

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

Институт электронного обучения
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Кафедра Технологии машиностроения и промышленной робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование технологического процесса изготовления корпуса и оснастки

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л23	Акулов Владислав Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Михаевич Е.П	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Ю.И.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Вильнин А.Д.			

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

Институт электронного обучения
Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение»
Кафедра Технологии машиностроения и промышленной робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
Вильнин А.Д.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л123	Акулову Владиславу Александровичу

Тема работы:

Проектирование технологического процесса изготовления корпуса и оснастки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Чертёж детали корпус Технологический процесс изготовления детали 15000 шт./год Сталь 30Л Особых требований нет</i>

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><i>Технологическая часть: Определение типа производства, анализ технологичности конструкции детали, разработка маршрутного техпроцесса, размерный анализ, расчёт режимов резания, подбор оборудования, расчёт основного времени.</i></p> <p><i>Конструкторская часть: расчёт и проектирование оснастки.</i></p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p><i>Чертеж детали, чертеж заготовки, размерный анализ технологического процесса, карта технологического процесса, чертеж приспособления, схема сборки.</i></p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>Технологическая часть</p>	<p>Михаевич Е.П</p>
<p>Конструкторская часть</p>	<p>Михаевич Е.П.</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Шулинина Ю.И.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Федорчук Ю.М.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01.02.2017</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

<p style="text-align: center;">Должность</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Ученая степень, звание</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p style="text-align: center;">Доцент</p>	<p style="text-align: center;">Михаевич Е.П.</p>	<p style="text-align: center;">к.т.н. доцент</p>	<p> </p>	<p> </p>

Задание принял к исполнению студент:

<p style="text-align: center;">Группа</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p style="text-align: center;">3-8Л23</p>	<p style="text-align: center;">Акулов Владислав Александрович</p>	<p> </p>	<p> </p>

Оглавление

1. Проектирование технологического процесса.....	5
1.1. Исходные данные.....	5
1.2. Назначение детали и ее конструкторско-технологическое описание	6
1.3. Анализ технологичности конструкции детали.	7
1.4. Определение типа, форм и методов организации производства.	8
1.5. Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления.....	10
1.6. Выбор типового технологического процесса.....	11
1.7. Проектирование технологического процесса изготовления детали.	12
1.7.1. Разработка маршрута обработки поверхностей заготовки и содержания технологических операций.	12
1.7.2. Размерный анализ технологического процесса: расчет допусков, припусков, промежуточных и исходных размеров заготовки.....	23
1.9. Расчет и назначение режимов обработки.	24
1.10. Нормирование технологического процесса.	27
1.11. Технико-экономическое обоснование и показатели технологического процесса.....	29
2. Проектирование специального станочного приспособления.	33
2.1. Анализ исходных данных и разработка технического задания.	36
2.2. Разработка принципиальной схемы и компоновки приспособления.....	37
2.3. Конструирование и расчет функциональных элементов приспособления и исполнительных размеров.....	38
2.4. Разработка схемы для расчета и определения сил закрепления	40
2.5. Выбор и расчет привода зажимного устройства.....	45
2.6. Разработка технических требований на изготовление и сборку приспособления	47
2.7. Описание конструкции и принципа работы приспособления.....	53
2.8. Расчет приспособления на точность	55
2.9. Расчет экономической эффективности	56

2.10. Анализ технических требований	53
2.11. Анализ технологичности конструкции	53
2.12. Разработка технологической схемы сборки	54
2.13. Проектирование технологии сборки приспособления	54
Заключение	59
Список использованной литературы	60

1. Проектирование технологического процесса.

1.1. Исходные данные.

Разработать технологический процесс изготовления изделия, представленного на рисунке 1.

Разработать специальное приспособление

Годовая программа выпуска изделий - 15000 шт.

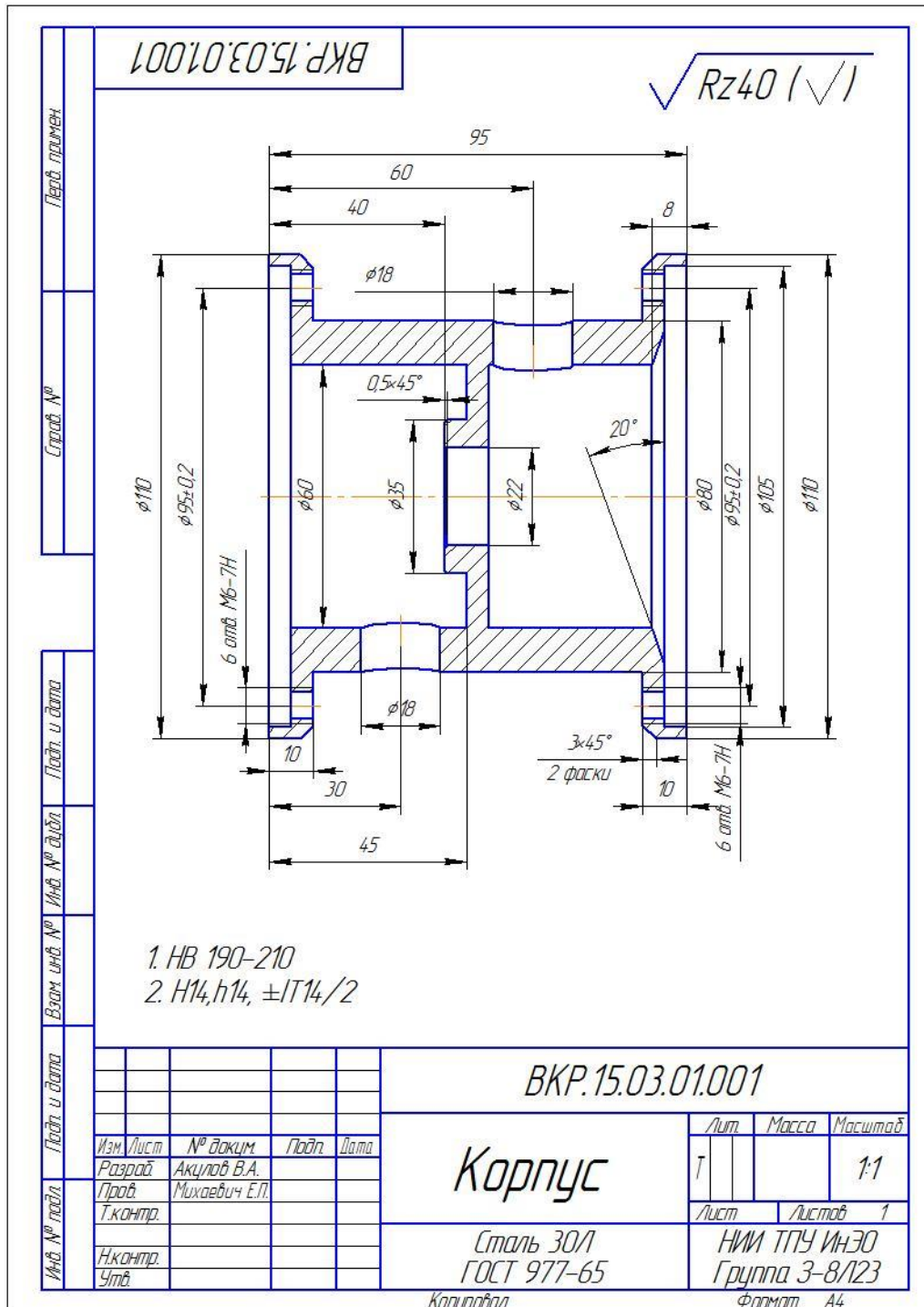


Рисунок 1. Чертеж детали

1.2. Назначение детали и ее конструкторско-технологическое описание

Данная деталь относится к классу корпусов.

Так как сборочного чертежа, где располагается деталь "корпус" у нас нет, то о назначении детали и особенностях работы мы не знаем и при расчетах опираемся только на точностные требования, заданные конструктором.

Предположительно корпус является неким переходным элементом в трубопроводной арматуре, т.к. имеет на торцах отверстия с помощью которых вероятно осуществляются фланцевые соединения.

В таблице 1 приведен химический состав и свойства материала детали Сталь 30Л ГОСТ 977-65. Следует отметить, что это литейная Сталь, т.е. в состоянии поставки она имеет форму отливок.

Класс: Сталь для отливок обыкновенная

Таблица 1 – Химический состав стали 30Л



Термообработка: Нормализация 880 - 900°C, Отпуск 610 - 630°C.

Твердость материала: $HV 10^{-1} = 131 - 217$ МПа

Температура критических точек: $A_{c1} = 735$, $A_{c3}(A_{cm}) = 813$, $A_{r3}(A_{rcm}) = 796$, $A_{r1} = 677$

Свариваемость материала: ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Флокеночувствительность: не чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости: не склонна.

Обработываемость резанием: в отожженном состоянии при $HV 160$ $K_{u\text{тв.спл}}=1,25$ и $K_{u\text{б.ст}}=1,0$

Температура начала затвердевания, °C: 1490-1504

Показатель трещиностойчивости, $K_{т.у.}$: 1,0

Склонность к образованию усадочных раковин, $K_{у.р.}$: 1,0

Жидкотекучесть, $K_{ж.т.}$: 1,0

Линейная усадка, %: 2.2 - 2.3

Склонность к образованию усадочной пористости, $K_{у.п.}$: 1,0

1.3. Анализ технологичности конструкции детали.

Качественная оценка

Деталь имеет простую конструкцию. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь является достаточно жесткой. Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

Предварительную обработку наружных и внутренних поверхностей предполагается делать на токарном станке, отверстия обрабатывать на сверлильном.

Форма детали удобна для изготовления и автоматического контроля, не требует специальных приспособлений при обработке поверхностей. Конфигурация детали обеспечивает легкое удаление стружки.

Количественная оценка

Количественная оценка технологичности выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности.

а. Коэффициент точности обработки

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{IT_{\text{ср}}}$$
$$IT_{\text{ср}} = \frac{\sum IT_i \times n_i}{n}$$

где,

n- количество поверхностей

IT_i - квалитет i-ой поверхности

$IT_{\text{ср}}$ - средний квалитет детали

$$IT_{\text{ср}} = \frac{14 \times 16}{16} = 14$$

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{14} = 0,93$$

б. Коэффициент шероховатости обработки

$$K_{Ra} = 1 - \frac{1}{Ra_{\text{ср}}}$$

$$Ra_{cp} = \frac{\sum Ra_i \times n_i}{n}$$

где,

n - количество поверхностей

Ra_i - шероховатость i -ой поверхности

Ra_{cp} - средняя шероховатость детали

$$Ra_{cp} = \frac{6,3 \times 14}{14} = 6,3$$

$$K_{Ra} = 1 - \frac{1}{6,3} = 0,84$$

Оба исследуемых коэффициента по своим значением меньше единицы. С учетом вышесказанного конструкция детали является технологичной.

1.4. Определение типа, форм и методов организации производства.

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле [5]:

$$K_{з.о} = \frac{t_b}{T_{cp}}, \quad (1)$$

где t_b – такт выпуска детали, мин.;

T_{cp} – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_b = \frac{F_r}{N_r},$$

где F_r – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

N_r – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по табл.5 [5,стр.23] при односменном режиме работы: $F_r = 2015$ ч.

Тогда

$$t_6 = \frac{F_2}{N_2} = \frac{4015 \times 60}{15000} = 16,06 \text{ мин}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n}, \quad (2)$$

где,

$T_{ш.кi}$ – штучно – калькуляционное время i - ой основной операции, мин.;

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3 операции ($n=3$): токарную с ЧПУ, сверлильную и шлифовальную операции (см. операционную карту).

Штучно – калькуляционное время i - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [5,стр.173]:

$$T_{ш.кi} = \varphi_{к.i} * T_{о.i}, \quad (3)$$

где,

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

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

Для первых двух операций (токарных с ЧПУ): $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2} = 2,14$;

для сверлильной $\varphi_{к.3} = 1,72$,

Основное технологическое время первой операции

$$T_{о.1} = 0,037d^2 + 0,052d^2 + 0,17dl + 0,17dl$$

$$T_{о.1} = 0,037 * 110^2 + 0,052 * 110^2 + 2 * 0,17 * 60 * 95 = 3,01 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по форм.

(3):

$$T_{ш.к 1} = \varphi_{к.1} * T_{о.1} = 2,14 * 3,01 = 6,45 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй токарной операции

$$T_{0,2} = 0,037d^2 + 0,052d^2 + 2*0,17dl + 2*0,052(D^2 - d^2)$$

$$T_{0,2} = 0,037*110^2 + 0,052*110^2 + 2*0,17*110*95 + 2*0,052(110^2 - 80^2) = 5,52 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, форм. (3):

$$T_{ш.к.2} = \varphi_{к.2} * T_{0,2} = 2,14 * 5,52 = 11,8 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время третьей сверлильной операции

$$T_{0,2} = 2*0,52dl = 2*0,52*18*9 = 0,168 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, форм. (3):

$$T_{ш.к.2} = \varphi_{к.2} * T_{0,2} = 1,72 * 0,168 = 0,28 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время четвертой(пятой) сверлильной операции

$$T_{0,2} = 6*0,52dl + 6*0,4dl = 6*0,52*5*10 + 6*0,4*6*10 = 0,3 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, форм. (3):

$$T_{ш.к.2} = \varphi_{к.2} * T_{0,2} = 1,72 * 0,3 = 0,51 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по форм. (2):

$$T_{cp} = \frac{6,45 + 11,8 + 0,28 + 0,51 \times 2}{5} = 3,91 \text{ мин}$$

Тип производства определяем по форм.(1):

$$K_{зо} = \frac{t_B}{T_{cp}} = \frac{16,06}{4,1} = 3,91$$

Так как $K_{зо} = 1 < 3,91 < 10$, то тип производства крупносерийный.

1.5. Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления.

Первоочередной этап маршрута – это выбор исходной заготовки.

Для изготовления деталей машин применяют следующие виды заготовок: прокат (круглый, квадратный, шестигранный, листовой), литье всевозможных видов, штамповка, поковка, трубы. Отливки применяют для деталей из чугуна и цветных металлов.

Данная деталь имеет форму тела вращения. Выше было отмечено, что конструктор задал материал детали Сталь 30Л, следовательно в качестве заготовки однозначно применяем отливку. Отливку будем осуществлять в кокиль.

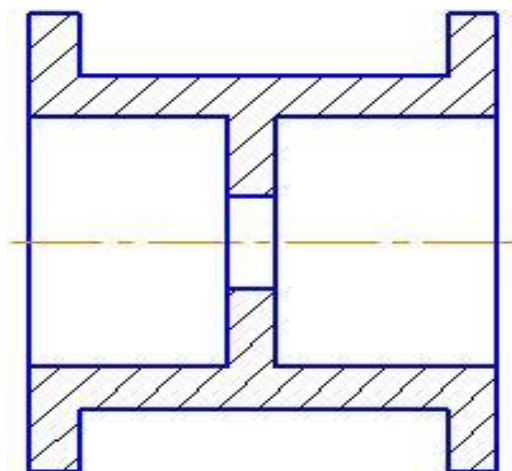


Рисунок 2 - Эскиз заготовки

1.6. Выбор типового технологического процесса.

Базовый техпроцесс мы берем из учебного пособия [11], выбрав похожую деталь. В базовом техпроцессе все операции производятся без применения станков с ЧПУ и специальных приспособлений. Следовательно затрачивается дополнительное время на переустановку заготовки, ручной подвод инструмента.

В базовом варианте технологический процесс обработки детали состоит из следующих операций

Таблица 1 – Базовый технологический процесс

005. Заготовительная	
010. Токарная	16К20
015 Токарная	16К20
020 Сверлильная	2Н125
025 Сверлильная	2Н125
030 Сверлильная	2Н125
035 Сверлильная	2Н125
040 Термическая	
045 Промывочная	
050 Контрольная	

055 Нанесение антикоррозийного покрытия	
---	--

1.7 Проектирование технологического процесса изготовления детали.

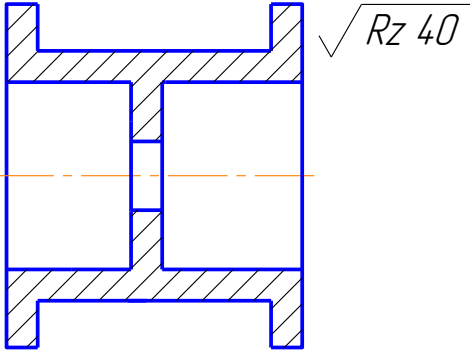
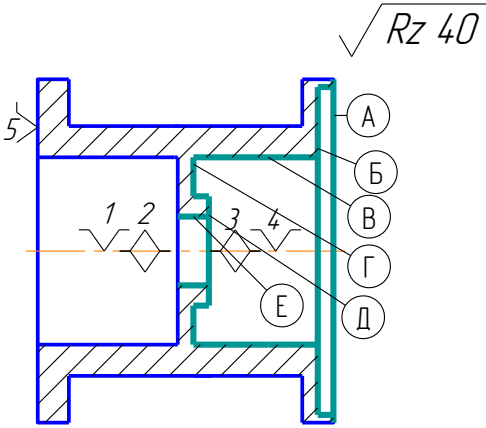
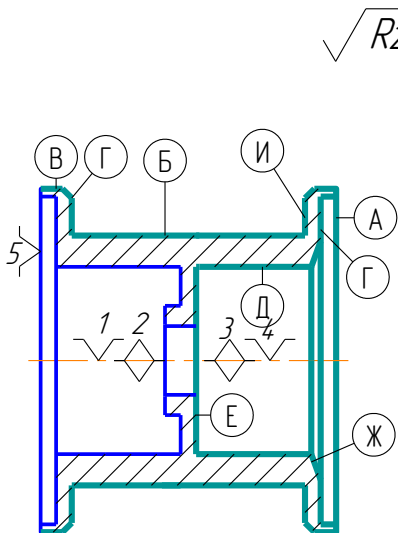
1.7.1. Разработка маршрута обработки поверхностей заготовки и содержания технологических операций.

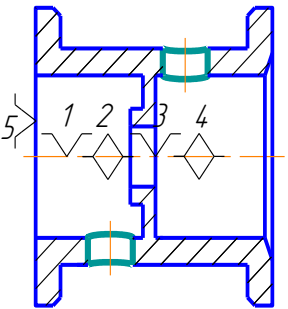
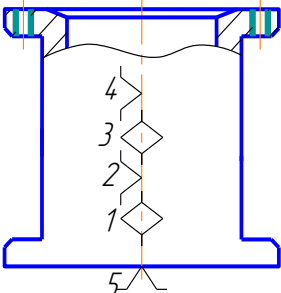
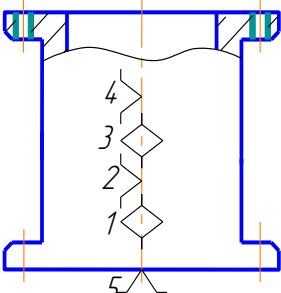
На текущем этапе анализируется движение заготовки по этапам технологического процесса для достижения конструкции, заданной по чертежу, с соблюдением всех требований на изделие. Маршрут изготовления на одну деталь может быть различен, в связи с тем, что, в первую очередь, на какой вид производства ориентируется изготовления детали, во-вторых, производство обладает или не обладает необходимым оборудованием в станочном парке, режущим инструментом, оснасткой и прочими технологическими возможностями. Так же при прочих равных условиях от маршрута изготовления зависит и экономическая сторона выбора последовательности изготовления, что существенно на предприятиях по серийному или массовому производству.

Выше было определено что производство крупносерийное

Маршрут представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Принятый технологический процесс

Операция	Наименование операции	Эскиз
005	<p>Заготовительная Литье в кокиль</p>	
010	<p>Токарная с ЧПУ Подрезать торец А Расточить отверстие В Расточить отверстие Б Точить поверхность Г Подрезать торец Д Расточить отверстие Е</p>	
015	<p>Токарная с ЧПУ Подрезать торец А Точить поверхность В Точить поверхность Б Подрезать торцы И Точить фаски Г Расточить отверстие Г Расточить отверстие Д Подрезать торец Е Точить фаску Ж</p>	

Операция	Наименование операции	Эскиз
020	<u>Вертикально-сверлильная</u> Сверлить 2 отверстия $\phi 18$	 $\sqrt{Rz\ 40}$
025	<u>Вертикально-сверлильная</u> Сверлить 6 отверстий $\phi 5$ нарезать резьбу М6	 $\sqrt{Rz\ 40}$
030	<u>Вертикально-сверлильная</u> Сверлить 6 отверстий $\phi 5$ нарезать резьбу М6	 $\sqrt{Rz\ 40}$
040	Промыть деталь	
045	Технический контроль	

1.7.2. Размерный анализ технологического процесса: расчет допусков, припусков, промежуточных и исходных размеров заготовки.

Расчётная схема изготовления изделия представляет собой совокупность технологических размерных цепей. Замыкающими звеньями в операционных технологических цепях являются припуски на обработку поверхностей и конструкторские размеры, непосредственно взятые с чертежа. Помимо замыкающих звеньев в технологической цепи есть составляющие звенья, которыми являются технологические размеры, получаемые на всех операциях (переходах) обработки изделия [1, стр. 21].

На основании маршрута изготовления корпуса, составляется размерная схема, которая представлена на рис.3 и рис.4, и содержит все осевые технологические размеры, припуски на обработку и конструкторские размеры, проверка которых будет осуществляться по ходу данной работы.

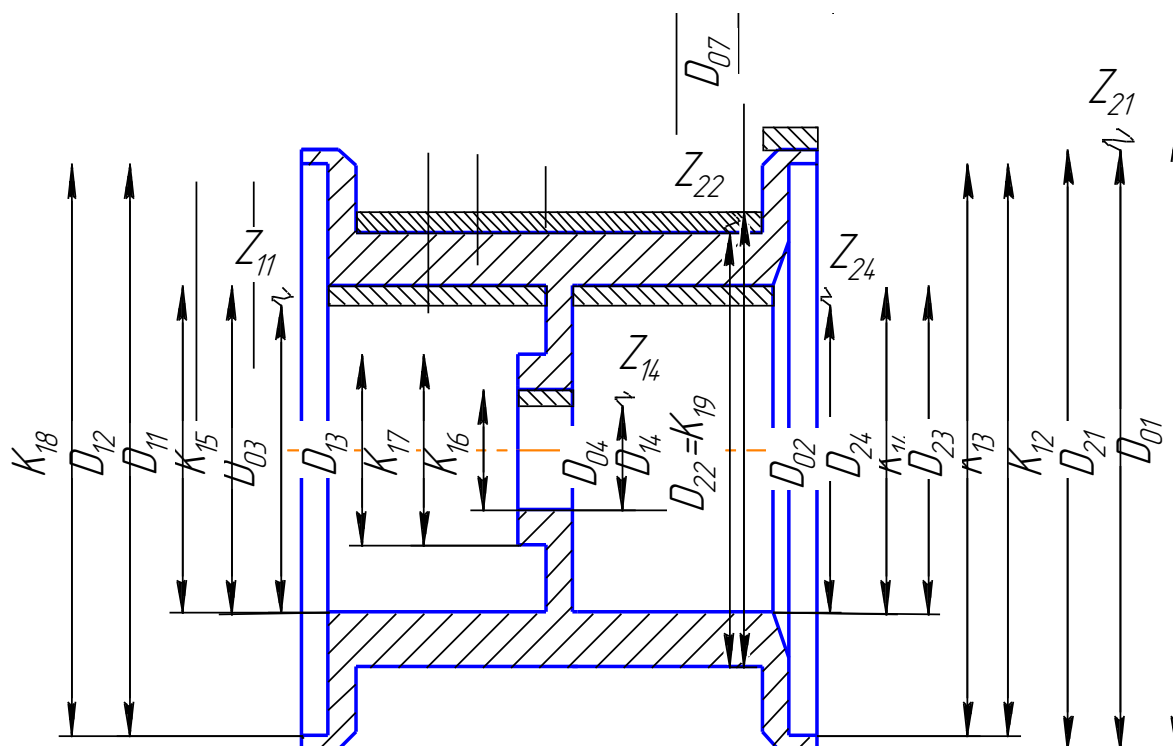
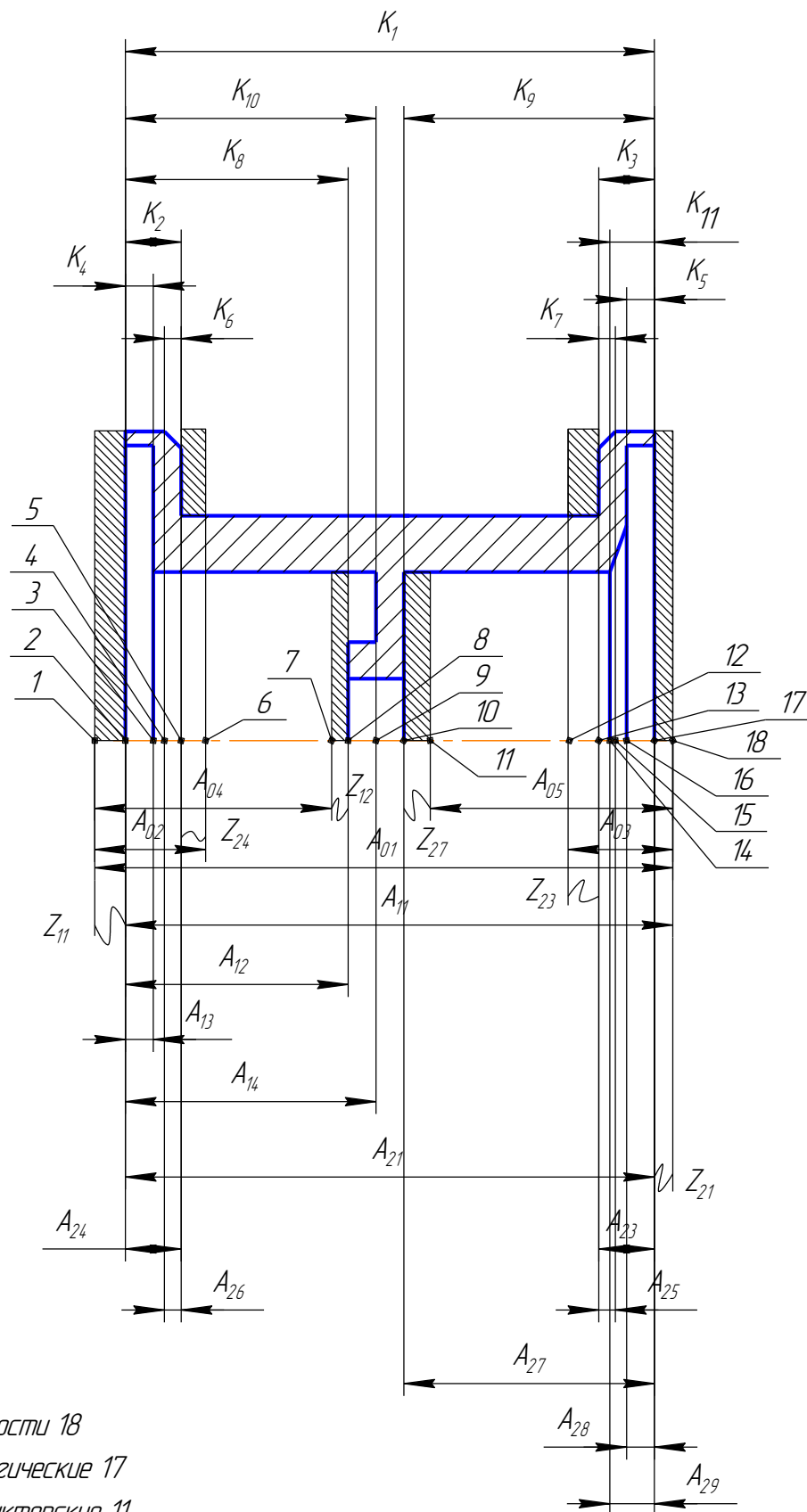


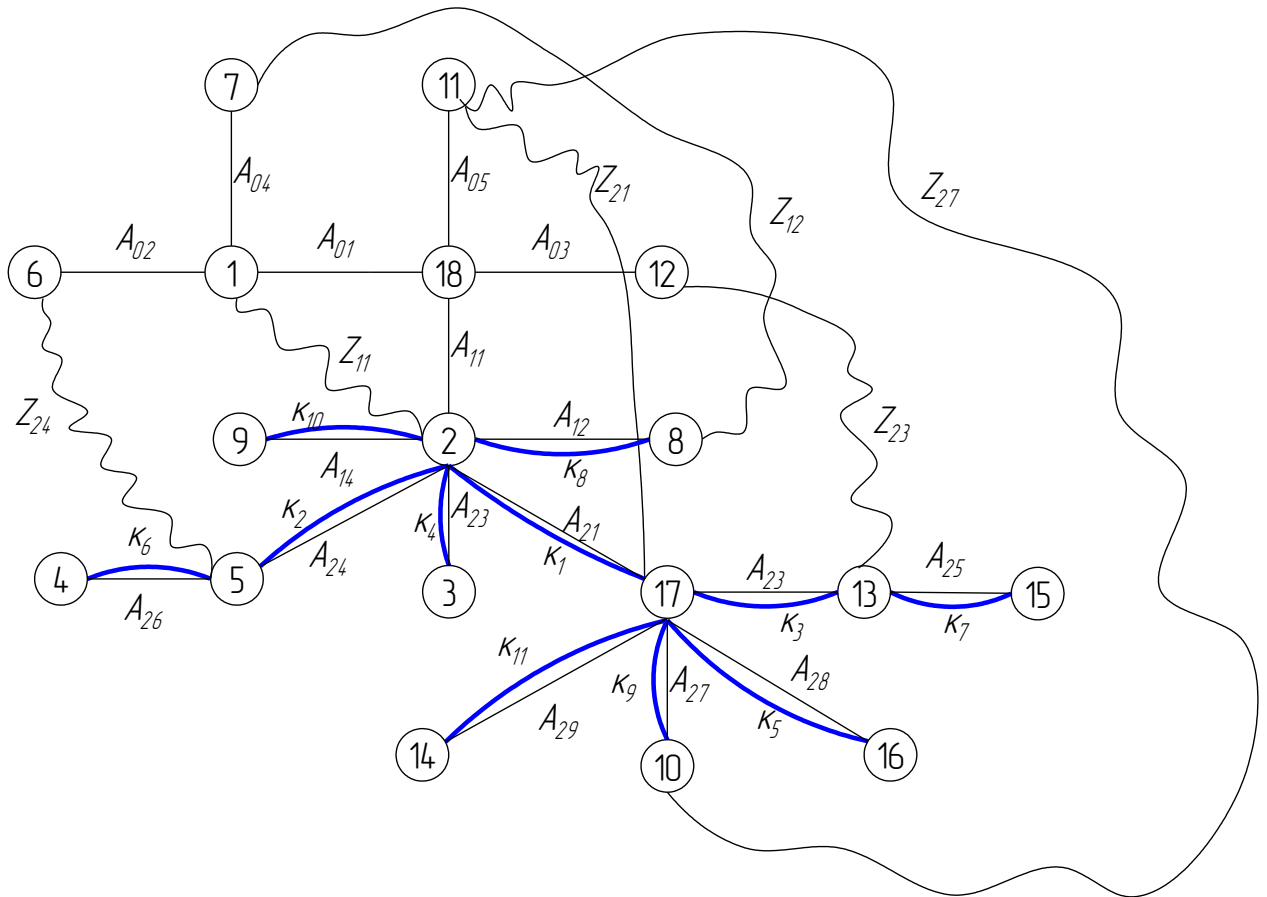
Рисунок 3. Размерная схема технологического процесса изготовления корпуса (диаметральное направление)



Поверхности 18
 Технологические 17
 Конструкторские 11
 Припуски 6

Рисунок 4. Размерная схема технологического процесса изготовления корпуса (продольное направление)

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 корпуса представлен на рисунок 4.



**Рисунок 5. Граф технологических размерных цепей.
(продольное направление)**

Расчёт минимальных припусков z_{\min} на обработку заготовки

Как известно из [3] минимальный припуск на обработку должен быть таким, чтобы его удаления было достаточно для обеспечения требуемой точности детали и её заданного качества поверхностного слоя.

Таким образом, минимальный припуск на обрабатываемый диаметр определяется по формуле [1, стр. 47]:

$$z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (4)$$

где,

$z_{i \min}$ - минимальный припуск на обработку поверхности вращения, мкм;

Rz_{i-1} - шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

h_{i-1} - толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

ρ_{i-1} - суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм;

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

В свою очередь:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{Pi-1}^2 + \rho_{\Phi i-1}^2}, \quad (5)$$

где,

ρ_{Pi-1}^2 - погрешность расположения обрабатываемой поверхности, возникшая на предыдущем переходе, мкм;

$\rho_{\Phi i-1}^2$ - погрешность формы обрабатываемой поверхности с предыдущего перехода.

Расчёт припуска на обработку плоскости, определяется по формуле из [1, стр. 47]:

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (6)$$

где, $\rho_{i-1} = \rho_{Pi-1} + \rho_{\Phi i-1}$.

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанной формуле (1) и сводим их в таблицу 2.

Методика заполнения таблицы припусков : для каждого припуска в этой же строке вписываем в столбцы

- 1- Шероховатость Rz поверхности **до снятия припуска**
- 2- Дефектный слой T поверхности **до снятия припуска**
- 3- Кривизну заготовки ρ **до снятия припуска**
- 4- Погрешность установки ε **на выполняемом переходе**

В результате расчет минимального припуска сводиться к простому складыванию значений в каждой строке (для продольных) или рассчитывается по формуле (5) для радиальных.

При определении продольных припусков в качестве ρ выбираем отклонение от перпендикулярности, торцовое биение. Параметры шероховатости, величины дефектного слоя и погрешность установки в трехкулачковом патроне выбираем из соответствующих таблиц приложений [3].

Продольные припуски

Припуск Z_{11} : шероховатость литой заготовки $Rz=200$ мкм, дефектный слой $T=300$ мкм, неперпендикулярность торца 200 мкм. Погрешность закрепления входит в допуск на размер.

Припуск Z_{12} : шероховатость литой заготовки $Rz=200$ мкм, дефектный слой $T=300$ мкм, неперпендикулярность торца 150 мкм. Погрешность закрепления входит в допуск на размер.

Припуск Z_{21} : шероховатость литой заготовки $Rz=200$ мкм, дефектный слой $T=300$ мкм, неперпендикулярность торца 200 мкм. Погрешность закрепления входит в допуск на размер.

Припуск Z_{23} : шероховатость литой заготовки $Rz=200$ мкм, дефектный слой $T=300$ мкм, неперпендикулярность торца 200 мкм. Погрешность закрепления входит в допуск на размер.

Припуск Z_{24} : шероховатость литой заготовки $Rz=200$ мкм, дефектный слой $T=300$ мкм, неперпендикулярность торца 200 мкм. Погрешность закрепления входит в допуск на размер.

Припуск Z_{27} : шероховатость литой заготовки $Rz=200$ мкм, дефектный слой $T=300$ мкм, неперпендикулярность торца 150 мкм. Погрешность закрепления входит в допуск на размер.

Радиальные припуски

Припуск Z_{11} : шероховатость литой заготовки $Rz=200$ мкм, дефектный слой $T=300$ мкм, кривизна в радиальном направлении 150 мкм. Погрешность закрепления литой заготовки в трехкулачковом патроне $\varepsilon=300$ мкм. [3]

Припуск Z₁₄: шероховатость литой заготовки Rz=200 мкм, дефектный слой T=300 мкм, кривизна в радиальном направлении 100 мкм. Погрешность закрепления литой заготовки в трехкулачковом патроне ε=200 мкм. [3]

Припуск Z₂₁: шероховатость литой заготовки Rz=200 мкм, дефектный слой T=300 мкм, кривизна в радиальном направлении 200 мкм. Погрешность закрепления литой заготовки в трехкулачковом патроне ε=300 мкм. [3]

Припуск Z₂₄: шероховатость литой заготовки Rz=200 мкм, дефектный слой T=300 мкм, кривизна в радиальном направлении 150 мкм. Погрешность закрепления литой заготовки в трехкулачковом патроне ε=300 мкм. [3]

Таблица 3 – Расчет припусков на обработку

	R_z	T	ρ	ε	Z_{min}	
Z_{11}	200	300	200	-	700	Продольный
Z_{12}	200	300	150		650	
Z_{21}	200	300	200		700	
Z_{23}	200	300	200		700	
Z_{24}	200	300	200		700	
Z_{27}	200	300	150		650	
Z_{11}	200	300	150	300	1700	Радиальный
Z_{14}	200	300	100	200	1500	
Z_{21}	200	300	200	300	1800	
Z_{24}	200	300	150	300	1700	

Расчет продольных припусков

$$Z_{11}=200+300+200=700 \text{ мкм}$$

$$Z_{12}=200+300+150=650 \text{ мкм}$$

$$Z_{21}=200+300+200=700 \text{ мкм}$$

$$Z_{23}=200+300+200=700 \text{ мкм}$$

$$Z_{24}=200+300+200=700 \text{ мкм}$$

$$Z_{27}=200+300+150=650 \text{ мкм}$$

Расчет радиальных припусков

$$z_{11} = 2 \times \left(200 + 300 + \sqrt{150^2 + 300^2} \right) = 1700 \text{ мкм}$$

$$z_{14} = 2 \times \left(200 + 300 + \sqrt{100^2 + 200^2} \right) = 1500 \text{ мкм}$$

$$z_{21} = 2 \times \left(200 + 300 + \sqrt{200^2 + 300^2} \right) = 1800 \text{ мкм}$$

$$z_{24} = 2 \times \left(200 + 300 + \sqrt{150^2 + 300^2} \right) = 1700 \text{ мкм}$$

Размерный анализ техпроцесса.

Допуски размеров исходной заготовки находятся по соответствующим стандартам и справочным материалам. Допускаемое отклонение на размер проката отливки ($TD_{01} = 1,6$ мм). Допуски размеров, получаемые на операциях механической обработки, определяются с использованием таблиц точности.

Допуски на диаметральные размеры могут быть приняты равными статистической погрешности: $TD_i = \omega_{c_i}$

Для черновых операций это соответствует 11 качеству, для чистовых 10 качеству. Для размеров выдерживаемых непосредственно приравняем допуск к допуску конструкторского размера.

Расширяем допуски на диаметральные технологические размеры:

$$TD_{12} = 0,8 \text{ мм};$$

$$TD_{11} = 0,7 \text{ мм};$$

$$TD_{13} = 0,5 \text{ мм}$$

$$TD_{14} = 0,5 \text{ мм}$$

$$TD_{12} = 0,7 \text{ мм};$$

$$TD_{23} = 0,8 \text{ мм};$$

$$TD_{03} = 1,6 \text{ мм};$$

$$TD_{04} = 1,6 \text{ мм};$$

$$TD_{01} = 1,6 \text{ мм};$$

$$TD_{02} = 1,6 \text{ мм};$$

Допуски на осевые размеры приравняем к среднестатистической погрешности

$$TA_{26} = 0,2 \text{ мм};$$

$$TA_{23} = 0,2 \text{ мм};$$

$$TA_{24} = 0,3 \text{ мм};$$

$$TA_{14} = 0,2 \text{ мм};$$

$$TA_{21} = 0,4 \text{ мм};$$

$$TA_{23} = 0,4 \text{ мм};$$

$$TA_{25} = 0,2 \text{ мм};$$

$$TA_{27} = 0,4 \text{ мм};$$

$$TA_{28} = 0,2 \text{ мм};$$

$$TA_{29} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TA_{11} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TA_{01} = 1,6 \text{ мм}$$

$$TA_{02} = 1,6 \text{ мм}$$

$$TA_{04} = 1,6 \text{ мм}$$

$$TA_{05} = 1,6 \text{ мм}$$

$$TA_{03} = 1,6 \text{ мм}$$

Расчет технологических размеров сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчет технологических размеров.

Расчет технологических размеров (радиальное направление)

Размерная цепь	Расчет технологического размера
	<p>Все конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, т.е. они равны соответствующим технологическим размерам</p> $D_{12} = K_{18} = 105^{+0,8}$ $D_{11} = K_{15} = 60^{+0,7}$ $D_{13} = K_{17} = 35_{-0,5}$ $D_{14} = K_{16} = 22^{+0,5}$ $D_{22} = K_{19} = 80_{-0,7}$ $D_{24} = K_{14} = 60^{+0,7}$ $D_{23} = K_{13} = 105^{+0,8}$ $D_{21} = K_{12} = 110_{-0,8}$
	<p>Определение размера D_{03} исходной заготовки</p> $D_{03}^C = D_{11}^C - Z_{11}^C$ $Z_{11}^C = Z_{11}^{min} + \frac{TD_{11} + TD_{03}}{2}$ $Z_{11}^C = 1,7 + \frac{0,7 + 1,6}{2} = 2,85$ $D_{03}^C = 60,3 - 2,85 = 57,45$ $D_{03} = 57,4_{-0,8}^{+0,8}$
	<p>Определение размера D_{04} исходной заготовки</p> $D_{04}^C = D_{14}^C - Z_{14}^C$ $Z_{14}^C = Z_{14}^{min} + \frac{TD_{14} + TD_{04}}{2}$ $Z_{14}^C = 1,5 + \frac{0,5 + 1,6}{2} = 2,55$ $D_{04}^C = 22,25 - 2,55 = 19,7$ $D_{04} = 19,7_{-0,8}^{+0,8}$
	<p>Определение размера D_{01} исходной заготовки</p> $D_{01}^C = D_{21}^C + Z_{21}^C$ $Z_{21}^C = Z_{21}^{min} + \frac{TD_{21} + TD_{01}}{2}$ $Z_{21}^C = 1,8 + \frac{0,8 + 1,6}{2} = 3$ $D_{01}^C = 109,6 - 3 = 106,6$ $D_{01} = 106,6_{-0,8}^{+0,8}$
	<p>Определение размера D_{02} исходной заготовки</p> $D_{02}^C = D_{24}^C - Z_{24}^C$ $Z_{24}^C = Z_{24}^{min} + \frac{TD_{24} + TD_{02}}{2}$ $Z_{24}^C = 1,7 + \frac{0,7 + 1,6}{2} = 2,85$ $D_{02}^C = 60,3 - 2,85 = 57,45$ $D_{02} = 57,4_{-0,8}^{+0,8}$

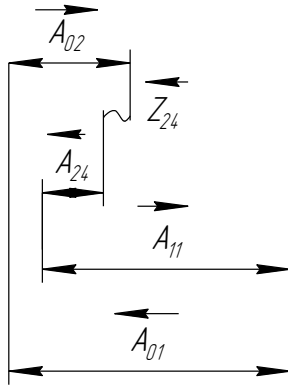
Расчет технологических размеров (продольное направление)

Размерная цель	Расчет технологического размера
	<p>Все конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, т.е. они равны соответствующим технологическим размерам</p> <p> $A_{26} = K_6 = 3 \pm 0,1$ $A_{24} = K_2 = 10_{-0,3}$ $A_{23} = K_4 = 5 \pm 0,1$ $A_{14} = K_{10} = 8 \pm 0,1$ $A_{12} = K_8 = 40 \pm 0,2$ $A_{21} = K_1 = 95_{-0,4}$ $A_{23} = K_3 = 10_{-0,3}$ $A_{25} = K_7 = 3 \pm 0,1$ $A_{27} = K_9 = 4,5 \pm 0,2$ $A_{28} = K_5 = 5 \pm 0,1$ $A_{29} = K_{11} = 8 \pm 0,1$ </p>
	<p>Определение технологического размера A_{11}</p> $A_{11}^C = A_{21}^C + Z_{21}^C$ $Z_{21}^C = Z_{21}^{min} + \frac{TA_{21} + TA_{11}}{2}$ $Z_{21}^C = 0,7 + \frac{0,4 + 0,2}{2} = 1$ $A_{11}^C = 94,8 + 1 = 95,8$ $A_{11} = 95,9_{-0,2}$
	<p>Определение размера A_{01} исходной заготовки</p> $A_{01}^C = A_{11}^C + Z_{11}^C$ $Z_{11}^C = Z_{11}^{min} + \frac{TA_{11} + TA_{01}}{2}$ $Z_{11}^C = 0,7 + \frac{0,2 + 1,6}{2} = 1,6$ $A_{01}^C = 95,8 + 1,6 = 97,4$ $A_{01} = 97,4_{-0,8}^{+0,8}$

Расчет технологических размеров (продольное направление)

Размерная цепь

Расчет технологического размера



Определение размера A_{02} исходной заготовки

$$Z_{24}^C = A_{02}^C + A_{11}^C - A_{24}^C - A_{01}^C$$

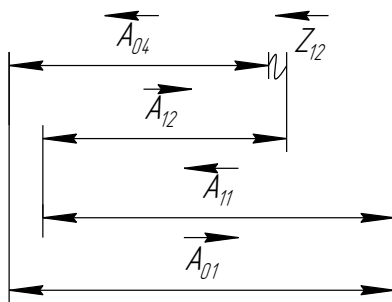
$$A_{02}^C = A_{01}^C + Z_{24}^C + A_{24}^C - A_{11}^C$$

$$Z_{24}^C = Z_{24}^{\min} + \frac{TA_{01} + TA_{24} + TA_{02} + TA_{11}}{2}$$

$$Z_{24}^C = 0,7 + \frac{1,6 + 0,3 + 1,6 + 0,2}{2} = 2,55$$

$$A_{02}^C = 97,4 + 2,55 + 9,85 - 95,8 = 14$$

$$A_{02} = 14 \pm 0,8$$



Определение размера A_{04} исходной заготовки

$$Z_{12}^C = A_{01}^C + A_{12}^C - A_{11}^C - A_{04}^C$$

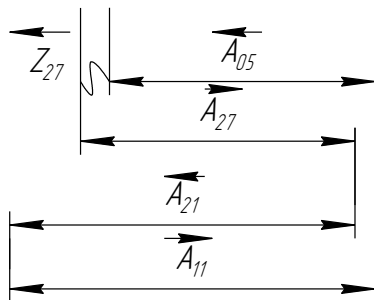
$$A_{04}^C = A_{01}^C - Z_{12}^C + A_{12}^C - A_{11}^C$$

$$Z_{12}^C = Z_{12}^{\min} + \frac{TA_{01} + TA_{12} + TA_{04} + TA_{11}}{2}$$

$$Z_{12}^C = 0,65 + \frac{1,6 + 0,4 + 1,6 + 0,2}{2} = 2,55$$

$$A_{04}^C = 97,4 - 2,55 + 4,0 - 95,8 = 39,05$$

$$A_{04} = 39 \pm 0,8$$



Определение размера A_{05} исходной заготовки

$$Z_{27}^C = A_{27}^C + A_{11}^C - A_{21}^C - A_{05}^C$$

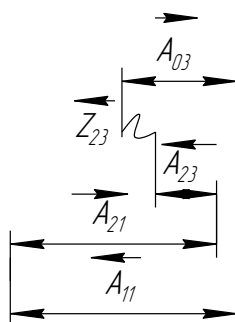
$$A_{05}^C = A_{27}^C - Z_{27}^C + A_{11}^C - A_{21}^C$$

$$Z_{27}^C = Z_{27}^{\min} + \frac{TA_{27} + TA_{11} + TA_{21} + TA_{05}}{2}$$

$$Z_{27}^C = 0,65 + \frac{0,4 + 0,2 + 0,4 + 1,6}{2} = 1,95$$

$$A_{05}^C = 45 - 1,95 + 95,8 - 94,8 = 44,05$$

$$A_{05} = 44 \pm 0,8$$



Определение размера A_{03} исходной заготовки

$$Z_{23}^C = A_{21}^C + A_{03}^C - A_{23}^C - A_{11}^C$$

$$A_{03}^C = A_{23}^C + Z_{23}^C - A_{21}^C + A_{11}^C$$

$$Z_{23}^C = Z_{23}^{\min} + \frac{TA_{21} + TA_{03} + TA_{23} + TA_{11}}{2}$$

$$Z_{23}^C = 0,7 + \frac{0,4 + 1,6 + 0,2 + 0,2}{2} = 1,9$$

$$A_{03}^C = 9,85 + 1,9 - 94,8 + 95,8 = 12,75$$

$$A_{03} = 12,8 \pm 0,8$$

1.8. Выбор оборудования и технологической оснастки.

Токарная операция (015, 020)

Выбираем токарный станок с ЧПУ 16K20Ф3С5

Технические характеристики станка

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки	350 мм
Пределы скоростей вращения шпинделя	20-2000 об/мин
Подача	0,02-5 мм/об
Мощность станка	5,5 кВт
Габариты станка	2950x1600x1420

В качестве техоснастки выбираем патрон самоцентрирующий трехкулачковый 7100-0001 ГОСТ 2675-80

Сверлильная операция (025, 030)

Выбираем сверлильный станок 2Н125

Технические характеристики станка

Наибольший диаметр сверления	40 мм
Пределы скоростей вращения шпинделя	45-2000
Подача	0,1...1,6
Количество скоростей шпинделя	12
Мощность станка	2,2 кВт
Габариты станка	2350x785x915

В качестве техоснастки выбираем тиски самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ21168-75

Сверлильная операция (035, 040)

Выбираем сверлильный станок с ЧПУ 2P135Ф2-1

Технические характеристики станка

Наибольший диаметр сверления	35 мм
Число шпинделей	6
Пределы скоростей вращения шпинделя	35,5-1600
Подача	0,1...2,5
Наибольший крутящий момент	15 000 Н
Мощность станка	9,8 кВт
Габариты станка	2650x1150x980

В качестве техоснастки выбираем тиски самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ21168-75

1.9. Расчет и назначение режимов обработки.

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

Выполняем расчёт для второй операции и пятого перехода (обтачивание наружной поверхности) последовательно по пунктам:

Токарная операция

Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3С5, N=5.5кВт, n=12.5-1600.

1. Глубина резания: $t_{2.4} = z_{2.4}^C / 2 = 2,5$ мм.

2. Поперечная подача по табл. 11 [2, Т.2, стр.266] для данной глубины резания 0,8-1,3 мм/об, принимаем:

$S_{1.1} = 1$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_V, \quad (6)$$

Период стойкости инструмента принимаем: T=60 мин.

Значения коэффициентов: C_V 420; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,2$ – определены по табл. 17 [2, Т.2, стр.269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} * K_{ПВ} * K_{ИВ},$$

где,

K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [2, Т.2, стр.261]:

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

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 30Л берем из табл. 2 [2, Т.2, стр.262]: $K_{\Gamma} = 0,95$, $n_V = 1,0$;

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 0,95 \left(\frac{750}{850} \right)^1 = 0,838,$$

$$K_{MV} = 0,838; K_{PIV} = 1; K_{IIV} = 1.$$

$$K_V = K_{MV} * K_{PIV} * K_{IIV} = 0,838 * 1 * 1 = 0,838.$$

Скорость резания,

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 1^{0,2}} \cdot 0,838 = 146 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 * V / (\pi * d) = 1000 * 146 / (3,14 * 110) = 422 \text{ об/мин.}$$

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

$$n_{\phi} = 400 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \pi * d * n_{\phi} / 1000 = 3,14 * 110 * 400 / 1000 = 138 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p, \quad (7)$$

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

Глубина резания в формуле: $t_{2,4} = z_{1,1 \text{ max}} = 3,6 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} * K_{\phi P} * K_{\gamma P} * K_{\lambda P} * K_{r P},$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [2, Т.2, стр.264]:

$$K_{MP} = 1,1; K_{\phi P} = 1; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{r P} = 0,93.$$

$$K_p = K_{MP} * K_{\phi P} * K_{\gamma P} * K_{\lambda P} * K_{r P} = 1,1 * 1 * 1,0 * 1,0 * 0,93 = 0,93$$

Главная составляющая силы резания, форм. (7):

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 3,6^1 * 1^{0,75} * 138^{-0,15} * 0,93 = 3540 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания:

$$N = P_z * V / (1000 * 60) = 3540 * 138 / (1000 * 60) = 8,142 \text{ кВт.}$$

9. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 8,142 / 0,85 = 9,5 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 11 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Для сверлильной операции(сверление отверстия 18):

Вертикально-сверлильный станок 2Н125, N=2.2 кВт, n=45-2000.

1. Глубина резания: $t_{2,3} = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 18 = 9$ мм.

2. Подача по табл. 25 [2,Т.2,стр.277] : 0,33-0,38 мм/об $S_{2,3} = 0.35$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем по табл. 30 [2,Т.2,стр.279]:
T=45мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 9,8$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,5$ – определены по табл. 28 [2,Т.2,стр.278].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} * K_{IV} * K_{IIV},$$

где,

K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления;

Коэффициенты K_{MV} , K_{IIV} определены выше.

По табл. 31 [2,Т.2,стр.280]: $K_{IV} = 0,75$.

$$K_V = K_{MV} * K_{IV} * K_{IIV} = 0,838 * 0,75 * 1 = 0,628.$$

Скорость резания ,форм. (8):

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{9,8 \cdot 18^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,35^{0,5}} \cdot 0,628 = 15,4 \text{ м/ мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 15,4 / (3,14 \cdot 18) = 272 \text{ об/мин.}$$

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

$n_{\phi} = 235$ об/мин.

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \pi \cdot D \cdot n_{\phi} / 1000 = 3,14 \cdot 18 \cdot 235 / 1000 = 13,2 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p, \quad (9)$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по табл. 32 [2,Т.2,стр.281].

Коэффициент K_p : $K_p = K_{MP} = 1,1$.

Крутящий момент, форм. (9):

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p = 10 * 0,0345 * 18^2 * 0,35^{0,8} * 1,1 = 52,9 \text{ Н*м.}$$

8. Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p,$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1$; $y = 0,7$ – определены по табл. 32 [2,Т.2,стр.281].

Осевая сила:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p = 10 * 68 * 18 * 0,35^{0,7} * 1,1 = 6328 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания:

$$N = M_{кр} * n_{ф} / 9750 = 52,9 * 235 / 9750 = 1,27 \text{ кВт.}$$

9. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 1,27 / 0,85 = 1,5 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 2,2 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Для сверлильной операции(сверление 6 отверстий):

Вертикально-сверлильный станок 2Р135Ф2-1, $N=3,7$ кВт, $n=45-2000$.

1. Глубина резания: $t_{2,3} = 0,5 * D = 0,5 * 5 = 2,5$ мм.

2. Подача по табл. 25 [2,Т.2,стр.277] : 0,08-0,1 мм/об $S_{2,3} = 0,1$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем по табл. 30 [2,Т.2,стр.279]:
 $T=15$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 7$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,7$ – определены по табл. 28 [2, Т.2, стр.278].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} * K_{IV} * K_{IV},$$

где,

K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления;

Коэффициенты K_{MV} , K_{IV} определены выше.

По табл. 31 [2, Т.2, стр.280]: $K_{IV} = 0,75$.

$$K_V = K_{MV} * K_{IV} * K_{IV} = 0,838 * 0,75 * 1 = 0,628.$$

Скорость резания, форм. (8):

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{7 \cdot 2,5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 0,628 = 19,5 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 * V / (\pi * D) = 1000 * 19,5 / (3,14 * 5) = 1248 \text{ об/мин.}$$

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

$n_{\phi} = 1200$ об/мин.

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \pi * D * n_{\phi} / 1000 = 3,14 * 5 * 1200 / 1000 = 18,8 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p, \quad (9)$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по табл. 32 [2, Т.2, стр.281].

Коэффициент K_p : $K_p = K_{MP} = 1,1$.

Крутящий момент, форм. (9):

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p = 10 * 0,0345 * 5^2 * 0,1^{0,8} * 1,1 = 1,49 \text{ Н*м.}$$

8. Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p,$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1$; $y = 0,7$ – определены по табл. 32 [2, Т.2, стр.281].

Осевая сила:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p = 10 * 68 * 5 * 0,1^{0,7} * 1,1 = 744 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания:

$$N = M_{кр} * n_{\phi} / 9750 = 1.49 * 1200 / 9750 = 0.18 \text{ кВт.}$$

9. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 0.18 / 0,85 = 0.21 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 3,7 кВт, она достаточна для выполнения операции.

1.10. Нормирование технологического процесса.

Основное время определяем по формуле:

$$t_0 = L * i / (n * S), \text{ мин}$$

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:

$$L = l + l_B + l_{СХ}$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

l_B - величина врезания инструмента, мм;

$l_{ПБ}$ – величина перебега инструмента, мм;

Принимаем: $l_{ПБ} = 1$ мм.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S),$$

Величины врезания на операциях определяем из соответствующих таблиц 2-12 [1, стр621]

Основное время для первой токарной операции:

переход 1:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (25 + 5 + 1) * 1 / (400 * 1) = 0,08 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (48 + 2 + 1) * 1 / (400 * 1) = 0,125 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (20 + 5 + 1) * 3 / (400 * 1) = 0,20 \text{ мин}$$

переход 4:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (20 + 5 + 1) * 2 / (400 * 1) = 0,16 \text{ мин}$$

переход 5:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (10 + 5 + 1) * 1 / (1800 * 1) = 0,008 \text{ мин}$$

переход 6:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (12 + 5 + 1) * 1 / (1800 * 1) = 0,009 \text{ мин}$$

Основное время для второй токарной операции:

переход 1:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (25 + 5 + 1) * 1 / (400 * 1) = 0,08 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (24 + 5 + 1) * 1 / (400 * 1) = 0,08 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (80 + 5 + 1) * 1 / (400 * 1) = 0,21 \text{ мин}$$

переход 4:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (15 + 5 + 1) * 2 / (400 * 1) = 0,16 \text{ мин}$$

переход 5:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (3 + 1 + 1) * 2 / (400 * 1) = 0,03 \text{ мин}$$

переход 6:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (20 + 5 + 1) * 3 / (400 * 1) = 0,19 \text{ мин}$$

переход 7:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (46 + 3 + 1) * 1 / (400 * 1) = 0,12 \text{ мин}$$

переход 8:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (30 + 3 + 1) * 1 / (400 * 1) = 0,08 \text{ мин}$$

Основное время для третьей сверлильной операции:

переход 1:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (18+8) * 1 / (235 * 0,35) = 0,31 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$t_0 = (1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (18+8) * 1 / (235 * 0,35) = 0,31 \text{ мин.}$$

Основное время для пятой сверлильной операции:

переход 1

$$t_0 = 6(1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = 6(10+2,5) * 1 / (1200 * 0,1) = 0,63 \text{ мин.}$$

переход 2

$$t_0 = 6(1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = 6 * 2 * (10+6) * 1 / (800 * 1) = 0,24 \text{ мин.}$$

Основное время для шестой сверлильной операции:

переход 1

$$t_0 = 6(1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = 6(10+2,5) * 1 / (1200 * 0,1) = 0,63 \text{ мин.}$$

переход 2

$$t_0 = 6(1 + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = 6 * 2 * (10+6) * 1 / (800 * 1) = 0,24 \text{ мин.}$$

Определение вспомогательного T_B , штучного $T_{шт}$ и штучно-калькуляционного $T_{шт-к}$ времени.

$$T_B = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{и.з.}$$

где, $T_{у.с.}$ - время установки и снятия детали;

$T_{з.о.}$ - время закрепления и открепление детали;

$T_{уп.}$ - время на управления станком;

$T_{и.з.}$ - время на измерение.

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}$$

где, T_0 - основное время;

$T_{тех}$ - время на техническое обслуживание рабочего места;

$T_{орг}$ - время на организационное обслуживание рабочего места;

$T_{от}$ - время на отдых.

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{н-з} / n$$

где, $T_{н-з}$ - подготовительно-заключительное время;

n – число деталей в пробной партии;

$$n = \frac{N}{12} = \frac{38000}{12} = 3166$$

Нормативы времени для крупносерийного производства.

По табл. 5 [5,стр.197].

Операция 015.

$$T_B = 0,27 + 0,11 + 0,45 + 0,72 = 1,55 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,582 + 1,55 + 2,5 + 0,014 + 0,084 = 4,73 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 4,73 + 12/1000 = 4,74 \text{ мин}$$

Операция 020.

$$T_B = 0,27 + 0,11 + 0,45 + 0,96 = 1,79 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,95 + 1,79 + 2,5 + 0,014 + 0,084 = 5,34 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 5,34 + 12/1000 = 5,35 \text{ мин}$$

Операция 025.

$$T_B = 0,1 + 0,11 + 0,2 + 0,48 = 0,89 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,62 + 0,89 + 2,5 + 0,014 + 0,084 = 4,12 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 4,12 + 7/1000 = 4,14 \text{ мин}$$

Операция 035.

$$T_B = 0,1 + 0,11 + 0,2 + 1,32 = 1,73 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,87 + 1,73 + 2,5 + 0,014 + 0,084 = 5,2 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 5,2 + 7/1000 = 5,21 \text{ мин}$$

Операция 040.

$$T_B = 0,1 + 0,11 + 0,2 + 1,32 = 1,73 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,87 + 1,73 + 2,5 + 0,014 + 0,084 = 5,2 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 5,2 + 7/1000 = 5,21 \text{ мин}$$

1.11. Техничко-экономическое обоснование и показатели технологического процесса

При оценке эффективности того или иного варианта техпроцесса наиболее выгодным признается тот, у которого сумма текущих и приведенных капитальных затрат на единицу продукции будет минимальной.

Расчеты приведенных затрат и технологической себестоимости выполняются для всех изменяющихся операций техпроцесса.

Приведенные затраты для двух сравниваемых вариантов техпроцесса рассчитываются по формуле.

$$Z = C + E_n(K_c + K_{зд}) \quad [6]$$

где C – технологическая себестоимость, руб.;

E_n – коэффициент экономической эффективности капитальных вложений ($E_n = 0,5$);

$K_c, K_{зд}$ – удельные капитальные вложения в станок и здание соответственно.

Расчет основной и дополнительной зарплаты выполняется по формуле

$$C_3 = C_ч \times K_д \times Z_n \times K_{о.м.} \quad [6]$$

где $C_ч$ – часовая тарифная ставка рабочего (принимается по установленным тарифным ставкам), руб./ч;

$K_д$ – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату и начисления ($K_д = 1,7$);

Z_n – коэффициент, учитывающий оплату наладчика ($Z_n = 1,0$);

$K_{о.м.}$ – коэффициент, учитывающий оплату рабочего при многостаночном обслуживании ($K_{о.м.} = 1,0$).

Расчет часовых затрат по эксплуатации рабочего места выполняется по формуле

$$C_{\text{эксп}} = C_{чз} \times K_м \quad [6]$$

где $C_{ч.з.}$ – часовые затраты на базовом рабочем месте (принимаются по материалам производственной практики), руб./ч;

K_M – коэффициент, показывающий, во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше, чем аналогичные расходы у базового станка (принимается по приложению 2 [1]).

Удельные капитальные вложения в станок рассчитываются по формуле

$$K_c = \frac{C_c \times K_M \times C_{\Pi}}{N} \quad [6]$$

где C_c – отпускная цена станка, руб.;

K_M – коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку и монтаж ($K_M = 1,1$);

C_{Π} – принятое число станков на операцию ($C_{\Pi} = 1,0$);

N – годовой объем выпуска деталей.

Удельные капитальные вложения в здание рассчитываются по формуле

$$K_{зд} = \frac{C_{пл} \cdot C_c \cdot C_{\Pi}}{N},$$

где $C_{пл}$ – стоимость 1 м² производственной площади (принимается по материалам производственной практики), руб./м²;

C_c – площадь, занимаемая станком с учетом проходов, м²;

C_{Π} – принятое число станков на операцию ($C_{\Pi} = 1,0$).

Занимаемая станком площадь C_c определяется по формуле

$$C_c = f \times K_c \quad [6]$$

где f – площадь станка в плане (произведение длины и ширины), м²;

K_c – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь ($K = 3,5$ при $f = 24$ м²; $K = 3$ при $f = 46$ м²; $K = 4$ при $f < 2$ м²).

Технологическая себестоимость рассчитывается для всех операций по формуле

$$C = (C_{сз} + C_{эксп}) \times \frac{T_{шт}}{60} \quad [6]$$

Экономический эффект от внедрения принятого варианта технологического процесса рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = (Z_{баз} - Z_{пр})N \quad [6]$$

Результаты расчетов приведенных затрат сводятся в таблицу (таблица 5).

Таблица 5 -

операция	Модел ь станка	T _{шт} , мин	C _з , руб	C _{эксп} , руб	K _с , руб	K _{зд} , руб	C, руб
Базовый вариант							
010. Токарная	16К20	6,27	170	215,4	58,6	4,1	40,2
020 Токарная	16К20	7,24		215,4	58,6	4,1	46,7
025 Сверлильная	2Н125	3,81		195,6	38,4	2,7	23,2
030 Сверлильная	2Н125	3,81		195,6	38,4	2,7	23,2
035 Сверлильная	2Н125	8,24		195,6	38,4	2,7	50,18
040 Сверлильная	2Н125	8,24		195,6	38,4	2,7	50,18
Итого 378,56					270,8	19	233,66
Спроектированный вариант							
010. Токарная	16К20Ф3С5	4,74	170	225,7	62,4	4,1	31,2
020 Токарная	16К20Ф3С5	5,35		225,7	62,4	4,1	35,2
025 Сверлильная	2Н125	4,14		195,6	38,4	2,7	25,2
035 Сверлильная	2Р135Ф2-1	5,21		205,4	43,6	3,1	32,6
040 Сверлильная	2Р135Ф2-1	5,21		205,4	43,6	3,1	32,6
Итого 290,55					250,4	17,1	156,8

Годовой экономический эффект

$$\mathcal{E} = (Z_{\text{баз}} - Z_{\text{спр}}) \times N = (378.56 - 290.55) \times 15000 = 1320150 \text{ руб.}$$

Вывод: разработанный технологический процесс эффективнее базового.

2. Проектирование специального станочного приспособления.

2.1. Анализ исходных данных и разработка технического задания.

Техническое задание (ТЗ) на проектирование специальных средств технологического оснащения разрабатывается в соответствии с ГОСТ 15.001-73 [9, с. 175].

ТЗ на проектирования специального приспособления для получения двух отверстий в заготовке приведено в таблице 6.

Таблица 6 -

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Приспособление для сверления в заготовке (корпус) двух отверстий диаметром $18H14^{+0,43}$ мм, глубиной 10 мм на вертикально-сверлильном станке модели 2Н125 (операция 025);
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки корпуса;
Цель и назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление заготовки корпуса, а также постоянное во времени положение заготовки относительно стола станка и режущего инструмента с целью получения необходимой точности размеров отверстия и их положений относительно других поверхностей заготовки; удобство установки, закрепления и снятия заготовки; время установки заготовки не должно превышать 0,05 мин; рост производительности труда на данной операции на 10...15%;
Технические (тактико-	Тип производства – крупносерийный; программа выпуска – 15000 шт. в год;

<p>технические) требования</p>	<p>Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку 2Н125;</p> <p>Регулирование конструкции приспособления не допускается</p> <p>Время закрепления заготовки не более 0,05 мин.;</p> <p>Уровень унификации и стандартизации деталей приспособления 70%;</p> <p>Входные данные о заготовке, поступающей на сверлильную операцию 020:</p> <p>внутренний диаметр заготовки $60^{(+0,4)}$ мм, $R_z = 40$ мкм;</p> <p>высота заготовки $95_{-0,4}$ мм, шероховатость торцов заготовки $R_z = 40$ мкм;</p> <p>Выходные данные операции 020:</p> <p>диаметр отверстий $18Н14^{+0,4}$мм;</p> <p>глубина отверстий 10 мм;</p> <p>Приспособление обслуживается оператором 3-го разряда;</p> <p>Техническая характеристика станка 2Н125:</p> <p>рабочая поверхность стола, мм; 320x700;</p> <p>расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм: 140-520 мм;</p> <p>ширина Т-образного паза стола станка 2Н125 14 мм;</p> <p>Характеристика режущего инструмента:</p> <p>диаметр сверла $18_{-0,011}$ мм;</p> <p>материал сверла Р6М5;</p> <p>Операция выполняется за два перехода;</p>
<p>Документация, используемая при разработке</p>	<p>ЕСТПП. Правила выбора технологической оснастки. ГОСТ 14.305-73.</p> <p>ЕСТПП. Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделий. ГОСТ 14.201-83.</p>

Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка (раздел – конструкторская часть), чертеж общего вида для технического проекта сверлильного приспособления; спецификация.
-------------------------------------	--

2.2. Разработка принципиальной схемы и компоновки приспособления

Имея технические решения и исходные данные, представленные в ТЗ (таблица 2), приступаем к проектированию приспособления. Цель данного раздела – создать работоспособную, экономичную в изготовлении и отвечающую всем требованиям конструкцию приспособления.

Перед разработкой принципиальной схемы и перед компоновкой приспособления, необходимо определить относительно каких поверхностей заготовки будет происходить ее фиксация во время обработки на станке. Изобразим заготовку с указанием возможных мест приложения усилий (рисунок 1).

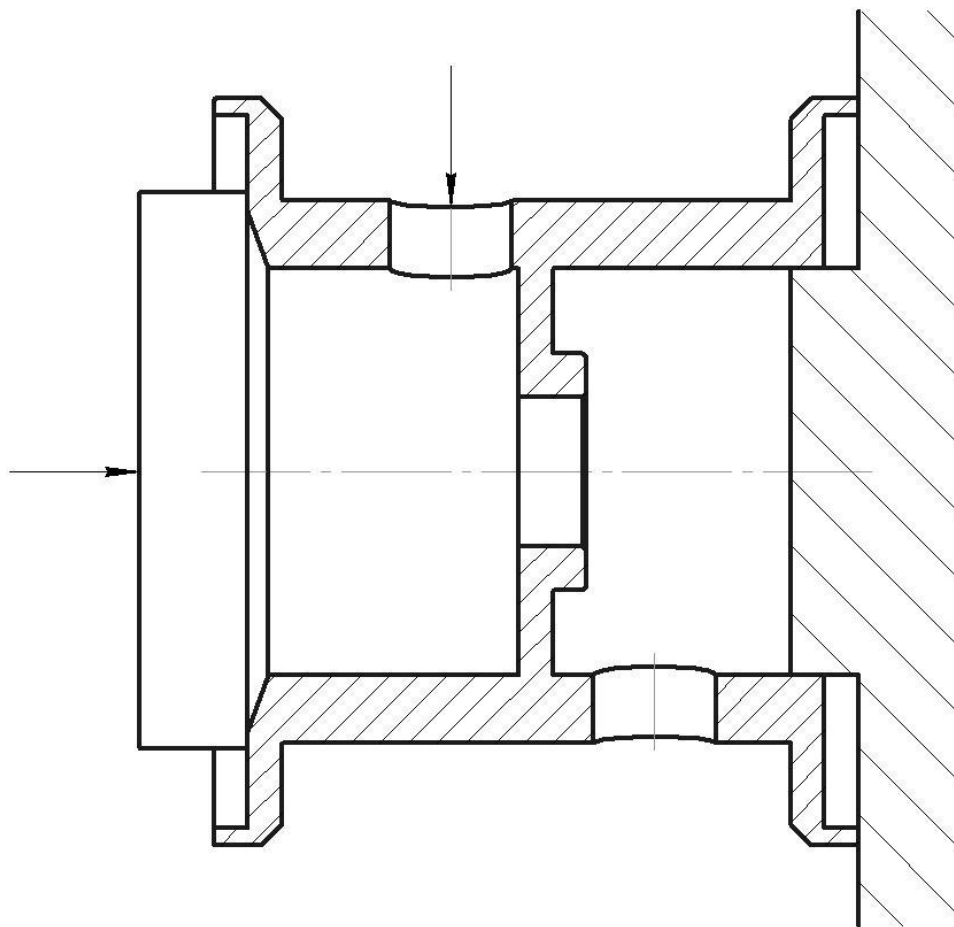


Рисунок 6. Заготовка с указанием возможных мест приложения усилий

Для получения экономичного и простого в изготовлении приспособления, а также с целью уменьшения металлоемкости закрепляющих элементов, выбираем закрепление заготовки относительно внутреннего диаметра и нижней плоскости.

2.3. Конструирование и расчет функциональных элементов приспособления и исполнительных размеров

Базовым поверхностям обрабатываемой детали соответствуют установочные поверхности приспособления.

Детали приспособлений, несущие установочные поверхности, применяют в виде опорных штырей, пластин, призм, установочных пальцев и т.п. В ряде случаев в установочную систему входят ориентирующие или центрирующие механизмы и механизмы опор.

Установочные детали и механизмы делятся на основные и вспомогательные.

Основные предусматриваются схемой базирования и определяют положение детали в соответствии с правилом шести точек.

Вспомогательные вводятся иногда в установочную систему не для целей базирования, а лишь для повышения устойчивости и жесткости обрабатываемой детали и противодействия силам резания.

В нашем случае торцовая поверхность детали является опорной базой. Внутренние цилиндрическая поверхности являются направляющей базой.

Конструкции и размеры установочных деталей должны выбираться по ГОСТ или нормам машиностроения, т.к. большинство из них гостированы или нормализованы [9, с. 31].

В нашем случае конструкции и размеры установочных деталей (элементов) используемые в приспособлении не гостированы, поэтому их размеры назначаем конструктивно.

Приведем схему базирования заготовки (корпус) с установочными элементами приспособления (рисунок 3) [7, с. 9].

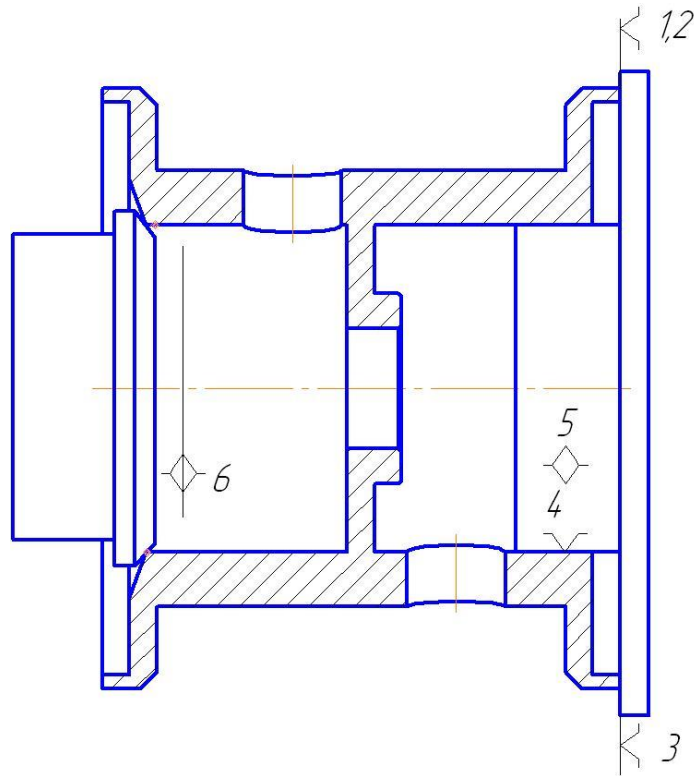


Рисунок 7. Схема базирования заготовки на станке

Поверхности установочных деталей должны обладать большой износостойкостью. Поэтому их обычно изготавливают из сталей 15 и 20 с цементацией на глубину 0,8 – 1,2 мм. и с последующей закалкой до твердости $HRC_{\text{Э}} 50...55$.

2.4. Разработка схемы для расчета и определения сил закрепления

Вертикально-сверлильный станок 2Н125, $N=2.2$ кВт, $n=45-2000$.

1. Глубина резания: $t_{2,3} = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 18 = 9$ мм.

2. Подача по табл. 25 [2, Т.2, стр.277] : 0,18-0,58 мм/об

Вследствие возникновения большого изгибающего момента от осевой силы сверления, принимаем подачу $s=0,1$ мм/об

$$S_{2,3} = 0.1 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_V, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем по табл. 30 [2,Т.2,стр.279]:
 $T=45$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 9,8$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,5$ – определены по табл. 28 [2,Т.2,стр.278].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} * K_{ПV} * K_{ИV},$$

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]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для материала инструмента из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 30Л берем из табл. 2 [2,Т.2,стр.262]: $K_r = 0,95$, $n_v = 1,0$;

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,95 \left(\frac{750}{850} \right)^1 = 0,838,$$

$$K_{MV} = 0,838; K_{ПV} = 1; K_{ИV} = 1.$$

$$K_V = K_{MV} * K_{ПV} * K_{ИV} = 0,838 * 1 * 1 = 0,838.$$

Скорость резания ,форм. (8):

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{9,8 \cdot 18^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,1^{0,5}} \cdot 0,838 = 42,5 \text{ м/мин}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 * V / (\pi * D) = 1000 * 42,5 / (3,14 * 18) = 751 \text{ об/мин.}$$

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

$$n_{\phi} = 750 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \pi * D * n_{\phi} / 1000 = 3,14 * 18 * 750 / 1000 = 42 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p, \quad (9)$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по табл. 32 [2,Т.2,стр.281].

Коэффициент K_p : $K_p = K_{MP} = 1,1$.

Крутящий момент, форм. (9):

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p = 10 * 0,0345 * 18^2 * 0,1^{0,8} * 1,1 = 18,37 \text{ Н*м.}$$

8. Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p,$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1$; $y = 0,7$ – определены по табл. 32 [2,Т.2,стр.281].

Осевая сила:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p = 10 * 68 * 18 * 0,1^{0,7} * 1,1 = 2188 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания:

$$N = M_{кр} * n_{\phi} / 9750 = 18,37 * 750 / 9750 = 1,41 \text{ кВт.}$$

9. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 1,41 / 0,85 = 1,65 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 2,2 кВт, она достаточна для выполнения операции.

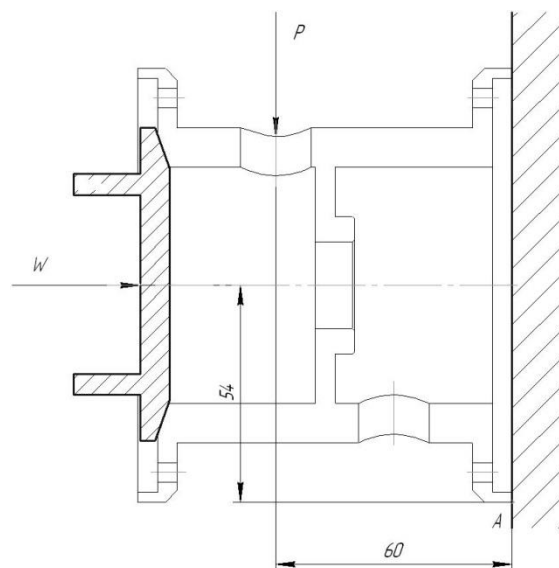


Рисунок 8. Расчётная схема для определения силы зажима

Как видно из расчетной схемы, к детали приложена осевая нагрузка вызывающая изгибающий момент, который стремится повернуть заготовку. Следовательно, прижим необходим для исключения поворота заготовки в вертикальной плоскости.

В соответствии с расчётной схемой (Рис.4) составим уравнения:

По осевой силе

$$\sum M_A = -P \cdot 60 + W \cdot 54 = 0,$$
$$W = \frac{P \cdot 60}{54} \cdot k = \frac{2188 \cdot 60}{54} \cdot 2 = 4862 \text{ Н}$$

где, k- коэффициент запаса

2.5. Выбор и расчет привода зажимного устройства

В качестве привода зажимного устройства применяем мембранный пневмоцилиндр одностороннего действия.

Пневматические приводы предназначены для обеспечения необходимых усилий и скоростей рабочих органов, экономичности, надежности и долговечности, безопасности и быстродействия при использовании сжатого воздуха с заданными параметрами и при заданных условиях эксплуатации.

Расчет сводится к определению диаметра цилиндра при заданных усилиях на штоке и давлении воздуха.

Для плоских мембран из прорезиненной ткани [5, с.254]:

$$Q_{\text{расч}} = \frac{\pi}{16} (D + d)^2 \times p - P$$

где, $Q_{\text{расч}}$ – усилие на штоке;

P – усилие пружины (примем $P=170\text{Н}$);

D и d – диаметры мембраны и опорной шайбы, (мм);

p – давление сжатого воздуха, (МПа);

η - коэффициент полезного действия цилиндра, ($\eta = 0,85...0,9$).

Принимаем предварительно $D=125\text{мм}$, $d=80$ и $p = 0,4\text{МПа}$. Тогда

$$Q_{\text{расч}} = \frac{3,14}{16} (160 + 115)^2 \times 0,4 - 170 = 5776 \text{ Н}$$

Усилие на штоке превышает потребное усилие зажима, условие выполняется.

$$W_{\text{расч}} > W_{\text{потреб.}}$$

2.6. Разработка технических требований на изготовление и сборку приспособления

Станочное приспособление должно обеспечивать строго определенное положение обрабатываемых поверхностей, которые определяются координирующими размерами и геометрическими соотношениями – параллельностью, соосностью, перпендикулярностью и т.д. Все необходимые требования, указания предельных отклонений, формы и расположения поверхностей приведены на чертеже приспособления, в соответствии с ГОСТ 2.308-68.

2.7. Описание конструкции и принципа работы приспособления

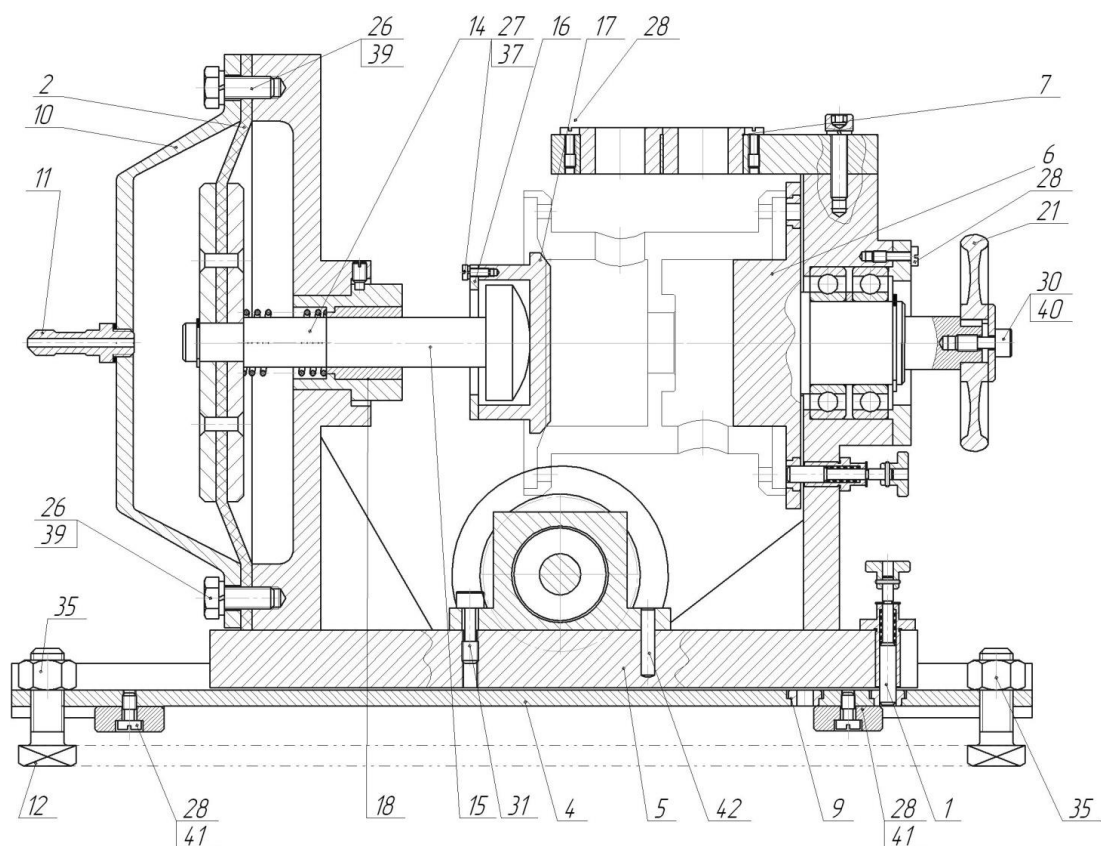


Рисунок 9. Приспособление для сверления отверстий

Приспособление применяется для сверления двух отверстий в детали “Корпус”. Воздух под давлением поступает через штуцер 11 в пневмокамеру, тем самым вызывая перемещение штока 15, который, в свою очередь, осуществляет зажим заготовки. Палец 8 (см чертеж приспособления) предотвращает поворот заготовки и является опорной базой. Разжим заготовки осуществляется автоматически при прекращении подачи воздуха пружиной 14. Продольное перемещение корпуса 5 приспособления осуществляется с помощью направляющих типа “ласточкин хвост”. Зазор регулируется винтом 34 (см чертеж приспособления). Фиксация корпуса в одном из двух положений осуществляется фиксатором 1.

2.8. Расчет приспособления на точность

При выполнении операции 025 (сверлильная) определяем необходимую точность приспособления для обеспечения следующих требований и размеров:

- отклонение расстояния от торца до центра отверстия диаметром $18H14^{(+0,43)}$ не более 0,74 мм ;
- глубина отверстий 10 мм;
- диаметр отверстий $\varnothing 18H14^{(+0,43)}$ мм;

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

1. Определим необходимую точность приспособления для обеспечения точности выполнения диаметра центров четырех отверстий диаметром $\varnothing 18H14^{(+0,43)}$ мм

относительно оси детали не более 0,74 мм , исходя из формулы, изложенной в (9, с. 151):

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2},$$

где:

$\delta = 0,74$ мм – допуск выполняемого размера.;

$k_T = 1,2$ – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих

величин от закона нормального распределения, (9, с. 151);

$k_{T1} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности

базирования при работе на настроенных станках, (9, с. 151);

$k_{T2} = 0,6$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной

погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления, (9, с. 152);

$\varepsilon_b = 0,03$ мм – погрешность базирования заготовки в приспособлении (в данном случае нет

отклонения фактически достигнутого положения заготовки от требуемого)

$\varepsilon_3 = 0,07$ мм – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия

сил зажима, (2, с. 81);

$\varepsilon_y = 0$ мм – погрешность установки приспособления на станке, (9, с. 169);

$\varepsilon_n = 0,01$ мм – погрешность положения заготовки, возникающая в результате износа

установочных элементов приспособления, (9, с. 169);

$\varepsilon_u = 0,005$ мм – погрешность от перекоса (смещения) инструмента;

$\omega = 0,11$ – экономическая точность обработки, (5, с. 211).

$$\varepsilon_{np} \leq 0,74 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,03)^2 + 0,07^2 + 0,01^2 + 0,005^2 + (0,6 \cdot 0,11)^2} = 0,598 \text{ мм}$$

Следовательно допуск перпендикулярности опорной поверхности приспособления не должен превышать этого значения. Принимаем допуск 0,2 мм.

2. Диаметр отверстия $\varnothing 18H14^{(+0,43)}$;

Предельные отклонения диаметра инструментов (сверл) для обработки отверстий

принимается в соответствии с (9, с.178): диаметр сверла $\varnothing 18h8_{(-0,027)}$ мм

3. Глубина отверстий $10js14(\pm 0,18)$ мм.

С учетом погрешности базирования данный размер выполняется.

При сверлении распространенной погрешностью является так называемый увод сверла, т.е. смещение и перекося оси обработанного отверстия по отношению к оси вращения шпинделя станка. Удельный увод сверла Δ_{yd} (на 1мм длины отверстия) и начальное смещение C_0 можно оценить с помощью следующих эмпирических формул (9, с. 46):

$$\Delta_{yd} = 0,66 + 2,06 \exp(-0,09 \cdot d),$$

где, $d=18$ мм - диаметр сверла

$$\Delta_{yd} = 0,66 + 2,06 \exp(-0,99 \cdot d) = 0,66 + 2,06 \exp(-0,09 \cdot 18) = 2,7_{\text{мкм}}$$

$$C_0 = 5\sqrt{d} = 5\sqrt{18} = 23_{\text{мкм}}$$

Исходя из полученных данных рассчитаем полный увод сверла (11, с.46):

$$\Delta = \sqrt{(L \cdot \Delta_{yd})^2 + C_0^2} = \sqrt{(10 \cdot 2,7)^2 + 23^2} = 35_{\text{мкм}} = 0,035_{\text{мм}}$$

На данной обрабатываемой длине (10 мм.) расчетный увод сверла допустим.

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

2.9. Расчет экономической эффективности

Целесообразность применения приспособления должна быть экономически оправдана. Расчеты экономической эффективности применения приспособления основываются на сопоставлении годовых затрат и экономии. Затраты слагаются из расходов на амортизацию и эксплуатацию приспособления, а экономия достигается за счет снижения себестоимости обработки заготовок на данной операции в результате уменьшения трудоемкости, а иногда разряда

работы. Применение приспособления считается целесообразным, если годовая экономия больше, чем годовые затраты, связанные с ним.

Экономический эффект от применения приспособления рассчитывается как разность между годовой экономией и годовыми затратами на приспособление.

Экономическая оправданность (рентабельность) применения приспособления выражается зависимостью (9, с. 20).

$$P \leq \mathcal{E},$$

где, \mathcal{E} , руб – годовая экономия от использования приспособления;

P , руб – годовые затраты на эксплуатацию приспособления.

Определяем годовую экономию от использования приспособления:

$$\mathcal{E}_n = (t_{um} - t'_{um}) \cdot \frac{C_{чз} \cdot N}{60} \cdot k_{ц},$$

где, $t_{um} = 5,24$ мин - норма штучного времени при обработке заготовки без приспособления;

$t'_{um} = 3,81$ мин - норма штучного времени при обработке заготовки с приспособлением;

$C_{чз}$, коп/час – часовые затраты на эксплуатацию рабочего места;

$N=15000$ шт/год – годовая программа выпуска деталей;

$k_{ц} = 20$ - коэффициент, учитывающий разность цен приведенных в справочнике и цен на сегодняшний день.

На основании рекомендаций (9,стр.24) принимаем:

$$C_{чз} = C'_{чз} \cdot k_m,$$

$C'_{чз} = 33,6$ коп/час – скорректированные затраты на базовом рабочем месте;

$k_m = 0,5$ - коэффициент, учитывающий проектирование приспособления.

$$C_{чз} = C'_{чз} \cdot k_m = 33,6 \cdot 0,5 = 16,8 \text{ руб.}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_n &= (t_{шт} - t'_{шт}) \times \frac{C_{чз} \times N}{60} \times k_{ц} = 2 \times (5,24 - 3,81) \times \frac{16,8 \times 15000}{60} \times 20 \\ &= 240240 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Определяем годовые затраты на эксплуатацию приспособления:

$$P = S_{np} \cdot (k_a + k_p) \cdot k_{ц},$$

$S_{np} = 3400$ руб.– цена приспособления;

$k_a = 0,5$ – коэффициент, учитывающий отчисления на амортизацию приспособления;

$k_p = 0,2$ – коэффициент, учитывающий отчисления на ремонт и хранение приспособления.

$$P = S_{np} \times (K_a + K_p) \times K_{ц} = 3400 \times (0,5 + 0,2) \times 20 = 47600 \text{ руб.}$$

Экономический годовой эффект от применения приспособления сверлильного

$$\Delta = Э - P = 240240 - 47600 = 192640 \text{ руб.}$$

2.10. Анализ технических требований

Технические требования:

1. Отклонение от перпендикулярности установочной поверхности опоры 6 относительно основания не более 0,2 мм на длине 100мм.
2. Перед сборкой резьбовые соединения смазать смазкой МС-70 ГОСТ9762-76.
3. Винтовые соединения стопорить анаэробным герметиком

Отклонение от параллельности установочной поверхности опоры 6 относительно основания достигается за счет совместной расточной и шлифовальной обработки и за счет сборки.

2.11. Анализ технологичности конструкции

Сконструированное сверлильное приспособление технологично. Корпус приспособления изготавливается литьем с последующей механической обработкой. Корпус приспособления предусматривает установку диафрагменного пневмопривода, в результате чего мы имеем достаточно компактные габариты. Подача сжатого воздуха осуществляется через специальный канал в приспособлении.

В основании приспособления профрезерован паз, для дальнейшего запрессовывания в него (при сборке) шпонок (для точной установки приспособления относительно рабочего стола станка).

Плита является установочным элементом приспособления.

При зажиме заготовка самоустанавливается в приспособлении, что дает возможность избежать дополнительной коррекции положения заготовки в приспособлении.

Разработанное нами приспособление облегчает зажим заготовки и ускоряет обработку двух отверстий.

Недостатком приспособления является то, что область его применения ограничена, т. к. в приспособление можно устанавливать заготовки определенной длины и диаметра.

2.12. Разработка технологической схемы сборки

Последовательность общей сборки изделия в основном определяется его конструктивными особенностями и принятыми методами достижения требуемой точности, а поэтому не может быть произвольной. На этом этапе важно уметь правильно выделить в изделии сборочные единицы соответствующего порядка, которые характеризуются независимостью и законченностью сборки, а при транспортировании по рабочим местам сборки не распадаются на отдельные детали. Технологическая схема сборки приспособления приведена на формате А3.

2.13. Проектирование технологии сборки приспособления

Составим технологическую карту сборки сверлильного приспособления, маршрут технологического процесса сборки приведен в таблице 3.

Таблица 7 -

№ операции и	Название	Содержание
05	Сборка приспособления (Сб. 5)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запрессовать втулки (дет. 7) в плиту (дет. 24) 2. Ввинтить винты (дет. 28) 3. Установить плиту (дет. 24) на корпус (дет. 5) и ввинтить винты (дет. 34) 4. Установить опору (дет. 6) в корпус (дет. 5), установить подшипники (дет. 39), установить крышку (дет. 27) и ввинтить винты (дет. 28). 5. Запрессовать фиксатор (дет. 3) в корпус (дет. 5). 6. Запрессовать фиксатор (дет. 1) в корпус (дет. 5). 7. Запрессовать втулку (дет. 18) в корпус (дет. 5) 8. Установить шток (дет. 15) 9. Установить пружину (дет. 14) 10. Запрессовать шток (дет. 15) в мембрану (дет. 2) 11. Установить мембрану (дет. 2) на корпус (дет. 5) 12. Установить крышку (дет. 10) и закрепить винтами (дет. 28) 13. Завинтить штуцер (дет. 11) 14. Установить упор (дет. 17) вместе с крышкой (дет. 16) и завинтить винтами (дет. 29) 15. Установить корпус (дет. 19) и закрепить штифтами (дет. 45) и винтами (дет. 33) 16. Установить подшипники (дет. 38) на вал (дет. 22) и закрепить кольцами (дет. 24) 17. Установить подшипники в корпус (дет. 19) и закрепить кольцами (дет. 25)

		<p>18. Установить зубчатое колесо (дет. 20) и закрепить кольцами (дет. 24)</p> <p>19. Установить маховик (дет. 21) и закрепить винтом (дет. 32)</p> <p>20. Запрессовать втулки (дет. 9) в основание (дет. 4)</p> <p>21. Установить шпонки (дет. 44) и закрепить винтами (дет. 30)</p> <p>22. Установить рейку (дет. 21) и закрепить винтами (дет. 31)</p> <p>23. Установить корпус (дет. 5) на основание (дет. 4)</p> <p>24. Установить рейку (дет. 21)</p> <p>25. Отрегулировать зазор между основанием и корпусом с помощью винтов (дет. 36)</p>
10	Контрольная	<p>1. Проверить отклонение от перпендикулярности поверхности опоры относительно основания корпуса;</p>

5. Заключение

Задачей данной работы являлась разработка и конструкторская проработка приспособления для сверления отверстия, разработка технологического процесса изготовления корпуса. Закрепили навыки нахождения конструктивных решений на поставленные задачи. В курсовой работе была проделана следующая работа: составлен маршрутный технологический процесс изготовления корпуса, рассчитаны все технологические размеры и режимы резания, подсчитаны нормы времени на обработку детали; разработано техническое задание на проектирование специального станочного приспособления ; разработана принципиальная схема и компоновка приспособления; расчет исполнительных размеров элементов приспособления; составлена расчетная схема и определена сила зажима; расчет точности приспособления; расчет экономической эффективности приспособления.

С учетом того, что приспособление устанавливается на вертикально-сверлильный станок 2Н125 конструктивно проработали компоновку приспособления. В качестве привода зажимного устройства, с учетом рекомендаций, применяем диафрагменный пневмопривод.

Расчет экономической эффективности от применения приспособления показывает что его использование целесообразно, т.к. годовая экономия больше, чем годовые затраты, связанные с ним.

Список использованной литературы

1. **Обработка металлов резанием** Справочник технолога А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойн и др. Под общ. Редакцией А.А.Панова. 2-е издание, перераб. И доп.- Машиностроение, 2004.- 784 с.. ил.- ISBN 5-94275-049-1
2. **Справочник технолога машиностроителя** .В 2-х томах Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.4-е издание, переработанное и доп.- машиностроение, 1985,496 с.,илл
3. Скворцов В.Ф. **Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей**. Учебное пособие . Томск изд ТПУ 2006,100с.
4. **Справочник инструментальщика** /И.А. Ординарцев, Г.В. Филлипов, А.Н. Шевченко и др., Под общей редакцией И.А.Ординарцева.-Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение .1987.-846 с .: илл
5. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. **Курсовое проектирование по технологии машиностроения**.: Учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов.-Москва: Высшая школа, 2007.-256 с.
6. Михаевич Е.П. Технология машиностроения: учебно-методическое пособие / Е.П. Михаевич; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 99 с.
7. Ансеров А.М. Приспособления для металлорежущих станков. Л.: Машиностроение, 1966 – 650 с., ил.
8. Горохов В.А. Проектирование и расчёт приспособлений: Учеб пособие для студентов вузов машиностроительных спец. – Мн.: Выш. шк., 1986.
9. Худобин Л.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для машиностроит. Спец. Вузов. – М.: Машиностроение, 1989.
10. Султан-заде Н. М. Технология машиностроения. Выпускная квалификационная работа для бакалавров. Уч. пос./Н.М. Султан-заде, В.В.Клепиков, В.Ф.Солдатов и др. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 288 с.

11. А.Г. Ткачев, И.Н. Шубин Типовые технологические процессы изготовления деталей машин, Учебное пособие Издание второе, стереотипное, издательство ТГТУ