

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальной инженерии»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой

PhD, ассоц. профессор

Арымбеков Б.С.

«\_\_\_\_\_» 2021 г.



**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: Разработать технологический процесс изготовления детали «вал»

по специальности 05B071200 – Машиностроение

Выполнил

Нұртас Асан Аскербекұлы

Научный руководитель

к.т.н., ассоц. профессор

Аскарров Е.С.

«\_\_\_\_\_» 20\_\_\_\_ г.

Алматы 20\_\_\_\_

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт: Промышленной автоматизации и цифровизации имени А.  
Буркитбаева

Кафедра: Индустриальная инженерия



**ЗАДАНИЕ**

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Нұртас Асан Аскербекұлы

Тема: Разработать технологический процесс изготовления детали «вал»  
Утверждена приказом Ректора Университета №\_\_ –п от " \_\_ " \_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Срок сдачи законченной работы " \_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Исходные данные к дипломной работе: \_\_\_\_\_

Краткое содержание дипломной работы: описание детали

- а) Аналитический обзор научно-технической литературы;
- б) Определение типа производства, форм и методов организации работ;
- в) Анализ технологичности конструкции детали;
- г) Выбор заготовки;
- д) Разработка маршрута обработки детали;
- е) Размерный анализ технологического процесса;
- ж) Выбор оборудования;
- з) Расчет и назначение режимов обработки;
- и) Нормирование технологического процесса;
- к) Конструирование приспособления

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены \_\_\_\_\_ слайдов презентации работы.

Рекомендуемая основная литература: из 22 наименований

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Обзор научно-технической литературы		
Определение типа производства, составление маршрутной карты технологического процесса		
Размерный анализ технологического процесса		
Расчет припусков и технологически размеров		
Расчет режимов резания и нормирования операция технологического процесса		
Конструирование станочного приспособления		

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект)  
с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Оформление работы			
Нормоконтролер			

Научный руководитель



Аскарлов Е.С..

Задание принял к исполнению обучающийся



Нуртас А.А.

Дата « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

## АННОТАЦИЯ

Дипломдық жұмыс 41 беттен, 5 суреттен тұрады., 8 кесте., 22 дереккөз.  
Кілт сөздер: білік, технологиялық процесс, жабдық, құрылғы, өлшемді талдау, бөлшек.

Жұмысты жазудағы зерттеу нысаны "білік" бөлігі және оны жасаудың технологиялық процесі болды. Дипломдық жұмыс 2 бөлімнен тұрады. Кіріспеде таңдалған бағыт бойынша зерттеудің өзектілігі, Зерттеудің мақсаты мен міндеттері ашылады.

Бірінші бөлімде бөлшектерді дайындаудың операциялық процесі жасалады. Өндіріс түрі анықталады, технологиялық процестің маршруттық картасы жасалады, технологиялық өлшемдер, кесу режимдері және уақыт нормалары есептеледі.

Екінші бөлімде фрезерлік операция үшін қолданылатын арнайы станоктар жасалады.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из 41 стр., 5 рис., 8 табл., 22 источников.

Ключевые слова: вал, технологический процесс, оснастка, приспособление, размерный анализ, деталь.

Объектом исследования при написании работы была деталь «Вал» и технологический процесс ее изготовления. Дипломная работа состоит из 2-х разделов. Во введении раскрывается актуальность исследования по выбранному направлению, цель и задачи исследования.

В разделе первом проектируется операционный технологический процесс изготовления детали. Определяется тип производства, разрабатывается маршрутная карта технологического процесса, рассчитываются технологические размеры, режимы резания и нормы времени.

В разделе втором проектируется специальное станочное приспособление, которое будет использовано для фрезерной операции.

## ANNOTATION

The thesis consists of 41 pages, 5 figures, 8 tables, 22 sources.

Keywords: shaft, technological process, tooling, device, dimensional analysis, part.

The object of research when writing the work was the part "Shaft" and the technological process of its manufacture. The thesis consists of 2 sections. The introduction reveals the relevance of the research in the chosen direction, the purpose and objectives of the research.

In the first section, the operational technological process of manufacturing the part is designed. The type of production is determined, a route map of the technological process is developed, technological dimensions, cutting modes and time standards are calculated.

In the second section, a special machine tool is designed, which will be used for milling operations.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Технологическая часть	9
1.1 Анализ конструкции детали	9
1.2 Выбор заготовки	9
1.3 Структура технологического процесса	10
1.4 Выбор оборудования и технологической оснастки	12
1.5 Расчет припусков и технологических размеров	14
1.5.1 Построение приводятся графа в осевом направлении	14
1.5.2 Схема обработки в осевом направлении.	15
1.5.3 Расчет припусков.	16
1.5.4 Построение графа в радиальном направлении	18
1.6 Расчет режимов резания	22
1.7 Нормирование технологического процесса	28
2 Конструкторская часть	37
2.1 Техническое задание	37
2.2 Выбор приспособления	37
Заключение	
Список использованной литературы	

## ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс в машиностроение в значительной степени определяет развитие и совершенствование всех остальных отраслей. Важнейшими условиями ускорения научно-технического процесса являются рост производительности труда, повышение конкурентоспособности и улучшению качества.

Совершенствование технологических методов изготовления машин имеет при этом первостепенное значение. Качество машины, надежность, долговечность и экономичность в эксплуатации зависят не только от совершенства ее конструкции, но и от технологии производства. Применение прогрессивных высокопроизводительных методов обработки, обеспечивающих высокую точность и качество поверхностей деталей машины, методов упрочнения рабочих поверхностей, повышающих ресурс работы деталей и машины в целом - все это направлено на решение главных задач: повышения эффективности производства, конкурентоспособности и качества продукции.

Целью дипломного проекта является: разработка технологического процесса изготовления детали "вал" и оснастки для ее изготовления.

## 1. Технологическая часть

### 1.1 Анализ конструкции детали

Исходные данные.

Деталь: “Вал” (приложение 1);

Материал: Сталь, 40Х13 ГОСТ 5632 - 72;

Годовая программа выпуска – 200 шт.;

Тип производства – мелкосерийное.

На чертеже указаны все необходимые требования и данные для изготовления детали.

Деталь — вал, представляет собой тело вращения. Деталь имеет типичную цилиндрическую форму. Вал имеет два шпоночных паза на поверхности Ø13h9. Деталь изготавливается из жаропрочной коррозионностойкой стали (C=0,36-0,45%; S=0,025%; P=0.03%; Si=0,03%; Mn=0,8%; Cu=0,3%; N=0,6%; Cr=12-14%; Ti=0,2%). Из конструкции детали видно, что наиболее рациональным является получение детали из проката. При этом форма полученной заготовки приближается к форме готовой детали.

Деталь имеет габаритные размеры: длина – 332 мм, диаметр – 27 мм. Имеются точные размеры Ø15s7, Ø15h9, с шероховатостью  $R_A 0,63$ , которые полируются в конце технологического процесса. Также Ø23h9 и Ø23S7 для осуществления требуемой посадки в сборке. Для базирования детали на Ø23S7 предусмотрен буртик Ø27. Поверхности Ø15f9 обрабатываются под подшипники скольжения, Ø15s7 под манжету. Поверхности, на которых не указана шероховатость, выполнены с шероховатостью  $R_Z 40$ . Остальные размеры выполняются по H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$

После изготовления вал подвергается закалке ТВЧ до 35...40 HRC

### 1.2 Выбор заготовки

Существуют три пути выбора заготовки:

1. Грубая заготовка – конфигурация заготовки не повторяет конфигурацию детали, и только два, три размера заготовки близки к размерам детали. Сюда относятся заготовки – прокат различного профиля, штамповка свободной ковкой. Грубая заготовка характерна для малой программы выпуска, это единичное и мелкосерийное производство. Достоинством грубой заготовки является ее доступность и низкая стоимость, недостатком – большой расход материала и большой процент механической обработки.

2. Точная заготовка – повторяет почти полностью конфигурацию детали, и механически обрабатываются только самые точные размеры или те, которые нельзя получить в заготовке. Методы получения точных заготовок — точное литье, листовая штамповка, объемная штамповка, профильный прокат, прессование. Достоинства данной заготовки: небольшой расход материала, небольшой процент механической обработки, высокое качество и точность

поверхностного слоя. Недостатком является необходимость использования дорогостоящего и высокопроизводительного оборудования для производства заготовок. Применяется в массовом и крупносерийном производстве.

3. Заготовка на заказ – покупка точной заготовки на специализированном заводе.

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 40Х13 обладает достаточной пластичностью), ее габаритов, формы и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типом производства (мелкосерийное) выбираем в качестве исходной заготовки – прокат горячекатаный. Диаметр прутка выбираем 30 мм., длина прутка 2000 мм. Марка материала - Сталь 40Х13 ГОСТ 5632-72.

### **1.3 Структура технологического процесса**

Проектирование технологических процессов (ТП) механической обработки начинается с изучения служебного назначения детали, технических требований к ней, норм точности и программы выпуска, анализа возможности предприятия по обработке данной детали.

Проектирование ТП представляет собой многовариантную задачу, правильное решение которой требует проведения ряда расчетов. В начале проектирования предварительно устанавливаются вид обработки отдельных поверхностей заготовки и методы достижения их точности, соответствующие требованиям чертежа, серийности производства и существующего на предприятии оборудования.

При установлении последовательности операций следует руководствоваться следующими общими соображениями:

1. В первую очередь надо обрабатывать поверхности детали, которые являются базами для дальнейшей обработки.

2. Затем следует обрабатывать поверхности, с которых снимается наиболее толстый слой металла, так как при этом легче обнаруживаются внутренние дефекты заготовки (раковины, включения, трещины и т.п.).

3. Операции, где существует вероятность брака из-за дефектов в материале или сложности механической обработки, должны выполняться в начале процесса.

4. Далее последовательность операций устанавливается в зависимости от требуемой точности поверхности: чем точнее должна быть поверхность, тем позднее она должна обрабатываться, так как обработка каждой последующей поверхности может вызвать искажение ранее обработанной поверхности; это происходит из-за того, что снятие каждого слоя металла с поверхности детали вызывает перераспределение внутренних напряжений, что и вызывает деформацию детали.

5. Поверхности, которые должны быть наиболее точными и с наименьшей шероховатостью, должны обрабатываться последними; этим исключается или уменьшается возможность изменения размеров и повреждения окончательно

обработанных поверхностей. Если такие поверхности были обработаны ранее и потом выполнялись еще другие операции, то их обрабатывают повторно для окончательной отделки.

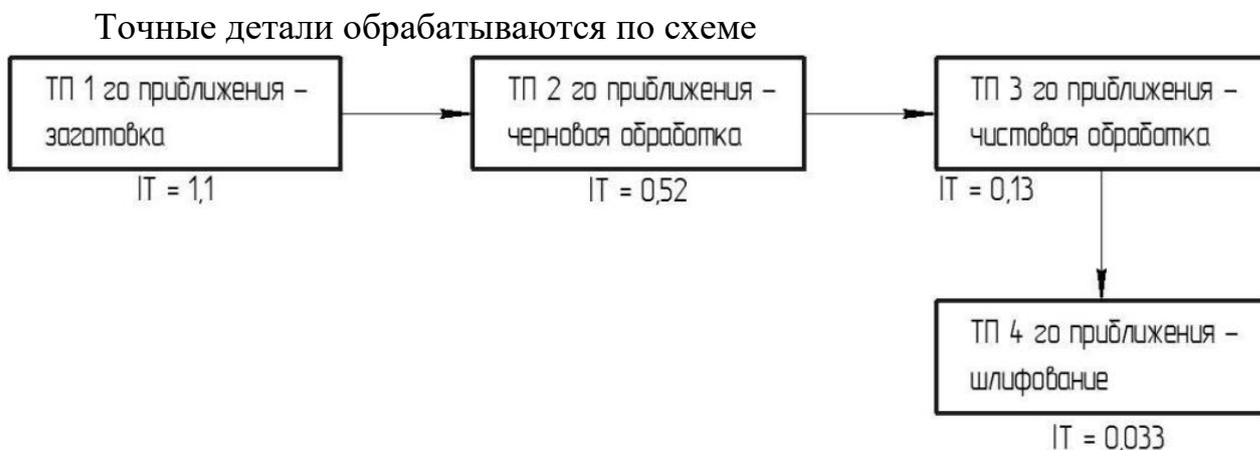
б. Совмещение черновой и чистовой обработки на одном и том же станке может привести к снижению точности обработанной поверхности вследствие влияния значительных сил резания и сил зажима при черновой обработке и большего износа деталей станка.

Структура технологического процесса – это последовательность и количество операций установок и переходов. Структура технологического процесса определяется: конфигурацией детали и заготовки (вид обработки) и точностью обработки (размеров, формы расположения поверхностей и шероховатость)

Фрезерно-отрезную операцию применяем для отрезки прутка на нужную длину. Первую токарную операцию применяем как черновую для предварительной обработки заготовки, черновой обдирки вала, подрезки торцев, сверления центровочных отверстий. Вторую токарную операцию используем для чистовой обработки вала, точения поверхностей.

Кругло шлифовальную операцию применяем для обработки поверхностей Ø15s7, Ø15h9. После выполнения полировки шероховатость данных поверхностей будет  $R_A$  0,63 мкм.

И последняя операция контрольная – применяется для окончательного контроля всех размеров.



$$E_{\Sigma} = \frac{IT_{\text{заг}}}{IT_{\text{дет}}} = \frac{1,1}{0,033} = 33,33$$

где E – уточнение

1-ое число приближение	1
2-ое меньш приближение	$E_{\Sigma} = \frac{IT_{\text{заг}}}{IT_{\text{черн}}} = \frac{1,1}{0,52} = 2,12$
3-ое допуск приближение	$E_{\Sigma} = \frac{IT_{\text{черн}}}{IT_{\text{чист}}} = \frac{0,53}{0,13} = 4$

4-оефрезной приближение	$E_3 = \frac{IT_{\text{чист}}}{IT_{\text{дет}}} = \frac{0,13}{0,033} = 3,94$
$E_{\Sigma}$	$E_{\Sigma} = E_1 \times E_2 \times E_3 \times E_4 = 1 \times 2,12 \times 4 \times 3,94 = 33,33$

#### 1.4 Выбор оборудования и технологической оснастки

При проектировании технологических процессов необходимо располагать всеми данными, характеризующими технологическое оборудование. Для этого необходимо иметь паспорт станков.

Выбор типа станка, прежде всего, определяется его возможностью обеспечить выполнение технических требований, предъявляемых к обработанной детали в отношении точности ее размеров, формы и шероховатости поверхностей. Если по характеру обработки эти требования можно выполнить на различных станках выбираю тот или другой станок для выполнений данной операции на основе следующих соображений:

1. Соответствие основных размеров станка габаритным размерам обрабатываемой детали;
2. Соответствие производительности станка количеству деталей, подлежащих обработке в течение года;
3. Возможно, более полное использование станка по мощности и по времени;
4. Наименьшая затрата времени на обработку;
5. Наименьшая себестоимость обработки;
6. Наименьшая отпускная цена станка;
7. Реальная возможность приобретения того или другого станка;
8. Необходимость использование имеющихся станков.

Одновременно с выбором станка надо установить какое приспособление необходимо для выполнения на данном станке намеченной операции. В единичном и мелкосерийном производстве широко применяется обработка с приспособлениями универсального типа, которые обычно являются принадлежностями станков (тиски, делительные универсальные головки, центра, кулачковые патроны и т.п.).

Также с выбором станка и приспособления для каждой операции выбирается необходимый режущий инструмент, обеспечивающий достижение наибольшей производительности, требуемых точности шероховатости обработанной поверхности; указывается краткая характеристика инструмента, наименование и размер, марка материала и номер стандарта. Применение того или другого типа инструмента зависит от следующих основных факторов: вида станка, метода обработки, материала обрабатываемой детали, ее размера и конфигурации, требуемых точности и шероховатости обработки, вида производства.

При выборе и установлении метода обработки наряду с режущим инструментом указывается измерительный инструмент, необходимый для

измерения детали в процессе ее обработки или после нее с краткой его характеристикой: наименование, тип, размер.

Все оборудование и технологическую оснастку (приспособление, режущий инструмент, вспомогательный и мерительный инструменты), используемые в данном технологическом процессе сводим в таблицу 1.

Таблица 1

№ операции	Наименование оборудования	Приспособление	Режущий инструмент	Марка режущего инструмента	Мерительный инструмент
1	2	3	4	5	6
005	Фрезерно-отрезной станок МП-61	Тиски с призм. губками	Фреза $\varphi 100$ ГОСТ 16230-81	P18	Шц-Ш-300-0,1 ГОСТ 166-89
010	Токарно-винторезный 1К62	Патрон трёх кулачковый ГОСТ 2675-80	Резец проходной упорный ГОСТ 18879-73	Пластина из твердого сплава Т15К6 ГОСТ 19045-80	Шц-Ш-300-0,1 ГОСТ 166-89
			Резец подрезной ГОСТ 18877-73	Пластина из твердого сплава Т15К6 ГОСТ 19045-80	
			Сверло центровочное тип А исполнение 1 ГОСТ 14952-75	P6M5	
020	Токарно-винторезный 1К62	Патрон паводковый ГОСТ 2571-71 Хомутик	Резец подрезной ГОСТ 18877-73	Пластина из сплава Т15К6 ГОСТ 19045-80	Шц-Ш-300-0,05 ГОСТ 166-89

		ГОСТ 16488-70	Резец проходной упорный ГОСТ 18879-73	Пластина из сплава Т15К6 ГОСТ 19045-80	Индикатор ГОСТ 5584-75
			Резец фасонный ГОСТ 18875-73	Р6М5	
025	Продольно-фрезерная	Делительная головка с поворотом на 180°	Фреза пазовая $\varphi$ 100 ГОСТ 3964-69	Р6М5	Нутромер ГОСТ 868-82 ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-80
030	Кругло шлифовальная 3Г12М	Патрон паводковый ГОСТ 2571-71 Хомутик ГОСТ 16488-70	Круг ГОСТ 2424-83	1 40x40x16 24А 25-П СТ К 35м/с А 1кл.	Микрометр ГОСТ 4381-87
035	Полировальная 3Б852				
040	Контрольная	Стол контролера			Микрометр ГОСТ 4381-87 ШЦ-III-300-0,05 ГОСТ 166-89 Индикатор ГОСТ 5584-75

## Расчет припусков и технологических размеров

### 1.5.1 Построение приводятся графа в осевом направлении (рис. 1)

Построение начинается с размерных связей заготовки на первой операции.

В качестве вершин граф-дерева выступают поверхности заготовки, припуска и готовой детали, а в качестве ребер технологические размеры, т.е. размеры, которые получаются при обработке, на которые настраивается станок. Построение граф-дерева является своеобразной проверкой правильности размеров, оно не должно иметь циклов и все поверхности должны быть привязаны к какой-либо базе. Технологические размеры будут составляющими

звеньями, конструкторские будут исходными, а припуски будут замыкающими звеньями. Для построения граф-дерева необходима комплексная схема с пронумерованными поверхностями заготовки, детали и припусков.

### 1.5.2 Схема обработки в осевом направлении.

Вычерчивается эскиз готовой детали (рис. 1) и на него наносятся припуски.

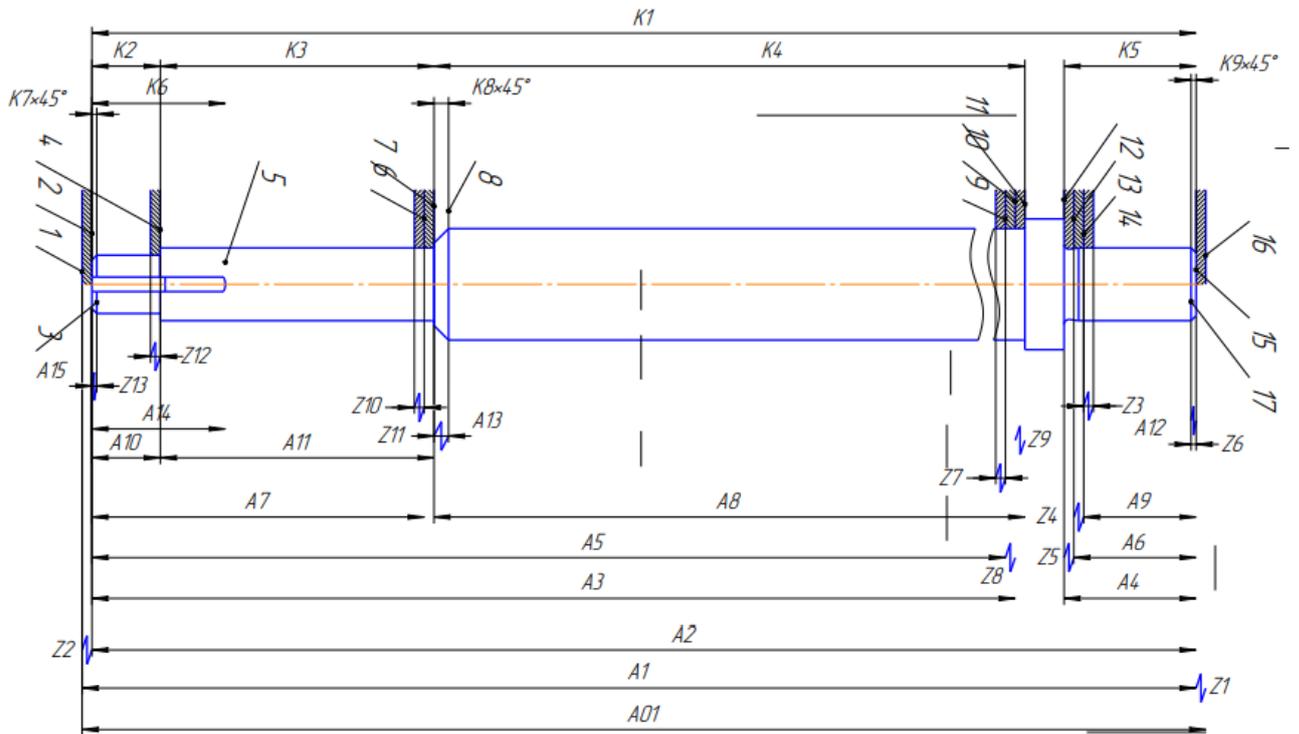


Рисунок 1. Схема размерного анализа осевых размеров

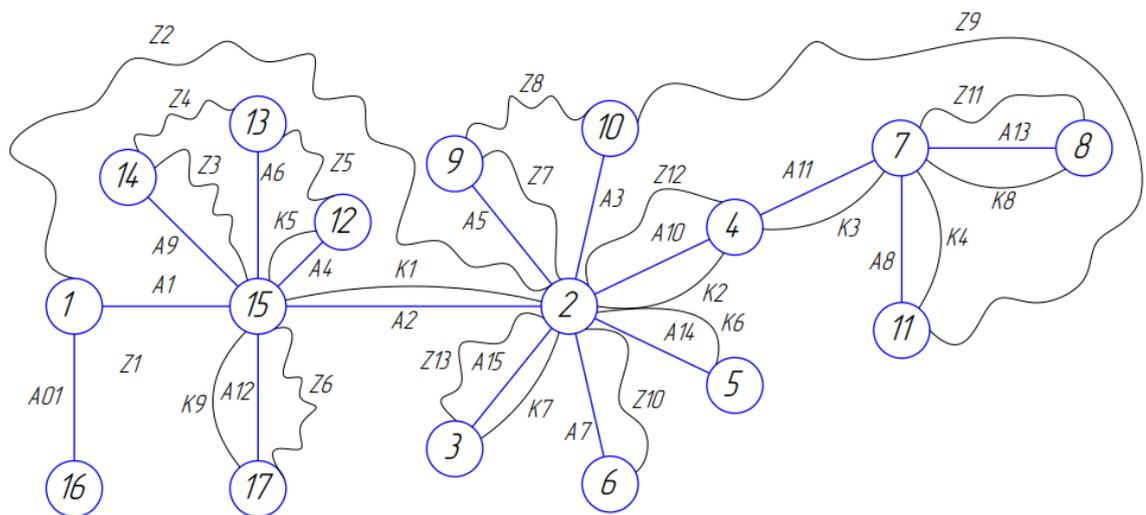


Рисунок 2. Граф-дерево осевых размеров

### 1.5.3 Расчет припусков.

Припуск - слой металла, который необходимо удалить, чтобы получить более качественную поверхность.

Определяем припуск по следующим формулам:

$$Z_{min} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + E_i^2}, \text{ мм}$$

$$Z_{max} = Z_{min} + J_{T_z}, \text{ мм}$$

$$Z_c = \frac{Z_{max} + Z_{min}}{2}, \text{ мм}$$

$$\Delta_z = \frac{J_{T_z}}{2}, \text{ мм, где}$$

$R_z$  - высота неровностей предшествовавшей обработке;

$T$  - дефектный слой предшествовавшей обработке;

$\rho$  - пространственное отклонение;

$E$  - погрешность установки на данной операции;

$Z_{max}$ ,  $Z_{min}$ ,  $Z_c$  - припуск максимальный, минимальный, средний;

$J_{T_z}$  - допуск,  $\Delta z$  - координата.

Рассчитанные припуски заносим в таблицу 2.

### Расчет припусков

Таблица 2.

Индекс	Состояние поверхности	$R_z$ , мк м	$T$ , мк м	$\rho$ , мк м	$E$ , мк м	$Z_{min}$ , мм	$J_{T_z}$ , мм	$Z_{max}$ , мм	$Z_c$ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Z_{1.2}$	После отрезки	160	150	80	260	0,6	2,8	3,4	2
$Z_{21.22}$	После отрезки	160	150	80	260	0,6	2,8	3,4	2
$Z_{13,14}$	После черного точения	80	50	80	70	0,28	0,5 3	0,81	0,54 5
$Z_{14.15}$	После черного точения	25	30	20	30	0,105	0,3 4	0,445	0,27 5
$Z_{7.8}$	После черного точения	80	50	80	70	0,28	1,4 8	1,76	1,02
$Z_{4.5}$	После черного точения	80	50	80	70	0,28	0,8 6	1,14	0,71
$Z_{16.17}$	После предварительного шлифования	20	30	40	20	0,11	0 214	0,324	0,21 7
$Z_{17.18}$	После чистового точения	25	20	20	40	0,105	0,3 4	0,445	0,27 5

Z <sub>18.19</sub>	После чистового точения	80	50	80	70	0,28	0,7 3	1,01	0,5
--------------------	-------------------------	----	----	----	----	------	----------	------	-----

### Расчет конструкторских размеров

Таблица 3.

Индекс	Предельный размер, мм	Допуск, мм	Среднее отклонение, мм	Средний размер, мм
1	2	3	4	5
K <sub>2.8</sub>	70±0,37	0,74	0	70
K <sub>2.21</sub>	332 <sub>-1,4</sub>	1,4	-0,7	331,3
K <sub>21.16</sub>	27±1	0,52	0	27
K <sub>15.16</sub>	8 <sub>-1,614</sub>	0,614	-0,807	7,193
K <sub>2.12</sub>	120±1	2	0	120
K <sub>8.10</sub>	3±0,175	0,25	0	3
K <sub>2.6</sub>	28±0,26	0,52	0	28
K <sub>2.5</sub>	14±0,215	0,43	0	14
K <sub>16.20</sub>	3 <sub>-0,544</sub>	0,544	-0,272	2,728
K <sub>5.6a</sub>	14±0,1	0,2	0	14
K <sub>12.12a</sub>	50±1	2	0	50

#### Пример расчета для размерной цепи T<sub>1,21</sub>:

$$K_{2,21} + Z_{1,2} + T_{21,1} = 0$$

$$T_{21,1} = K_{2,21} + Z_{1,2} = 331,3 + 2 = 333,3$$

$$\Delta_{21,1} = \Delta_{2,21} + \Delta_{1,2} = -0,7 + 1,4 = 0,7$$

Определяем отклонения и предельный размер для T<sub>1.14</sub>:

$$T_{пр} = T_{21,1} + \Delta_{21,1}$$

Тогда предельны размер: 332,6<sup>+1.4</sup>

### Расчет технологических размеров

Таблица 4.

Индекс	Уравнения размерных цепей	Средний размер, мм	Допуск, мм	Среднее отклонение, мм	Предельный размер, мм
1	2	3	4	5	6

A21.A0 1	$K2.K21+Z1.Z2+A21A01 = 0$ $A21.A1=K2.K21+Z1.Z2=331.3+2=333.3$ $\Delta_{21,1} = \Delta_{2,21}+\Delta_{1,2} = -0,7+1,4 = 0,7$	333,3	1,4	+0,7	$332,6^{+1,4}$
A22.A0 1	$-A22.A01+A01.A21+Z21.Z22 = 0$ $A22.A01=A01.A21+Z21.Z22=333.3+2=335.3$ $\Delta_{22,1} = \Delta_{1,21}+\Delta_{21,22} = 0,7+1,4 = 2,1$	335,3	1,4	+2,1	$332^{+2,8}_{+1,4}$
A21.A1 7	$-A21.A17+K16.K21-Z17.Z16 = 0$ $A21.A17=K16.K21-Z17.Z16=27-0.217=26.8$ $\Delta_{21,17} = \Delta_{16,21}+\Delta_{17,16} = 0-0,107 = -0,107$	26,8	0,13	-0,11	$26,9^{-0,05}_{-0,16}$
A21.A1 8	$-A21.A18+A17.A21-Z17.Z18 = 0$ $A21.A18=A17.A21-Z17.Z18=26.783-0.275=26.5$ $\Delta_{21,18} = \Delta_{17,21}+\Delta_{17,18} = -0,107-0.17 = -0.28$	26,5	0,21	-0,28	$26,8^{-0,17}_{-0,38}$
A21.A1 9	$-A21.A19+A18.A21-Z19.Z18=0$ $A21.A19=A18.A21-Z19.Z18=26.51-0.5=26$ $\Delta_{21,19} = \Delta_{18,21}+\Delta_{19,18} = -0.28-0.36 = -0,64$	26	0,52	-0,64	$26,64^{+0,14}_{-0,38}$
A4.A2	$-A4.A2+K2.K5-Z4.Z5=0$ $A4.A2=A2.A5-Z4.Z5=14-074=13.26$ $\Delta_{4,2} = \Delta_{2,5}+\Delta_{4,5} = 0-0,43 = -0,43$	13,26	0,43	-0,43	$13,69^{-0,215}_{-0,645}$
A15.A2	$-A15.A2+K21.K16-K16.K15=0$ $A15.A2=K2.K21-K21.K16-K16.K15=297.107$ $\Delta_{15,2} = \Delta_{2,21}-\Delta_{21,16}-\Delta_{16,15} = 0,107$	297,107	0,14	+0,1 07	$297^{+0,172}_{+0,042}$
A2.A14	$-A2.A14+A.15.A2-Z14.Z16=0$ $A2.A14=A15.A2-Z14.Z15=297.107-0.275=296.83$ $\Delta_{2,14} = \Delta_{15,2}-\Delta_{14,15} = 0,107-0.17 = -0.063$	296,8	0,21	- 0,063	$296,895^{+0,06}_{-0,16}$
A13.A2	$-A13.A2+A2.A14-Z14.Z13=0$ $A13.A2=A2.A14-Z14.Z13=296.832-0.545=296.3$ $A13.A2=A2.A14-Z14.Z13=-0.063-0.265=-0.328$	296,3	0,32	- 0,328	$296,615^{-0,14}_{-0,44}$
A2.A7	$-A2.A7+K8.K2-Z7.Z8=0$ $A2.A7=K8.K2-Z7.Z8=70-0.9=69.1$ $A2.A7=K8.K2-Z7.Z8=0-1.37=-1.37$	69,1	0,74	-1,37	$70,47^{-1}_{-1,7,4}$

#### 1.5.4 Построение графа в радиальном направлении

В радиальном направлении диаметры по ходу технологического процесса между собой не связаны, т.к. диаметры получаются по размерной цепи станка. А связанными по технологическому процессу будут оси. Поэтому в радиальном направлении строится граф-дерево несносности (рис. 4) в котором вершинами будут оси (поверхности вращения), а ребрами расстояния между ними или несносность, если все поверхности соосовместности получаются по трехзвенной цепочке: конструкторский диаметр, припуск, технологический диаметр ( $D_k - Z - D_t$ ). Если на это граф-дерево несносности нанести конструкторские несносности и припуски, то получатся циклы, которые будут размерными цепями несносности, где конструкторские несносности будут исходными звеньями,

несносность припусков будут замыкающими звеньями, а технологические несносности составляющими звеньями.

Но для построения граф-дерева несносности необходима комплексная схема с пронумерованными поверхностями заготовки, детали и припусков в радиальном направлении (рис. 3).

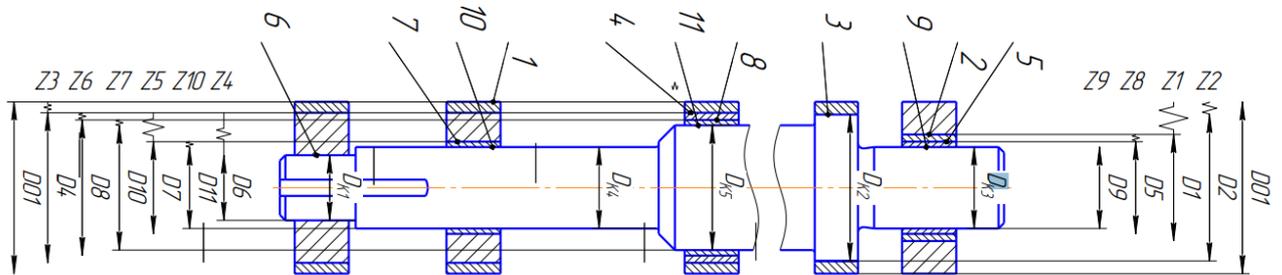


Рисунок 3. Схема размерного анализа диаметральных размеров

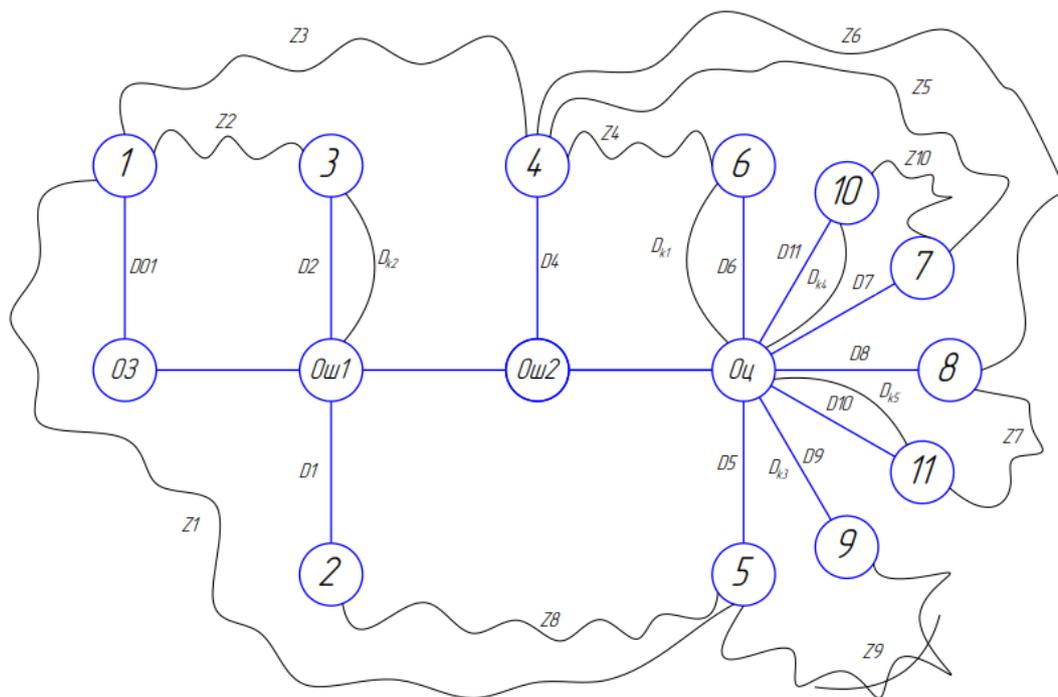


Рисунок 4. Граф-дерево диаметральных размеров

Расчет диаметров производится по трехзвенной цепочке и начинается расчет с конструкторского диаметра. Нам известны: конструкторский размер, минимальный припуск и допуск промежуточного размера. Допуск припуска считаем, как допуск замыкающего звена:

$$JTz = \sum_{i=1}^n |JT_i|;$$

$$JTz = JT_k + JT_t; \text{ где}$$

$JTk$  = допуск конструкторского размера;

$JTt$  = допуск технологического размера;

Допуск на припуск всегда проставляем со знаком плюс. Затем просчитываем среднее отклонение и средний размер. Технологический диаметр получаем суммированием среднего размера конструкторского диаметра и двойного среднего припуска. Предельные диаметры просчитываем после расчета среднего отклонения, который просчитывается по тому же уравнению, что и средний диаметр.

Расчет припусков сводим в таблицу 5, а расчет диаметральных размеров в таблицу 6.

### Расчет припусков

Таблица 5.

Индекс	Состояние поверхности	$R_z$ , мкм	$T$ , мкм	$\rho$ , мкм	$E$ , мкм	$Z_{min}$ , мм	$JT_z$ , мм	$Z_{max}$ , мм	$Z_c$ , мм	$\Delta_z$ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	После проката	150	150	10	220	0,62	1,84	2,44	1,53	0,91
	После черного точения	150	100	50	100	0,4	0,604	1,004	0,702	0,302
	После черного точения	150	100	50	100	0,4	0,25	0,652	0,522	0,125
	После черного точения	25	30	20	40	0,115	0,113	0,228	0,227	0,055
	После черного точения	150	100	50	100	0,4	0,54	0,94	0,67	0,27
	После черного точения	25	30	20	40	0,115	0,154	0,94	0,67	0,075
	После черного точения	40	50	25	20	0,135	0,061	0,196	0,166	0,03
	После черного точения	25	30	20	40	0,115	0,136	0,251	0,183	0,075
	После черного точения	150	100	50	100	0,4	0,25	0,652	0,522	0,125
	После черного точения	25	30	20	40	0,115	0,14	0,255	0,185	0,07
	После черного точения	40	50	25	20	0,135	0,113	0,248	0,192	0,055

## Пример расчета для размерной цепи D01:

Известно

Обозначение	Предельный размер, мм	Допуск, мм	Среднее отклонение, мм	Средний размер, мм	Расчет среднего размера
	$27_{-0,52}$	0,52	-0,26	26,74	26,74
	$0,62^{+1,82}$	1,82	+0,91	1,53	3,06

Пример расчета  $D_{01}$ :

$$\text{Допуск } IT_{03.01} = IT_{03} + IT_{01} = 0.52 + 1.3 = 1.82$$

$$\text{Среднее отклонение } \Delta_{01} = \Delta_{03} + \Delta_{03.01} = -0.26 + 0.91 = 0.65$$

$$\text{Средний размер } D_{01} = Z_{03.01} + D_{03} = 3.06 + 26.74 = 29.8$$

$$\text{Предельный размер } D_{01} = 29.15^{+1.3}$$

## Расчет диаметральных размеров

Таблица 6

Обозначение	Предельный размер, мм	Допуск, мм	Среднее отклонение, мм	Средний размер, мм	Расчет среднего размера
1	2	3	4	5	6
D3	$27_{-0,52}$	0,52	-0,26	26,74	26,74
Z01.Z3	$0,62^{+1,82}$	1,82	+0,91	1,53	3,06
D01	$29,15^{+1,3}$	1,3	+0,65	29,8	29,8
D10	13-0.043	0.043	-0.022	12.987	12.987
Z9.Z10	0.115+0.113	0.113	+0.057	0.172	0.344
D9	13.3+0.07	0.07	+0.035	13.331	13.331
Z8.Z9	0.4+0.25	0.25	+0.125	0.525	1.05
D8	$14,22^{+0,25}_{+0,07}$	0.18	+0.16	14.38	14.38
D16	$15^{-0,06}_{-0,059}$	0.043	-0.038	14.962	14.962
Z15.Z16	0.135+0.113	0.113	+0.057	0.192	0.384
D15	$15,15^{+0,055}_{-0,015}$	0.07	+0.02	15.35	15.35
Z14.Z15	$0,115^{+0,18}$	0.18	+0.09	0.205	0.41
D14	$15,65^{+0,016}_{+0,05}$	0.11	+0.105	15.76	15.76
Z4.Z14	$0,525^{+0,54}$	0.54	+0.27	0.795	1.59
D4		0.43	+0.38	17.35	17.35

	16,97 <sup>+0,6</sup> <sub>+0,17</sub>				
D13	23 <sub>-0,052</sub>	0.052	-0.026	22.974	22.974
Z13.Z15	0,115 <sup>-0,1363</sup>	0.136	+0.068	0.183	0.366
D5	23,3 <sup>+0,084</sup>	0.084	0.042	23.34	23.34
Z2.Z5	0,4 <sup>+0,6</sup>	0.6	+0.3	0.7	1.4
D2	24,3 <sup>+0,6</sup> <sub>+0,08</sub>	0.52	+0.34	24.74	24.74
D12	15 <sup>+0,046</sup> <sub>+0,028</sub>	0.018	+0.037	15.037	15.037
Z11.Z12	0,135 <sup>+0,16</sup>	0.061	+0.032	0.166	0.332
D11	15 <sup>+0,093</sup>	0.043	+0.069	15.37	15.37
Z7.Z11	0,115 <sup>+0,05</sup> <sub>+0,154</sub>	0.154	+0.08	0.192	0.384
D7	15,604 <sup>+0,2</sup> <sub>+0,1</sub>	0.11	+0.15	15.754	15.754
Z6.Z7	0,4 <sup>+0,54</sup>	0.54	0.27	0.67	1.34
D6	16,67 <sup>+0,62</sup> <sub>+0,2</sub>	0.42	+0.41	17.094	17.094

## 1.6 Расчет режимов резания

Выбор величин элементов резания и параметров инструмента для точения ведется в следующем порядке:

1. Выбирается глубина резания, устанавливаемая в зависимости от припуска на обработку и числа проходов.

Припуск разбивается на черновой и чистовой. Величина припуска определяется в зависимости от полученных при предыдущей обработке: величины дефектного слоя (упрочнение, отпуск, прижог и т. д.); микрогеометрии поверхности; погрешностей формы детали; погрешности установки детали для данной операции; допуска на выполнение предыдущей операции.

Необходимо стремиться к уменьшению числа проходов. Припуск под черновую обработку обычно снимается за 1-2 хода. Количество чистовых и отделочных ходов выбирается в зависимости от требуемых точности обработки, шероховатости поверхности и состояния поверхностного слоя детали.

2. Выбирается режущий инструмент - устанавливаются его тип, размер, материал и хорошая геометрия в зависимости от:

- вида обрабатываемой детали;
- характера обработки;
- материала режущей части инструмента;
- жесткости и виброустойчивости системы.

3. Определяются подачи в зависимости от:

а) вида детали и характеристики ее обрабатываемых поверхностей (жесткости прочности и виброустойчивости, состояния поверхностного слоя, микрогеометрии поверхности);

б) режущего инструмента (прочности, жесткости, износоустойчивости и виброустойчивости);

в) характеристики станка (прочности механизмов подачи, скоростей, жесткости, виброустойчивости и кинематики).

Принимается наибольшая подача, допускаемая вышеуказанными ограничивающими факторами. Действительную подачу принимают по паспорту станка, ближайшую к расчетной.

4. Выбирается период стойкости режущего инструмента в зависимости от типа и размера инструмента, характеристики обрабатываемой детали и условий работы. Средние значения периодов стойкости приводятся в соответствующих нормативах.

5. Определяются скорость резания и число оборотов шпинделя в зависимости от ранее выбранных факторов по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v, \text{ м/мин}$$

где

V- скорость резания, равно T [мин];

T- стойкость инструмента;

t - глубина резания в мм;

s- подача в мм/об;

$K_v$ , и  $u_v$ , - показатели степени соответственно при глубине резания и подаче;

$C_v$  - постоянная величина, зависящая от ряда факторов: материала инструмента, обрабатываемого материала, вида обработки (наружное точение, растачивание, подрезание и т. д.), характера обработки (черновая, чистовая, наличия охлаждения и др.)

$K_v$  - поправочный коэффициент который рассчитывается

$$K_v = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{IV},$$

где  $K_{MV}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{PV}$  - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{IV}$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Число оборотов рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} \text{ об/мин}$$

Определив расчетное число оборотов, принимают действительное число оборотов по паспорту станка ближайшее к расчетному. После чего уточняется скорость резания по формуле:

$$V = \frac{\pi \times d \times n_{\phi}}{1000} \text{ об/мин}$$

6. Определяется сила резания. Величина силы резания определяется по формуле, известной из курса «Резание металлов»:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p, \text{ Н}$$

$P_z$  - сила резания Н;

$C_p, x, y, n$  - поправочные коэффициенты табличные [1,272]

$K_p$  - поправочный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$K_p = K_{MP} \times K_{фP} \times K_{yP} \times K_{\lambda P} \times K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [2,Т.2,стр.264]:

7. Определение потребной мощности станка.

$$N = \frac{P_z \times V}{1000 \times 60}$$

В том случае, когда мощность электродвигателя меньше требуемой по расчету, следует снизить скорость резания, а не подачу. Значения постоянных коэффициентов и показателей степеней в формулах для определения скоростей и сил резания, а также поправочных коэффициентов для скорости и сил резания при измененных условиях обработки приводятся в нормативах режимов резания. В этих нормативах даются готовые таблицы и графики для определения элементов режимов резания (составленные на основании расчетных формул), которыми обычно и пользуются в практике проектирования технологических процессов, а также и в производственной практике. Однако в отдельных случаях выбранные нормативные величины элементов резания необходимо подтвердить расчетом.

Расчет режимов резания по эмпирическим зависимостям проводим для одного перехода токарно-винторезной операции, для сверлильной операции и для шлифовальной операции.

### Для токарной операции:

Первый переход (зерновая обработка вала):

Материал детали: Сталь 40Х13

Материал инструмента: Т15К6 резец проходной упорный

1. Глубина резания:  $t = Z_{03,02} = 2,85$  мм.
2. Поперечная подача по табл. 11 [2,Т.2,стр.266] для данной глубины резания  $S_{min} = 0,4$  мм/об,  $S_{max} = 0,6$  мм/об,  $S_{ep} = 0,5$  мм/об, но с учётом имеющихся подач на станке принимаем:

$$S = 0.52 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v,$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T = 50$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 350$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$  – определены по табл. 17 [2, Т.2, стр.269].

Коэффициент  $K_V$ :

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПV} \times K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [2, Т.2, стр.261]:

$$K_{MV} = K_V \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}$$

Значение коэффициента  $K_V$  и показатель степени  $n_V$  для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х13 берем из табл. 2 [2, Т.2, стр.262]:  $K_V = 1$ ,  $n_V = 1,75$ ;  $\sigma_B = 950$  МПа

$$K_{MV} = K_V \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \times \left( \frac{750}{950} \right)^{1,75} = 0,66;$$

$$K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 1,9$$

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПV} \times K_{ИV} = 0,66 \times 0,9 \times 1,9 = 1,13$$

Скорость резания, формула (7):

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_V = \frac{350}{50^{0,2} \times 2,85^{0,15} \times 0,52^{0,35}} \times 1,13 = 194,4 \text{ м/мин}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 194,4}{3,14 \times 24} = 1576 \text{ об/мин.}$$

5. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\phi} = 2500 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \times d \times n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \times 24 \times 2500}{1000} = 188,4 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \times C_P \times t^x \times S^y \times V^n \times K_P, \quad (8)$$

Значения коэффициентов:  $C_P = 300$ ;  $n = -0,15$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$  – определены по табл. 22 [2, Т.2, стр.273].

Коэффициент  $K_P$ :

$$K_P = K_{MP} \times K_{\phi P} \times K_{\gamma P} \times K_{\lambda P} \times K_{TP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По табл. 9,23 [2, Т.2, стр.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_V} = \left(\frac{950}{750}\right)^{0,75} = 1,2$$

$$\varphi=45^\circ, \gamma=10^\circ, \lambda=5^\circ, \Gamma=0,5^\circ.$$

$$K_P = K_{MP} \times K_{\varphi P} \times K_{\gamma P} \times K_{\lambda P} \times K_{\Gamma P} = 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,2.$$

Главная составляющая силы резания, форм. (8):

$$P_z = 10 \times C_P \times t^x \times S^y \times V^n \times K_P = 10 \times 300 \times 2,85^1 \times 0,52^{0,75} \times 188,4^{-0,15} \times 1,2 = 2863,4 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \times V}{1000 \times 60} = \frac{2863,4 \times 188,4}{1000 \times 60} = 8,8 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 1К62 - 10 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### Для фрезерной операции

Материал инструмента Р6М5 фреза дисковая Ø100 мм.

1. Глубина резания  $t = 3,5$  мм,
2. Подача по табл. [1, стр.85]:  $S_z = 0,06-0,10$  мм/об,  
Принимаем  $S_z = 0,08$  мм/об.
3. Скорость резания определяется по формуле

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times t^x \times S_z^y \times B^u \times Z^p} \times K_V, (7)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T = 120$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 68,5$ ;  $m = 0,26$ ;  $x = 0,3$ ;  $y = 0,2$ ;  $q = 0,25$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0,1$ ;  $m = 0,2$  - определены по табл. 39 [2, Т.2, стр.287].

Коэффициент  $K_V = 0,6$

Скорость резания (окружная скорость фрезы), формула (7):

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times t^x \times S_z^y \times B^u \times Z^p} \times K_V = \frac{68,5 \times 100^{0,25}}{120^{0,26} \times 3,5^{0,3} \times 0,08^{0,2} \times 3,2^{0,1} \times 14^{0,1}} \times 0,6 = 14,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 14,6}{3,14 \times 100} = 46,5 \text{ об/мин.}$$

5. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\phi} = 50 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \times d \times n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \times 100 \times 50}{1000} = 15,7 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле (8):

Значения коэффициентов:  $C_p = 68,2$ ;  $w = 0$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $q = 0,86$ ;  $u=1$ ;  $n=0,3$  — определены по табл. 41 [2, Т.2, стр.291].

Коэффициент  $K_p=1,3$

Главная составляющая силы резания, форм. (8):

$$P_z = \frac{10 \times C_p \times t^x \times S_z^y \times B^n \times z}{D^q \times n^w} \times K_p = \frac{10 \times 68,2 \times 3,5^{0,86} \times 0,08^{0,72} \times 3,2^{0,3} \times 14}{100^{0,86} \times 1} \times 0,95 = 116,8 \text{ Н}$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \times V}{1000 \times 60} = \frac{116,8 \times 15,7}{1020 \times 60} = 0,03 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 6А95 - 5,5 кВт, она достаточна для выполнения операции.

**Для шлифовальной операции:  $\varnothing 15, 15_{-0,015}^{+0,055}$**

Материал шлифовального круга 24А

$V_k = 35$  м/сек

$V_3 = 20$  м/мин

$S_{\text{прод}} S_{\text{прод}} = 7$  мм/об

$t = 0,025$  мм

по табл. 55 [2, Т.2, стр. 301]

Мощность резания:

$$N = C_N \times V_{\text{заг}}^r \times t^x \times S_{\text{прод}}^y$$

где  $C_N=1,3$ ;  $r=0,75$ ;  $x=0,85$ ;  $y=0,7$  по табл.56 [2,Т.2,стр.303]

$$N = 1,3 \times 20^{0,75} \times 0,025^{0,85} \times 7^{0,7} = 2,1 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 3Г-12М 3,2 кВт, она достаточна для выполнения операции.

**Для центровочной операции:**

Материал инструмента Р6М5 сверло центровочное  $\varnothing 2,5$  мм.

1. Подача по табл. 25 [2, Т.2, стр.277]:  $S_z = 0,04$  мм/об,

2. Скорость резания определяется по формуле

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S_z^y} \times K_V,$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=30$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v=3,5$ ;  $m=0,12$ ;  $y=0,45$ ;  $q=0,5$  – определены по табл. 28 [2, Т.2, стр.278].

$$K_V = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{IV},$$

$$K_V = 0,6 \times 1 \times 1 = 0,6$$

Скорость резания, формула (7):

$$V = \frac{3,5 \times 2,5^{0,5}}{30^{0,12} \times 0,04^{0,45}} \times 0,66 = 10,34 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

3. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 10,34}{3,14 \times 2,5} = 1317 \text{ об/мин.}$$

4. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\phi} = 1500 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \times d \times n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \times 2,5 \times 1450}{1000} = 50,11 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем осевую силу речами и крутящий момент по формул (8,9):  
Значения коэффициентов:  $C_p=143$ ; подач  $y=0,7$ ;  $q=1$ (для осевой силы);  $C_M=0,041$ ;  $y=0,7$ ;  $q=2$ (для крутящего момента) – определены по табл. 32 [2, Т.2, стр.281].

$$\text{Коэффициент } K_P = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_V} = \left(\frac{950}{750}\right)^{0,75} = 1,2$$

Осевая сила резания, форм. (8):

$$P_o = 10 \times C_p \times D^q \times S_z^y \times K_P = 10 \times 134 \times 2,5^1 \times 0,04^{0,7} \times 1,2 = 160,8 \text{ Н}$$

Крутящий момент, форм. (9):

$$M_{кр} = 10 \times C_M \times D^q \times S_z^y \times K_P = 10 \times 0,041 \times 2,5^2 \times 0,04^{0,7} \times 1,2 = 0,032 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \times n}{9750} = \frac{0,32 \times 1500}{9750} = 0,04 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 1К62 - 10 кВт, она достаточна для выполнения операции.

## 1.7 Нормирование технологического процесса

Норма штучного времени при выполнении станочных работ состоит из следующих основных частей:

1) основного или технологического времени;

- 2) вспомогательного времени;
- 3) времени обслуживания рабочего места;
- 4) времени перерывов на отдых и физические потребности.

Основное и вспомогательное время в сумме составляет время оперативной работы, или оперативное время.

Когда норма времени дается на изготовление одной штуки, она называется нормой штучного времени.

Кроме того, предусматривается подготовительно-заключительное время, которое в норму штучного времени не входит и определяется отдельно на всю партию деталей; при этом величина подготовительно-заключительного времени не зависит от размера партии.

Таким образом, общее калькуляционное время на одну штуку, или, иначе, штучно-калькуляционное время, складывается из штучного подготовительно-заключительного времени, приходящегося на одну штуку.

Основное (технологическое) время - это время, в течение которого производится снятие стружки, т. е. происходит изменение формы, размеров и внешнего вида детали. Если этот процесс совершается только станком без непосредственного участия рабочего, то это время будет машинно-автоматическим; если же процесс снятия стружки совершается станком при непосредственном управлении инструментом или перемещении детали рукой рабочего, то это время будет машинно-ручным.

В основное время входит время, затрачиваемое на врезание и перебег (подход и выход) режущего инструмента, на обратные ходы (у строгальных, долбежных и других станков), на проход инструмента при пробных стружках; поэтому при подсчете основного времени расчетная длина обработки принимается с учетом всех этих приемов.

Во вспомогательное время входит:

- 1) время управления станком - пуск, останов, перемена скорости и подачи и т. п.;
- 2) время на перемещение инструмента;
- 3) время на установку, закрепление и снятие приспособления, инструмента и детали во время работы;
- 4) время на приемы измерения детали: взять инструмент, установить, измерить, отложить инструмент и т. п.

Эти действия (или часть их) повторяются с каждой обрабатываемой деталью или в определенной последовательности через установленное число деталей.

Вспомогательное время может быть ручным, машинным или машинно-ручным (например, автоматическое перемещение суппорта станка, установка и снятие обрабатываемой детали с помощью подъемно-транспортных устройств и т.д.).

В целях наименьшей затраты времени на обработку следует, насколько возможно, некоторые действия, время на выполнение которых входит во

вспомогательное время, выполнять во время автоматической работы оборудования, т. е. вспомогательное время перекрывать машинным временем.

Исходя из этого, вспомогательное время следует разделять на перекрываемое и не перекрываемое машинным временем.

При автоматическом измерении детали в процессе ее обработки (активный контроль) время на измерение перекрывается машинным временем.

Обслуживание рабочего места подразделяется на техническое организационное; поэтому и время на обслуживание рабочего места подразделяется на время технического обслуживания и время организационного обслуживания.

Время технического обслуживания рабочего места затрачивается рабочим на уход за рабочим местом в процессе данной работы;

- 1) время на наладку и регулировку станка в процессе работы;
- 2) время на смену затупившегося инструмента;
- 3) время на правку инструмента оселком (резца) или алмазом (шлифовального круга) в процессе работы;
- 4) время на удаление стружки в процессе работы.

Время организационного обслуживания рабочего места затрачивается рабочим на уход за рабочим местом в течение смены;

- 1) время на раскладку инструмента в начале смены и уборку его по окончании смены;
- 2) время на чистку и смазку станка;
- 3) время на осмотр и опробование станка.

Время технического обслуживания рабочего места зависит непосредственно от основного (технологического) времени и поэтому его исчисляют в процентах к основному или при необходимости большей точности (для крупносерийного и массового производства) путем расчета.

Время организационного обслуживания рабочего места исчисляют в процентах к оперативному времени.

Время перерывов на отдых и физические потребности может быть принято лишь в размере, регламентированном условиями производства и условиями работы на данном станке, причем время перерывов на отдых вводится в норму времени только в случае физически тяжелых или утомительных работ. Время перерывов на отдых и на физические потребности исчисляется суммарно в процентах к оперативному времени.

Подготовительно-заключительное время, как уже отмечалось, устанавливается на всю партию деталей и в норму штучного времени не входит; оно включается в калькуляционное время.

В подготовительно-заключительное время входит:

- 1) время на ознакомление рабочего с работой и на чтение чертежа;
- 2) время на подготовку рабочего места, настройку станка, инструмента и приспособления для обработки заданной партии деталей;
- 3) время на снятие инструмента и приспособлений по окончании обработки данной партии деталей.

В массовом производстве, а также в крупносерийном, близком по организации технологического процесса массовому, подготовительно-заключительное время в норму времени станочника не входит, так как настройку станка, инструмента и приспособлений, а также подготовку рабочего места производят до начала работы смены специальные наладчики и вспомогательные рабочие.

В единичном и мелкосерийном производстве настройка станка, инструмента и приспособлений выполняется самим станочником, и время, затрачиваемое им на эту работу, достигает значительных размеров. В норму штучного времени это время не включается, но нормируется отдельно и оплачивается рабочему по отдельной расценке.

Норма штучного времени выражает следующей формулой:

$$t_{шт} = t_0 + t_B + t_{0б} + t_{ф} \text{ мин,}$$

где  $t_{шт}$  - норма штучного времени;

$t_0$ - основное (технологическое) время;

$t_B$ - вспомогательное время;

$t_{0б}$ - время обслуживания рабочего места;

$t_{ф}$ - время на физические потребности.

Так как время на обслуживание рабочего места складывается из времени на техническое обслуживание и времени на организационное обслуживание, то общая формула нормы штучного времени может быть написана в таком виде:

$$t_{шт} = t_0 + t_B + t_{т.0б} + t_{о.0б} + t_{ф} \text{ мин,}$$

Где  $t_{0б}$  – время на техническое обслуживание рабочего места;

$t_{о.0б}$ - время на организационное обслуживание рабочего места.

Оперативное время  $t_{оп}$  равно

$$t_{оп} = t_0 + t_B,$$

Норма времени на обработку данной партии деталей  $T_{п}$  выразится следующей формулой:

$$T_{п} = t_{шт} \times n + T_{пз},$$

где  $n$  - количество дет шей в партии в шт.;

$T_{пз}$  - подготовительно-заключительное время на всю партию деталей, мин.

Норма общего калькуляционного времени на 1 шт  $t_K$  или штучно калькуляционного времени, определяется по формуле:

$$t_K = \frac{T_{п}}{n} = t_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \text{ мин,}$$

Основное (технологическое) время, как указывалось выше, рассчитывается теоретическим путем. Принимая элементы режима резания по расчету или, как поступают обычно при проектировании, по готовым таблицам нормативов, рассчитывают время машинной обработки, пользуясь основной формулой, которая справедлива для всех видов обработки; выражение этой формулы видоизменяется в зависимости от того или другого вида обработки.

Основная формула основного (технологического) времени имеет следующее выражение:

$$t_0 = \frac{L \times i}{n \times S} \text{ мин,}$$

где  $t_0$  - основное (технологическое) время в мин;

$L$  - расчетная длина обработки в направлении подачи в мм;

$n$  - число оборотов шпинделя в минуту для станков с вращательным движением или число двойных ходов в минуту для станков с прямолинейным движением;

$S$  - подача за один оборот или на один двойной ход главного движения (движения резания) в мм;

$i$  - число проходов.

#### Вспомогательное время.

Так как в состав вспомогательного времени входит много разнообразных действий и приемов, то нормативы времени сводятся в группы для отдельных действий в зависимости от их характера. Так, отдельно составляются:

- 1) нормативы вспомогательного времени на установку и снятие деталей;
- 2) нормативы вспомогательного времени, связанного с переходом, обработкой одной поверхности и операцией;
- 3) нормативы вспомогательного времени на контрольные измерения обработанной поверхности.

Нормативы времени, затрачиваемого на установку и снятие детали, даются на комплекс приемов (установка, снятие, закрепление, открепление) в зависимости от вида и конструкции и приспособления, способов установки, закрепления и выверки детали, веса (массы), длины и способа подъема ее.

Нормативы вспомогательного времени, связанного с переходом, устанавливаются для определенной группы станков (токарных, карусельных, расточных, револьверных, сверлильных, фрезерных, строгальных и др.), для которых даются:

- 1) время на приемы управления станком, связанные с переходом (включение и выключение подачи, подвод и отвод инструмента, установка на стружку и т. д.);
- 2) время на перемещение механизмов станка;
- 3) время на вывод инструмента (например, сверла) для удаления стружки.

Нормативы вспомогательного времени, связанного с обработкой одной поверхности, даются для кругло шлифовальных, внутришлифовальных и плоско шлифовальных станков; нормативы содержат время на подвод и отвод стола или шлифовального круга, включение и выключение подачи, изменение режима работы, промер детали в процессе обработки.

Нормативы вспомогательного времени на операцию предусматривают затрату времени на комплекс всех приемов, выполняемых для данной операции, включая время на установку и снятие детали.

Продолжительность вспомогательных действий, производимых при изготовлении детали и входящих в состав вспомогательного времени, определяется, так же, как и подготовительно-заключительное время, по нормативам, разработанным на основе опытных данных, полученных в результате изучения и обобщения опыта работы новаторов, а также на основе руководящих материалов научно-исследовательских и проектных организаций.

### Вспомогательное время определяем по формуле:

$$T_B = K \times (T_{y.c.} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из} \text{ мин},$$

где  $T_{y-е}$  - время на установку и снятие детали, мин;

$T_{з.о.}$  - время на закрепление и открепление детали, мин;

$T_{уп}$  - время на управление станком, мин;

$T_{из}$  - время на измерение детали, мин;

$K$  - коэффициент зависящий от серийности.

$K=1,85$  (среднесерийное производство);

### Время на отдых и обслуживание:

$$T_{об.от} = \frac{П_{об.от}}{100} \times T_{оп},$$

где  $T_{об.от}$  - время на обслуживание оборудования и отдых, мин;

$П_{об.от}$  - процент  $T_{об.от}$  от оперативного времени ( $T_{оп}$ ), %;

Основное время определяем по формуле:

$$t_0 = \frac{L \times i}{n \times S} \text{ мин},$$

где  $L$  - расчётная длина обработки, мм;

$i$  - число рабочих ходов;

$n$  - частота вращения шпинделя, об/мин;

$S$  - подача, мм/об (мм/мин).

### Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_B + l_{сх} + l_{пд}$$

где  $l$  - размер детали на данном переходе, мм;

$l_B$  - величина врезания инструмента, мм;

$l_{сх}$  - величина схода инструмента, мм;

$l_{пд}$  - величина подвода инструмента, мм.

Принимаем:  $l_{сх} = l_{пд} = 1$  мм.

### Величина врезания инструмента:

$$l_B = \frac{0,5 \times t}{tg\varphi}$$

где  $t$  - глубина резания, мм;

$\varphi$  - угол в плане.

**Тогда окончательная формула для определения основного времени:**

$$t_0 = \left( l + \frac{0,5 \times t}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S},$$

Таблица расчета технологического времени

Таблица 7

L	$l_{вр}+l_{пер}$	i	n	S	$t_0$	$t_{всп}$	$t_{оп}$	прим
Фрезерно-отрезная								
30	2	1	600	0,5	0,18	1,2	1,38	отрезка
ИТОГО ВРЕМЯ НА ОПЕРАЦИЮ:								
Токарная операция (черновая)								
2	2	1	200	0,074	0,135	1,05	1,185	Подрезка
4,1	3	1	1500	0,04	0,43	1,47	1,9	Сверление
35	5	4	480	0,9	0,26	1,5	1,75	Точение
23	5	4	630	0,43	0,137	0,54	0,677	Точение
30	2	1	200	0,074	0,27	0,46	0,73	подрезка
4,1	3	1	1500	0,04	0,43	1,47	1,9	сверление
300	5	4	1000	0,52	0,581	0,07	0,651	Точение
27	2	1	630	0,084	0,066	0,23	0,295	подрезка
ИТОГО ВРЕМЯ НА ОПЕРАЦИЮ:							9,098	
Токарная операция (чистовая)								
120	5	1	1000	0,35	0,349	0,43	0,779	Точение
70	5	2	630	0,4	0,571	0,51	1,081	Точение
14	5	2	630	0,12	0,423	0,49	0,913	Точение
177	5	1	630	0,4	0,71	0,11	0,82	Точение
50	5	1	1000	0,2	0,26	0,11	0,37	Точение
77	5	1	1000	0,25	0,316	0,11	0,426	Точение
27	2	1	630	0,075	0,042	0,23	0,272	подрезка
56	5	1	1000	0,12	0,483	0,11	0,593	Точение
23	2	1	630	0,075	0,127	0,23	0,357	подрезка
14	5	1	1000	0,12	0,267	0,22	0,482	Точение
15	5	1	630	0,05	0,032	0,23	0,262	Точение
27	2	1	1000	0,12	0,242	0,11	0,352	подрезка
27	5	1	630	0,075	0,169	0,23	0,399	Точение
ИТОГО ВРЕМЯ НА ОПЕРАЦИЮ:							10,39	
Продольно-фрезерная								
26	16	1	50	0,08	1,53	0,43	1,96	
26	16	1	50	0,08	1,53	0,43	1,96	
ИТОГО ВРЕМЯ НА ОПЕРАЦИЮ:							3,92	
Кругло шлифовальная								
27	14	9	63	7	0,34	0,34	1,07	шлифование
27	14	13	63	5,6	1,33	0,28	1,61	шлифование
56	14	8	63	7	1,18	0,34	1,52	шлифование
18	14	11	63	5,6	0,84	0,28	1,12	шлифование

38	14	13	63	5,6	1,73	0,28	2,01	шлифование
14	14	12	63	5,6	0,78	0,28	1,06	шлифование
ИТОГО ВРЕМЯ НА ОПЕРАЦИЮ:							8,39	

## Пример расчета

### I. Токарная операция

Переход 1 (черновая обработка):

$$t_0 = \left( l + \frac{0,5 \times t}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{нд} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left( 35 + \frac{0,5 \times 2}{tg45^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{630 \times 0,43} = 0,317 \text{ мин.}$$

$$t_{з.о} = 0,24 \text{ мин;}$$

$$t_{вп} = 0,1 \text{ мин;}$$

$$t_{из} = 2 \times \frac{0,24 \times 25}{100} + \frac{0,06 \times 25}{100} = 0,2 \text{ мин;}$$

$$t_B = 1,85 \times (0,1 + 0,24 + 0,2) = 0,54 \text{ мин;}$$

$$t_{оп} = t_0 + t_B = 0,137 + 0,54 = 0,677 \text{ мин.}$$

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Техническое задание

В качестве операции для проектирования оснастки была выбрана фрезерная операция.

Техническое задание на проектирование специального приспособления приведено в таблице 8.

Таблица 8

Раздел	Содержание раздела
Наименование область применения	Зажимное устройство для фрезерования шпоночного паза вала на горизонтально - фрезерном станке модели 6Р80.
Основание разработки	Операционная карта технологического процесса обработки вала.
Цель назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление заготовки с целью получения необходимой точности размеров; удобство установки, закрепления и снятия заготовки.
Технические (тактико-технические) требования	Тип производства - мелкосерийное. Программа выпуска - 200 шт. в год. Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку модели 6Р80.
Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка (раздел - Конструкторская часть), чертеж общего вида для технического проекта специального приспособления, спецификация.

### 2.2 Выбор приспособления

Описание конструкции и работы приспособления

Приспособление применяется при фрезеровании пазов в заготовке. Базирование заготовки в приспособлении производится по центровочному отверстию и цилиндрической поверхности заготовки.

Приспособление предназначено для фрезерования в заготовке двух шпоночных пазов, расположенных через 180°. Поворот на 180° осуществляется за счёт делительной головки.

Приспособление состоит из опорной стойки 5 с расположенным в двух закалённых втулках 6 полым шпинделем 4, в который вставляются сменные цанги 2, зажимаемые грибковой гайкой 3. Шейка шпинделя имеет два гнезда, куда входит фиксатор 11 под действием пружины 10. Вывод фиксатора из гнезда осуществляется эксцентриковым валиком 9 с рукояткой 8, закреплённой на валике штифтом 7. Конец детали поддерживается задней бабкой 1.

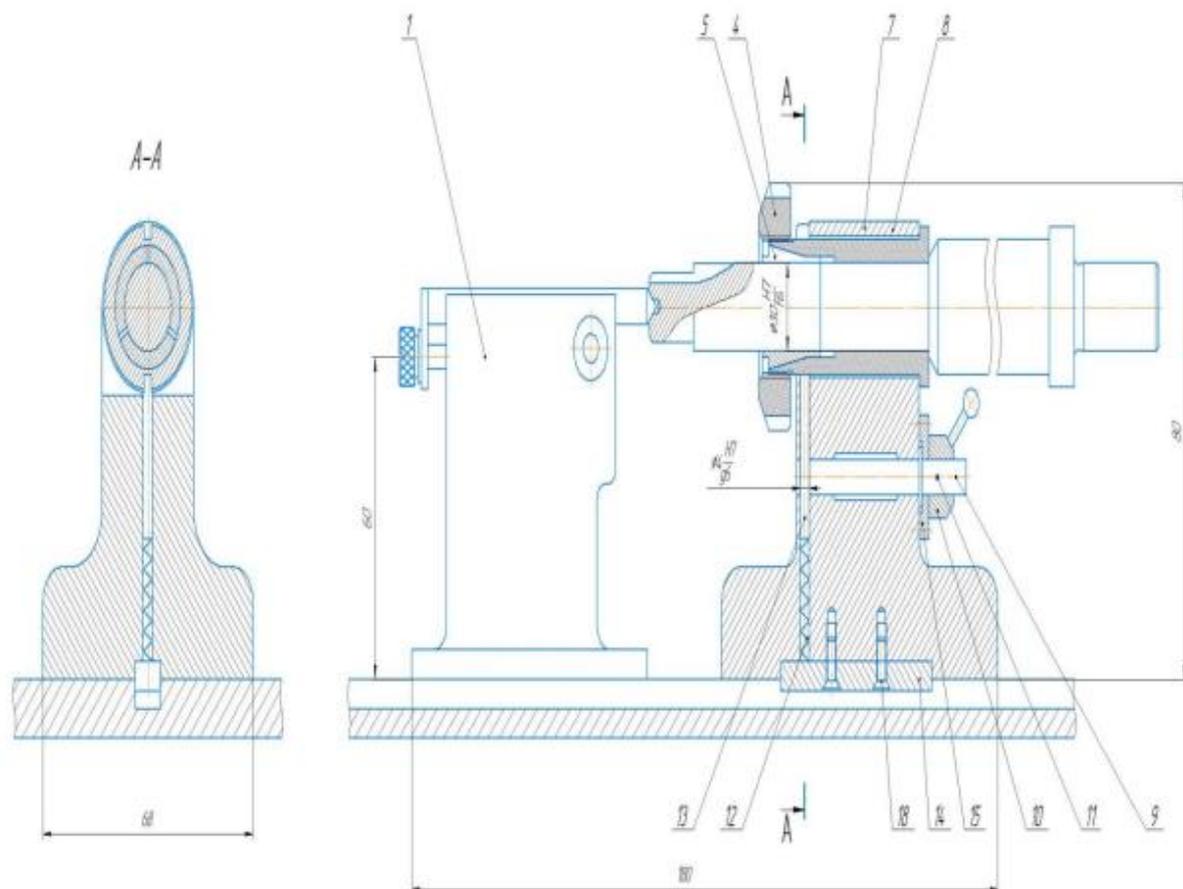


Рисунок 5. Компонировка приспособления приведен на листе формата А3

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Дипломная работа выполнена согласно задания на дипломную работу на тему: «Разработать технологический процесс изготовления детали «вал».

Важнейшими условиями ускорения научно-технического процесса являются рост производительности труда, повышение конкурентоспособности и улучшению качества.

Совершенствование технологических методов изготовления машин имеет при этом первостепенное значение. Качество машины, надежность, долговечность и экономичность в эксплуатации зависят не только от совершенства ее конструкции, но и от технологии производства. Применение прогрессивных высокопроизводительных методов обработки, обеспечивающих высокую точность и качество поверхностей деталей машины, методов упрочнения рабочих поверхностей, повышающих ресурс работы деталей и машины в целом - все это направлено на решение главных задач: повышения эффективности производства, конкурентоспособности и качества продукции.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Режимы резания металлов. Справочник. Под ред. Ю.В. Барановского. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1972г.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985г.
3. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. - 6-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1982г.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора — машиностроителя: В 3-х т. - 5-е изд., перераб и доп. - М.: Машиностроение, 1980г.
5. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979г., 303 стр., ил.
6. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков - 4-е изд., исправл. доп. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1975г.
7. Егоров М.Е. и др. Технология машиностроения. Учебник для вузов. Изд. 2-е, доп. М., “Высш. школа”, 1976., 534 стр., ил.
8. Технология машиностроения: В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения:
9. Учебник для вузов / Под ред. А. М. Дальского. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1999г. – 564 с., ил.
10. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов / Под ред. С. Л. Мурашкина. – М.: Высш. школа, 2003г. – 278 с., ил.
11. Станочные приспособления: Учебное пособие/ А.Г.Схирладзе, В.Ю. Новиков, Г.А. Мелетьев – Йошкар-Ола, ГТУ, 1998г. – 170 с.
12. Станочные приспособления: Справочник Том 1 - т./Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А.Шатилова - М.: Машиностроение, 1984 г. – 592 с., ил. 101
13. Станочные приспособления: Справочник Том 2 - т./Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А.Шатилова - М.: Машиностроение, 1984 г. – 592 с., ил.
14. С.В. Кирсанов, В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе, В.И. Кокарев. Инструменты для обработки точных отверстий.– М.: Машиностроение, 2005 г., изд. 2 –е переработанное и дополненное.
15. Современные конструкции инструментов для сверления и растачивания глубоких отверстий. Кирсанов С.В., Инженерный журнал. Справочник с приложением. №2(95), 2005 г.
16. Смазочно-охлаждающие технологические средства, применяемые при обработке глубоких отверстий. Кирсанов С.В. , Инженерный журнал. Справочник с приложением. №6(51), 2001 г.
17. Мотузко Ф.Я. Охрана труда. – М.: Высшая школа, 1989. – 336с.
18. Безопасность жизнедеятельности. /Под ред. Н.А. Белова - М.: Знание, 2000 - 364с.

19. Самгин Э.Б. Освещение рабочих мест. – М.: МИРЭА, 1989. – 186с.3
20. Справочная книга для проектирования электрического освещения. / Под ред. Г.Б. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976.
21. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов; Под общ. ред. Е.Я. Юдина – М.: Машиностроение, 1985. – 400с., ил.
22. Зинченко В.П. Основы эргономики. – М.: МГУ, 1979. – 179с. 23. Методические указания к курсовой работе по экономике фирмы. – Томск: Изд. ТПУ, 2000

**Протокол анализа Отчета подобия**

**заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Нұртас Асан Аскербекұлы ,

**Название:** Разработать технологический процесс изготовления детали «вал»

**Координатор:** Профессор Аскарров Е.С. ,

**Коэффициент подобия 1:2.1**

**Коэффициент подобия 2:1.2**

**Замена букв:1**

**Интервалы:0**

**Микропробелы:0**

**Белые знаки:0**

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

**Обоснование:**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Дата



Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
.....



Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Дата

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Нұртас Асан Аскербекұлы ,

**Название:** Разработать технологический процесс изготовления детали «вал»

**Координатор:**Профессор Аскарров Е.С. ,

**Коэффициент подобия 1:2.1**

**Коэффициент подобия 2:1.2**

**Замена букв:1**

**Интервалы:0**

**Микропробелы:0**

**Белые знаки: 0**

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....

.....  
Дата

.....  
  
Подпись Научного руководителя