

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов

(направленность (профиль)/ специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему: Технологический процесс изготовления корпуса фрезы червячной

Студент

М.А. Мурахтин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, (И.О. Фамилия)

Консультант (ы)

к.э.н., Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., А. В. Краснов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

## Аннотация

### Технологический процесс изготовления корпуса фрезы червячной

Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2020.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы путем сравнительных расчетов был выбран наиболее целесообразный метод получения заготовки, рассчитаны припуски на обработку. В ходе разработки технологического процесса были выбраны и использованы режущие и измерительные инструменты, приспособления, повышающие скорость и качество обработки. Было определено станочное приспособление для операции механической обработки на станке с ЧПУ.

Произведены расчеты режимов резания как аналитическим, так и табличным методом, определены нормы времени, затрачиваемые на обработку детали. На основании этих и других данных проведено технико-экономическое обоснование разрабатываемой выпускной квалификационной работы и произведено сравнение с базовым вариантом.

Рассмотрена охрана труда при выполнении технологического процесса.

В результате проделанной работы удалось снизить затраты на изготовление детали, что, естественно, снизило её себестоимость.

Бакалаврская работа содержит:

- пояснительную записку в размере 107 страниц, содержащей 23 таблицы, 16 рисунков;
- графическую часть, содержащую 9,5 листов формата А1.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Назначение и описание детали.....	6
1.2 Материал детали и его свойства.....	8
1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению..	8
1.4 Анализ конструкции детали на технологичность.....	8
1.5 Анализ базового варианта техпроцесса.....	10
1.6 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса.....	12
1.6.1 Недостатки базового	12
ТП.....	
1.6.2 Пути совершенствования техпроцесса, задачи бакалаврской работы.....	12
2 Технологическая часть работы.....	14
2.1 Определение типа производства.....	14
2.2 Выбор и проектирование заготовки.....	15
2.2.1 Заготовка – пруток горячекатаный.....	15
2.2.2 Заготовка, полученная методом горячей объемной штамповки.....	20
2.3 Выбор технологических баз. Технологический маршрут и план обработки.....	23
2.3.1 Выбор технологических баз.....	23
2.3.2 Выбор методов обработки поверхностей.....	24
2.3.3 Разработка маршрутного технологического процесса.....	25
2.3.4 План обработки детали.....	26
2.4 Выбор средств технологического оснащения.....	26
2.4.1 Выбор и описание оборудования.....	26
2.4.2 Выбор и описание режущего инструмента.....	35
2.4.3 Выбор и описание измерительного инструмента.....	36
2.5 Расчет промежуточных припусков и операционных размеров.....	37
2.5.1 Аналитический метод определения припусков.....	37
2.5.2 Табличный метод определения припусков.....	44
2.6 Расчет режимов резания.....	45
2.6.1 Расчет режимов резания аналитическим методом.....	45
2.6.2 Расчет режимов резания табличным способом.....	63
2.7 Определение норм времени.....	65
3 Проектирование станочного приспособления.....	73
3.1 Выбор и описание станочного приспособления.....	73
3.1.1 Схема базирования.....	75
4 Проектирование контрольного и режущего инструмента.....	78
4.1 Расчет контрольного инструмента.....	78
4.2 Расчет режущего инструмента.....	81
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	86

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	86
5.2 Определение производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	87
5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	88
5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	90
5.4.1 Определение опасных факторов пожара.....	90
5.4.2 Определение организационных мероприятий и подбор технических средств для обеспечения пожарной безопасности разрабатываемого технического объекта.....	91
5.4.3 Определение организационных и организационно-технических мероприятий, направленных на предотвращение пожара..	91
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	92
5.5.1 Идентификация экологических факторов технического объекта.....	92
5.5.2 Определение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение негативных антропогенных воздействий разрабатываемого технического объекта на окружающую среду.....	94
6 Экономическая эффективность работы.....	96
Заключение.....	101
Список используемых источников.....	103

## Введение

Совокупность методов и приемов изготовления машин, выработанных в течении длительного времени и используемых в определенной области производства, составляет технологию этой области. Процесс механической обработки связан с эксплуатацией сложного оборудования – металлорежущих станков: трудоемкость и себестоимость механической обработки больше, чем на других этапах процесса изготовления приборов.

Развитие технологии механической обработки и сборки и её направленность обуславливаются стоящими перед приборостроительной промышленностью задачами совершенствования технологических процессов, изыскания и изучения новых методов производства, дальнейшего развития и внедрения комплексной механизации автоматизации производственных процессов на базе достижений науки и техники, обеспечивающих наиболее высокую производительность труда.

Приборостроение одна из основных отраслей промышленности, способствующая быстрому развитию прогресса производства, обеспечению её современными средствами автоматизации и системами управления.

Рациональный выбор заготовок, назначение оптимальных режимов обработки, использование высокопроизводительных станков, средств механизации и автоматизации производственных процессов, прогрессивных конструкций оснастки и инструментов во многом способствует успешному решению задач – обеспечению высокой производительности при высоком качестве продукции.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления корпуса фрезы червячной. В связи с этим ставятся задачи усовершенствования технологического процесса механической обработки детали, применения современного и более производительного оборудования, в том числе с числовым программным управлением.

# 1 Анализ исходных данных

## 1.1 Назначение и описание детали

Деталь “Корпус” является корпусом червячной фрезы, в которую устанавливаются режущие пластины и затем формируется винтовая канавка.

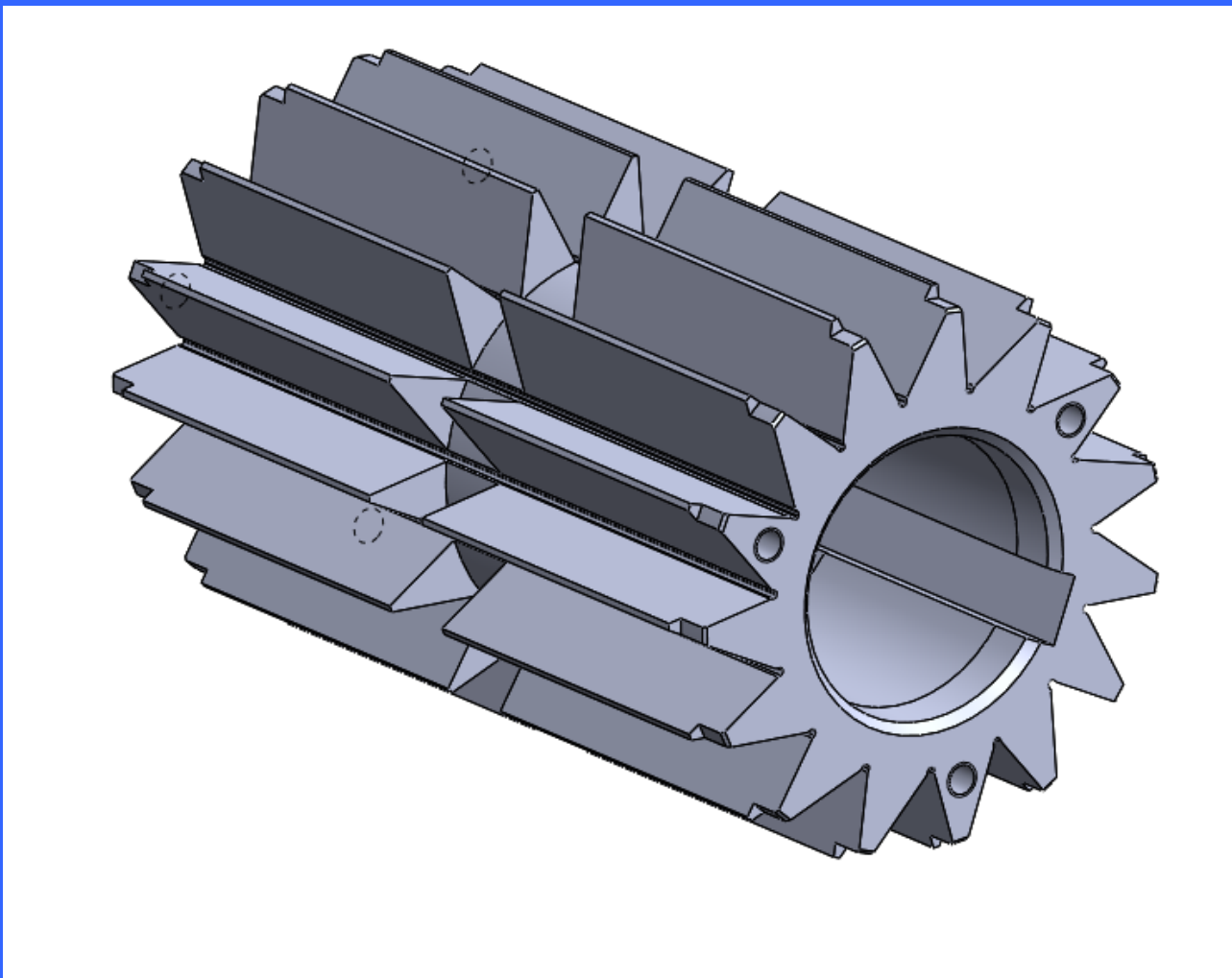


Рисунок 1 – Объемная модель детали

Деталь представляет собой тело вращения, с наибольшим размером - диаметр 82 и наименьшим размером – диаметр 40, с длиной 139.

По наружному диаметру равномерно расположены 15 пазов, для установки в них режущих пластин. На торцах детали расположено 6 отверстий М5-7Н для крепления хвостовика фрезы к корпусу и ограничению движения корпуса фрезы вдоль ее оси. На внутреннем диаметре фрезы

расположен шпоночный паз, предотвращающий вращение корпуса фрезы относительно хвостовика вокруг оси инструмента.

Сложность геометрии детали состоит в наличии 15 пазов сложной формы по наружному диаметру детали.

## 1.2 Материал детали и его свойства

Деталь типа «корпус» изготавливается из стали 19ХГН ТУ14-1-2252-90.

Сталь 19ХГН относится к конструкционным легированным сталям. Применяется для производства крестовин карданных валов автомобилей и других деталей автопромышленности.

Химический состав стали 19ХГН в % согласно ГОСТ 10702 - 78:

- С (углерод) от 0,16 до 0,21;
- Si (кремний) от 0,17 до 0,37;
- Mn (марганец) от 0,7 до 1;
- Ni (никель) до 0,8 до 1,1;
- S (сера) до 0,035;
- P (фосфор) до 0,3;
- Cr (хром) от 0,8 до 1,1;
- Mo (молибден) до 0,1;
- Cu (медь) до 0,3;
- Fe (железо) - остальное.

Механические свойства стали 19ХГН при температуре 20°C согласно ГОСТ 10702 - 78:

- предел кратковременной прочности 1180-1520 МПа;
- предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации) 930 МПа;
- относительное удлинение при разрыве 7%;
- ударная вязкость 690 кДж/м<sup>2</sup>

Твердость стали 19ХГН калиброванного проката по ГОСТ 10702-2016 - НВ  $10^{-1} = 217$  МПа. Зарубежные аналоги отсутствуют.

### 1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

Произведем классификацию поверхностей детали, согласно их служебному назначению, для этого пронумеруем все поверхности детали, рисунок 2.

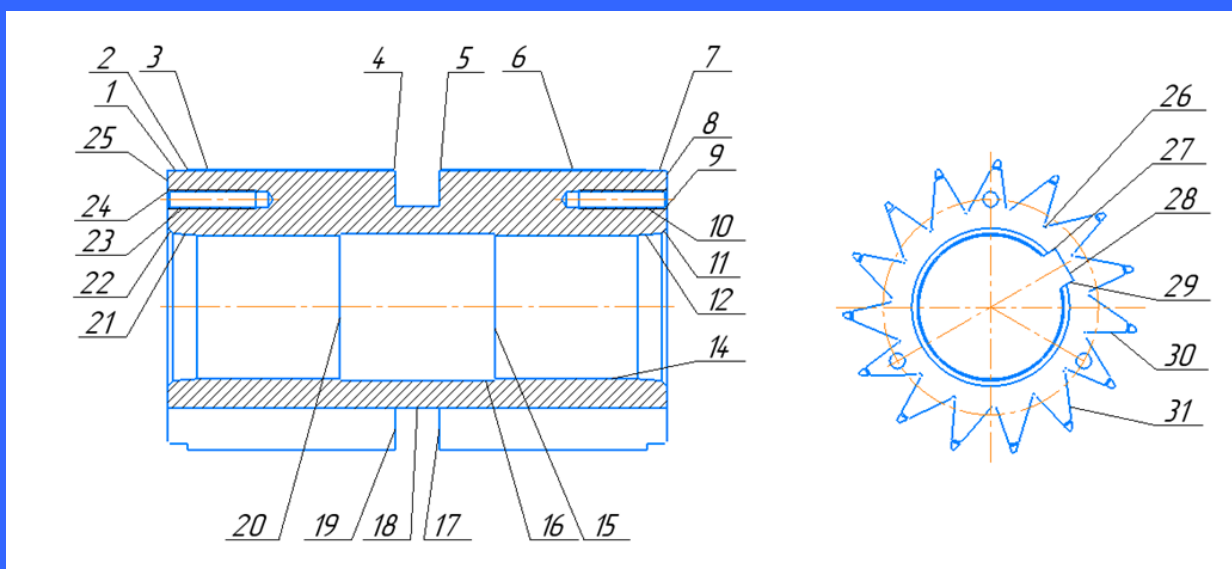


Рисунок 2 - Систематизация поверхностей

Классификация поверхностей детали:

- основные конструкторские базы – 14, 25;
- исполнительные - 27, 29, 30, 31;
- свободные – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28;
- вспомогательные конструкторские базы - 8,10,12,21,23;

### 1.4 Анализ конструкции детали на технологичность

Цель анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся на чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.



Выполним количественную оценку технологичности, выполнив расчет следующих показателей:

Произведем расчет «коэффициента унификации конструктивных элементов детали:

$$K_{уэ} = \frac{Q_{эу}}{Q_э}, \quad (1)$$

где:  $K_{уэ}$  - коэффициент унификации конструктивных элементов детали;

$Q_{эу} = 17$  - число унифицированных элементов детали;

$Q_э = 28$  - общее число конструктивных элементов детали.

$K_{уэ} = 0,6$ » [1].

Произведем расчет «коэффициента точности обработки детали:

$$K_{тч} = \frac{Q_{тчн}}{Q_{тчо}}, \quad (2)$$

где:  $Q_{тчн} = 0$  - число размеров не обоснованной степени точности обработки;

$Q_{тчо}$  - общее число размеров, подлежащих обработке.

$K_{тч} = 0$ » [1].

Произведем расчет «коэффициента шероховатости поверхностей детали:

$$K_{ш} = \frac{O_{шн}}{O_{шо}}, \quad (3)$$

где:  $O_{шн} = 0$  - число поверхностей детали не обоснованной шероховатости;

$O_{шо}$  - общее число поверхностей детали, подлежащих обработке.

$K_{ш} = 0$ » [1].

Детали выполняются на прецизионном многофункциональном оборудовании, используя при этом импортный режущий инструмент и высокоточные приспособления, обеспечивающие точное и надежное закрепление и базирование детали, можно сделать вывод, что деталь

является технологичной и её изготовление будет являться высокотехнологичным процессом.

### 1.5 Анализ базового варианта техпроцесса

На предприятии однотипная деталь изготавливается из горячекатаного прутка.

Базовый технологический процесс выполняется согласно таблице 2:

Таблица 2 - Базовый технологический процесс

Номер наименование операции	СТО			
	Оборудование	Оснастка		
		Режущий инструмент	Мерительный инструмент	Приспособления
Оп 010 - заготовительная	-	-	-	-
Оп 020 - Токарная	16К20	«Резец проходной Т15К6, Сверло спиральное Р18, Резец расточной Т15К6, Резец канав. нар. Т15К6, Резец канав. внутр. Т15К6»	Шт. циркуль, Пробка гладкая, Нутромер, Калибр-скоба	Патрон 3-х кулачковый
Оп 030 - Токарная	16К20	Резец проходной Т15К6, Резец расточной Т15К6	Шт. циркуль, Пробка гладкая,	Патрон 3-х кулачковый
Оп 035 - Сверлильная	2Н125	Сверло Р18, Метчик Р18	Пробка гл., Пробка резьбовая, Шаблоны на фаску, Шт. циркуль	
Оп 040 - Протяжная	7Б55	Протяжка	Пробка гл.	Стол станка

Продолжение таблицы 2

Оп 050 - Протяжная	7Б55	Протяжка	Калибр на паз. спец.	Стол станка
Оп 060 – Зуборезная	5М324	Фреза червячная	Угломер, Шаблон на паз спец.	Оправка специальная
Оп 070 - Зубошевинговальная	верстак	Шевер	-	Оправка специальная
Оп 080 - Термическая	-	-	--	-
Оп 090 - Слесарная	Пресс ручной	Инструмент калибровочный	Калибр на паз. спец	-
Оп 100 - Кругло-шлифовальная	3Н140	Круг шлиф.	Шт. циркуль	Оправка специальная
Оп 110 - Зубошлифовальная	5В830	Круг шлиф. спец.	Шаблон на паз спец.	Оправка специальная
Оп 120 - Слесарная	верстак	Надфиль, шабер	-	-
Оп 130 - Моечная	КММ	-	-	-
Оп 140 - Контрольная	Стол контролера	-	-	-
Оп 150 - Упаковочная	верстак	-	-	-
Оп160 - Транспортировочная	-	-	-	-

Для изготовления детали по базовому технологическому процессу используется устаревшее универсальное оборудование, которое соответствует единичному производству и является низкопроизводительным. Также применяется специализированный дорогостоящий низкопроизводительный режущий инструмент. Применяемая технологическая оснастка преимущественно с механизированным зажимом, что повышает вспомогательное время на установку и закрепление заготовки. Используемые измерительные инструменты имеют конструкционные и технологические недостатки, что повышает вспомогательное время на время измерения деталей.

## **1.6 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса**

### **1.6.1 Недостатки базового ТП**

Опишем основные недостатки базового техпроцесса.

1. Оборудование соответствует единичному и мелкосерийному производству - универсальные станки с низкой производительностью.
2. Применяется специализированный дорогостоящий низкопроизводительный режущий инструмент.
3. Применяемая технологическая оснастка преимущественно с ручным зажимом, что увеличивает вспомогательное время на установку и закрепление заготовки.
4. Применяемые контрольно-измерительные средства не оптимальны, что увеличивает вспомогательное время на приемы контроля.

### **1.6.2 Пути совершенствования техпроцесса, задачи бакалаврской работы**

Опишем задачи выпускной квалификационной работы и пути совершенствования ТП.

При выполнении выпускной квалификационной работы планируется:

1. Использовать многофункциональное производственного оборудования с ЧПУ.
2. Выбрать наиболее технологичный и экономичный метод получения заготовки, рассчитать припуски на обработку аналитическим и табличным методами;
3. Использовать принцип концентрации операций, сократить штучное время изготовления.
4. Подобрать высокопроизводительный режущий инструмент известных импортных фирм.
5. Подобрать высокопроизводительную оснастку для установки и закрепления деталей в процессе обработки.

6. Подобрать высокопроизводительный измерительный инструмент, исходя из выбранного типа производства.

7. Оптимально рассчитать режимы резания для инструментов, обеспечив при этом принцип сохранения максимальной стойкости инструмента при максимально производительных режимах резания.

8. Произвести описание токарного патрона с пневматическим приводом.

9. Спроектировать калибр для контроля симметричности паза;

10. Произвести анализ технологического процесса, учитывая экологичность и безопасность. Произвести снижение воздействия вредных и опасных факторов.

11. Произвести расчет экономической эффективности применяемых технологических операций.

## 2 Технологическая часть работы

### 2.1 Определение типа производства

«В зависимости от габаритов, массы = 2,3 кг и размера годовой программы выпуска изделий  $N = 5000$  шт., предусмотренного заданием, определяем тип производства» [16, с. 24, табл. 31].

Таблица 3 Определение типа производства

Тип производства	Число обрабатываемых в год деталей (изделий)		
	крупных ( $M > 50$ кг)	средних ( $50 \text{ кг} \geq M \geq 1$ кг)	мелких ( $M \leq 1$ кг)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Серийное	Свыше 5 до 1 000	Свыше 10 до 5 000	Свыше 100 до 50000
Массовое	Свыше 1 000	Свыше 5 000	Свыше 50000

По данным таблицы 3 делаем вывод, что наше производство является серийным.

Таблица 4 Определение серийности производства

Серийность производства	Количество изделий в партии		
	крупных ( $M > 50$ кг)	средних ( $50 \text{ кг} \geq M \geq 1$ кг)	мелких ( $M \leq 1$ кг)
Мелкосерийное	3-10	5-25	10-50
Среднесерийное	11-50	26-200	51-500
Крупносерийное	Свыше 50	Свыше 200	Свыше 500

Для определения оптимальной величины партии воспользуемся упрощенной формулой

$$n = \frac{N \cdot t}{m \cdot \Phi_{\gamma}}, \quad (4)$$

где  $n$  – количество деталей в партии, шт.;

$t$  – необходимый запас деталей на складе  $t=5$ ;

$\Phi_y$  – число рабочих дней в году.  $\Phi_y=251$  день;

$N$  – годовая программа выпуска изделия  $N=5000$  шт.;

$m$  – двухсменный режим работы,  $m = 2$ .

$$n = \frac{5000 \cdot 5}{2 \cdot 247} \approx 50 \text{ шт.}$$

Принимаем количество деталей в партии  $n=50$  шт.

По данным таблицы 4 делаем вывод, что наше производство относится к среднесерийному.

Принимаем количество деталей в партии  $n=50$  шт.

## 2.2 Выбор и проектирование заготовки

При проектировании заготовки выполним сравнительный экономический расчет изготовления заготовок из проката и методомковки в штампах.

### 2.2.1 Заготовка – пруток горячекатаный

«По таблицам согласно точности и шероховатости поверхностей обрабатываемой детали определяем промежуточные припуски.

За основу расчета промежуточных припусков принимаем наружный диаметр детали  $\approx 82$ мм.

Устанавливаем предварительный маршрутный техпроцесс обработки поверхности детали диаметром 82 мм по табл.2» [16, с.134]:

Операция 010 Заготовительная

Операция 020 Токарно-фрезерная 16 квалитет (черновая) и 14 квалитет (чистовая)

«Припуски на обработку поверхностей назначаем по табл. 3.13» [16, с.41]:

$2z_{\text{черн}}^{\text{НОМ}} = 3,0$ мм – при черновом точении;

$2z_{\text{чист}}^{\text{НОМ}} = 1$ мм – при чистовом точении.

Определяем промежуточные размеры обрабатываемых поверхностей согласно маршрутному технологическому процессу.

Номинальный операционный размер на операции 020 (черновая обработка) определяется по формуле (5):

$$d_{\text{заг}}^{\text{расч}} = d_{020}^{\text{НОМ}} + 2z_{\text{черн}}^{\text{НОМ}} + 2z_{\text{чист}}^{\text{НОМ}}, \quad (5)$$

где  $d_{020}^{\text{НОМ}}$  - номинальный диаметр на 020 операции;

$$d_{\text{заг}}^{\text{расч}} = 82 + 3 + 1 = 86 \text{ (мм)}.$$

По расчетным данным заготовки выбираем диаметр заготовки по ГОСТ 22411-77:

$$d_{\text{заг.табл}} = 87_{-1,3}^{+0,5} \text{ мм}.$$

Диаметр заготовки записываем следующим образом:

$$\text{Круг } \frac{87-B1-\text{ГОСТ}2590-2006}{\text{Сталь } 19\text{ХГН } \text{ТУ}14-1-2252-90}$$

Номинальная длина горячекатаной заготовки от полметра до двух метров. Припуски на подрезку торцовых поверхностей заготовки

$$2z_{\text{подр}} = 2,4 \text{ мм}.$$

Общая длина заготовки определяем по формуле (6)

$$L_{\text{заг}} = L_{\text{дет}} + 2z_{\text{подр}}, \quad (6)$$

где  $L_{\text{дет}}$  – длина детали;

$2z_{\text{подр}}$  – припуск на подрезку торцовых поверхностей заготовки.

$$L_{\text{заг}} = 139 + 2,4 = 141,4 \text{ (мм)}.$$

Округляем до целых единиц

$$L_{\text{заг}} = 142 \pm 1 \text{ мм}.$$



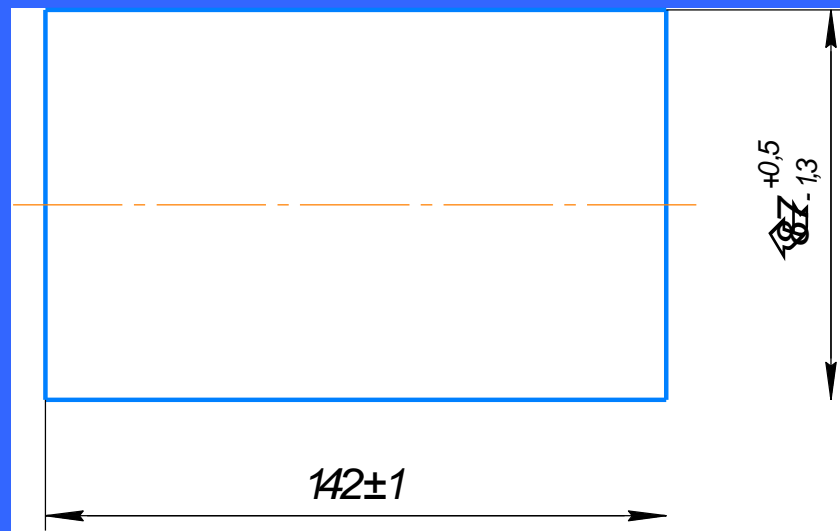


Рисунок 3 – Эскиз заготовки, изготовленной из прутка

«Объем заготовки определяем по плюсовым допускам и определяем по формуле (7)» [16]:

$$V_{\text{заг.пр}} = \pi \cdot R^2 \cdot L_{\text{заг}}, [16] \quad (7)$$

$$V_{\text{заг.пр}} = 3,14 \cdot 4,35^2 \cdot 14,3 = 849,66 \text{ (см}^3\text{)}.$$

«Определяем массу заготовки по формуле (8)

$$Q_{\text{заг.пр}} = \gamma_{\text{заг.пр}} \cdot V_{\text{заг.пр}}, [16] \quad (8)$$

где  $\gamma_{\text{заг. пр}} = 7,7 \text{ г/см}^3$  - плотность стали 19ХГН» [16].

$$Q_{\text{заг.пр}} = 7,7 \cdot 849,66 = 6542,38 \text{ (г)}.$$

«Длину торцового обрезка проката определяем по формуле (9)

$$L_{\text{обр}} = (0,3 \div 0,5) \cdot d, \quad (9)$$

где  $d=87 \text{ мм}$ ».

$$L_{\text{обр}} = 0,3 \cdot 87 = 26,1 \text{ (мм)}.$$

«Исходя из принятой длины проката, число заготовок по стандартам определяется по формуле (11)

$$X = \frac{L_{\text{пр}} - L_{\text{обр}} - L_{\text{зак}}}{L_{\text{заг.пр}} + L_p}, \quad (10)$$

где  $L_{\text{пр}}$  – длина выбранного проката: 0,5 или 2 метра;

$L_{\text{обр}}$  – длина торцового обрезка;

$L_{\text{зак}}$  – минимальная длина зажимного конца,  $L_{\text{зак}} = 30$  мм;

$L_{\text{заг.пр.}}$  – длина заготовки;

$L_p$  – ширина реза,  $L_p = 3$  мм.» [1].

Из прутка длиной 0,5 м:

$$X = \frac{500 - 26,1 - 30}{143 + 3} = 3,04$$

Из данной длины заготовки получаем – 3 заготовки.

Из прутка длиной 2 метра:

$$X = \frac{2000 - 26,1 - 30}{143 + 3} = 13,31$$

«Принимаем из данной длины прутка 13 заготовок» [16].

Не кратность в зависимости от принятой длины прутка определяем по формуле (11)

$$L_{\text{нк}} = L_{\text{пр}} - L_{\text{обр}} - L_{\text{зак}} - (L_{\text{заг}} \cdot X), \quad (11)$$

Из прутка длиной 0,5 м:

$$L_{\text{нк3}} = 500 - 21,6 - 30 - (143 \cdot 3) = 19,4 \text{ (мм)}.$$

Из «2 метрового» проката:

$$L_{\text{нк13}} = 2000 - 21,6 - 30 - (143 \cdot 13) = 89,4 \text{ (мм)}.$$

«Потери материала на не кратность определяем по формуле (13), [16]

$$\Pi_{\text{нк}} = (L_{\text{нк}} \cdot 100) / L_{\text{пр}}, \quad [15] \quad (12)$$

Из прутка 0,5 метра:

$$\Pi_{\text{нк3}} = (19,4 \cdot 100) / 500 = 3,88\%.$$

Из проката длиной 2 метра:

$$\Pi_{\text{нк}13} = (89,4 \cdot 100) / 2000 = 4,47\%.$$

Для изготовления заготовок экономичнее использовать прутки «0,5 метра».

«Потери материала на зажим при отрезке по отношению к длине прутка составляют» [16]

$$\Pi_{\text{зж}} = (L_{\text{зж}} \cdot 100) / L_{\text{пр}}, [16] \quad (13)$$

$$\Pi_{\text{зж}} = (30 \cdot 100) / 500 = 6\%.$$

«Потери материала на длину торцового обрезка проката в процентном отношении к длине проката» [16], определяем по формуле (14)

$$\Pi_{\text{обр}} = (L_{\text{обр}} \cdot 100) / L_{\text{пр}}, [15] \quad (14)$$

$$\Pi_{\text{обр}} = (26,1 \cdot 100) / 500 = 5,22\%.$$

«Общие потери в процентном отношении к длине выбранного проката» [16], определяем по формуле (15)

$$\Pi_{\text{п.о}} = \Pi_{\text{нк}} + \Pi_{\text{обр}} + \Pi_{\text{зж}}, [15] \quad (15)$$

$$\Pi_{\text{п.о}} = 3,88 + 5,22 + 6 = 15,1\%.$$

«Расход материала на одну деталь с учетом всех неизбежных технологических потерь» [16] определяем по формуле (16)

$$Q_{\text{заг.пр.общ.}} = Q_{\text{заг.пр.}} \cdot (100 + \Pi_{\text{п.о}}) / 100, \quad (16)$$

$$Q_{\text{заг.пр.общ.}} = 6542,38 (100 + 15,1) / 100 = 7530,28 \text{ (г)}.$$

«Определяем коэффициент использования материала по формуле (17)

$$K_{\text{и.м}} = \frac{g}{Q_{\text{заг}}}, [16] \quad (17)$$

где  $g=2,3$  (кг) – вес детали» [16].

$$K_{и.м} = \frac{2,3}{7,53} = 0,3.$$

«Стоимость заготовки из проката определяем по формуле (18)

$$C_{заг} = C_{м} \cdot Q_{заг} - (Q_{заг} - g) \cdot \frac{C_{отх}}{1000}, [16] \quad (18)$$

где  $C_{м}=90$  руб. – цена за 1 кг прутка стали 19ХГН (без НДС);

$C_{отх}=10000$  руб. – цена 1 тонны отходов стали 19ХГН (без НДС);

С учетом НДС = 20%  $C_{м} = 108$  руб.;  $C_{отх} = 12000$  руб.» [16].

$$C_{заг} = 108 \cdot 7,53 - (7,53 - 2,3) \cdot \frac{12000}{1000} = 750,48 \text{ (руб.)}.$$

Стоимость заготовки, изготовленной из горячекатаного прутка равна

$$C_{заг} = 750,48 \text{ руб.}$$

### 2.2.2 Заготовка, полученная методом горячей объемной штамповки

По «ГОСТ 7505-89 выбираем «припуски на номинальные размеры» [8].

«Припуски на обработку заготовок, изготовляемых методом горячей объемной штамповки, зависят от класса точности, массы, группы материала, степени сложности и шероховатости заготовки» [16].

Расчетные размеры заготовки находим по формулам (19) и (20)

$$D_p = D_H + 2z, \quad (19)$$

$$L_p = L_D + z \quad (20)$$

Подставляя значения в формулы, получаем:

$$D_{нар. шт.} = D_H + 2z = 82 + 5 = 87 \text{ (мм)};$$

$$D_{вн. шт.} = D_{вн} - 2z = 40 - 5 = 35 \text{ (мм)};$$

$$L_{шт. нар.} = L_D + z = 139 + 5 = 144 \text{ (мм)}.$$

«Допуски на размеры штампованной заготовки определяем по ГОСТ 7505-89» [8].

диаметр  $87^{+1,3}_{-0,7}$ ;

диаметр  $35^{+1,1}_{-0,5}$ ;

$144^{+1,4}_{-1,0}$  мм.

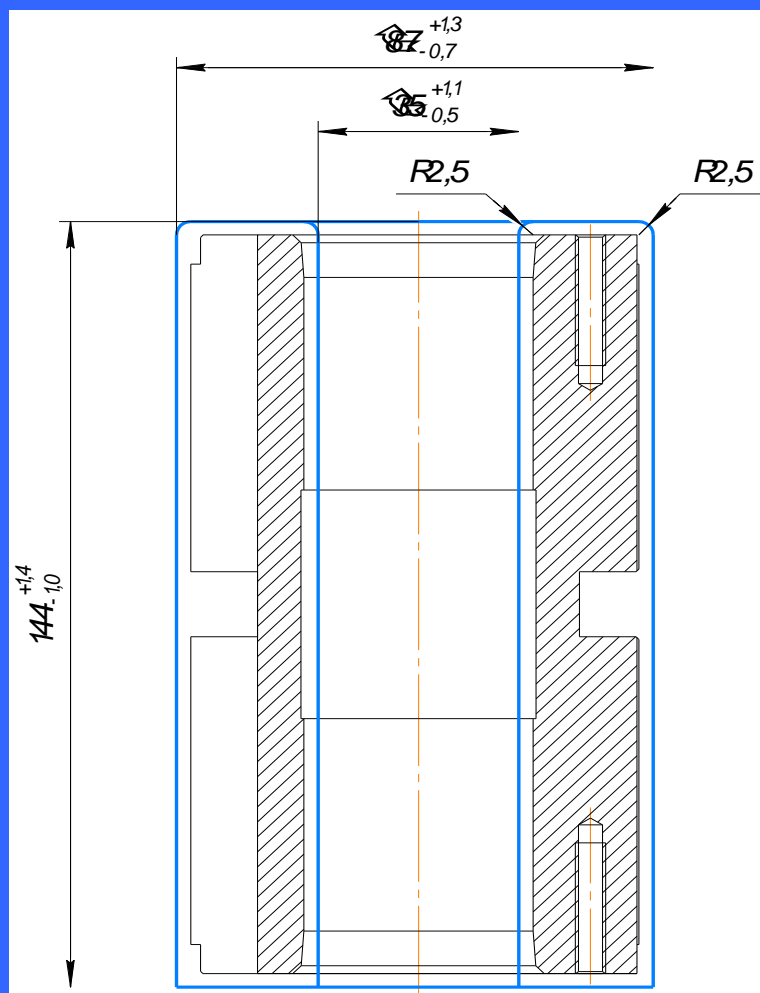


Рисунок 4 – Эскиз заготовки – штамповки

«Определяем средствами программы САПР – Компас-График 3D-V18.1  
объем и массу заготовки:

Деталь

Заданные параметры:

Материал

Сталь 19ХГН ТУ14-1-2252-90;

Плотность материала

$\rho = 0,0077$  г/мм<sup>3</sup>.

Параметры заготовки:

Масса

$M = 5192.725842$  г

Объем

$V = 660988.523731$  мм<sup>3</sup>

Площадь  $S = 62261.420976 \text{ мм}^2$

При горячей объемной штамповке технологические потери Пш равны 10%.

Вычислим расход материала на одну деталь по формуле (21)

$$Q_{\text{з.ш.общ.}} = Q_{\text{з.ш.}} \frac{100+P_{\text{ш}}}{100}, \quad (21)$$

Подставляя численные значения в формулу (21), получаем:

$$Q_{\text{з.ш.общ.}} = 5192.72 \cdot \frac{100+10}{100} = 5712 \text{ (г)}$$

«Коэффициент использования материала на штампованную заготовку» [16], определяем по формуле (22)

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{з.п}}}, [15] \quad (22)$$

Подставляя численные значения в формулу (22), получаем:

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{з.п}}} = \frac{2,3}{5,712} = 0,40.$$

Стоимость штампованной заготовки определяем по формуле (23)

$$C_{\text{зш}} = C_{\text{м}} \cdot Q_{\text{з.ш.общ.}} - (Q_{\text{з.ш.общ.}} - Q_{\text{д}}) \frac{C_{\text{отх}}}{1000}, \quad (23)$$

где  $C_{\text{м}} = 350$  руб. – цена за 1 кг штамповки из стали 19ХГН (с учетом стоимости штампа и затрат на термообработку);

$C_{\text{отх}} = 10000$  руб. – цена 1 тонны отходов сплава ВТ14.

Подставляя численные значения в формулу (23), получаем:

$$C_{\text{зш}} = 350 \cdot 5,712 - (5,712 - 2,3) \frac{10000}{1000} = 1965.08 \text{ (руб.)}$$

«Годовая экономия материала при выборе первого варианта изготовления заготовки» [16], определим по формуле (24):

$$\mathcal{E}_M = (Q'_{\text{зп}} - Q''_{\text{зп}})N, [15] \quad (24)$$

Подставляя численные значения в формулу (24), получаем:

$$\mathcal{E}_M = (6,5 - 5,7) \cdot 5000 = 4000 \text{ (кг)}.$$

«Экономический эффект при выборе первого метода изготовления заготовки» [16], определим по формуле (25):

$$\mathcal{E} = (C'_{ш} - C''_{пр})N - \mathcal{E}_M \cdot C_{M.ш.}, [16] \quad (25)$$

Подставляя численные значения в формулу (25), получаем:

$$\mathcal{E} = (1965.08 - 750.48) \cdot 5000 - 350 \cdot 4000 = 4673000 \text{ руб.}$$

Расчет показывает, что заготовка из горячекатаного прутка более экономична по себестоимости, чем заготовка штамповка. Штамп для заготовки штамповки стоит несколько млн. рублей, что сильно удорожает стоимость заготовки. Годовая разница себестоимостей этих заготовок составляет 4673000 руб. Следовательно, окончательно выбираем заготовку из горячекатаного прутка.

## **2.3 Выбор технологических баз. Технологический маршрут и план обработки**

### **2.3.1 Выбор технологических баз**

Выберем базовые поверхности для установки детали в процессе ее изготовления.

Так как планируется использование многофункционального токарно-фрезерного обрабатывающего центра MULTUS B300W с двумя шпинделями, то на первой токарной операции базовыми поверхностями для установка 1 принимаем поверхность 3 и торец поверхность 25, для установка 2 принимаем поверхность 14 и торец поверхность 8.

При шлифовальной обработке поверхности 14 в качестве баз принимаем поверхность 3 и торец поверхность 25, при обработке поверхностей 30 и 31 – поверхность 14 и торец поверхность 25.

Условные обозначения баз приведены в плане обработки.

### 2.3.2 Выбор методов обработки поверхностей

Выполняя анализ конструкции детали, ее точности и шероховатости, составим маршрут обработки ее поверхностей.

«По каждой из поверхностей детали выберем способ и вид технологической обработки согласно источникам» [5] и [12, с. 32-34].

«Определим промежуточные способы обработки - технологические переходы. Определим показатели трудоемкости» [5, с. 32-34].

Результаты занесем в таблицу 5.

Таблица 5 - Последовательность обработки поверхностей

Номер обрабатываемой поверхности	IT	Ra	Маршруты обработки (калитет, получаемый на операции)
1	2	3	4
1,2,3,4,5,6,7	14	6,3	Тчерн(IT16), Тчист(IT14), ТО
8,25	11	0,8	Тчерн(IT14), Тчист(IT12), ТО, Шчист(IT11)
17,19	11	1,6	Тчерн(IT14), Тчист(IT11), ТО
18	12	6,3	Тчерн(IT14), Тчист(IT12), ТО
9,24	14	6,3	Св(IT14), ТО
10,23	7H	6,3	Св(IT14), Рез(7H), ТО
11,12,21,22	14	6,3	Св(IT16), Рчерн(IT14), Рчист(IT14)
14	6	0,8	Св(IT14), Рчерн(IT12), Рчист(IT8), ТО, Шчист(IT6)
15,20	14	6,3	Рчерн (IT14), Рчист(IT14), ТО
16	14	12,5	Рчерн (IT14), Рчист(IT14), ТО
26	11	6,3	Фчерн (IT14), Фчист(IT14), ТО
27,29	11	3,2	П(IT11), ТО, К(IT11)
28	11	6,3	П(IT11), ТО, К(IT11)
30,31	6	1,6	Фчерн (IT10), Фчист(IT8), ТО, Шчист(IT6)



### Продолжение таблицы 5

Тчерн – переход черного точения, Тчист – переход чистового точения, Рчерн – переход черного растачивания, Рчист – переход чистового растачивания, Св – переход сверления, Рез – переход резбонарезания, Фчерн - переход черного фрезерования, Фчист - переход чистового фрезерования, Шчист – переход чистового шлифования, П – переход протягивания, К – переход калибровки элемента, ТО – переход термообработки

### 2.3.3 Разработка маршрутного технологического процесса

Составим маршрутный технологический процесс изготовления детали “Корпус” и сведем его в таблицу 6 с указанием необходимого оборудования.

Таблица 6 – Маршрутный технологический процесс

Номер операции	Наименование операции	Оборудование
010	Заготовительная	
020	Контрольная	Стол контролера
030	Токарная ЧПУ	MULTUS B300W
040	Моечная	MA MAGIDOL152
050	Слесарная	Стол слесарн.
060	Протяжная	ТН-5х1000
070	Моечная	MA MAGIDOL152
080	Термическая	VCV-7710
090	Круглошлифовальная	STUDER S151
100	Зубошлифовальная	УК3780
110	Слесарная	Верстак
120	Окончательный контроль	Стол контролера
130	Упаковочная	Верстак
140	Транспортировочная	-

### 2.3.4 План обработки детали

На основании предыдущих расчетов произведем разработку плана обработки детали, где указывается основная информация, полученная в результате расчетов: перечень операций, эскиз обработки, промежуточные допуски размеров на обработку по операциям.

## 2.4 Выбор средств технологического оснащения

### 2.4.1 Выбор и описание оборудования

«Выбор оборудования производим на основании» [16].

Для выполнения токарно-фрезерных операций с ЧПУ выбираем высокоточный многофункциональный станок Okuma Multus B300:

Таблица 7 – Характеристики станка с ЧПУ Okuma Multus B300

Технические данные и характеристики		
РАБОЧАЯ ЗОНА		
1	Максимальный диаметр обработки, мм	Ø630
2	Максимальная длина обработки, мм	900
ПЕРЕМЕЩЕНИЕ		
1	Дискретность перемещений по осям Z, X, Y, W мм	0,001
2	Перемещение по оси X, мм	580(+560-20)
3	Перемещение по оси Z, мм	935
4	Перемещение по оси Y, мм	160 (+80 -80)
5	Перемещение по оси W, мм	1000
6	Перемещение по оси C, град. (для главного шпинделя и протившпинделя)	360° (с дискретностью 0,001°)
7	Перемещение по оси B, град.	225°(-30 +195) (с дискретностью 0,001°)

Продолжение таблицы 7

8	Скорость ускоренных перемещений:	
	по оси X, м/мин.	40
	по оси Y, м/мин.	26
	по оси Z, м/мин.	40
	по оси W, м/мин.	20
	по оси C, об/мин.	200
	по оси B, об/мин	30
9	Точность позиционирования по всем осям, не более, мм	0,005
10	Повторяемость позиционирования, не более, мм	X±0,003 Z±0,005 Y±0,005 (без оптических линеек) C±0,007 °
<b>ГЛАВНЫЙ ШПИНДЕЛЬ</b>		
1	Присоединительный конец главного шпинделя	JIS A2-6
2	Диапазон частоты вращения главного шпинделя, об/мин	38-5000
3	Диаметр сквозного отверстия главного шпинделя, мм	Ø62
4	Наружный диаметр подшипников главного шпинделя, мм	Ø100
5	Мощность главного шпинделя, кВт (20мин./постоянно)	15/11
6	Дискретность перемещения по оси C главного шпинделя, град.	0,001°
<b>ПРОТИВОШПИНДЕЛЬ</b>		
1	Фланцевый конец противошпинделя	JIS A2-6
2	Диапазон частоты вращения противошпинделя, об/мин	38-5000
3	Диаметр сквозного отверстия противошпинделя, мм	Ø62
4	Наружный диаметр подшипников противошпинделя, мм	Ø100
5	Мощность противошпинделя, кВт (20мин./постоянно)	15/11
6	Дискретность перемещения по оси C противошпинделя, град.	0,001°
<b>ОДНОПОЗИЦИОННАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ГОЛОВА</b>		
1	Однопозиционная инструментальная голова для токарных и фрезерных инструментов	H1ATC
2	Присоединительный конус вспомогательного инструмента	HSK-A63

Продолжение таблицы 7

3	Диапазон частоты вращения инструментального шпинделя, об/мин	50-10 000
4	Мощность токарно-фрезерного инструментального шпинделя, кВт (5 мин./постоянно)	11/7,5
5	Время смены инструмента от стружки до стружки, сек	7,1
6	Дискретность перемещения по оси В, град.	0,001°
<b>ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МАГАЗИН</b>		
1	Количество позиций в инструментальном магазине	40
2	Присоединительный конус хвостовика инструмента	HSK-A63
3	Максимальный диаметр инструмента смежного/через позицию, мм	Ø90/Ø130
4	Максимальная длина инструмента, мм	300
5	Максимальный вес инструмента, кг	8
6	Присоединительные размеры токарного инструмента: Сечение державки резца, мм Присоединительные диаметр борштанги, мм	□25x25 Ø40
<b>ПРОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b>		
1	Габаритные размеры (длина/ширина/высота), мм	4340/2050/2600
2	Масса, кг	10300
3	Система ЧПУ	OSP-P200L

Внешний вид станка представлен ниже.



Рисунок 5 - Внешний вид станка

Для выполнения протяжной операции выбираем протяжной станок Tsan Tsin TH-5x1000.

Таблица 8 – Характеристики протяжного станка Tsan Tsin TH-5x1000

Наименование, Единицы измерения	Величина
Мощность протяжки, кг	5 000
Макс. ход, мм	1 000
Макс. длина протяжки, мм	1 000
Скорость резания, м/мин	1-6
Скорость возврата, м/мин	1-7
Двигатель привода, кВт	10Н6Р
Помпа поднятия инструмента	150Т94L
Двигатель СОЖ	1/4Н4Р
Двигатель смазки	автомат
Количество давления масла, л	450
Количество СОЖ, л	100
Количество смазки, л	2
Макс. диаметр отверстия, л	80
Макс. наруж. диаметр протяг. детали, мм	380
Высота станка, мм	3 000
Площадь станка, мм	1 300 × 1 600
Общий вес станка, кг	2 300
Высота стола, мм	1 830

Внешний вид станка представлен ниже.



Рисунок 6- Внешний вид станка Tsan Tsin TH-5x1000

Для выполнения моечной операции выбираем моечную машину МА MAGIDOL152:

Таблица 9– Основные характеристики МА MAGIDOL152

№ П/П	НАИМЕНОВАНИЕ	ЕД-ЦА ИЗМЕР	ВЕЛИЧИНА
1	Объем бака	мм	450
2	Расстояние между торцами патронов	мм	900
3	Диаметр корзины	мм	1400
4	Вес загрузки корзины	кг	350
5	Высота загружаемых деталей	мм	800
6	Вес моечной машины	кг	400
7	Мощность электронагревателей	кВт	12
8	Производительность насоса	л/мин	2x115
9	Частота вращения корзины	об/мин	8
10	Потребляемая мощность	кВт	15
11	Температурный режим	°С	10-70
12	Напряжение	В	400
13	Габаритные размеры	мм	1800x2160x2390

Внешний вид моечной машины представлен ниже.



Рисунок 7 - Внешний вид моечной машины MA MAGIDOL152

Для выполнения термической операции выбираем вакуумную печь VCV-7710.

Таблица 10 – Основные характеристики вакуумной печи VCV-7710

Модель	VCV-7710
Количество рабочих камер	1
Размеры рабочей камеры (ШxВxГ), мм	Ø700x1100
Вес садки, кг	800
Рабочая / Максимальная температура, °С	1300
Давление газа, бар	2
Рабочий газ	CH <sub>4</sub> /C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> +N <sub>2</sub>
Предельный вакуум, Па	5x10 <sup>-3</sup> /4x10 <sup>-1</sup>
Скорость натекания, Па/час	0,5
Однородность температуры, °С	±5
Мощность нагрева, кВт	180
Перемещение садки, не более сек	30

Внешний вид вакуумной печи представлен ниже.



Рисунок 8 - Внешний вид вакуумной печи VCV-7710

Для выполнения круглошлифовальной операции выбираем внутришлифовальный станок STUDER S151.

Таблица 11 – Основные характеристики внутришлифовального станка STUDER S151

Длина детали	макс. 450 мм
Длина шлифования	макс. 200 мм
Высота центров над столом	265 мм
Шпиндели на револьверной головке, макс.	4
Высокочастотный шпиндель, диаметр	100/150/170 мм
Ременный шпиндель, диаметр	-
Шлифовальный круг для наружной обработки	макс. 300 мм
Перемещение по оси X	360 мм
Перемещение по оси Z	530 мм
Установочный угол оси В (вручную)	+30° /-5°
Вес станка	4000 кг



Внешний вид внутришлифовального станка STUDER S151 представлен ниже.



Рисунок 9 - Внешний вид внутришлифовального станка STUDER S151

Для выполнения зубошлифовальной операции выбираем зубошлифовальный станок YK7380.

Таблица 12– Основные характеристики зубошлифовального станка YK7380

Технические характеристики	Единицы изм.	YK7380
Мах. диаметр заготовки	мм	800
Мах. модуль	мм	20
Мах. угол	°	±35
Диаметр шлифовального круга	мм	Ф400
Смещение шлифовального круга	мм	100
Мах. скорость вращения стола	р/мин.	20

Продолжение таблицы 12

Скорость вращения шпинделя	об/мин	3000
Ускоренное перемещение по ося X/Z	мм/мин	5000
Расстояние от центра шлифовального круга до центра стола	мм	210-810
Расстояние от центра шлифовального круга до поверхности стола	мм	200-600
Расстояние от центра внешнего кронштейна до стола поверхности	мм	485-1085
Мощность главного привода	КВт	15
Общая мощность	КВт	78
Габариты (L*W*H)	см	400*230*310

Внешний вид зубошлифовального станка УК7380 представлен ниже.



Рисунок 10 - Внешний вид внутришлифовального станка УК7380

## 2.4.2 Выбор и описание режущего инструмента

«В проектируемом технологическом процессе будет использоваться следующий режущий инструмент на основании» [13],[14] и [21]:

### а) Резцы:

- Резцовая головка для ромбических пластин 80° H63ASCLCR12 KINTEK
- Пластина CNMG 120404 NGU AC630M SUMITOMO
- Блок H63AAX32/25 KINTEK
- Лезвие WCFH 26-3 SUMITOMO
- Пластина WCFN 3 AC830P SUMITOMO
- Державка D20S - SCLCL 09T3-22 SUMITOMO
- Пластина CCGT 09T304 MNSC AC530U SUMITOMO
- Резцовая головка для ромбических пластин 80° H63ASCLCR12 KINTEK
- Пластина CNMG 120402 NGU AC630M SUMITOMO
- Державка D20S - SCLCL 09T3-22 SUMITOMO
- Пластина CCGT 09T302 MNSC AC530U SUMITOMO
- Державка GWCR 2525-25 SUMITOMO
- Пластина TGAR 4300BF AC530U SUMITOMO

### б) Свёрла:

- Державка сверла SMDH 300 SUMITOMO
- Головка сверла SMDT 3000 D MTL SUMITOMO
- Сверло диаметр 8 D5306080 YG-1
- Сверло диаметр 4,25 D1105942 YG-1

### в) Фрезы:

- Фреза дисковая спец.
- Фреза дисковая спец.

### г) Прочие инструменты:

- Метчик M5 E10820.084 FRAISA

- Шабер спец.
- Надфиль ГОСТ 1513-77;
- Протяжка спец.
- Круг шлиф. спец.;
- Круг шлиф. спец.

### **2.4.3 Выбор и описание измерительного инструмента**

В проектируемом технологическом процессе будет использоваться следующий измерительный инструмент на основании:

а) Штангенциркули:

- Щт. циркуль ШЦЦ-1-150-0,01ТЕСА;

б) Микрометры:

- Микрометр МК 100-1 ГОСТ 6507-90;

в) Шаблоны:

- Шаблон на фаску  $0,5 \times 45^\circ$  спец.;
- Шаблон на фаску  $1,5 \times 45^\circ$  спец.;
- Шаблон на размер  $8 \pm 0,18$  спец.;
- Шаблон на размер  $12,2^{+0,1}$  спец.;
- Шаблон на размер  $1,3 \pm 0,05$  спец.;
- Шаблон на размер  $1 \pm 0,1$  спец.

г) Скобы:

- Скоба на размер диаметр  $53,6^{+0,2}$  спец.;
- Скоба на размер диаметр  $56,2^{+0,15}$  спец.;

д) Прочие инструменты:

- измерительная машина MISTRAL

Для контроля внутренних поверхностей используем измерительный инструмент:

а) Пробки:

- Пробка гл. диаметр  $4,134^{+0,25}$  ГОСТ 14810 – 69;
  - Пробка резьб. М5 – 6Н ПР ГОСТ 17756 – 72;
  - Пробка резьб. М5 – 7Н НЕ ГОСТ 17757 – 72;
  - Пробка гл. диаметр  $40Н6(^{+0,016})$  ГОСТ 14810 – 69;
  - Пробка на глубину резьбы спец.;
- б) Прочие инструменты и приборы:
- Нутромер спец.;
  - Шаблон на размер  $48\pm 0,31$  спец.;
  - Калибр на симметричн. спец.;
  - Калибр на размер  $45,5^{+0,29}_{+0,13}$  спец.;
  - Калибр на размер  $10^{+0,20}_{+0,08}$  спец.;

## 2.5 Расчет промежуточных припусков и операционных размеров

### 2.5.1 Аналитический метод определения припусков

«Минимальный промежуточный припуск на выполняемом переходе для диаметральных размеров:

$$2z_{\min} = 2 \cdot [(R_{z_{i-1}} + h_{z_{i-1}}) + \sqrt{\Delta\varepsilon_{i-1}^2 + \Delta y_i^2}], \quad [3] \quad (26)$$

где  $R_{z_{i-1}}$  – высота микронеровностей поверхности, получаемая на предшествующем переходе, мкм;

$\Delta\varepsilon_{i-1}$  – суммарные погрешности отклонения расположения поверхностей от номинального на предшествующем переходе, мкм;

$\Delta y$  – погрешность базирования и установки заготовки, мкм.» [3].

«Номинальный припуск на обработку поверхностей для диаметральных размеров:

$$z_{\text{НОМ}} = z_{\min} + T_{A_{i-1}}, \quad [3] \quad (27)$$

где  $T_{A_{i-1}}$  – допуск на размер на предшествующем переходе, мм.» [3].

«Максимальный припуск на обработку поверхностей для диаметральных размеров:

$$z_{\max} = z_{\min} + T_{A_{i-1}} + T_{A_i}, \quad [3]$$

(28)

где  $T_{A_i}$  – допуск на размер на выполняемом переходе, мм.» [3].

Определим аналитическим методом припуски, допуски и операционные размеры на два чертежных размера – один вал и одно отверстие. Результаты запишем в таблицы 13, 14, представленные ниже.

Определим аналитическим методом припуска, допуска и операционные размеры по технологическим переходам на диаметральный размер 82мм.

Токарную обработку выполним на станке Multus B300W. Заготовка устанавливается в трехкулачковый патрон.

Назначаем предварительный маршрут обработки:

- 010 Заготовительная; по h16 (-1,9)
- 030 Токарно-фрезерная (точение черновое); по h14 (-0,87)
- 030 Токарно-фрезерная (точение чистовое); по h14 (-0,87)

Таблица 13 - Расчет припусков, допусков и операционных размеров на диаметральный размер 82мм.

Номер операции	Квалитет точности	Rz, мк м	h, мкм	Δε, мкм	Δу, мкм	2z <sub>min</sub> , мм	2z <sub>ном.</sub> , мм	2z <sub>max</sub> , мм	Операц. размер
010	h16 (-2,2)	80	115	150	-	-	-	-	86,048 <sub>-2,2</sub>
030(черн.)	h14 (-0,87)	40	25	70	30	0,696	1,566	3,766	83,152 <sub>-0,87</sub>
030(чист.)	h14 (-0,87)	25	15	-	30	0,282	1,152	2,022	82 <sub>-0,87</sub>

«Определяем операционные припуски для операции 030 (чист).

Определяем минимальный припуск по формуле (26)

$$2z_{\min} = 2[(40+25) + \sqrt{30^2 + 70^2}] = 282 \text{ мкм} = 0,282 \text{ мм.}$$

Определяем номинальный припуск по формуле (27)

$$2z_{\text{НОМ}} = 2z_{\min} + T_{A_{i-1}};$$

$$2z_{\text{НОМ}} = 0,282 + 0,87 = 1,152 \text{ мм.}$$

Определяем расчетный максимальный припуск по формуле (28)

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + T_{A_{i-1}} + T_{A_i};$$

$$2z_{\max} = 0,282 + 0,87 + 0,87 = 2,022 \text{ мм.}$$

Минимальный диаметр на операции 030 (черн.)

$$d_{\min}^{030\text{черн.}} = d_{\text{НОМ.}}^{030\text{чист.}} + 2z_{\min}^{030\text{чист.}}, \quad (29)$$

Подставив численные значения, имеем

$$d_{\min}^{030\text{черн.}} = 82 + 0,282 = 82,282 \text{ мм.}$$

Номинальный (максимальный) диаметр на операции 030 (черн.)

$$d_{\text{НОМ.}}^{030\text{черн.}} = d_{\max}^{030\text{черн.}} = d_{\min}^{030\text{черн.}} + T^{030\text{черн.}}, \quad (30)$$

Подставив численные значения, имеем

$$d_{\text{НОМ.}}^{030\text{черн.}} = d_{\max}^{030\text{черн.}} = 82,282 + 0,87 = 83,152 \text{ мм.}$$

Тогда операционный диаметр на операции 030(черн.):

$$d_{\text{опер.}} = 83,152_{-0,87} \text{ мм.}$$

Определяем операционные припуски для операции 010.

$$2z_{\min} = 2[(80+115) + \sqrt{30^2 + 150^2}] = 696 \text{ мкм} = 0,696 \text{ мм};$$

$$2z_{\text{НОМ}} = 0,696 + 0,87 = 1,566 \text{ мм};$$

$$2z_{\max} = 0,696 + 0,87 + 2,2 = 3,766 \text{ мм.}$$

Минимальный диаметр на 010 операции

$$d_{\min}^{010} = d_{\text{ном.}}^{030\text{черн.}} + 2z_{\min}^{030\text{черн.}}, \quad (31)$$

Подставив численные значения, имеем

$$d_{\min}^{010} = 83,152 + 0,696 = 83,848\text{мм.}$$

Максимальный диаметр на 010 операции

$$d_{\text{ном.}}^{010} = d_{\text{max.}}^{010} = d_{\min}^{010} + T^{010}, \quad (32)$$

Подставив численные значения, имеем

$$d_{\text{ном.}}^{010} = d_{\text{max.}}^{010} = 83,848 + 2,2 = 86,048\text{мм.}$$

Тогда операционный диаметр на 010 операции

$$d_{\text{опер.}} = 86,048_{-2,2} \text{ мм.} \gg [3].$$

Определим аналитическим методом припуска, допуска и операционные размеры по технологическим переходам на диаметральный размер диаметральный размер 40Н6<sup>(+0,016)</sup> мм.

Назначаем предварительный маршрут обработки:

030	Сверление	по Н14 (+0,52)
030	Растачивание черновое;	по Н10 (+0,1)
030	Растачивание чистовое	по Н8 (+0,039)
090	Шлифование чистовое	по Н6 (+0,016)

Таблица 14 - Расчет припусков, допусков и операционных размеров на диаметральный размер 40Н6<sup>(+0,016)</sup>

Номер операции, номер перехода	Квалитет точности	Rz, мк м	h, мкм	Δε, км	Δу, мк м	Z <sub>min</sub> , мм	Z <sub>ном.</sub> , мм	Z <sub>max</sub> , мм	Операц. размер
030 (сверление)	Н14 (+0,52)	80	115	30	-	-	-	-	38,474 <sup>+0,52</sup>



Продолжение таблицы 14

030 (расточивание черновое)	H10 (+0,1)	40	25	30	30	0,475	0,995	1,095	39,469 <sup>+0,1</sup>
030 (расточивание чистовое)	H8 (+0,039)	30	20	25	30	0,214	0,314	0,33	39,783 <sup>+0,039</sup>
090 (шлифование чистовое)	H6 (+0,016)	25	-	-	30	0,178	0,217	0,233	40 <sup>+0,016</sup>

Определяем операционные припуски для операции 090 (шлифование чистовое).

Определяем минимальный припуск по формуле (26)

$$2z_{\min} = 2[(30+20) + \sqrt{25^2 + 30^2}] = 178\text{мкм} = 0,178 \text{ мм.}$$

Определяем номинальный припуск по формуле (27)

$$2z_{\text{ном}} = z_{\min} + T_{A_{i-1}};$$

$$2z_{\text{ном}} = 0,178 + 0,039 = 0,217\text{мм.}$$

Определяем расчетный максимальный припуск по формуле (28)

$$2z_{\max} = z_{\min} + T_{A_{i-1}} + T_{A_i};$$

$$2z_{\max} = 0,178 + 0,039 + 0,016 = 0,233\text{мм.}$$

Максимальный диаметр на операции 030 (расточивание черновое):

$$D_{\max}^{030\text{чист.}} = D_{\text{ном.}}^{090} - 2z_{\min}^{090},$$

(33)

Подставив численные значения, имеем

$$D_{\max}^{030\text{чист.}} = 40 - 0,178 = 39,822 \text{ мм.}$$

Номинальный (минимальный) диаметр на операции 030 (расточивание чистовое):

$$D_{\text{ном.}}^{030\text{чист.}} = D_{\min}^{030\text{чист.}} = D_{\max}^{030\text{чист.}} - T^{030\text{чист.}}, \quad (34)$$

Подставив численные значения, имеем

$$D_{\text{ном.}}^{030\text{чист.}} = D_{\min}^{030\text{чист.}} = 39,822 - 0,039 = 39,783 \text{ мм.}$$

Тогда операционный диаметр на операции 030 (расточивание чистовое):

$$D_{\text{опер.}} = 39,783^{+0,039} \text{ мм.}$$

Определяем операционные припуски для операции 030 (расточивание чистовое).

Определяем минимальный припуск по формуле (26)

$$2z_{\min} = 2[(40+25) + \sqrt{30^2 + 30^2}] = 214 \text{ мкм} = 0,214 \text{ мм.}$$

Определяем номинальный припуск по формуле (27)

$$2z_{\text{ном}} = z_{\min} + T_{A_{i-1}};$$

$$2z_{\text{ном}} = 0,214 + 0,1 = 0,314 \text{ мм.}$$

Определяем расчетный максимальный припуск по формуле (28):

$$2z_{\max} = z_{\min} + T_{A_{i-1}} + T_{A_i};$$

$$2z_{\max} = 0,214 + 0,1 + 0,016 = 0,33 \text{ мм.}$$

Максимальный диаметр на операции 030 (расточивание черновое):

$$D_{\max}^{030\text{черн.}} = D_{\text{ном.}}^{030\text{чист.}} - 2z_{\min}^{030\text{чист.}}, \quad (35)$$

Подставив численные значения, имеем

$$D_{\max}^{030\text{черн.}} = 39,783 - 0,214 = 39,569 \text{ мм.}$$

Номинальный (минимальный) диаметр на операции 030 (расточивание черновое):

$$D_{\text{ном.}}^{030\text{черн.}} = D_{\text{min}}^{030\text{черн.}} = D_{\text{max}}^{030\text{черн.}} - T^{030\text{черн.}}, \quad (36)$$

Подставив численные значения, имеем:

$$D_{\text{ном.}}^{030\text{черн.}} = D_{\text{min}}^{030\text{черн.}} = 39,569 - 0,1 = 39,469 \text{ мм.}$$

Тогда операционный диаметр на операции 030 (расточивание черновое):

$$D_{\text{опер.}} = 39,469^{+0,1} \text{ мм.}$$

Определяем операционные припуски для 030 (сверление) операции:

$$2z_{\text{min}} = 2[(80+115) + \sqrt{30^2 + 30^2}] = 475 \text{ мкм} = 0,475 \text{ мм};$$

$$2z_{\text{ном}} = 0,475 + 0,52 = 0,995 \text{ мм};$$

$$2z_{\text{max}} = 0,475 + 0,52 + 0,1 = 1,095 \text{ мм.}$$

Максимальный диаметр на операции 030 (сверление) операции:

$$D_{\text{max}}^{030\text{свер.}} = D_{\text{ном.}}^{030\text{черн.}} - 2z_{\text{min}}^{030\text{черн.}}, \quad (37)$$

Подставив численные значения, имеем:

$$D_{\text{max}}^{030\text{свер.}} = 39,469 - 0,475 = 38,994 \text{ мм.}$$

Номинальный (минимальный) диаметр на операции 030 (сверление):

$$D_{\text{ном.}}^{030\text{свер.}} = D_{\text{min}}^{030\text{свер.}} = D_{\text{max}}^{030\text{свер.}} - T^{030\text{свер.}}, \quad (38)$$

Подставив численные значения, имеем:

$$D_{\text{ном.}}^{030\text{свер.}} = D_{\text{min}}^{030\text{свер.}} = 38,994 - 0,52 = 38,474 \text{ мм.}$$

Тогда операционный диаметр на операции 030 (сверление):

$$D_{\text{опер.}} = 38,474^{+0,52} \text{ мм.}$$

## 2.5.2 Табличный метод определения припусков

«При табличном методе определения промежуточных припусков на обработку поверхностей пользуются таблицами соответствующих стандартов, нормативными материалами и данными технических справочников.

Табличный метод определения промежуточных припусков сравнительно прост, однако практическое применение его вызывает некоторое затруднение, которое объясняется тем, что таблицы находятся в разных справочниках изданиях, стандартах отраслей и предприятий, различных по содержанию и по системе их построения.

Каждая отрасль машиностроения, разрабатывая стандарты и руководящие технические материалы, учитывает свою специфику производства и производственную оснащенность.

Промежуточные припуски и допуски для каждой операции определяет, начиная от финишной операции к начальной, т.е. в направлении, обратном ходу технологического процесса обработки заготовки. Наименьшие значения рекомендуемых припусков выбираем источнику» [17, с.191].

Таблица 15 – Расчет припусков, допусков и промежуточных размеров табличным методом

Вид обработки	Точность	Допуск, мм	Промежуточные (фактические) размеры, мм		Промежуточные (фактические) припуска, мм		Операционный (фактический) размер, мм
			D <sub>max</sub>	D <sub>min</sub>	Z <sub>max</sub>	Z <sub>min</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8
Внутренняя поверхность диаметр 41 <sup>+0,62</sup>							
Растачивание черновое	16	1,6	40,3	38,7	-	-	38,7 <sup>+1,6</sup>
Растачивание чистовое	14	0,62	41,62	41	1,5	0,7	41 <sup>+0,62</sup>
Наружная поверхность диаметр 78 <sub>-0,74</sub>							
Точение черновое	16	1,9	80,7	78,8	-	-	80,7 <sub>-1,9</sub>
Точение чистовое	14	0,74	78	77,26	1,7	0,8	78 <sub>-0,74</sub>

Продолжение таблицы 15

Наружная поверхность диаметр 53,6 <sup>+0,2</sup>							
Точение черновое	13	0,46	54,56	54,1	-	-	54,56 <sub>-0,46</sub>
Точение чистовое	-	0,2	53,8	53,6	0,65	0,3	53,6 <sup>+0,2</sup>
Наружная поверхность диаметр 56,2±0,15							
Точение черновое	14	0,74	57,49	56,75	-	-	57,49 <sub>-0,74</sub>
Точение чистовое	JS12	0,3	56,35	56,05	0,85	0,4	56,2±0,15

## 2.6 Расчет режимов резания

### 2.6.1 Расчет режимов резания аналитическим методом

«Для токарной обработки скорость резания определяется по формуле (39):

$$V_{рез} = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (39)$$

где  $C_v$  – коэффициент характеризующий материал и условия обработки;  
 $T$  – период стойкости инструмента, мин;  
 $t$  – глубина резания, мм;  
 $S$  – подача, мм/об;  
 $K_v$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий условия резания;  
 $m, x, y$  – показатели степени» [16].

«Для фрезерной обработки скорость резания определяется по формуле (40):

$$V_{рез} = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^U \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (40)$$

где  $S$  – подача, мм/об ( $S_z = S/z$  мм/зуб);

$T$  – период стойкости фрезы, мин;  
 $B$  – ширина фрезерования, мм;  
 $z$  – число зубьев фрезы;  
 $t$  – глубина фрезерования, мм;  
 $C_v$  – постоянная скорости;  
 $q, m, x, y, p, u$  – показатели степени» [16].

«Значение коэффициента  $C_v$ , показателей степени ( $m, x_v, u_v, q_v, y_v, p_v$ ) и период стойкости  $T$  инструмента, применяемого для данного вида обработки, приведены в таблицах для каждого вида обработки» [16].

«Для получения действительного значения скорости резания ( $V_{рез}$ ) с учетом конкретных значений  $t, S, T$  вводится поправочный коэффициент  $K_v$ , который равен произведению ряда коэффициентов и который определяется по формуле (41):

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{NV}, \quad (41)$$

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

$K_{IV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

$K_{NV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки» [16].

«Значения коэффициентов определяются по таблицам для каждого вида обработки.

Частота вращения шпинделя по (42):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (42)$$

Отсюда можно определить скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (43)$$

Сила резания  $P_z$ . Под силой резания обычно подразумевают ее главную составляющую  $P_z$ , определяющую расходуемую на резание мощность  $N$  и крутящий момент  $M_{кр}$  на шпинделе станка.

Для токарной обработки силу резания рассчитывают по формуле (44):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (44)$$

где  $C_p$  – постоянная резания;

$V$  – скорость резания, м/мин;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$K_p$  – общий поправочный коэффициент на силу резания, учитывающий условия резания;

$x, y, n$  – показатели степени» [16].

«Поправочный коэффициент  $K_p$ , представляющий собой произведение коэффициентов, учитывающих изменение против табличных условий резания, определяется по формуле (45):

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{фр} \cdot K_{гр} \cdot K_{лр} \cdot K_{гр}, \quad (45)$$

где  $K_{mp}$  – коэффициент, учитывающий влияние механических свойств обрабатываемого материала на силы резания;

$K_{фр}, K_{гр}, K_{лр}, K_{гр}$  – коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров резца» [16].

«Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле (46):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (46)$$

где  $B$  – ширина фрезерования;

$z$  – число зубьев фрезы;

$t$  – глубина фрезерования;

$n$  – число оборотов фрезы в минуту, об/мин;

$C_p$  – постоянная скорости;

$q, x, y, u, w$  – показатели степени.

$K_{mp}$  – общий поправочный коэффициент на силу резания.

Постоянная  $C_p$  для данных (расчетных) условий резания и показатели степени ( $x, y, n, q, u, w$ ) для каждой из составляющих силы резания приведены в таблицах» [16].

Мощность резания рассчитывают по формуле (47):

$$N = \frac{P_z \cdot V_{рез}}{1020 \cdot 60'} \quad (47)$$

При сверлении глубина резания определяется по формуле (48):

$$t = 0.5D, \quad (48)$$

где  $D$  – диаметр сверла, мм;

$t$  – глубина резания по формуле.

Скорость резания при сверлении определяется по формуле (49):

$$V_{рез} = \frac{C_V D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (49)$$

где  $T$  – стойкость сверла, мин;

$S$  – подача мм/об;

$C_v, m, q, y, K_v$  – табличные коэффициенты для сверления, учитывающие условия обработки.

Крутящий момент при сверлении находится по формуле (50):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_M, \quad (50)$$



где  $M_{кр}$  – крутящий момент при сверлении;

$C_m$ ,  $q$ ,  $u$ ,  $K_m$  – табличные коэффициенты для сверления, учитывающие условия обработки.

Осевая сила резания при сверлении определяется по формуле (51):

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (51)$$

где  $P_o$  – окружная сила резания;

$C_p$ ,  $q$ ,  $u$ ,  $K_p$  – табличные коэффициенты для сверления, учитывающие условия обработки.

Мощность резания при сверлении рассчитывается по следующей формуле (52):

$$N_C = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (52)$$

где  $N_C$  – мощность резания при сверлении.

Рассчитаем аналитическим методом режимы резания для токарной операции 030.

Токарно-фрезерная операция 030 установ 1.

Станок – MULTUS B300W. Мощность электродвигателя 11 кВт.

Переход 1 - обрабатываемые поверхности - 1,2,3,6 – черновая обработка. Резцовая головка для ромбических пластин 80° H63ASCLCR12 KINTEK; пластина CNMG 120404 NGU AC630M SUMITOMO, глубина резания 2 мм.

Подачу выбираем по каталогу режущего инструмента SUMITOMO.

Для черновой обработки принимаем:  $t = 2$  мм;  $S = 0,2$  мм/об,  $T = 60$  мин.

По [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (41):

$$K_{MV} = 0,8;$$

$$K_{IV} = 1,5;$$

$$K_{NV} = 0,9.$$

Подставляя в формулу, получаем:

$$K_V = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 0,9 = 1,08.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.270] для формулы (39):

$$C_V = 180;$$

$$x = 0,25;$$

$$y = 0,45;$$

$$m = 0,3.$$

Подставляя данные в формулу, получаем скорость резания:

$$V_{\text{черн}} = \frac{180}{60^{0,3} \cdot 2^{0,25} \cdot 0,2^{0,45}} \cdot 1,08 = 99 \text{ (м/мин)}.$$

Находим частоту вращения шпинделя по формуле (42):

$$n_{\text{черн}} = \frac{1000 \cdot 99}{3,14 \cdot 82} = 384 \text{ (об/мин)}.$$

Станок MULTUS B300W обладает бесступенчатым регулированием, и частота вращения шпинделя не превышает максимально возможную для данного станка (6000 об/мин).

Подставив численные значения в формулу (45), получим:

$$K_p = 1,35 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.273] для формулы (44):

$$C_p = 204;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0.$$

Подставляя данные в формулу, получаем силу резания:

$$P_{z \text{ черн.}} = 10 \cdot 204 \cdot 2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 99^0 \cdot 1,2 = 734,4 \text{ (Н)}$$

Мощности резания подсчитаем по формуле (47):

$$N_{\text{черн}} = \frac{734,4 \cdot 99}{1020 \cdot 60} = 1,188 \text{ (кВт)}.$$

Переход 2 - обрабатываемые поверхности - 4 – черновая обработка.  
Блок H63AAX32/25 KINTEK; Лезвие WCFH 26-3 SUMITOMO; Пластина

WCFN 3 AC830P Sumitomo, глубина резания 3 мм. Подачу выбираем по каталогу режущего инструмента SUMITOMO.

Для чистовой обработки принимаем:  $t = 3$  мм;  $S = 0,1$  мм/об,  $T = 60$  мин.

По [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (41):

$$K_{MV} = 0,8;$$

$$K_{IV} = 1,5;$$

$$K_{NV} = 0,9.$$

Подставляя в формулу, получаем

$$K_V = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 0,9 = 1,08.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.270] для формулы (39):

$$C_V = 180;$$

$$x = 0,35;$$

$$y = 0,55;$$

$$m = 0,55.$$

Подставляя данные в формулу, получаем скорость резания:

$$V_{\text{черн}} = \frac{180}{60^{0,55} \cdot 3^{0,35} \cdot 0,1^{0,55}} \cdot 1,08 = 50 \text{ (м/мин)}.$$

Находим частоту вращения шпинделя по формуле (42):

$$n_{\text{черн}} = \frac{1000 \cdot 60}{3,14 \cdot 57} = 335 \text{ (об/мин)}.$$

Станок MULTUS B300W обладает бесступенчатым регулированием, и частота вращения шпинделя не превышает максимально возможную для данного станка (6000 об/мин).

Подставив численные значения в формулу (45), получим:

$$K_p = 1,35 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.273] для формулы (44):

$$C_p = 204;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0.$$

Подставляя данные в формулу, получаем силу резания:

$$P_{z \text{ черн.}} = 10 \cdot 204 \cdot 3^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 50^0 \cdot 1,2 = 1306 \text{ (Н)}$$

Мощности резания подсчитаем по формуле (47):

$$N_{\text{черн}} = \frac{1036 \cdot 50}{1020 \cdot 60} = 0,84 \text{ (кВт)}.$$

Переход 3 - обрабатываемая поверхность - 8 – сверление под расточку. Державка сверла SMDH 300 SUMITOMO; Головка сверла SMDT 3000 D MTL SUMITOMO. Подачу выбираем по каталогу режущего инструмента SUMITOMO.

Принимаем:  $S = 0,1$  мм/об,  $T = 40$  мин.

Находим глубину резания по формуле (48):

$$t = 15 \text{ мм}$$

По [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (49):

$$C_v = 60; q = 0,5; y = 0,45; m = 0,12; K_v = 0,45$$

Находим скорость резания по формуле (49):

$$V_{\text{свер.}} = \frac{60 \cdot 30^{0,5}}{40^{0,12} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 0,45 = 272 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя:

$$n_{\text{свер.}} = \frac{1000 \cdot 272}{3,14 \cdot 30} = 2890 \text{ (об/мин)}.$$

По [16, с.282] назначаем коэффициенты  $C_m = 0,041$ ;  $q = 1,5$ ;  $y = 0,7$ ;  $K_m = 0,75$  для формулы (50):

Крутящий момент при сверлении находим по формуле (50):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,041 \cdot 30^{1,5} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,75 = 10,08 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По [16, с.273] назначаем коэффициенты для формулы (51):

$$C_p = 0,08; q = 2,0; y = 0,7; K_p = 0,5.$$

Осевую силу резания при сверлении определяем по формуле (51):

$$P_o = 10 \cdot 0,08 \cdot 30^{1,5} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,5 = 13,1 \text{ Н}$$

Мощность резания при сверлении рассчитывается по формуле (52):

$$N_C = \frac{10,08 \cdot 2890}{9750} = 2,98 \text{ кВт}$$

Переход 4 - обрабатываемые поверхности - 9 – черновая обработка.  
Державка D20S - SCLCL 09T3-22 SUMITOMO Пластина CCGT 09T304  
MN5C AC530U SUMITOMO, глубина резания 2 мм. Подачу выбираем по  
каталогу режущего инструмента SUMITOMO.

Для черновой обработки принимаем:  $t = 2$  мм;  $S = 0,2$  мм/об,  $T = 60$   
мин.

По [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (41):

$$K_{MV} = 0,8;$$

$$K_{IV} = 1,5;$$

$$K_{NV} = 0,9.$$

Подставляя в формулу, получаем:

$$K_V = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 0,9 = 1,08.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.270] для формулы (39):

$$C_V = 180;$$

$$x = 0,25;$$

$$y = 0,45;$$

$$m = 0,3.$$

Подставляя данные в формулу, получаем скорость резания:

$$V_{\text{черн}} = \frac{180}{60^{0,3} \cdot 2^{0,25} \cdot 0,2^{0,45}} \cdot 1,08 = 99 \text{ (м/мин)}.$$

Находим частоту вращения шпинделя по формуле (42):

$$n_{\text{черн}} = \frac{1000 \cdot 99}{3,14 \cdot 40} = 788 \text{ (об/мин)}.$$

Станок MULTUS B300W обладает бесступенчатым регулированием, и  
частота вращения шпинделя не превышает максимально возможную для  
данного станка (6000 об/мин).

Подставив численные значения в формулу (43), получим:

$$K_p = 1,35 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.273] для формулы (44):

$$C_p = 204;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0.$$

Подставляя данные в формулу, получаем силу резания:

$$P_{z \text{ черн.}} = 10 \cdot 204 \cdot 2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 99^0 \cdot 1,2 = 734,4 \text{ (Н)}$$

Мощности резания подсчитаем по формуле (47):

$$N_{\text{черн.}} = \frac{734,4 \cdot 99}{1020 \cdot 60} = 1,188 \text{ (кВт)}.$$

Переход 5 - обрабатываемые поверхности - 1, 2, 3 – чистовая обработка. Резцовая головка для ромбических пластин 80° H63ASCLCR12 KINTEK; Пластина CNMG 120402 NGU AC630M SUMITOMO, глубина резания 0,2 мм. Подачу выбираем по каталогу режущего инструмента SUMITOMO.

Для чистовой обработки принимаем:  $t = 0,2$  мм;  $S = 0,1$  мм/об,  $T = 60$  мин.

По [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (41):

$$K_{MV} = 0,8;$$

$$K_{IV} = 1,5;$$

$$K_{NV} = 0,9.$$

Подставляя в формулу, получаем:

$$K_V = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 0,9 = 1,08.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.270] для формулы (39):

$$C_V = 180;$$

$$x = 0,25;$$

$$y = 0,45;$$

$$m = 0,3.$$

Подставляя данные в формулу, получаем скорость резания:

$$V_{\text{чист}} = \frac{180}{60^{0,3} \cdot 0,2^{0,25} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 1,08 = 243 \text{ (м/мин)}.$$

Находим частоту вращения шпинделя по формуле (42):

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 243,1}{3,14 \cdot 82} = 384 \text{ (об/мин)}.$$

Станок MULTUS B300W обладает бесступенчатым регулированием, и частота вращения шпинделя не превышает максимально возможную для данного станка (6000 об/мин).

Подставив численные значения в формулу (45), получим:

$$K_p = 1,35 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.273] для формулы (44):

$$C_p = 204;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0.$$

Подставляя данные в формулу, получаем силу резания:

$$P_{z \text{ чист.}} = 10 \cdot 204 \cdot 0,2^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 243,1^0 \cdot 1,2 = 87 \text{ (Н)}$$

Мощности резания подсчитаем по формуле (47):

$$N_{\text{черн}} = \frac{87 \cdot 243,1}{1020 \cdot 60} = 0,35 \text{ (кВт)}.$$

Переход 6 - обрабатываемые поверхности – 4, 5, 6 – чистовая обработка. Блок H63AAX32/25 KINTEK; Лезвие WCFN 26-3 SUMITOMO; Пластина WCFN 3 AC830P Sumitomo, глубина резания 3 мм. Подачу выбираем по каталогу режущего инструмента SUMITOMO.

Для чистовой обработки принимаем:  $t = 0,2$  мм;  $S = 0,05$  мм/об,  $T = 60$  мин.

По [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (41):

$$K_{MV} = 0,8;$$

$$K_{IV} = 1,5;$$

$$K_{NV} = 0,9.$$

Подставляя в формулу, получаем:

$$K_V = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 0,9 = 1,08.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.270] для формулы (39):

$$C_V = 180;$$

$$x = 0,35;$$

$$y = 0,55;$$

$$m = 0,55.$$

Подставляя данные в формулу, получаем скорость резания:

$$V_{\text{чист}} = \frac{180}{60^{0,55} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 0,05^{0,55}} \cdot 1,08 = 189 \text{ (м/мин)}.$$

Находим частоту вращения шпинделя по формуле (42):

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 189}{3,14 \cdot 56,2} = 1071 \text{ (об/мин)}.$$

Станок MULTUS B300W обладает бесступенчатым регулированием, и частота вращения шпинделя не превышает максимально возможную для данного станка (6000 об/мин).

Подставив численные значения в формулу (45), получим:

$$K_p = 1,35 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.273] для формулы (44):

$$C_p = 204;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0.$$

Подставляя данные в формулу, получаем силу резания:

$$P_{z \text{ черн.}} = 10 \cdot 204 \cdot 0,2^1 \cdot 0,05^{0,75} \cdot 50^0 \cdot 1,2 = 51,8 \text{ (Н)}$$

Мощности резания подсчитаем по формуле (47):

$$N_{\text{черн}} = \frac{51,8 \cdot 189}{1020 \cdot 60} = 0,16 \text{ (кВт)}.$$

Переход 7 - обрабатываемые поверхности – 7, 8, 9, 11 – чистовая обработка. Державка D20S - SCLCL 09T3-22 SUMITOMO Пластина CCGT



09T302 MNSC AC530U SUMITOMO, глубина резания 0,2 мм. Подачу выбираем по каталогу режущего инструмента SUMITOMO.

Для чистовой обработки принимаем:  $t = 0,2$  мм;  $S = 0,1$  мм/об,  $T = 60$  мин.

По [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (41):

$$K_{MV} = 0,8;$$

$$K_{IV} = 1,5;$$

$$K_{NV} = 0,9.$$

Подставляя в формулу, получаем:

$$K_V = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 0,9 = 1,08.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.270] для формулы (41):

$$C_V = 180;$$

$$x = 0,25;$$

$$y = 0,45;$$

$$m = 0,3.$$

Подставляя данные в формулу, получаем скорость резания:

$$V_{\text{чист}} = \frac{180}{60^{0,3} \cdot 0,2^{0,25} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 1,08 = 243 \text{ (м/мин)}.$$

Находим частоту вращения шпинделя по формуле (42):

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 243,1}{3,14 \cdot 40} = 1935 \text{ (об/мин)}.$$

Станок MULTUS B300W обладает бесступенчатым регулированием, и частота вращения шпинделя не превышает максимально возможную для данного станка (6000 об/мин).

Подставив численные значения в формулу (45), получим:

$$K_p = 1,35 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.273] для формулы (44):

$$C_p = 204;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0.$$

Подставляя данные в формулу, получаем силу резания:

$$P_{z \text{ чист.}} = 10 \cdot 204 \cdot 0,2^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 243,1^0 \cdot 1,2 = 87 \text{ (Н)}$$

Мощности резания подсчитаем по формуле (47):

$$N_{\text{черн}} = \frac{87 \cdot 243,1}{1020 \cdot 60} = 0,35 \text{ (кВт)}.$$

Переход 8 - обрабатываемые поверхности – 10 – чистовая обработка. Державка GWCR 2525-25 SUMITOMO Пластина TGAR 4300BF AC530U SUMITOMO, глубина резания 0,5 мм. Подачу выбираем по каталогу режущего инструмента SUMITOMO.

Для чистовой обработки принимаем:  $t = 0,5$  мм;  $S = 0,1$  мм/об,  $T = 60$  мин.

По таблицам [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (41):

$$K_{MV} = 0,8;$$

$$K_{IV} = 1,5;$$

$$K_{NV} = 0,9.$$

Подставляя в формулу, получаем:

$$K_V = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 0,9 = 1,08.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.270] для формулы (39):

$$C_V = 180;$$

$$x = 0,25;$$

$$y = 0,45;$$

$$m = 0,3.$$

Подставляя данные в формулу, получаем скорость резания:

$$V_{\text{чист}} = \frac{180}{60^{0,3} \cdot 0,5^{0,25} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 1,08 = 194 \text{ (м/мин)}.$$

Находим частоту вращения шпинделя по формуле (42):

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 194}{3,14 \cdot 41} = 1507 \text{ (об/мин)}.$$

Станок MULTUS B300W обладает бесступенчатым регулированием, и частота вращения шпинделя не превышает максимально возможную для данного станка (6000 об/мин).

Подставив численные значения в формулу (45), получим:

$$K_p = 1,35 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2.$$

Назначаем остальные коэффициенты по [16, с.273] для формулы (44):

$$C_p = 204;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0.$$

Подставляя данные в формулу, получаем силу резания:

$$P_{z \text{ чист.}} = 10 \cdot 204 \cdot 0,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 194^0 \cdot 1,2 = 217,6 \text{ (Н)}$$

Мощности резания подсчитаем по формуле (47):

$$N_{\text{черн}} = \frac{217,6 \cdot 194}{1020 \cdot 60} = 0,69 \text{ (кВт)}.$$

Переход 9 - обрабатываемая поверхность - 12 – центровка. Сверло диаметр 8 D5306080 YG-1. Подачу выбираем по каталогу инструмента YG-1.

Принимаем:  $S = 0,1$  мм/об,  $T = 40$  мин.

Находим глубину исходя из обрабатываемого элемента:

$$t=0,2\text{мм (центровка)}$$

По [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (49):

$$C_v = 60; q = 0,5; y = 0,45; m = 0,12; K_v = 0,45$$

Находим скорость резания по формуле (49):

$$V_{\text{рез}} = \frac{60 \cdot 8^{0,5}}{40^{0,12} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 0,45 = 141 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя:

$$n=5000 \text{ об/мин}$$

По [16, с.270] назначаем коэффициенты  $C_m = 0,041$ ;  $q = 1,5$ ;  $y = 0,7$ ;  $K_m = 0,75$  для формулы (50):

Крутящий момент при сверлении находим по формуле (48):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 8^{1,5} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,75 = 1,39 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По [16, с.273] назначаем коэффициенты для формулы (51):  $C_p=0,08$ ;  $q=2,0$ ;  $y=0,7$ ;  $K_p=0,5$ .

Осевая сила резания при сверлении определяем по формуле (51):

$$P_o = 10 \cdot 0,08 \cdot 8^{1,5} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,5 = 1,8 \text{ Н}$$

Мощность резания при сверлении рассчитывается по формуле (52):

$$N_C = \frac{1,8 \cdot 5000}{9750} = 0,92 \text{ кВт}$$

Переход 10 - обрабатываемая поверхность - 12 – сверление. Сверло диаметр 4,25 D1105942 YG-1. Подачу выбираем по каталогу инструмента YG-1.

Принимаем:  $S = 0,1$  мм/об,  $T = 40$  мин.

Находим глубину резания по формуле (48):

$$t=2,125 \text{ мм}$$

По [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (49):

$$C_v = 60; q = 0,5; y = 0,45; m = 0,12; K_v = 0,45$$

Находим скорость резания по формуле (49):

$$V_{рез} = \frac{60 \cdot 4,25^{0,5}}{40^{0,12} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 0,45 = 103 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя:

$$n=5000 \text{ об/мин}$$

По [16, с.270] назначаем коэффициенты  $C_m = 0,041$ ;  $q=1,5$ ;  $y=0,7$ ;  $K_m=0,75$  для формулы (50):

Крутящий момент при сверлении находим по формуле (50):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 4,25^{1,5} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,75 = 0,54 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По [16, с.273] назначаем коэффициенты для формулы (51):

$C_p=0,08$ ;  $q=2,0$ ;  $y=0,7$ ;  $K_p=0,5$ .

Осевая сила резания при сверлении определяем по формуле (51):

$$P_o = 10 \cdot 0,08 \cdot 4,25^{1,5} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,5 = 0,7 \text{ Н}$$

Мощность резания при сверлении рассчитывается по формуле (52):

$$N_C = \frac{0,7 \cdot 5000}{9750} = 0,36 \text{ кВт}$$

Переход 11 - обрабатываемая поверхность - 12 – фаски. Сверло диаметр 8 D5306080 YG-1. Подачу выбираем по каталогу инструмента YG-1.

Принимаем:  $S = 0,1$  мм/об,  $T = 40$  мин.

Находим глубину исходя из обрабатываемого элемента:

$$t=0,5 \text{ мм (фаски)}.$$

По [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (49):

$$C_v = 60; q = 0,5; y = 0,45; m = 0,12; K_v = 0,45$$

Находим скорость резания по формуле (49):

$$V_{\text{рез}} = \frac{60 \cdot 8^{0,5}}{40^{0,12} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 0,45 = 141 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя:

$$n = 5000 \text{ об/мин}$$

По [16, с.270] назначаем коэффициенты  $C_m = 0,041$ ;  $q = 1,5$ ;  $y = 0,7$ ;  $K_m = 0,75$  для формулы (50):

Крутящий момент при сверлении находим по формуле (50):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,041 \cdot 8^{1,5} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,75 = 1,39 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По [16, с.273] назначаем коэффициенты для формулы (51):  $C_p = 0,08$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,7$ ;  $K_p = 0,5$ .

Осевая сила резания при сверлении определяем по формуле (51):

$$P_o = 10 \cdot 0,08 \cdot 8^{1,5} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,5 = 1,8 \text{ Н}$$

Мощность резания при сверлении рассчитывается по формуле (52):

$$N_C = \frac{1,8 \cdot 5000}{9750} = 0,92 \text{ кВт}$$

Переход 12 - обрабатываемая поверхность - 7 – нарезание резьбы. Метчик M5-7H E10820.084 FRAISA. Подачу и глубину резания выбираем исходя из обрабатываемого элемента:

Принимаем:  $S = 0,8$  мм/об (шаг),  $T = 40$  мин,  $t = 1$  мм (высота резьбы).

По [16, с.282] назначаем коэффициенты для формулы (49):

$$Cv = 60; q = 0,5; yv = 0,45; m = 0,12; Kv = 0,45$$

Находим скорость резания по формуле (49):

$$V_{рез} = \frac{60 \cdot 5^{0,5}}{40^{0,12} \cdot 1,5^{0,45}} \cdot 0,45 = 32 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя:

$$n = 318 \text{ об/мин}$$

По [16, с.270] назначаем коэффициенты  $C_m = 0,041; q = 2,0; y = 0,7;$   
 $K_m = 0,75$  для формулы (50):

Крутящий момент при сверлении находим по формуле (50):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 5^2 \cdot 1,5^{0,7} \cdot 0,75 = 10,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По [16, с.273] назначаем коэффициенты для формулы (49):  $C_p = 0,08;$   
 $q = 2,0; y = 0,7; K_p = 0,5.$

Осевая сила резания при нарезании резьбы определяем по формуле (51):

$$P_o = 10 \cdot 0,08 \cdot 5^2 \cdot 1,5^{0,7} \cdot 0,5 = 13,28 \text{ Н}$$

Мощность резания при сверлении рассчитывается по формуле (52):

$$N_C = \frac{10,2 \cdot 318}{9750} = 0,33 \text{ кВт}$$

Сведем в таблицу 16 полученные расчетные данные.

Таблица 16 – Режимы резания для операции 030 установ 1 на станке MULTUS B300W, рассчитанные аналитическим методом

Номер перехода	Глубина резания t, мм	Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	Частота вращения n, об/мин	Стойкость инструмента T, мин
Операция 030 установ 1					
1	2	0,2	99	384	60
2	3	0,1	50	335	60
3	15	0,1	272	2890	40
4	2	0,2	99	788	60
5	0,2	0,1	243	944	60

Продолжение таблицы 16

6	0,2	0,05	189	1071	60
7	0,2	0,1	243	1935	60
8	0,5	0,1	194	1507	60
9	0,2	0,1	141	5000	40
10	2,215	0,1	103	5000	40
11	0,5	0,1	141	5000	40
12	1	0,8	32	318	40

### 2.6.2 Расчет режимов резания табличным способом

Рассчитаем табличным методом режимы резания для токарной операций ЧПУ 030 установ 2.

Таблица 17 – Режимы резания для операции 030 установ 2 на станке MULTUS B300, рассчитанные табличным методом.

Инструмент	Обрабатыв. поверхности	t, мм	S, мм/об	V <sub>рез</sub> , м/мин	n, об/мин	N, кВт/ T, мин
Операция 030 установ 2						
Резцовая головка для ромбических пластин 80° H63ASCLCR 12 KINTEK Пластина CNMG 120404 NGU AC630M SUMITOMO	14,15,16 (черновая)	2	0,2	100	400	1,3 / 60

Продолжение таблицы 17

Резцовая головка для ромбических пластин 80° H63ASCLCR 12 KINTEK; Пластина CNMG 120402 NGU AC630M SUMITOMO	14,15,16 (чистовая)	0,2	0,1	250	1000	0,5 / 60
Державка D20S - SCLCL 09T3- 22 SUMITOMO Пластина CCGT 09T302 MNSC AC530U SUMITOMO	17,18 (чистовая)	0,3	0,1	250	2000	0,4 / 60
Сверло диаметр 8 D5306080 YG-1	19 (центровка)	0,2	0,1	150	5000	1 / 40
Сверло диаметр 4,25 D1105942 YG-1	19 (сверление)	2,215	0,1	100	5000	0,4 / 40
Сверло диаметр 8 D5306080 YG-1	19 (фаски)	0,5	0,1	150	5000	1 / 40



## Продолжение таблицы 17

Метчик М5 E10820.084 FRAISA	19 (нарезка резьбы)	1	0,8	40	400	0,4/40
Фреза дисковая спец. 131313	22 (черновая)	2	0,02 мм/зуб	30	200	2,2/ 60
Фреза дисковая спец. 121212	21 (чистовая)	1	0,01 мм/зуб.	40	200	0,5 / 60
Фреза дисковая спец. 141414	22 (чистовая)	0,05	0,01 мм/зуб	40	300	1,1/ 60

### 2.7 Определение норм времени

«Общая норма времени на механическую обработку одной заготовки на станке с ЧПУ определяют по формуле (53):

$$t_{шт} = (t_a + t_{в.р} \cdot K_{т.в}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right), [5] \quad (53)$$

где  $t_a$  – время автоматической работы станка по программе, мин;

$t_{в.р}$  – время выполнения ручной вспомогательной работы, не перекрываемой временем автоматической работы станка, мин;

$K_{т.в}$  – поправочный коэффициент на время ручной вспомогательной работы;

$K$  – суммарное время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные надобности, в процентах от оперативного времени» [5].

«Время  $t_a$  учитывает два элемента и определяется по формуле (54):

$$t_a = t_{о.а} + t_{в.а}, [5] \quad (54)$$

где  $t_{o.a}$  – основное программное время, мин;

$t_{в.а}$  – вспомогательное программное время, мин» [5].

«В свою очередь, основное программное время определяется по формуле (55):

$$t_{o.a} = \sum_{k=1}^m \left( \frac{L_k \cdot i}{n_k \cdot S_k} \right), [5] \quad (55)$$

где  $m$  – число участков обработки;

$i$  – количество проходов;

$L_k$ ,  $n_k$ ,  $S_k$  – соответственно расчетная длина обработки, число оборотов и подача на  $k$  - м участке» [5].

«Вспомогательное программное время определяется по формуле (56)

$$t_{в.а} = t_x + t_{ост.}, [5] \quad (56)$$

где  $t_x$  – время автоматической вспомогательной работы (время холостых ходов), мин;

$t_{ост.}$  – время технологических остановок (остановок вращения шпинделя подачи для проверки размеров, осмотра или смены инструмента и т.п.), мин.» [5].

«Основное программное время на фрезерные операции определяется по формуле (57):

$$t_{o.a} = \frac{L \cdot i}{S_M}, [5] \quad (57)$$

где  $L$  – длина пути, пройденная фрезой, мм;

$i$  – число рабочих ходов;

$S_M$  – минутная подача, мм/мин.» [5].

«Минутная подача при фрезеровании определяется по формуле (58):

$$S_M = S_Z \cdot z \cdot n, [5] \quad (58)$$

где  $S_Z$ – подача на зуб, мм/зуб;

$z$ – количество зубьев фрезы;

$n$ – количество оборотов шпинделя, об/мин. [5].

«Время выполнения ручной вспомогательной работы, не перекрываемое временем автоматической работы станка  $t_{в.р}$ , определяется по формуле (59):

$$t_{в.р} = t_{в.у} + t_{в.и} + t_{в.оп}, [5] \quad (59)$$

где  $t_{в.у}$ – вспомогательное время на установку и снятие заготовки, мин;

$t_{в.и}$ – вспомогательное время на контрольные измерения, мин;

$t_{в.оп}$ – «вспомогательное время на работы и команды, связанные с выполнением операции» [5].

«В серийном и единичном производстве за техническую норму времени принимают штучно-калькуляционное время, определяемое формулой (60):

$$T_{шк} = t_{шт} + \left( \frac{T_{п.з}}{n_{\phi}} \right), [5] \quad (60)$$

где  $T_{п.з}$ – подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку и наладку станка для обработки данной партии деталей, получение необходимой технологической оснастки, документации, а также на сдачу обработанных деталей, документации и оснастки, мин;

$n_{\phi}$ – число обрабатываемых деталей в партии» [5].

Обработку ведем партиями деталей по 50 штук, подготовительно-заключительное время на каждую операцию назначаем равным 60 мин.

Токарно-фрезерная операция 030. Станок MULTUS B300W.

Инструмент 1 (Резцовая головка для ромбических пластин 80° H63ASCLCR12 KINTEK; Пластина CNMG 120404 NGU AC630M SUMITOMO).

$$t_{o.a} = \frac{43,5 \cdot 2 + 141 \cdot 2}{384 \cdot 0,2} = 4,8 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 2 (Блок H63AAX32/25 KINTEK; Лезвие WCFN 26-3 SUMITOMO; Пластина WCFN 3 AC830P Sumitomo)

$$t_{o.a} = \frac{13 \cdot 5}{335 \cdot 0,1} = 1,9 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 3 (Державка сверла SMDH 300 SUMITOMO; Головка сверла SMDT 3000 D MTL SUMITOMO)

$$t_{o.a} = \frac{150}{2890 \cdot 0,1} = 0,52 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 4 (Державка D20S - SCLCL 09T3-22 SUMITOMO Пластина CCGT 09T304 MNSC AC530U SUMITOMO)

$$t_{o.a} = \frac{145 \cdot 3}{788 \cdot 0,2} = 2,76 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 5 (Резцовая головка для ромбических пластин 80° H63ASCLCR12 KINTEK; Пластина CNMG 120402 NGU AC630M SUMITOMO)

$$t_{o.a} = \frac{43,5 \cdot 2 + 141 \cdot 1}{944 \cdot 0,1} = 2,41 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 6 (Блок H63AAX32/25 KINTEK; Лезвие WCFN 26-3 SUMITOMO; Пластина WCFN 3 AC830P Sumitomo)

$$t_{o.a} = \frac{13 \cdot 2 + 12,2}{1071 \cdot 0,05} = 0,71 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 7 (Державка D20S - SCLCL 09T3-22 SUMITOMO Пластина CCGT 09T302 MNSC AC530U SUMITOMO)

$$t_{o.a} = \frac{145}{1935 \cdot 0,1} = 0,75 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 8 (Державка GWCR 2525-25 SUMITOMO Пластина TGAR 4300BF AC530U SUMITOMO)

$$t_{o.a} = \frac{0,5 \cdot 10 + 43}{1507 \cdot 0,1} = 0,32 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 9 (Сверло диаметр 8 D5306080 YG-1)

$$t_{o.a} = \frac{1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 6}{5000 \cdot 0,1} = 0,02 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 10 (Сверло диаметр 4,25 D11059421)

$$t_{o.a} = \frac{28 \cdot 6}{5000 \cdot 0,1} = 0,33 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 11 (Метчик M5-7H E10820.084 FRAISA)

$$t_{o.a} = \frac{22 \cdot 6}{318 \cdot 0,8} = 0,52 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 13 (Фреза дисковая спец. 131313)

$$t_{o.a} = \frac{190 \cdot 7 \cdot 15}{300 \cdot 0,03 \cdot 32} = 69,3 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 12 (Фреза дисковая спец. 121212)

$$t_{o.a} = \frac{190 \cdot 15}{200 \cdot 0,02 \cdot 16} = 44,5 \text{ (мин.)}$$

Инструмент 14 (Фреза дисковая спец. 141414)

$$t_{o.a} = \frac{190 \cdot 15}{300 \cdot 0,03 \cdot 32} = 9,9 \text{ (мин.)}$$

Общее автоматическое время на данную операцию:

$$t_a^{030} = (4,8 + 1,9 + 0,52 + 2,76 + 2,41 + 0,71 + 0,75 + 0,32 + 0,02 + 0,33 + 0,52 + 69,3 + 44,5 + 9,9) = 138,74 \text{ (мин.)}$$

Вспомогательное время состоит из времени на установку и снятие детали, времени контроля размеров и времени на работы и команды, связанные с выполнением операции.

$$t_{в.р.} = 1,2 + 1,725 + 1,05 = 2,975 \text{ (мин.)}$$

$K_{т.в.} = 1,3$  для партии деталей 50 штук,  $K = 4,6\%$ .

$$t_{шт}^{030} = (138,74 + 2,975 \cdot 1,3) \cdot \left(1 + \frac{4,6}{100}\right) = 149,17 \text{ (мин.)}$$

$$T_{шк}^{030} = 149,17 + \frac{60}{50} = 150,37$$

Протяжная операция 060. Станок Tsan Tsin TH-5x1000.

Инструмент 1 (Протяжка специальная).

«Основное программное время при протягивании определяется по формуле (61):

$$t_{o.a} = \frac{L_{p.x.}}{1000 \cdot V} \cdot i \cdot K_1, [5] \quad (61)$$

где  $l_{p.x.}$  – ход протяжки, мм;

$v$  – скорость резания, м/мин;

$q$  – число одновременно обрабатываемых деталей;

$i$  – число проходов;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий соотношение скоростей рабочего и вспомогательного ходов, ( $K_1 = 1,14 \dots 1,5$ )» [5].

По [5, с.101] принимаем скорость резания  $V$  равную 2.7 м/мин. Длина обрабатываемого паза 139 мм, число рабочих проходов равно 1.

Основное программное время на данную операцию:

$$t_{o.a} = \frac{435}{1000 \cdot 2,7} \cdot 1 \cdot 1,4 = 0,23 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время состоит из времени на установку и снятие детали, времени контроля размеров и времени на работы и команды, связанные с выполнением операции.

$$t_{в.р.} = 0,9 + 0,5 + 0,75 = 2,15 \text{ (мин.)}$$

$$K_{т.в.} = 1,3 \text{ для партии деталей 50 штук, } K = 4,6\%.$$

$$t_{шт}^{060} = (0,23 + 2,15 \cdot 1,3) \cdot \left(1 + \frac{4,6}{100}\right) = 3,16 \text{ (мин.)}$$

$$T_{шт}^{060} = 3,16 + \frac{60}{50} = 4,36 \text{ (мин.)}$$

Круглошлифовальная операция 090. Станок STUDER S151.

Инструмент 1 (Круг шлиф. спец.  $D=35$  мм.).

«Основное время при шлифовании определяется по формуле (62):

$$t_o = \frac{L}{n_{cm} \cdot S_{o.ст.}} \cdot i \cdot K_m, [5] \quad (62)$$

где  $L$  – длина продольного хода стола, мм;

$n_{cm}$  – частота вращения детали (по паспорту станка),  $\text{мин}^{-1}$ ;

$S_{o.ст.}$  – подача на оборот (по паспорту станка), мм/об.;

$i$  – число проходов;

$K_m$  – коэффициент, учитывающий точность шлифования и износ круга (для чистового шлифования -  $K_m = 1,3 \dots 1,7$ )» [5].

По [5, с.101] принимаем скорость резания подачу равную 0.007 мм/об и значение вращение шпинделя 1500 об/мин. Длина обрабатываемого отверстия 96 мм, число рабочих проходов равно 1.

Основное программное время на данную операцию определяем по формуле (62):

$$t_{o.a} = \frac{106}{1500 \cdot 0,007} \cdot 1 \cdot 1,5 = 15,65 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время состоит из времени на установку и снятие детали, времени контроля размеров и времени на работы и команды, связанные с выполнением операции.

$$t_{в.р.} = 1,0 + 0,5 + 0,75 = 2,25 \text{ (мин.)}$$

$$K_{т.в.} = 1,3 \text{ для партии деталей 50 штук, } K = 4,6\%.$$

$$t_{шт}^{090} = (15,65 + 2,25 \cdot 1,3) \cdot \left(1 + \frac{4,6}{100}\right) = 19,43 \text{ (мин.)}$$

$$T_{шк}^{090} = 19,43 + \frac{60}{50} = 20,63 \text{ (мин.)}$$

Зубошлифовальная операция 100. Станок **УК3780**.

Инструмент 1 (Круг шлиф. спец.).

По [5, с.101] принимаем подачу равную 0.023 мм/об и значение вращение шпинделя 1300 об/мин. Длина обрабатываемых пазов 127 мм, число рабочих проходов равно 1. Количество пазов 15.

Основное программное время на данную операцию определяем по формуле (62):

$$t_{o.a} = \frac{147 \cdot 15}{1300 \cdot 0,023} \cdot 1 \cdot 1,5 = 110,62 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время состоит из времени на установку и снятие детали, времени контроля размеров и времени на работы и команды, связанные с выполнением операции.

$$t_{в.р.} = 1,0 + 0,5 + 0,75 = 2,25 \text{ (мин.)}$$

$K_{т.в.} = 1,3$  для партии деталей 50 штук,  $K = 4,6\%$ .

$$t_{шт}^{100} = (110,62 + 2,25 \cdot 1,3) \cdot \left(1 + \frac{4,6}{100}\right) = 118,76 \text{ (мин.)}$$

$$T_{шк}^{100} = 118,76 + \frac{60}{50} = 119,96 \text{ (мин.)}$$

В данном разделе произведен выбор и проектирование заготовки, осуществлен выбор технологических баз, спроектирован технологический маршрут и план обработки, проведен выбор средств технологического оснащения, рассчитаны промежуточные припуски и операционные размеры, выполнен расчет режимов резания на операции техпроцесса, проведено определение норм времени.



## 3 Проектирование станочного приспособления

### 3.1 Выбор и описание станочного приспособления

Необходимо разработать приспособление для выполнения токарно-фрезерной операции 030, выполняемой на Okuma Multus B300.

Для закрепления детали на станке я подобрал пневмопатрон из каталога фирмы “SCHUNK”. Модель патрона ROTA-P 250. Применение данного патрона в моей выпускной квалификационной работе позволило обойтись без специального дорогостоящего приспособления, что в свою очередь снизило себестоимость изготовления детали.

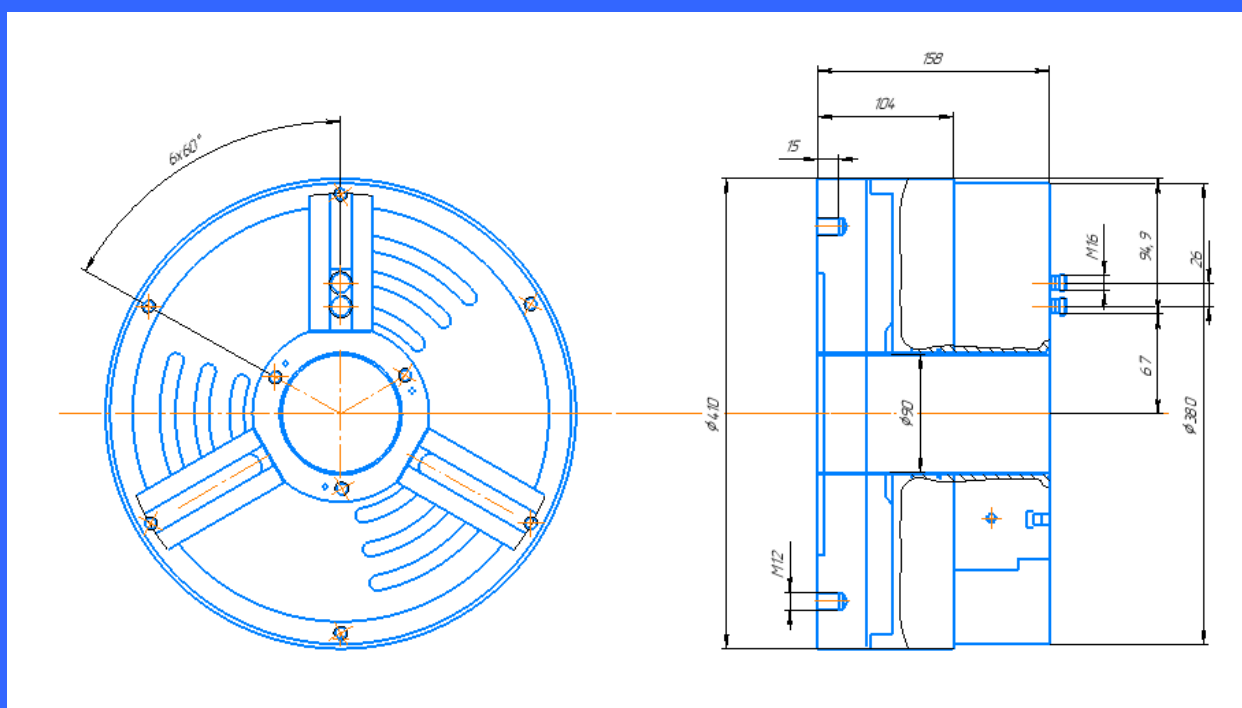


Рисунок 11 – Изображение патрона ROTA-P 250 фирмы “SCHUNK”

Описание работы патрона:

1. Патрон настраивается на необходимое зажимное давление с помощью специального механического интегрированного переключателя.

2. Во время обработки происходит постоянное считывание с датчика патрона и сигнал постоянно отправляется систему ПУ станка.

3. При падении зажимного давления, система ПУ станка вмешивается в процесс обработки и останавливает шпиндель.

Пневмопатрон на данной операции используется стационарно, то есть устанавливается на станок на время обработки данной партии деталей. Приспособление обеспечивает надежное закрепление заготовки, предотвращающее возможность поворота заготовки при обработке. Зажим детали на 1 установе производится в закаленных кулачках, на 2 установе в сырых объемных кулачках, расточенных точно под диаметр зажима, что способствует созданию меньшего усилия зажима на деталь.

Данный пневмопатрон обладает TPS технологией, которая обладает следующими характеристиками:

1. Усилие в патроне передается клиновым механизмом, что обеспечивает передачу высоких усилий.

2. Поршень в цилиндре корпуса патрона под действием сжатого воздуха движется влево или вправо.

3. Базовые кулачки перемещаются наружу или внутрь и связаны с поршнем через клиновую тягу.

4. Внутренний и внешний зажим заготовок обеспечивает надежный цилиндр.

Проектируемое приспособление для данной детали будет крепиться к планшайбе станка вертикально.

На основании того, что производство среднесерийное, следует применять не ручной, а механизированный привод закрепления детали. В нашем случае, в качестве привода, используется вращающийся пневмоцилиндр из состава патрона.

### 3.1.1 Схема базирования

Для базирования применяем схему, которая показана на рисунке 12.

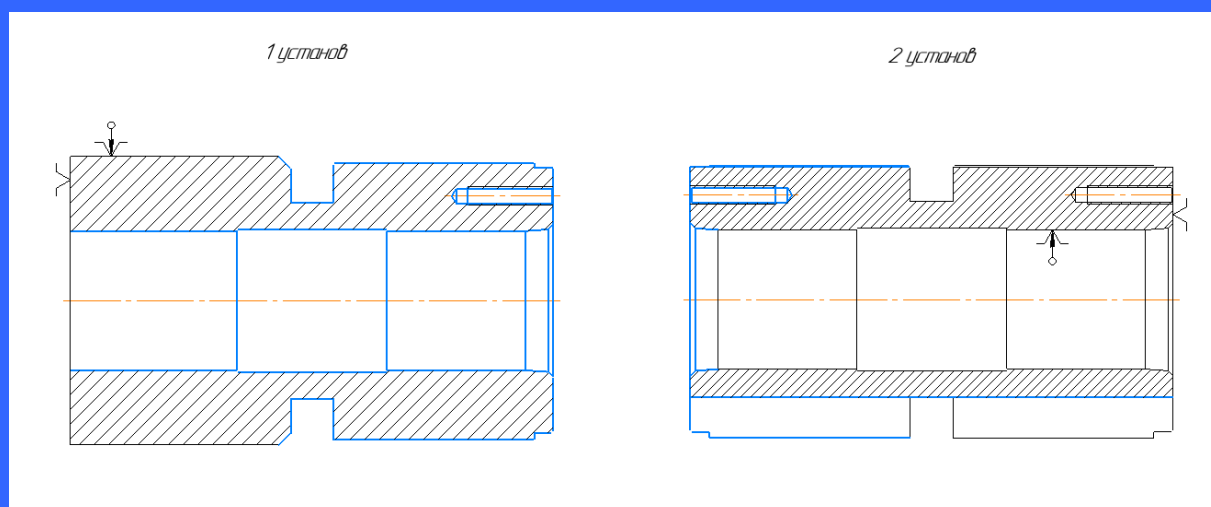


Рисунок 12 – Схема базирования детали на операции 030

В качестве баз для установа 1 операции 030 принимаем поверхность 3 и торец поверхность 25, для установа 2 операции 030 принимаем поверхность 14 и торец поверхность 8 (поверхности смотри рисунок 2).

Произведем расчет необходимой силы зажима в данном патроне при выполнении операции 030. Для этого по ранее произведенным расчетам в разделе 2.6 выбираем наиболее нагруженный переход по силе резания.

Переход № 2 - обрабатываемая поверхность - 4 – черновая обработка. Блок Н63ААХ32/25 KINTEK; Лезвие WCFH 26-3 SUMITOMO; глубина резания 3 мм.

Максимальный наружный обрабатываемый диаметр 82 мм.

$$P_z = 1306 \text{ (Н)}$$

«Определим силу, передаваемую штоком пневмоцилиндра по формуле

$$Q_{\text{п}} = W_{\text{к}} \cdot n_{\text{к}} \cdot K_{\text{тр}} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot a_{\text{к}} \cdot f_{\text{к}}}{h_{\text{к}}} \right) \cdot \frac{\ell_1}{\ell_{\text{к}}} \quad ,[4]$$

(63)

Принимаем  $a_k = 40$  мм; конструктивно  $l_1 = 20$  мм и  $l_k = 100$  мм до оси штока,  $K_{тр} = 1,05$ ;  $h_k = 65$  мм;  $f_k = 0,1$ » [4].

«Сила зажима на каждом кулачке

$$W_k = \frac{P_z \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot D_{o.п}}{n_k \cdot f_{т.п} \cdot D_{п.к}} \cdot K_{зап}, [4] \quad (64)$$

Принимаем:  $n_k = 3$  шт.;  $f_{т.п} = 0,8$ ;

$K_{зап}$  – коэффициент запаса (от 2 до 3)» [4].

«Передаваемая штоком сила в пневмоцилиндрах двустороннего действия

$$Q_{шт} = \frac{\pi \cdot D_{п}^2}{4} \cdot p \cdot \eta_{п}, [4] \quad (65)$$

Принимаем:  $\eta_{п} = 0,85$ » [4].

«Диаметр поршня пневмоцилиндра:

$$D_{п} = 1,44 \cdot \sqrt{\frac{Q_{шт}}{p}}, [4] \quad (66)$$

Принимаем:  $p = 0,39$  МПа

Время срабатывания пневмоцилиндра:

$$T_c = \frac{D_{\text{ц}}^2 \cdot \ell_x}{d_{\text{в}}^2 \cdot v_{\text{в}}} \quad [4] \quad (67)$$

Определим силу зажима детали одним кулачком патрона по формуле (64):

$$W_k = \frac{1306 \cdot \sin \frac{180}{2} \cdot 82}{3 \cdot 0,8 \cdot 87} \cdot 2,5 = 1282,2 \text{ Н}$$

Определим силу « $Q_{\text{шт}}$ » на штоке механизированного привода трехкулачкового патрона по формуле (63)

$$Q_{\text{шт}} = 1282,2 \cdot 3 \cdot 1,05 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 40}{65} \cdot 0,1\right) \cdot \frac{20}{100} = 953,2 \text{ Н}$$

Определим диаметр поршня цилиндра по формуле (64) и выберем размер пневматического вращающегося цилиндра

$$D_{\text{ц}} = 1,44 \cdot \sqrt{\frac{953,2}{0,39}} = 71,2 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр пневмоцилиндра  $D_{\text{ц}} = 75 \text{ мм}$ .

Определим действительную силу зажима детали по принятому диаметру пневмоцилиндра по формуле (65):

$$Q_{\text{шт}} = \frac{3,14 \cdot 75^2}{4} \cdot 0,39 \cdot 0,85 = 1463,8 \text{ Н}$$

Определим время срабатывания пневмоцилиндра по формуле (67):

$$T_c = \frac{75^2 \cdot 15}{8^2 \cdot 20000} = 0,06 \text{ с}$$

где  $\ell_x$  – длина хода поршня, мм (для диаметра  $D_{\text{ц}} = 75 \text{ мм}$   $\ell_x = 15 \text{ мм}$ );

принимаем  $v_{\text{в}} = 20000 \text{ мм/с}$ ;

$d_{\text{в}} = 8 \text{ мм}$  (рекомендуется  $d_{\text{в}} = \text{от } 8 \text{ до } 10 \text{ мм}$ ).

Исходя из выполненных расчетов делаем вывод, что выбранный нами патрон удовлетворяет всем требованиям для выполнения данной детали.

## 4 Проектирование контрольного и режущего инструмента

### 4.1 Расчет контрольного инструмента

В моей выпускной квалификационной работе я разработал калибр на симметричность пазов с размером  $10_{+0,08}^{+0,20}$  относительно базового размера диаметр  $40^{+0,016}$ .

Контроль взаимного расположения поверхностей может осуществляться универсальными измерительными средствами, либо калибрами расположения. Однако такие калибры можно применять только для контроля зависимых допусков расположения, обозначаемых на чертежах буквой «м». Калибры расположения представляют собой деталь, сопрягаемую с проверяемой деталью. Их изготавливают только проходными калибрами. С помощью калибров расположения могут быть проверены позиционные допуски расположения поверхностей, например, системы отверстий, допуски соосности, симметричности, перпендикулярности и др. Независимые допуски не могут быть проверены с помощью калибров. Для их контроля необходимо использовать универсальные измерительные средства либо специальные контрольные приспособления. Изделие считается годным, если калибр соединяется с изделием (проходит) по всем контролируемым поверхностям.

«Для калибров шпоночных соединений ГОСТом 24109 – 80 установлены следующие допуски и отклонения:

$b_k$  - номинальная толщина контрольной шпонки калибра-пробки и калибра-призмы;

$b_{min}$  - наименьшая ширина  $b$  шпоночного паза изделия;

$d$  - номинальный внутренний диаметр втулки и вала;

$d_k$  - номинальный диаметр калибра-пробки;

$d_{min}$  - наименьший диаметр  $d$  втулки;

H - допуск на изготовление калибров (за исключением калибров со сферическими измерительными поверхностями) для отверстия по ГОСТ 24853-81;

H<sub>b</sub>- допуск на изготовление калибра-пробки и калибра-призмы по толщине шпонки b<sub>к</sub>;

H<sub>к</sub>- номинальный размер калибра-пробки с контрольной шпонкой;

h - высота шпонки изделия;

l<sub>1</sub>- максимальное значение радиуса закругления шпоночного паза вала;

T<sub>b</sub>- допуск ширины паза;

T<sub>d</sub>- допуск диаметра d втулки;

T<sub>s</sub>- допуск симметричности контрольной шпонки калибра относительно базовой поверхности;

t<sub>1</sub>- глубина паза вала;

t<sub>2</sub>- глубина паза втулки изделия;

y- допустимый выход размера изношенного проходного поэлементного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия по ГОСТ 24853-81;

y<sub>b</sub>- допустимый выход изношенного размера b<sub>к</sub> калибра-пробки и калибра-призмы за границу поля допуска размера b паза;

Z- отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно наименьшего предельного размера изделия по ГОСТ 24853-81;

Z<sub>b</sub>- расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-пробки до наименьшего предельного размера втулки или вала;

α- величина для компенсации погрешности контроля калибрами отверстий с размерами свыше 180 мм по ГОСТ 24853-81;

a, a<sub>1</sub> - величина, определяющая границу износа;

C - величина, определяющая глубину вхождения шпоночного калибра-призмы в шпоночный паз вала» [9].

«Назначаем по ГОСТ 24109 – 80:

Расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-пробки до наименьшего предельного размера втулки или вала  $Z_b=0,006\text{мм}$ .

Допуск на изготовление калибра-пробки и калибра-призмы по толщине шпонки  $H_b=0,004\text{мм}$ .

Допустимый выход изношенного размера  $b_k$  калибра-пробки и калибра-призмы за границу поля допуска размера  $b$  паза  $y_b=0,012\text{мм}$ .

Допуск симметричности контрольной шпонки калибра относительно базовой поверхности  $T_s=0,016\text{мм}$

Максимальное значение радиуса закругления шпоночного паза вала -  $l_1=0,2\text{мм}$ .

Допуск на изготовление калибров (за исключением калибров со сферическими измерительными поверхностями) по ГОСТ 24853-81 -  $H=0,004\text{мм}$ .

Допустимый выход размера изношенного проходного поэлементного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия по ГОСТ 24853-81 -  $y=0,002\text{мм}$ .

Отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно наименьшего предельного размера изделия по ГОСТ 24853-81 -  $Z=0,0025\text{мм}$ ».

Рассчитаем размеры базового измерительного элемента:

Номинальный диаметр калибра-пробки:

$$d_k = d_{\min} - y \quad (68)$$

Предельный размер изношенного базового измерительного элемента калибра:

$$d_{\text{кизн}} = d_{\min} - 2y - H/2 - Z \quad (69)$$

Получаем:

$$d_k = 39,998_{-0,004} \text{ мм}$$



$$d_{\text{клизн.}} = 39,991 \text{ мм}$$

Рассчитаем размеры измерительного элемента калибра:

Номинальная толщина контрольной шпонки калибра-пробки:

$$b_{\text{к}} = b_{\text{мин}} - Z_{\text{б}} + H_{\text{б}}/2 \quad (70)$$

Предельный размер толщины изношенной контрольной шпонки калибра-пробки:

$$b_{\text{клизн.}} = b_{\text{мин}} - y_{\text{б}} \quad (71)$$

Номинальный размер калибра-пробки с контрольной шпонкой:

$$H_{\text{к}} = d + t_2 - 0,2 - 11/100 \quad (72)$$

Получаем:

$$b_{\text{к}} = 10,076_{-0,004} \text{ мм}$$

$$b_{\text{клизн.}} = 10,068 \text{ мм}$$

$$H_{\text{к}} = 45,3 \text{ мм}$$

Размеры на остальные элементы назначаем конструктивно, исходя из размеров детали.

## 4.2 Расчет режущего инструмента

Произведем расчет дисковой фрезы для выполнения паза (1):



$\gamma = 15^\circ$  – передний угол;

$\alpha = 15^\circ$  – задний угол;

$\alpha_1 = 6^\circ$  – вспомогательный задний угол;

$\lambda = 15^\circ$  – угол наклона главной режущей кромки [5].

$\omega = 83^\circ 11'$  - главный угол в плане

4) Назначаем подачу:

$S_z = 0,005$  мм/зуб.

5) Скорость резания

$$V_{\text{рез}} = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (73)$$

где  $T = 120$  мин;  $C_v = 68,5$ ;  $q = 0,25$ ;  $x = 0,3$ ;  $y = 0,2$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0$ ;  $m = 0,2$ ,  $K_v = 1$ » [16, с.282].

$$V_{\text{рез}} = \frac{68,5 \cdot 50^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 1^{0,3} \cdot 0,005^{0,2} \cdot 1,3^{0,1} \cdot 1,16^0} \cdot 1 = 202,4 \text{ м/мин}$$

6) Частота вращения фрезы

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (74)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 202,4}{3,14 \cdot 50} = 1289 \text{ об/мин.}$$

Станок MULTUS B300W обладает бесступенчатым регулированием, и частота вращения шпинделя не превышает максимально возможную для данного станка (10000 об/мин).

7) «Сила резания

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}, \quad (75)$$

где –  $C_p = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $n = 1$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$ ;  $K_{\text{мп}} = 1$ » [16, с.270].

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1^{0,86} \cdot 0,005^{0,72} \cdot 1,3^1 \cdot 1,16}{50^{0,86} \cdot 1^0} \cdot 1 = 10,78 \text{ Н}$$

8) «Шаг зубьев фрезы:

- окружной шаг

$$S_{\text{окр}} = \frac{\pi \cdot D}{Z} = \frac{3,14 \cdot 50}{16} = 9,81 \text{ мм} [3] \quad (76)$$

- осевой шаг

$$S_{\text{ос}} = \frac{\pi \cdot D}{Z} \text{ctg} \omega = \frac{3,14 \cdot 50}{16} \cdot 0,1 = 0,98 \text{ мм} [3] \quad (77)$$

9) «Определение условия равномерности фрезерования

$$K = \frac{B}{S_{\text{ос}}} = \frac{1,3}{0,98} = 1,32 [15] \quad (78)$$

где  $K$  – близко к целому числу, следовательно, условие равномерности фрезерования выполняется» [16].

10) Крутящий момент на шпинделе

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{10,78 \cdot 50}{200} = 2,695 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (79)$$

11) Эффективная мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{10,78 \cdot 202,4}{1020 \cdot 60} = 0,035 \text{ кВт} \quad (80)$$

Мощность резания не превышает мощности станка по паспортным данным, что дает нам возможность использовать рассчитываемый инструмент для обработки.

На основе проведенных расчетов выполняем рабочий чертеж дисковой фрезы.

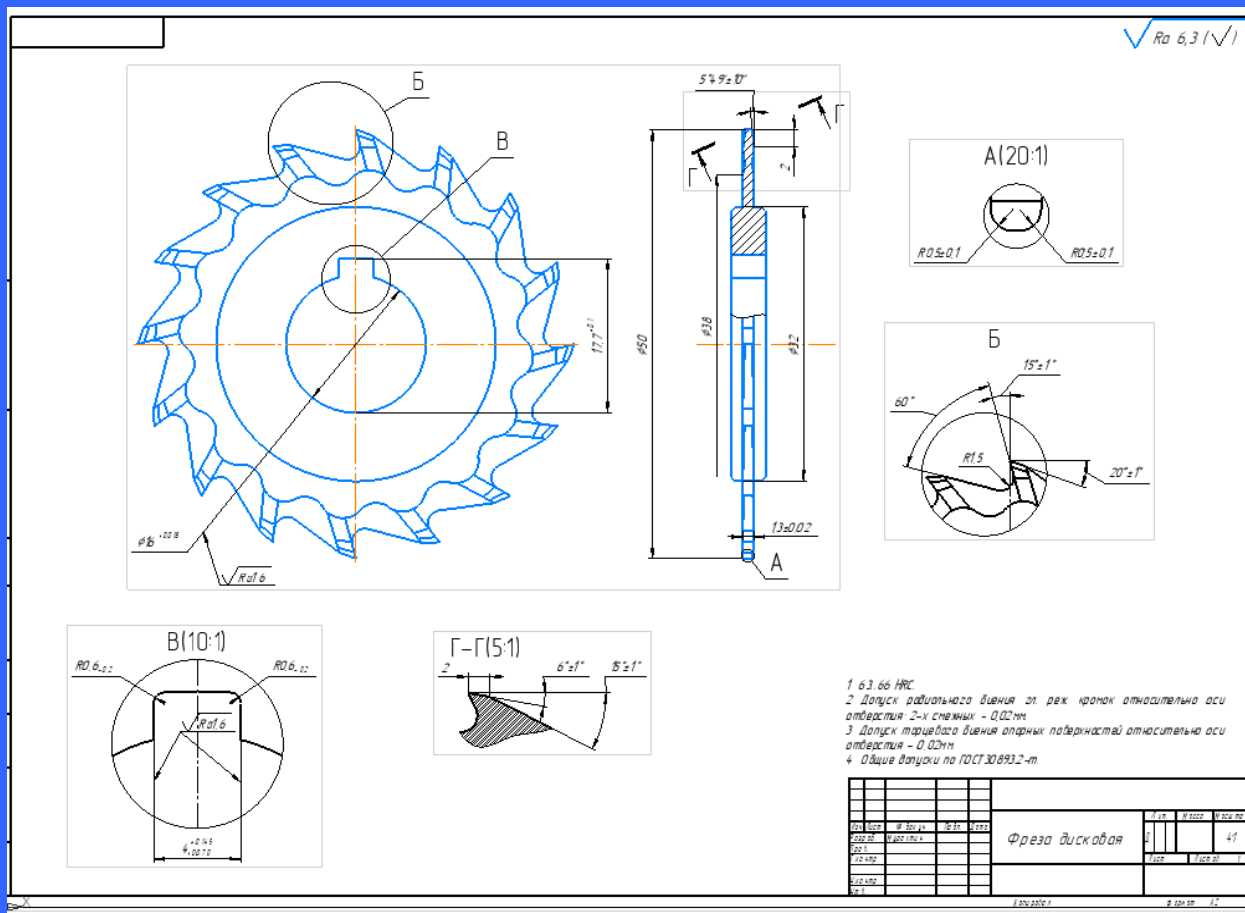


Рисунок 14 - Рабочий чертеж дисковой фрезы

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

### 5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Выполним описание технологического объекта, рассматриваемого в данной выпускной квалификационной работе. Описание характеризуется технологическим паспортом объекта, в котором описываются операции технологического процесса, виды выполняемых работ, применяемое технологическое оборудование и перечень различных материалов и веществ, которые участвуют в технологическом процессе. Внесем данные в таблицу 18

Таблица 18 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование и номер операции технологического процесса, выполняемые работы	Наименование должности работника, выполняющего технологическую операцию	Модель технологического оборудования	Применяемые вещества и материалы
Оп.010 Заготовительная (точение заготовки в размеры)	заготовитель	AMADA HA-250W	Металл
Оп.030 Токарная ЧПУ (черновое и чистовое точение, фрезеровка)	Оператор станков с ЧПУ	MULTUS B300W	Металл, СОЖ
Оп.060 Протяжная (протягивание паза)	станочник	TH-5x1000	Металл, СОЖ
Оп.090 Круглошлифовальная (круглое шлифование внутреннего отверстия)	шлифовщик	STUDER S151	Металл, СОЖ
Оп.100 Зубошлифовальная (шлифование зубьев)	шлифовщик	YK3780	Металл, СОЖ

## 5.2 Определение производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 выполним определение основных производственных, технологических, эксплуатационных профессиональных рисков. Эти риски именуется как опасные и вредные производственные факторы.

Произведем описание этих факторов для основных технологических операций с наименованием операций и переходов, перечнем произв. факторов и источником этих факторов. Результаты отобразим в таблице 19

Таблица 19 – Определение профессиональных рисков

Операция технологического процесса, источник возникновения опасного и/или вредного производственного фактора	Перечень опасных и вредных производственных факторов
Оп.010 Заготовительная Источник: AMADA HA-250W	Повышенный шум на рабочем месте, повышенная вибрация на оснастке и оборудовании, перемещающиеся части механизмов оборудования; при использовании смазочно-охлаждающих жидкостей возникают токсические и раздражающие факторы; воздействие пыли и загазованности приводит к фиброгенному воздействию на организм
Оп.030 Токарная ЧПУ Источник: MULTUS B300W	Повышенный шум на рабочем месте, повышенная вибрация на оснастке и оборудовании, перемещающиеся части механизмов оборудования; при использовании смазочно-охлаждающих жидкостей возникают токсические и раздражающие факторы; воздействие пыли и загазованности приводит к фиброгенному воздействию на организм

### Продолжение таблицы 19

Оп.060 Протяжная Источник: ТН-5х1000	Повышенный шум на рабочем месте, повышенная вибрация на оснастке и оборудовании, перемещающиеся части механизмов оборудования; при использовании смазочно-охлаждающих жидкостей возникают токсические и раздражающие факторы; воздействие пыли и загазованности приводит к фиброгенному воздействию на организм
Оп.090 Круглошлифовальная Источник: <b>STUDER S151</b>	Перемещающиеся части механизмов оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, повышенная вибрация на оснастке и оборудовании, при использовании смазочно-охлаждающих жидкостей возникают токсические и раздражающие факторы
Оп.100 Зубошлифовальная Источник: <b>YK3780</b>	Перемещающиеся части механизмов оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, повышенная вибрация на оснастке и оборудовании, при использовании смазочно-охлаждающих жидкостей возникают токсические и раздражающие факторы

### **5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков**

Выполнив анализ действующих опасных и вредных производственных факторов, сделаем описание организационно-технических методов, а также технических средств для защиты от них. Результаты приводим в таблице 20.



Таблица 20 – Перечень методов и средств устранения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1)Перемещающиеся части механизмов	Необходимо соблюдать правила безопасности выполняемых работ	Каска защитная ГОСТ Р 12.4.207-99; очки защитные ГОСТ 12.4.253-2013.
2)Вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия	Защитное ограждение оборудования	Каска защитная ГОСТ Р 12.4.207-99; очки защитные ГОСТ 12.4.253-2013.
3)Воздействие пыли и загазованности	Применение приточно-вытяжной вентиляции	Респиратор ГОСТ 12.4.191-99
4)Применении СОЖ	Применение приточно-вытяжной вентиляции, ограждение оборудования, применение защитных экранов	Респиратор ГОСТ 12.4.191-99; перчатки ГОСТ 12.4.191-99
5)Повышенный шум на рабочем месте, повышенная вибрация на оснастке и оборудовании	Своевременная подналадка оборудования для исключения его шума и вибрации, применение специальных материалов, которые поглощают шум, колебания и вибрации	Наушники ГОСТ 12.4.275-2014; Вкладыши ГОСТ Р 12.4.209-99

## 5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта

### 5.4.1 Определение опасных факторов пожара

Выполним идентификацию опасных факторов, которые могут привести к пожару. В зависимости от горения различных веществ, материалов и газов определим класс пожара и опишем сопутствующие проявления опасных факторов пожара.

Все полученные данные заносим в таблицу 21.

Таблица 21 – Определение классов и опасных факторов пожара

Технологический участок, применяемое оборудование	Наименование класса пожара	Возникающие факторы пожара: опасные и сопутствующие
Участок: Заготовительный. Оборудование: AMADA HA-250W	Класс В	Опасность: пламя и искры Сопутствующие: замыкание или вынос электрического напряжения в токопроводящих частях оборудования, оснастки, эл. шкафов и т.д.
Участок: Механическая обработка. Оборудование: MULTUS B300W; TH-5x1000	Класс В	Опасность: пламя и искры Сопутствующие: замыкание или вынос электрического напряжения в токопроводящих частях оборудования, оснастки, эл. шкафов и т.д.
Участок: абразивная шлифовальная обработка Оборуд: STUDER S151; YK3780	Класс В	Опасность: пламя и искры Сопутствующие: замыкание или вынос электрического напряжения в токопроводящих частях оборудования, оснастки, эл. шкафов и т.д.

#### **5.4.2 Определение организационных мероприятий и подбор технических средств для обеспечения пожарной безопасности разрабатываемого технического объекта**

Для защиты от пожаров выберем необходимые организационно-технические методы и технические средства.

1) Первичные средства пожаротушения (огнетушители, ящики с песком, внутренние пожарные краны).

2) Мобильные средства пожаротушения (пожарные лестницы, пожарные автомобили).

3) Автоматические пожарные средства (технологические средства, применяемые для оповещения и управления эвакуацией, приемно-контрольные пожарные приборы).

4) Пожарное оборудование (пожарные рукава, рукавные разветвления).

5) СИЗ (пожарные веревки, карабины, респираторы и противогазы).

6) Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный инструмент: пожарные багры, ломы, лопаты и т.д.).

#### **5.4.3 Определение организационных и организационно-технических мероприятий, направленных на предотвращение пожара**

Для предотвращения возникновения пожара выполним разработку организационных и организационно-технических мероприятий на одну из операций.

Операция: токарная на станках с ЧПУ, оборудование: MULTUS B300W/

Организационные и организационно-технические мероприятия:

- своевременный контроль правильной эксплуатации технологического оборудования, контроль содержания его в технически исправном состоянии;

- контроль своевременного проведения пожарного инструктажа по пожарной безопасности;

- всеобщее применение различных автоматических устройств, предназначенных для тушения пожаров, устройств обнаружения возгораний и устройств оповещения при пожаре.

Требования, которые необходимо обеспечить для пожарной безопасности:

- своевременно проведение противопожарного инструктирования работающих,

- строгое соблюдение мер пожарной безопасности при проведении работ, связанных с возгоранием,

- обязательное применение средств для тушения пожаров,

- обязательное применение средств сигнализации и извещения о возгорании.

## **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта**

Выполним идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при выполнении технологического процесса.

### **5.5.1 Идентификация экологических факторов технического объекта**

Для одной из операций произведем идентификацию негативных экологических факторов.

Операция: токарная на станках с ЧПУ, оборудование: MULTUS B300W.

1) Структурные составляющие рассматриваемого технического объекта или технологического процесса:

- оборудование: MULTUS B300W

2) Фактор негативного воздействия рассматриваемого объекта на атмосферу:

- стальная пыль.

Стальная пыль накапливается в промышленных пылеуловителях. Затем производится окускование пыли совместно с углеродистым восстановителем, сушка полученных окускованных материалов, их нагрев и обжиг. Выгруженный из печи обесцинкованный материал подвергают магнитной сепарации.

3) Фактор негативного воздействия рассматриваемого объекта на гидросферу:

- различные вещества, находящиеся во взвешенном состоянии;
- различные нефтяные продукты;
- применяемая в производстве СОЖ.

Различные вещества, находящиеся во взвешенном состоянии вместе со стальной пылью, улавливаются пылеуловителями и проходят вместе с ней утилизационный процесс.

Смазочно-охлаждающие жидкости наносят вред окружающей среде, поэтому их недопустимо сливать в канализацию или на землю. Для экологической безопасности смеси перерабатывают. Во время утилизации происходит разделение многокомпонентной системы на части, очистка растворов.

Утилизация технических жидкостей выполняется специальными организациями или предприятиями, использующими СОЖ. Для переработки используют один из методов:

- реагентная коагуляция (химическое разложение);
- центрифугирование (мембранная очистка);
- термический метод;
- выпаривание.

### **5.5.2 Определение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение негативных антропогенных воздействий разрабатываемого технического объекта на окружающую среду**

Опишем организационно-технические мероприятия, направленные на уменьшение вредного антропогенного воздействия разрабатываемого технического объекта на окружающую среду, применимо к одной из операций.

Операция: токарная на станках с ЧПУ, оборудование: MULTUS В300W.

Для снижения вредного антропогенного воздействия на атмосферу необходимо применение “сухих” механических пылеуловителей.

Пылеуловители используют для удаления взвешенных частиц из потока воздуха и технологических газов во время работы вытяжек, систем аспирации, газоочистительных и пневматических установок. Они помогают удалять микрочастицы, которые попадают в воздушное пространство во время металлообработки.

Отделение пылевых частиц и газа происходит в рабочей камере пылеулавливающего устройства. После очистки газ подается на выходной воздуховод инжекторного всасывания и перфорированный клапан регулировки сопротивления. В итоге скорость осаждения и количество отделенных взвешенных частиц намного увеличиваются (они оседают в бункере пылеуловителя). Для обеспечения воздушной завесы в нижнем отделе выходного патрубка и дополнительной очистки на выходе используют агрегат для подсоса воздуха извне.

Внешний вид промышленного пылеуловителя показан на рисунке 15.



Рисунок 15 – Внешний вид промышленного пылеуловителя

Для снижения вредного антропогенного воздействия на гидросферу необходимо осуществить переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения.

В данном разделе были выполнены следующие работы:

- описан технологический процесс изготовления детали с выбранным оборудованием, перечень должностей работников, перечень применяемых в технологическом процессе материалов и веществ;

- идентифицированы профессиональные риски по всем операциям технологического процесса, описаны возникающие опасные и вредные производственные факторы. Выбраны организационные методы, технические средства и средства индивидуальной защиты для защиты от воздействия этих факторов;

- описан процесс обеспечения пожарной безопасности, выбраны и описаны технические средства и организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности;

- проанализированы экологические факторы с разработкой мероприятий по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

## 6 Экономическая эффективность работы

Целью ниже приведенных расчетов является доказательство экономической выгоды изготовления деталей типа «Корпус фрезы» по спроектированному технологическому процессу.

Для выполнения данного раздела кратко опишем изменения технологического процесса изготовления детали, по вариантам, чтобы обосновать экономическую эффективность, внедряемых мероприятий. Основные отличия по сравниваемым вариантам представлены в качестве таблицы 22.

Таблица 22 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<p>В столбце перечислены операции базового техпроцесса, в которых выполняется объем механической обработки равный объему, выполняемому по проектируемому варианту в оп. 030.</p> <p><math>T_0=210</math>мин., <math>T_{шт.}=290,2</math>мин.</p> <p><u>Операция 020 – Токарная.</u></p> <p><u>Оборудование</u> – Станок токарный 16К20.</p> <p><u>Оснастка</u> – 3-х кулачковый патрон.</p> <p><u>Инструмент:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Резец проходной T15K6;</li> <li>-Сверло спиральное P18;</li> <li>-Резец расточной T15K6;</li> <li>-Резец канав. нар. T15K6;</li> <li>-Резец канав. внутр. T15K6.</li> </ul>	<p><u>Операция 030 – Токарно-фрезерная ЧПУ.</u></p> <p>На данной операции производится полная обработка детали, за исключением шлицевого паза. <math>T_0=138,74</math>мин., <math>T_{шт.}=149,17</math>мин.</p> <p><u>Оборудование</u> – Многофункциональный центр с ЧПУ MULTUS B300W.</p> <p><u>Оснастка</u> – патрон с пневмоприводом ROTA-P 250 “SCHUNK”.</p> <p><u>Инструмент:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Резцовая головка для ромбических пластин 80° H63ASCLCR12 KINTEK;</li> <li>-Пластина CNMG 120404 NGU AC630M SUMITOMO;</li> <li>-Блок H63AAX32/25 KINTEK;</li> <li>-Лезвие WCFH 26-3 SUMITOMO;</li> </ul>



Продолжение таблицы 22

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<p><u>Операция 030 – Токарная.</u></p> <p><u>Оборудование</u> – Станок токарный 16К20.</p> <p><u>Оснастка</u> – 3-х кулачковый патрон.</p> <p><u>Инструмент:</u></p> <p>-Резец проходной T15K6;</p> <p>-Резец расточной T15K6.</p> <p><u>Операция 035 – Сверлильная.</u></p> <p><u>Оборудование</u> – Станок сверлильный 2Н125.</p> <p><u>Оснастка</u> – стол станка.</p> <p><u>Инструмент:</u></p> <p>-Сверло P18;</p> <p>-Метчик P18.</p> <p><u>Операция 060 – Зуборезная.</u></p> <p><u>Оборудование</u> – Станок зубонарезной 5М234.</p> <p><u>Оснастка</u> – оправка специальная.</p> <p><u>Инструмент:</u></p> <p>Фреза червячная.</p>	<p>-Пластина WCFN 3 AC830P SUMITOMO;</p> <p>-Державка D20S - SCLCL 09T3-22 SUMITOMO;</p> <p>-Пластина CCGT 09T304 MNSC AC530U SU-MITOMO;</p> <p>-Резцовая головка для ромбических пластин 80° H63ASCLCR12 KINTEK;</p> <p>-Пластина CNMG 120402 NGU AC630M SUMITOMO;</p> <p>-Державка D20S - SCLCL 09T3-22 SUMITOMO;</p> <p>-Пластина CCGT 09T302 MNSC AC530U SUMITOMO;</p> <p>-Державка GWCR 2525-25 SUMITOMO;</p> <p>-Пластина TGAR 4300BF AC530U SUMITOMO;</p> <p>-Державка сверла SMDH 300 SUMITOMO;</p> <p>-Головка сверла SMDT 3000 D MTL SUMITOMO;</p> <p>-Сверло диаметр 8 D5306080 YG-1;</p> <p>-Сверло диаметр 4,25 D1105942 YG-1;</p> <p>-Фреза дисковая спец.;</p> <p>-Фреза дисковая спец.;</p> <p>-Метчик M5 E10820.084 FRAISA</p>

Описанные, в таблице 22, условия являются исходными данными для расчета цены на оборудование, оснастку и инструмент, необходимые для проведения экономических расчетов, с целью обоснованности внедрения предложенных изменений. Также для правильного выполнения раздела представлена следующая информация:

- программа выпуска изделия, равная 5000 шт.;

- материал изделия, масса детали и заготовки, а также способ получения заготовки, которые влияют на величину расходов основного материала. Однако, если проектным вариантом ТП не предусмотрено изменение параметров заготовки или детали, то определять данную статью не целесообразно, так как не зависимо от варианта, величина будет одинаковой и на разницу между сравниваемыми процессами оказывать влияние не будут;

- нормативные и тарифные значения, используемые для определения расходов на воду, электроэнергию, сжатый воздух и т.д.;

- часовые тарифные ставки, применяемые при определении заработной платы основных производственных рабочих;

- станочное оборудование и приспособление (3-х кулачковый пневматический патрон) берутся в лизинг у лизинговой компании.

Для упрощения расчетов, связанных с проведением экономического обоснования, совершенствования технологического процесса предлагается использовать пакет программного обеспечения Microsoft Excel. Совокупное использование данных и соответствующей программы позволит определить основные экономические величины, рассчитываемые в рамках поставленных задач и целей. Согласно алгоритму расчета, применяемой методики [11], первоначально следует определить величину технологической себестоимости, которая является основой для дальнейших расчетов. Структура технологической себестоимости, по вариантам, представлена в виде диаграммы на рисунке 16.

Анализируя представленный рисунок, можно наблюдать уменьшающую тенденцию по затратам, входящим в технологическую себестоимость, что дает право сделать предварительное заключение об эффективности предложений.

Однако, для вынесения окончательного вывода, необходимо еще провести ряд соответствующих расчетов.

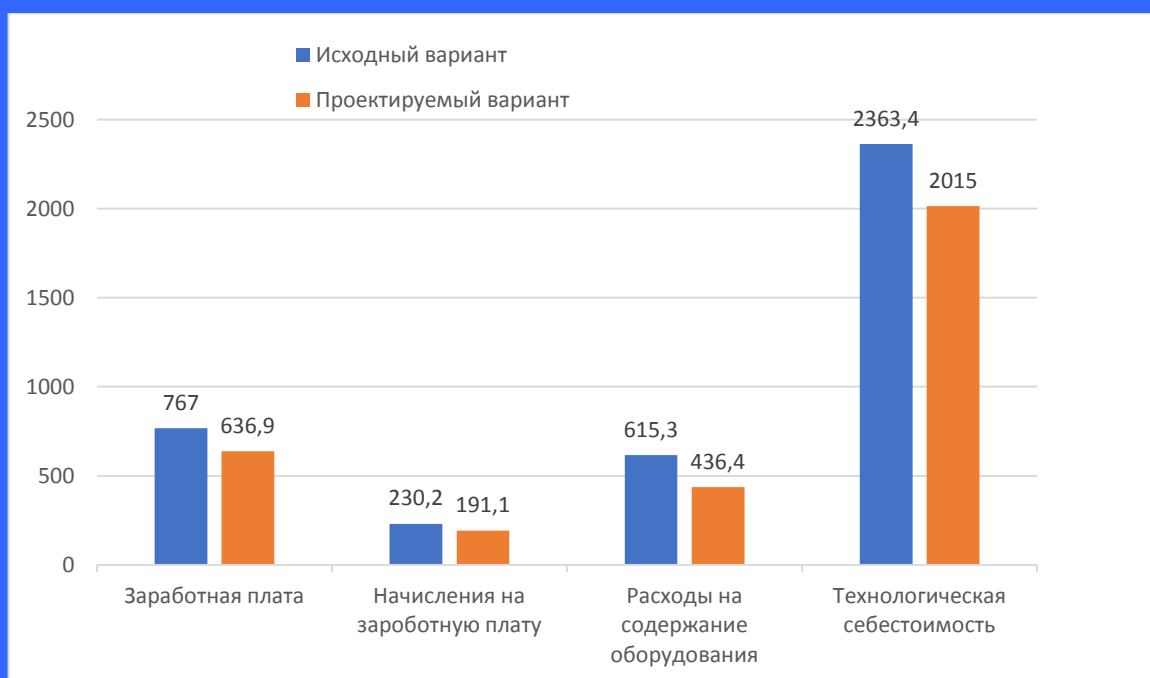


Рисунок 16 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, руб.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений [11], данная величина составила 7447796,4 руб., в состав которой входят затраты на приобретение нового оборудования, инструмента, проектирование технологического процесса, разработку программы для станков с ЧПУ и т.д.

Далее выполним экономические расчеты по определению эффективности предложенных внедрений. Применяемая методика расчета [11], позволяет определить необходимые величины, такие как: чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход и интегральный экономический эффект. Анализ описанных значений позволит сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения. Все значения, полученные, при использовании описанной методики, представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей
1	Срок окупаемости инвестиций	$T_{ок}$ , лет	4
2	Общий дисконтированный доход	$Д_{общ.диск}$ , руб.	8615578,9
3	Интегральный экономический эффект	$Э_{инт} = ЧДД$ , руб.	1167782,5
4	Индекс доходности	ИД, руб.	1,15

При анализе представленных значений, особенно внимание необходимо уделять сроку окупаемости, величине чистого дисконтированного дохода и индекса доходности. Все описанные параметры имеют значения, которые подтверждают эффективность внедрения описанного технологического проекта. А именно:

- получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 1167782,50 руб.;
- рассчитано значение срока окупаемости – 4 года, который можно считать оптимальной величиной для машиностроительного предприятия;
- и наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,15 руб., что позволяет сделать вывод об окупаемости проектируемого варианта.

Данные значение позволяют сделать окончательное заключение о том, что внедряемый проект можно считать эффективным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения бакалаврской работы было выполнено следующее:

- был произведен анализ исходных данных, который включил в себя описание назначения детали и условий её эксплуатации
- описан материал детали и его свойства;
- произведена классификация поверхностей по их служебному назначению;
- выполнен анализ детали на технологичность;
- определены основные задачи работы и пути совершенствования базового технологического процесса;
- произведен расчет и проектирование заготовки для проектируемого варианта, сделан технико-экономический расчет экономичности выбора заготовки;
- разработан маршрутный технологический процесс проектируемого варианта и на основании его выполнен план обработки;
- разработана современная технология изготовления детали на многофункциональном производительном оборудовании;
- был применен современный высокопроизводительный режущий инструмент импортного производства;
- спроектирован 3-х кулачковый патрон с пневмоприводом для токарно-фрезерной ЧПУ операции, выполнено описание его функционирования;
- спроектирован калибр для контроля симметричности;
- спроектирована дисковая угловая фреза.

За счет применения многофункционального производительного оборудования, высокопроизводительного режущего инструмента импортного производства и автоматизированного приспособления получилось

значительно сократить время цикла, снизить затраты на замену режущего инструмента и оснастки.

Перечисленные изменения базового технологического процесса позволили добиться целей бакалаврской работы, сформулированных во введении.

По итогам проведенных изменений, подсчитан экономический эффект, который составляет 1497121,7 рублей и было рассчитано, что срок окупаемости составляет 4 года.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в трех томах. Том 1. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М.: Машиностроение, 2006. - 928 с.
2. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М.: Машиностроение, 2007. - 736 с.
3. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 - 256 с.
4. Гусев, А.А. Проектирование технологической оснастки. [Электронный ресурс] / А.А. Гусев, И.А. Гусева. - Электрон. дан. - М.: Машиностроение, 2013. - 416 с.
5. Григорьев, С.Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник. [Электронный ресурс] / С.Н. Григорьев, М.В. Кохомский, А.Р. Маслов. - Электрон. дан. - М.: Машиностроение, 2006. - 544 с.
6. Григорьев, С.Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учебник для студентов вузов. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М.: Машиностроение, 2009. - 368 с.
7. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учебное пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
8. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введение 1990-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 83 с.
9. ГОСТ 24109-80. Межгосударственный стандарт. Калибры для шпоночных соединений.
10. Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением:

справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва: Машиностроение, 2007. – 364 с.

11. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова, – Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

12. Клепиков, В. В. Технологическая оснастка [Электронный ресурс] : станочные приспособления : учеб. пособие / В. В. Клепиков. - Москва: ИНФРА-М, 2017. - 345 с. 67

13. Кожевников, Д.В. Режущий инструмент. [Электронный ресурс] / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев. - Электрон. дан. - М.: Машиностроение, 2014. - 520 с.

14. Романенко, А.М. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Электрон. дан. - Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 103 с.

15. Справочник технолога - машиностроителя. В двух книгах. Книга 1/ А.Г. Косилова [и другие]; под редакцией А.М. Дальского [и другие]; - пятое издание, переработанное и дополненное. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

16. Справочник технолога - машиностроителя. В двух книгах. Книга 2/ А.Г. Косилова [и другие]; под ред. А.М. Дальского [и другие]; - пятое издание, переработанное и дополненное - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

17. Станочные приспособления: Справочник. В двух книгах. Книга 1. / Б.Н. Вардашкин; под редакцией Б.Н. Вардашкина [и других]; - М.: Машиностроение, 1984.

18. Стратиевский, И. Х. Абразивная обработка [Электронный ресурс]: справочник / И. Х. Стратиевский, В. Г. Юрьев, Ю. М. Зубарев. - Москва: Машиностроение, 2012. - 352 с.



19. Тарабарин, О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении. [Электронный ресурс] / О.И. Тарабарин, А.П. Абызов, В.Б. Ступко. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2013. - 304 с.

20. Технология машиностроения: учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск: Новое знание, 2008. - 477 с.

21. Шагун, В. И. Metallорежущие инструменты: учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Шагун. - Гриф УМО. - Москва: Машиностроение, 2008. - 423 с.

22. Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: Справочник. / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 м., ил.