cdot 90}{1020 \cdot 60} = 1.39 \text{ кВт.}$$

Основное время обработки определяется по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.11.4)$$

где n – частота вращения, $n=471$ об/мин,

L – длина обработки:

$$L = l_o + l_n + l_{ep},$$

где, l_o - длина поверхности обработки, $l_o=4$ мм;

l_n - длина перебега, $l_n=0$ мм;

l_{ep} – длина врезания, $l_{ep}=$ мм;

Подставив численные значения в формулу (2.11.4) получим:

$$t_o = \frac{(4 + 0) \cdot 1}{471 \cdot 0,2} = 0,04 \text{ мин.}$$

Операция 025 Зубофрезерная

Определяем глубину резания $t=11.25$ мм.

Определяем подачу на оборот фрезы $S_o=1,6$ мм/об.

Определяем табличное значение скорости резания $V=40$ м/мин.

Определяем частоту вращения фрезы:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 40}{\pi \cdot 140} = 91 \text{ об/мин}$$

Определяем частоту вращения по паспорту станка 90 об/мин.

Определим основное время:

$$T_0 = \frac{L_p \cdot Z_d}{S_o \cdot n \cdot \varepsilon \cdot a} = \text{мин.}$$

где L_p – длина рабочего хода, мм.

$$L_p = l_1 + l + l_2,$$

где l_1 — длина врезания, мм; принимаем $l_1 = 38$ мм;

l — длина обработки, $l=33$ мм;

l_2 — длина перебега, мм, $l_2=38$ мм.

$$L_p = 38 + 33 + 38=99\text{мм,}$$

где Z_d -число зубьев детали, $Z_d=21$;

S_o – подача на оборот фрезы: $S_o=1,6$ мм/об;

n – частота вращения фрезы об/мин;

ε – число заходов фрезы, принимаем $\varepsilon=1$;

a – количество одновременно обрабатываемых деталей, принимаем $a=1$

$$T_0 = \frac{99 \cdot 21}{1,6 \cdot 90 \cdot 1 \cdot 1} = 13,1 \text{ мин}$$

Таблица 18 – Режимы резания

Операция	Технологическое оборудование	Технологическая оснастка	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
010 Токарная с Чпу	Токарный с ЧПУ L300LA Абамет	Трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон тип 3205-250 DIN 6350, переходной адаптер Coromant C4-391-01-40 080A, адаптер для державки резца Coromant C4-131-00050-16	Держатель CoroTurn 107 SCLCR2020K09 и пластина к нему CCMG090308-MR, держатель CoroTurn 107 S16R-SCLCR06 и пластины к нему CCMT06002 08-PR и CCMT060204-WF, держатель	Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,05 ГОСТ 166-89, Линейка 300 ГОСТ 427-75

			Т-Мах RAG151.32-16М- 25 и пластина к нему N151.3-300- 30-4G	
015 Токарная с ЧПУ	Токарный с ЧПУ L300LA Абамет	Трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон тип 3205-250 DIN 6350, адаптер для державки резца Coromant C4-131-00050-16	Держатель CogoTurn 107 SCLCR2020K09 и пластина к нему CCMG090308-MR , держатель и CCMT060204- WF, держатель Т-Мах RAG151.32-16М- 25 и пластина к нему N151.3-300- 30-4G	Штангенцир куль ШЦ-1-250- 0,05 ГОСТ 166-89 , Линейка 300 ГОСТ 427-75
025 Зуборезная	Зуборезны й станок с ЧПУ HERA 500	Специальное зажимное приспособление,	Червячная фреза m 5 ГОСТ 9234-80 2510-4038 Daо=140 D=50 L=140 Угол подъёма витка 2°17'	Штангенцир куль с нониусом(Т У 2-034-773- 84)

2.КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

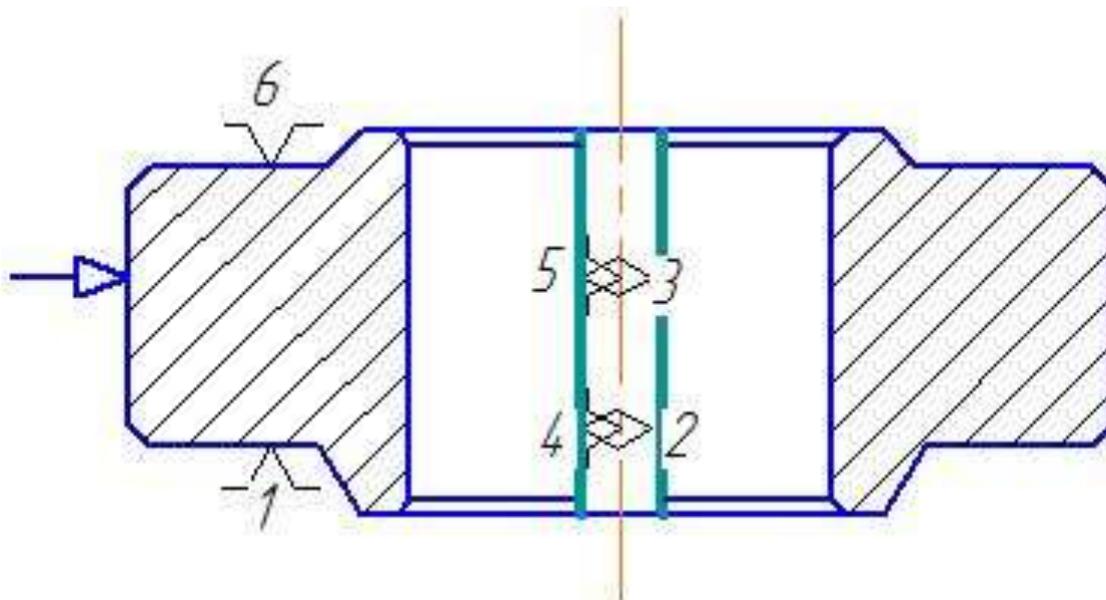
2.1 Анализ исходных данных и разработка технического задания

Приспособление применяется при долбежном операции 020 на станке модели ГД 200 и предназначено для базирования заготовки.

2.2 Разработка принципиальной и компоновки приспособления.

Рисунок 18 по наружными цилиндрическими поверхностями (направляющая база, которая лишает заготовку двух поступательных перемещений и двух вращений: опорные точки 1,2,), упором в с верху (опорная база: опорная точка б), опорная точка б служит для фиксации детали. Закрепление происходит при помощи сил W . Данное приспособление является специальным

Рис.18 - Схема базирования заготовки.



Выбор механизма закрепления

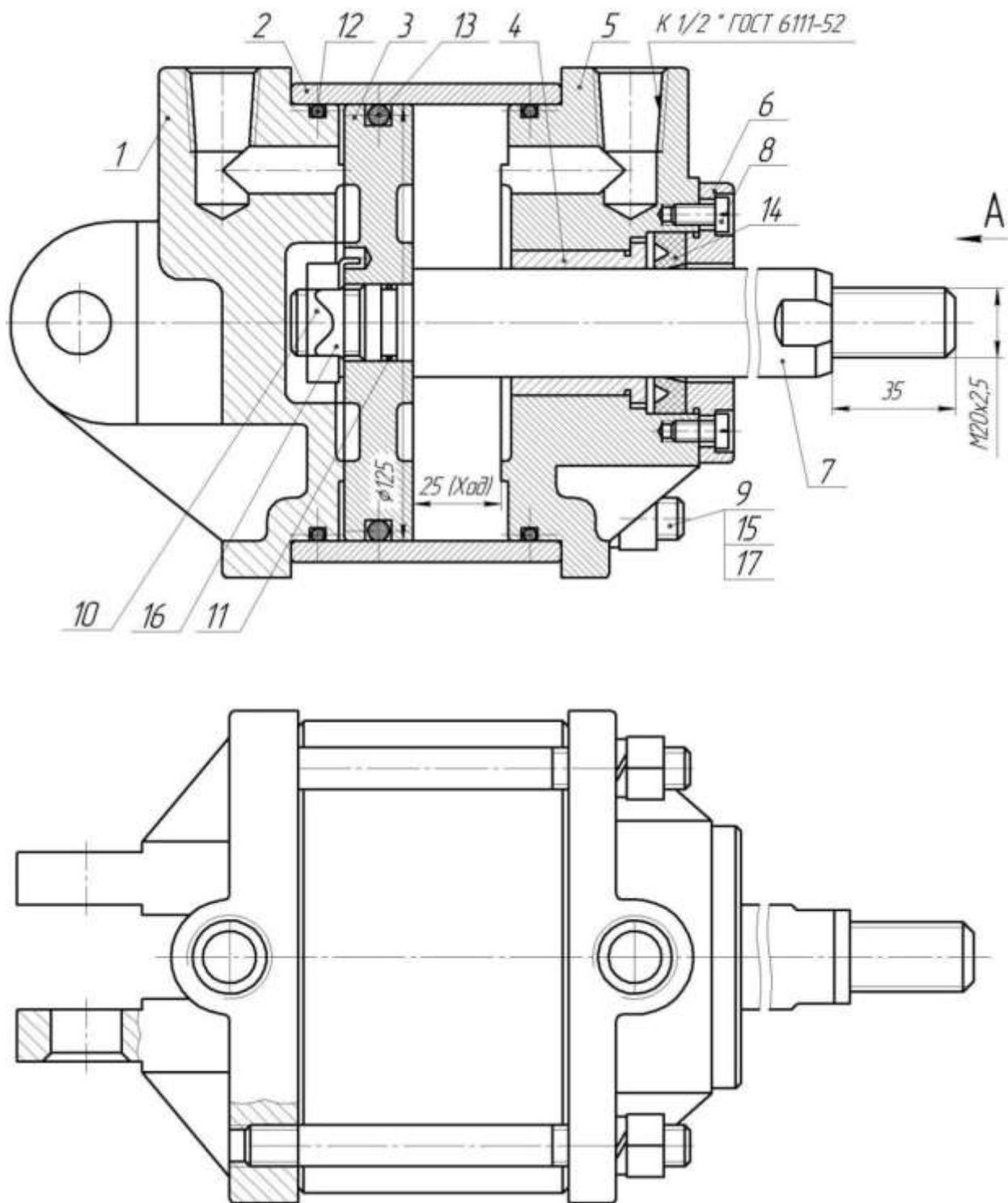


Рис.20 - Пневмоцилиндр

Сила зажима заготовки определяется из условия равновесия силовых факторов, действующих на заготовку.

2.3 Выбор и расчет привода зажимного устройства.

В качестве силового механизма выступает кондукторная плита и пневмоцилиндр.

Фактическая сила зажима, развиваемая пневмоцилиндром определяется по формуле:

$$Q = \frac{\pi(d_n^2 - d_{шт}^2)}{4} P \eta \quad (2.1)$$

где p - давление в пневмосистеме предприятия, $P=0,4-1,6$ МПа.

η - КПД пневмоцилиндра, $\eta=0,9$.

Тогда:

$$Q = \frac{3.14(125^2 - 34^2)}{4} * 1 * 0,9 = 2702 \text{ Н}$$

Данный зажим вполне удовлетворяет всем требованиям и обеспечивает необходимую зажимную силу, которая превосходит силы резания.

2.4 Описание конструкции и принципа работы приспособления

Приспособление содержит следующие основные детали: корпус поз. 28, плита поз. 19, прижим поз. 7, призма .27, втулка поз. 29.

В призме деталь по цилиндрической поверхностью устанавливается на опору и при помощи прижима, прижимает деталь к упору, происходит закрепление детали. После чего можно долбить шпон.паз.

2.5 Расчет приспособления на точность.

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки ε_0 , которая не должна превышать допуск выполняемого размера при обработке заготовки, т.е. $\varepsilon_0, \varepsilon_0 \leq \delta$

Определим необходимую точность приспособления, исходя из формулы, изложенной в [4, с. 85]:

$$\varepsilon_{пр} \leq \delta - k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon^2 + \varepsilon^2 + \varepsilon^2 + \varepsilon^2 + (k_{T2} + \omega)^2} \quad (2.2)$$

где - $\delta = 0,26$ мм – допуск выполняемого размера;

$k_{T1}=1.2$ - коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения, [4, с. 85];

$k_{T1}=0.8$ – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках, [4, с. 85];

$k_{T2}=0.6$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления, [4, с. 85];

$\varepsilon_b = 0$ погрешность базирования заготовки в приспособлении;

$\varepsilon_{\text{погрешность}}$ закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима, (табл. П4.) [4, с. 210];

$\varepsilon_y = 0 \text{ мм}$ - погрешность установки приспособления на станке;

$\varepsilon_n = 0.01$ – погрешность положения заготовки, возникающая в результате износа установочных элементов приспособления;

$\varepsilon_n = 0.005 \text{ мм}$ – погрешность от перекоса (смещения) инструмента; мм и

$\omega = 0,12$ – экономическая точность обработки $\omega = 0,12$ для долбления шпон.паза по 4 классу точности.

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq 0.26 - 1.2 \sqrt{(0.8 \cdot 0)^2 + 0.07^2 + 0.01^2 + 0.005^2 + (0.6 + 0.12)^2} = 0.14 \text{ мм}$$

Расчет точности показывает, что данное приспособление обеспечивает заданную точность при обработке заготовки.

.

2.6 Анализ технических требований

Приспособление предназначено для сверлений отверстий.

Приспособление достаточно простое в использовании. Для создания необходимого усилия предусмотрена шток. Загрузка - выгрузка деталей осуществляется вручную.

2.6.1 Анализ технологичности конструкции

Базовая деталь изделия имеет технологическую базу, обеспечивающую его достаточную устойчивость в процессе сборки. Унификация крепежных и других деталей способствует сокращению номенклатуры сборочных инструментов и более эффективному использованию средств механизации сборочных работ. При конструировании изделия обеспечивается возможность свободного подвода высокопроизводительных механизированных сборочных инструментов к местам соединения деталей.

На основании вышесказанного конструкцию изделия можно считать технологичным.

Таблица № 14 - Нормирование технологичного процесса сборки

№	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, топ, мин
	1. Установка плиты	0,5
1.	Установить уголок в приспособление	1,5
2.	Зажать винты	0,91
3.	Установить подкладную пластину	2,2
4.	Установить опорный палец	1,1
5	Закрепить корпус	3,0
6.	Установить пневмоцилиндр на плиту и закрепить	3,4
7	Установить вороток	1,3
8	Закрепить кондукторную плиту	1,1
9	Вставить втулки в плиту	0,8
	Итого:	15,81

