

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Подп. и дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>					
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Подп. и дата	Разраб.	Сергеев	Проектирование участка механической обработки и технология изготовления детали «Вал» изделия «Дымосос ДН-9»	Лит.	Лист	Листов
					Пров.	Овсянников			1	101
					Н.контр	Овсянников		ГИЭИ (филиал) ИжГТУ им. М.Т. Калашникова Гр. Б20-721-31		
					Утв.	Горбушин				

## Введение

Машиностроение является важнейшей отраслью промышленности. Ее продукция – машины различного назначения поставляются всем отраслям народного хозяйства. Рост промышленности и народного хозяйства, а также темпы их перевооружения новой технологией, в значительной степени зависят от уровня развития машиностроения.

Технология машиностроения – область технической науки, занимающаяся изучением связей и установлением закономерностей в процессе изготовления машин. Она призвана разработать теорию технологического обеспечения и повышения качества изделий машиностроения с наименьшей себестоимостью их выпуска.

В область исследования технологии машиностроения входят следующие разделы

1. Технологичность конструкции машины как объекта производства.
2. Технологические процессы, операции, установки, позиции, технологические переходы и рабочие хода, обеспечивающие повышение качества изделий и снижение их себестоимости.
3. Математическое моделирование технологических процессов и методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения.
4. Совершенствование существующих и разработка новых методов обработки и сборки с целью повышения качества изделий машиностроения и снижения себестоимости выпуска.
5. Методы проектирования и оптимизации технологических процессов.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

### **Актуальность выбранной темы.**

Использование современных средств технологического оснащения, станков с ЧПУ, прогрессивных высокопроизводительных методов обработки позволяют повысить эффективность производства, сократить сроки производства и общую продолжительность цикла изготовления продукции, повысить производительность труда за счёт уменьшения вспомогательного и основного времени обработки деталей.

**Целью** выпускной квалификационной работы является увеличение эффективности производства и снижение себестоимости изготовления детали «Вал» изделия «Дымосос ДН-9» путем усовершенствования технологического процесса изготовления детали и разработки плана участка механической обработки.

#### **Задачи** данной выпускной квалификационной работы:

- 1) Проанализировать исходные данные, полученные на производственной практике.
- 2) Выяснить служебное назначение изделия и детали.
- 3) Рассчитать коэффициент закрепления операции для определения типа производства.
- 4) Провести качественный и количественный анализ технологичности.
- 5) Составить проектный вариант изготовления детали.
- 6) Определить режимы резания и рассчитать штучно-калькуляционное время изготовления детали.
- 7) Разработать план механического участка
- 8) Выполнить конструкторский размерный анализ
- 9) Рассчитать технико-экономические показатели базового и проектного вариантов технологических процессов изготовления детали.

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	Подп.и дата

## 1. Аналитический раздел.

### 1.1. Служебное назначение изделия.

Дымососы ДН (лопатки рабочего колеса загнуты назад) предназначены для удаления дымовых газов из топок паровых и водогрейных котлов, для перемещения пылегазовоздушных смесей в других технологических установках. Дымососы ДН рассчитаны для перемещения дымовых газов и невзрывоопасных пылегазовоздушных смесей с температурой от -30 до +200°C, запылённостью до 0,2 г/м<sup>3</sup>. температура окружающей среды от -40 до +40°C. Дымососы могут быть изготовлены с правым и левым вращением рабочего колеса и углами поворота нагнетательного патрубка от 0° до 270° через 15°. В зависимости от типоразмера дымососа и пожелания Заказчика в комплект поставки может входить (или не входить) направляющий аппарат, который служит для регулирования производительности дымососа. На картинке показан дымосос правого вращения с положением нагнетательного патрубка 0° и с направляющим аппаратом.

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№дubl.	Подп.и дата						Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>					



Рис.1. Внешний вид изделия

**1.2. Техническая характеристика изделия.**

Техническую характеристику изделия представим в таблице 1

Таблица 1 – Технические характеристики

Установленная мощность, кВт	15
Частота вращения, об/мин	1500
Производительность м <sup>3</sup> /час	14800
Полное давление кг/м <sup>2</sup>	222
Масса без двигателя, кг	375

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дцбл.
Подп.и дата	Подп.и дата

### 1.3. Описание изделия и принципа работы.

Дымосос состоит из корпуса, патрубка всасывающего, аппарата направляющего, рабочего колеса, рамы, электродвигателя. Направляющим аппаратом дымососы комплектуются начиная с ДН-5.

Корпус имеет прямоугольный фланец для присоединения дымососа к отводящим дымовым трубам. Подводящие дымовые трубы подсоединяются к направляющему аппарату.

Рабочее колесо установлено на валу электродвигателя и зафиксировано торцевой шайбой и болтом, ввернутым в вал электродвигателя. В ступице рабочего колеса имеются пазы, через которые снаружи всасывается воздух для охлаждения вала двигателя.

Рама имеет фланец, к которому крепится корпус. Для защиты двигателя от теплового излучения фланец имеет теплоизолирующий экран. Крепление рамы к фундаменту - через отверстия в основании рамы.

Направляющий аппарат является дроссельным устройством, служит для регулирования производительности, а также для поддержания оптимального режима «расход-давление» дымососа для данной сети дымопроводов.

Аппарат имеет 8 лопастей, которые синхронно поворачиваются от 0 до 90°. Поворот осуществляется вручную рукояткой кольца аппарата. В кольце имеются отверстия для фиксации положения лопастей через каждые 15°. В отверстия вставляется фиксатор.

Направляющие аппараты для дымососов правого и левого вращения отличаются только направлением поворота лопастей. Изменение направления поворота лопастей осуществляется переустановкой вилок (рычагов) на 90°.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № докл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ док.ум.	Подп.	Дата
------	------	-----------	-------	------

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

#### 1.4. Служебное назначение и требования к детали.

Вал дымососа представляет собой деталь формы тела вращения с двумя пазами на краях, которая служит для передачи вращающего момента от двигателя к лопастям.

Требования:

1. Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14; h14; IT14/2.

#### 1.5. Условия изготовления изделия на предприятии.

Исследуемая деталь представляет ось вращения, поэтому основные технологические операции производятся на токарном станке.

Конструктивно деталь имеет некоторые особенности, в частности, вал имеет две канавки, предназначенные для закрепления подшипников. А также имеется шпоночный паз. В связи с этим можно сделать вывод, что для изготовления данной детали вполне можно обойтись универсальными металлорежущими станками, в том числе круглошлифовальным станком. Поэтому сложностей у предприятия с изготовлением детали «Вал» изделия «Дымосос» не возникает и данная деталь в случае поломки изготавливается собственными силами предприятия.

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист

## 2. Технологический раздел.

### 2.1. Качественный и количественный анализ технологичности.

#### Качественный анализ технологичности

Технологичность заготовок характеризуются возможностью их получения наиболее рациональным для производственных условий способом

Для каждой функции определяется коэффициент весомости (значимости)  $K_i$ . В соответствии с конкретным конструктивным исполнением детали подбирается набор необходимых технологических функций и рассматриваются способы их реализации. В качества таких функции можно выделить следующие:

F1 – Обеспечить свободное врезание и выход режущего инструмента.

F2 – Обеспечить точность.

F2.1 - Обеспечить рациональные условия базирования.

F2.2 - Обеспечить рациональную постановку размеров.

F3 - Обеспечение достаточно высокого уровня жесткости детали и режущего инструмента.

F4 - Обеспечить унификацию конструктивных элементов.

F5 - Обеспечить удобство составления программ для станков с ЧПУ.

F6 - Повысить эффективность использования станков с ЧПУ и ОЦ.

F7 - Снизить объем ручных операций и слесарной доработки.

Таблица 2. Коэффициенты весомости

$F_i$	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
$K_i$	0,15	0,25	0,10	0,20	0,15	0,10	0,05

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. Лист № док. Подп. Дата



Производится экспертная оценка качества исполнения функций. Для этой цели конструкция рассматриваемой детали оценивается с позиции реализации каждой из выбранных функций по табл. в виде вербальных оценок «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Эта оценка для каждой функции переводится в условные единицы – баллы с помощью специальной шкалы. Для этой цели используется четырех-балльная шкала с тремя градациями (таблица 3).

Таблица 3. Перевод из вербальной в балльную оценки

Вербальная оценка	Балльная оценка
Хорошо	4
Удовлетворительно	3
Неудовлетворительно	2

Рассчитывается комплексный показатель качества реализации рассматриваемых функций ( $A_k$ ), оценивающий технологичность детали по качественным признакам, рассчитанный как средняя величина из суммы балльных оценок с учетом коэффициентов весомости каждой функции:

$$A_k = \sum_{i=1}^n K_i * A_i$$

где  $A_i$ - усредненная балльная оценка реализации каждой функции;

$K_i$ - коэффициент весомости (значимости) каждой функции.

Если  $A_k \geq 3$ , то общая оценка удовлетворительная, если  $A_k \leq 3$ , то общая оценка технологичности детали по качественным показателям будет неудовлетворительной.

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцбл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Таблица 4. Оценки

Поверхность	Конструктивный элемент	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	Центровое отверстие	4	4	4	4	3	3	4
2	Резьба	3	4	4	4	3	3	4
3	Отверстие	4	4	4	3	3	3	4
4	Коническое отверстие	4	4	4	4	3	3	4
5	Торец	4	4	4	4	4	4	4
6	Фаска	4	4	4	4	4	4	4
7	Поверхность	4	4	4	4	4	4	4
8	Паз	3	4	4	4	4	4	3
9	Торец	4	4	4	4	4	4	4
10	Фаска	4	4	4	4	4	4	4
11	Поверхность	4	4	4	4	4	4	4
12	Торец	4	4	4	4	4	4	4
13	Фаска	4	4	4	4	4	4	4
14	Поверхность	4	4	4	4	4	4	4
15	Канавка	3	4	4	3	4	4	4
16	Торец	4	4	4	4	4	4	4
17	Поверхность	3	4	3	4	4	4	3
18	Поверхность	4	4	3	4	4	4	3
Усредненный балл $A_i$		3,56	4	3,89	3,89	3,78	3,78	3,83
Коэффициент весомости $K_i$		0,15	0,25	0,10	0,20	0,15	0,10	0,05

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Подп.и дата
Инв.№докл.	Подп.и дата

РДГН.715624 ПЗ

Лист

Изм. Лист №докум. Подп. Дата

Комплексный показатель $K_i * A_i$	0,53	1	0,39	0,78	0,57	0,38	0,19
---------------------------------------	------	---	------	------	------	------	------

Значение комплексного показателя  $A_K = 3,84$

Получили значение комплексного показателя больше 3, следовательно, общая технологическая оценка удовлетворительная.

### Количественный анализ технологичности детали

1) Коэффициент использования материала:

$$K_{н.м.} = \frac{M_d}{M_3}$$

где  $M_d$  – масса детали,  $M_3$  – масса заготовки

Согласно данным базового технологического процесса  $M_3 = 27,6$  кг

$$K_{н.м.} = \frac{18,2}{27,6} = 0,66$$

Нормативный коэффициент использования материала  $K_{н.м.} = 0,6 - 0,7$

Коэффициент использования материала входит в нормативные показатели, что говорит о технологичности конструкции заготовки.

2) Коэффициент унификации конструктивных элементов:

$$K_{у.э.} = \frac{Q_{у.э.}}{Q_э.} = \frac{17}{18} = 0,94$$

где  $Q_{у.э.}$  – число унифицированных конструктивных элементов,

$Q_э.$  – число конструктивных элементов детали

3) Коэффициент применяемости стандартизированных обрабатываемых поверхностей:

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	Подп.и дата

$$K_{c.o.n.} = \frac{D_{oc}}{D_{mo}} = \frac{17}{18} = 0,94$$

где  $D_{oc}$  и  $D_{mo}$  – соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным инструментом, и всех подвергаемых механической обработке поверхностей.

4) Коэффициент точности обработки:

$$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0.8$$

Где  $A_{cp}$  –средний квалитет точности:

$$A_{cp} = \frac{n_1 + 2n_2 + \dots + 17n_{17}}{\sum n_j}$$

$n_j$  – число поверхностей детали точностью соответственно 1-17 квалитетов

$$A_{cp} = \frac{4 * 6 + 4 * 8 + 2 * 9 + 1 * 11 + 2 * 12 + 4 * 13 + 19 * 14 + 1 * 17}{37} = \frac{444}{37} = 12$$

$$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{12} = 0.917 > 0.8$$

Условие выполняется, деталь технологична поэтому показателю.

5) Коэффициент шероховатости поверхности:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} < 0.32$$

$B_{cp}$  – средний класс шероховатости:

$$B_{cp} = \frac{10 * 1,6 + 2 * 3,2 + 25 * 12,5}{37} = \frac{334,9}{37} = 9,1$$

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Подп.и дата
Инв.№дubl.	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист

$$K_{ш} = \frac{1}{9,1} = 0,11 < 0,32$$

Условие выполняется, деталь технологична.

Занесем полученные показатели в таблицу 7.

Таблица 5. Итоговая оценка

№	Показатель технологичности и его значения	Базовая оценка $B_i$	Коэффициент весомости $A_i$
1	$K_{и.м.}=0,66$	3	0,2
2	$K_{у.э.}=0,94$	4	0,2
3	$K_{с.о.п.}=0,94$	4	0,3
4	$K_{т.ч.}=0,917$	3	0,2
5	$K_{ш}=0,11$	3	0,1
$B_k=3,5$			

В результате произведенного качественного и количественного анализа технологичности детали «Вал» можно сделать вывод, что детали считаются технологичными.

## 2.2. Составление предварительного технологического маршрута обработки детали

Предварительный проектный технологический маршрут изготовления детали «Вал».

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Таблица 6. Предварительный проектный технологический маршрут

Операция	Содержание или наименование операции	Станок, оборудование, оснастка
005	Заготовительная(отрезная): Резать круг ф80 на заготовки L=700 мм.	
010	Токарно-фрезерная с ЧПУ: Черновая обр-ка. Торцевать как чисто, центровать. Сверлить отв.ф14 мм на глубину 40+3 мм. Рассверлить отв-ие ф17 мм на глубину 11 мм, снять угол 60° по длине 5мм. Установить заготовку в патроне токарного станка с поддержкой задним центром. Черновая обработка вала: проточить заготовку с ф80 до ф77 мм на длину 550 мм, проточить до ф50 мм на длину 108 мм, проточить ф57 мм на длину 26 мм, проточить ф72 мм на длину 30 мм. Переустановить заготовку. Торцевать в размер 688 мм. Аналогично обработать резьбовое отверстие M16 с другой стороны вала. Проточить заготовку с ф80 до ф72 мм	

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№дцбл.	Подп.и дата

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

	<p>на длину 164 мм, выдерживая размер 360(-0,36) мм. Проточить до ф50 мм на длину 108 мм, проточить ф57 мм на длину 26 мм, выдерживая размер 30 мм (ф72).</p> <p>Чистовая обр-ка. Выполнить с одной установки в центрах. Проточить ф48,1 на длину 108 мм с 2-х сторон, проточить ф55,1 мм на длину 19 мм с 2-х сторон, проточить ф70,1 мм на длину 37 мм с 2-х сторон.</p> <p>Шлифовать посадочные шейки вала с 2-х сторон шлифшкуркой: ф48(+0,018; +0,002) мм, ф55(-0,046) мм, ф70(+0,021; +0,002) мм. Точить две канавки в=2,8+0,14 мм до ф 67-0,3 мм под кольцо упорное.</p> <p>Фрезеровать поочередно 2 шпоночных паза в=14(-0,043) мм, выдерживая глубину 5,5(+0,2) мм, длину 94 мм, размер от торца 8 мм.</p>	
015	<p>Контрольная</p> <p>Провести визуальный и измерительный контроль изделия на соответствие чертежу.</p>	

	Провести контроль радиального биения согласно требованиям чертежа.	
--	--	--

### 2.3. Предварительный расчет норм времени

Предварительное время взято из базового (заводского) технологического процесса и занесено в таблицу 7.

Таблица 7. Предварительное время

Операция	Наименование	Ш.-К. время
005	Отрезная	Тш-к =7,766
010	Токарная	Тш-к =100
015	Токарная	Тш-к =120
020	Фрезерная	Тш-к =40
Итого		ΣТш-к =267,76

### 2.4. Расчет коэффициента закрепления операции и определение типа производства.

Коэффициент закрепления операций показывает отношение всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течение месяца, к числу рабочих мест.

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}$$

Инв.№подл. Подп.и дата Подп.и дата Взам.инв.№ Инв.№доцбл. Подп.и дата



где О – число всех операций, выполняемых за месяц; Р – число рабочих мест на которых выполняются эти операции. Определим количество единиц оборудования по формуле:

$$m_p = \frac{N * T_{ш-к}}{60 * F_d * \eta_{з.н.}}$$

где N = 100 – годовая программа, шт.; Tш-к =267,7600 – штучно-калькуляционное время, мин. FД = 2030 – действительный годовой фонд времени для металлорежущих станков при 1-сменной работе, час.; ηз.н = 0.75...0.8 – нормативный коэффициент загрузки оборудования.. Штучно-калькуляционное время Tш к– представлено в таблице 8.

Таблица 8 Принятое количество рабочих мест.

№ операций	Наименование операции	Tш-к , мин	Количество станков, m <sub>p</sub>	Принятое количество рабочих мест, Р
005	Отрезная	7,766	0,009	1
010	Токарная	100	0,109	1
015	Токарная	120	0,131	1
020	Фрезерная	40	0,044	1
Итого		ΣTш-к =267,76		ΣР = 4

Вычислим для каждой операции коэффициент загрузки рабочего места по формуле:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

Количество операций, выполняемых на рабочем месте, определим по формуле:

Инв.№подл. | Подп.и дата | Взам.инв.№ | Инв.№дцбл. | Подп.и дата

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}$$

Таблица 9 Количество операций на данном рабочем месте.

№ операций	Наименование операции	T <sub>ш-к</sub> , мин	Коэффициент загрузки рабочего места, $\eta_{з.ф.}$	Количество операций на данном рабочем месте, O
005	Отрезная	7,766	0,009	88,221
010	Токарная	100	0,109	6,851
015	Токарная	120	0,131	5,709
020	Фрезерная	40	0,044	17,128
				$\Sigma O = 117,909$

$$K_{з.о.} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} = \frac{117,909}{4} = 29,48$$

Тип производства по ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций K<sub>з.о.</sub>, который показывает отношение всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течении месяца, к числу рабочих мест. Другими словами, K<sub>з.о.</sub> показывает специализацию рабочих мест.

В нашем случае K<sub>з.о.</sub> = 29. Этому значению соответствует мелкосерийное производство с интервалом  $20 < K_{з.о.} \leq 40$ .

Инв.№подл. Подп.и дата  
 Взам.инв.№ Инв.№докл. Подп.и дата



C<sub>заг</sub> для проката меньше, чем C<sub>заг</sub> для поковки, а это значит, что первый вариант получения заготовки, а именно получение её прокатом наиболее выгоден с экономической точки зрения, поэтому выбираем метод получения заготовок – прокат.

Величина припуска для заготовок из проката может быть определена по следующим формулам:

$$Z_d = D^{0,4} * l^{0,05} / IT^{0,45}; Z_l = D^{0,3} * l^{0,05},$$

где  $Z_d$  - припуск на наибольший диаметр детали, мм;

$Z_l$  - припуск на общую длину детали, мм;

$D$  - наибольший диаметр детали, мм;

$l$  - длина детали, мм;

$IT$  - квалитет размера на диаметр  $D$  (6,7...10)

$$Z_d = 75^{0,4} * \frac{688^{0,05}}{14^{0,45}} = 2.38 \text{ мм принимаем } 2.5 \text{ мм}$$

$$Z_l = 75^{0,3} * 688^{0,05} = 5.06 \text{ мм принимаем } 6 \text{ мм}$$

Размеры заготовки  $D = \varnothing 80_{-1,3}^{+0,5}$ ,  $l = 700$  мм

Длину проката принимаем равной  $L = 3 \text{ метра} = 3000^{+30}$  мм

Ленточная пила марки М42 имеет ширину  $b = 1.6$  мм

$h = L - (n * l) - (m * b)$  – остаток после распиливания на заготовки

где  $n$  – количество заготовок,

$m$  – количество распилов

$$h = 3000 - (4 * 700) - (3 * 1,6) = 195,2 \text{ мм}$$

Подп. и дата

Инв. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

РДГН.715624 ПЗ

Лист





Установ А – установить заготовку в патроне, подрезать торец l=6мм, сверлить отверстие d=14, сверлить отверстие d=17, центровать, нарезать резьбу М16

Установ Б - установить заготовку в патроне, подрезать торец l=6мм, сверлить отверстие Ø 17, сверлить отверстие Ø 14, центровать, нарезать резьбу М16

Установ В – установить заготовку во вращающемся центре, точить ступень в размер Ø48, точить ступень в размер Ø55, точить ступень в размер Ø70, точить ступень в размер Ø75, точить ступень в размер Ø70, точить ступень в размер Ø55, точить ступень в размер Ø48, прорезать канавку Ø67, фрезеровать пазы В=14 на глубину 5,5 и длину 94.

центр с наклонной станиной KTL 65M/750, трехкулачковый патрон K11-315/C8 FUERDA, PCLNR2525M16 резец для наружного точения, QFFD2525L10-60H резец канавочный, PSDNN2525M15 резец для фасок, CNMG090308-UL YG3115 пластина для точения (черновая, получистовая), CNMG090304-QF IA70M пластина для точения (чистовая, тонкая, фасочная), GER280-C PM125 пластина для точения канавок, CGSXWHJ-MT3-F108-60°-C Центр упорный вращающийся с твердосплавным вытянутым наконечником, 372014001 Фреза

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Подп.и дата
Инв.№дubl.	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист

		шпоночная ВАР300R-14-130-C12-1T, QD140-149-16-5D-CA корпусное сверло, TC05-170-XP20 16.51-17.5 5D корпусное сверло, сверло центровочное 23 мм HSS 60 гр. ц/х, Метчик M16x2 HSS-E 6H спиральная канавка 38°, TiAlN (TA02016)
015	Контрольная Провести визуальный и измерительный контроль изделия на соответствие чертежу. Провести контроль радиального биения согласно требованиям чертежа.	

### 2.7. Назначение припусков и определение межоперационных размеров

Припуск – это слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных размеров обрабатываемой поверхности детали.

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист
------	------	---------	-------	------	-----------------------	------



Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков.

ГОСТы и таблицы позволяют назначать припуски независимо от технологического процесса обработки детали и условий его осуществления. Поэтому, в общем случае, они являются завышенными, содержат резервы снижения расхода материала и трудоемкости изготовления детали.

Определим количество переходов на размеры.

Допуск заготовки на диаметр  $T_3 = 1.8$  мм

Допуск заготовки на длину  $T_3 = 3$  мм

$T_d$  – допуск детали

$E_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_d}$  – общий коэффициент уточнения

$m = \frac{\lg E_{\Sigma}}{0.46}$  – количество необходимых переходов

Таблица 12. Определение необходимых переходов

Размер	$T_d$	$E_{\Sigma}$	m	m принятое
48k6(+0.018 +0.002)	0.016	112,5	4,46	4
70k6(+0.021 +0.002)	0.019	94,74	4,3	4
75h8(-0.046)	0.046	39,13	3,46	3
55h8(-0.046)	0.046	39,13	3,46	3
360h11(-0.36)	0.36	8,3	2	2
67h12(-0.3)	0.3	6	1,69	2
688h14(-2)	2	1,5	0,38	1

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№дubl.	Подп.и дата	Подп.и дата	Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	РДГН.715624 ПЗ	Лист

5.5IT13(+0.2)	-	-	2	-
---------------	---	---	---	---

Проверка через общий коэффициент уточнения

Таблица 13. Коэффициенты уточнения

Размер	T1(14)	E1	T2(11,12)	E2	T3(8)	E3	T4(6)	E4	[E <sub>Σ</sub> ]
48k6	0.62	2.9	0.16	3.88	0.039	4.1	0.016	2.44	112.5
70k6	0.74	2.43	0.19	3.89	0.046	4.13	0.019	2.42	94.74
75h8	0.74	2.43	0.19	3.89	0.046	4.13	-	-	39.13
55h8	0.74	2.43	0.19	3.89	0.046	4.13	-	-	39.13
360h11	1.4	2.14	0.36	3.89	-	-	-	-	8.3
67h12	0.74	2.43	0.3	2.47	-	-	-	-	6
688h14	2	1.5	-	-	-	-	-	-	1.5

Условие  $[E_{\Sigma}] \geq E_{\Sigma}$  соблюдается

Расчет припусков под обработку поверхности  $\varnothing 70k6$

Маршрут обработки состоит из четырех переходов: черновое, получистовое, чистовое, тонкое.

Таблица 14 Параметры Rz и h по технологическим переходам

Переход	Rz, мкм	h, мкм
Заготовка	160	250
Точение черновое	63	60
Получистовое	32	30
Чистовое	20	30

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Тонкое	5	5
--------	---	---

Таблица 15 Выбор последовательности обработки

Размеры поверхности	Допуски, мм		Коэффициент уточнения $E_{\Sigma}$		
	Заготовка	Деталь		Переходы	Е по переходам
Ø70k6	1,8	0,019	94,74	Точение черновое IT14	0.74
				Получистовое IT11	0.19
				Чистовое IT8	0.046
				Тонкое IT6	0.019

Суммарное отклонение расположения поверхностей при обработке вала в центрах:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2}$$

где  $\Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} * l = 291 \text{ мкм}$

$\Delta_{\text{к}}=2$  – выбираем по среднему диаметру вала

$l = 145,5$  – расстояние от средин обрабатываемого сечения до ближайшей опоры;

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25\sqrt{T^2 + 1} = 0,25\sqrt{1,8^2 + 1} = 0,51 \text{ мм}$$

Инв.№подл. Подп.и дата  
Взам.инв.№ Инв.№докл. Подп.и дата

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{291^2 + 510^2} = 587 \text{ мкм}$$

Остаточные отклонения расположения поверхностей, мкм:

$$\Delta_{\text{ост}} = K_y * \Delta_{\Sigma}$$

После чернового точения  $\Delta_{\text{ост}} = 0,06 * 587 = 35$

Получистового  $\Delta_{\text{ост}} = 0,05 * 587 = 29$

Чистового  $\Delta_{\text{ост}} = 0,04 * 587 = 23,5$

Так как обработка вала ведется в центрах, погрешность установки в радиальном направлении равна 0, т.е. E=0.

Минимальные размеры припусков по переходам:

Для точения чернового  $2Z_{\text{min}} = 2(160+250+587) = 1994$

Получистового  $2Z_{\text{min}} = 2(63+60+35) = 316$

Чистового  $2Z_{\text{min}} = 2(32+30+29) = 182$

Тонкого  $2Z_{\text{min}} = 2(20+30+23,5) = 147$

Расчетные размеры по переходам, мм:

Точение чистовое  $70,002 + 0,147 = 70,149$

Получистовое  $70,149 + 0,182 = 70,331$

Черновое  $70,331 + 0,316 = 70,647$

Заготовка  $70,647 + 1,994 = 72,641$

Наименьшие округленные размеры по переходам получаются округлением расчетного размера в сторону увеличения до того же знака десятичной дроби, с которым задан допуск на размер.

Наибольшие предельные размеры, мм:

Точение тонкое  $70,002 + 0,019 = 70,021$

Чистовое  $70,149 + 0,046 = 70,195$

Получистовое  $70,34 + 0,19 = 70,53$

Черновое  $70,65 + 0,74 = 71,39$

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист

Заготовка  $72,7+1,8=74,5$

Предельные максимальные значения припусков, мм:

Для точения черного  $74,5-71,39=3,11$

Полулистовое  $71,39-70,53=0,86$

Чистовое  $70,53-70,195=0,335$

Тонкое  $70,195-70,021=0,174$

Предельные минимальные значения припусков, мм:

Для точения черного  $72,7-70,65=2,05$

Полулистового  $70,65-70,34=0,31$

Чистового  $70,34-70,149=0,191$

Тонкого  $70,149-70,002=0,147$

Проверка расчета:  $2Z_{0max} - 2Z_{0min} = 4.479-2.698=1.8-0.019=1.781$

Таблица 16 Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности  $70k6^{(+0.021/+0.002)}$

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$ , мкм	Расчетный размер, мм	Допуск, мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	Rz	h	$\Delta\Sigma$	E				min	max	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	160	250	587			72,641	1.8	72,7	74,5		
Точение: черновое IT14	63	60	35	0	1994	70,647	0.74	70,65	71,39	2,05	3,11
получистовое IT11	32	30	29	0	316	70,331	0.19	70,34	70,53	0,31	0,86
чистовое IT8	20	30	23,5	0	182	70,149	0.046	70,149	70,195	0,191	0,335

Инв.№подл. | Подп.и дата | Инв.№цкл. | Подп.и дата | Взам.инв.№ | Подп.и дата

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. | Лист | №докум. | Подп. | Дата

тонкое IT6	5	5	-	0	147	70,002	0.019	70,0 02	70,0 21	0,14 7	0,174
										2,69 8	4,479

На остальные поверхности определяем припуски и межоперационные размеры опытно-статистическим методом.

Таблица 17. Назначение глубины резания

Размер	m	Вид обработки	Глубина резания, t, мм
48k6(+0.018 +0.002)	4	Точение: черновое	4
		Получистовое	1,4
		Чистовое	0,5
		Тонкое	0,1
75h8(-0.046)	3	Черновое	1
		Получистовое	1
		Чистовое	0,5
55h8(-0.046)	3	Черновое	1
		Получистовое	1
		Чистовое	0,5
360h11(-0.36)	2	Черновое	2
		Чистовое	0,5
67h12(-0.3)	1	Однократное	1,5

Предварительное обдирочное точение 2 прохода по 5 мм предусматривается для размеров 48k6, 55h8.

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	Подп.и дата

Для остальных поверхностей 14 квалитета точности достаточно выполнить один проход.

## 2.8. Выбор схем базирования заготовок на операциях

Базирование заготовки в приспособлении осуществляется, как правило, двумя или тремя базами, причем оно сводится, по существу, к базированию отдельных ее баз. Значимость каждой из баз для конкретной операции неодинакова. Среди них выделяется главная база. Заготовка, установленная этой базой в приспособление, получает наибольшую ориентировку, лишаясь трех (установочная база) или четырех (двойная направляющая база) степеней свободы. Для лишения заготовки остальных степеней свободы используются дополнительные базы.

За главную базу предпочтительно брать поверхность, которая обеспечивает заготовке устойчивое положение в приспособлении даже при базировании только одной этой базой. Наиболее полно такому требованию отвечает плоская поверхность заготовки, располагающаяся снизу и обладающая достаточной протяженностью. Если у заготовки такой поверхности нет выбирают другую достаточной протяженности – боковую поверхность, цилиндрическое отверстие либо цилиндрическую наружную поверхность.

При определении схем базирования, в данной работе, будем руководствоваться принципом единства конструкторской и технологической баз.

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№дцкл.	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

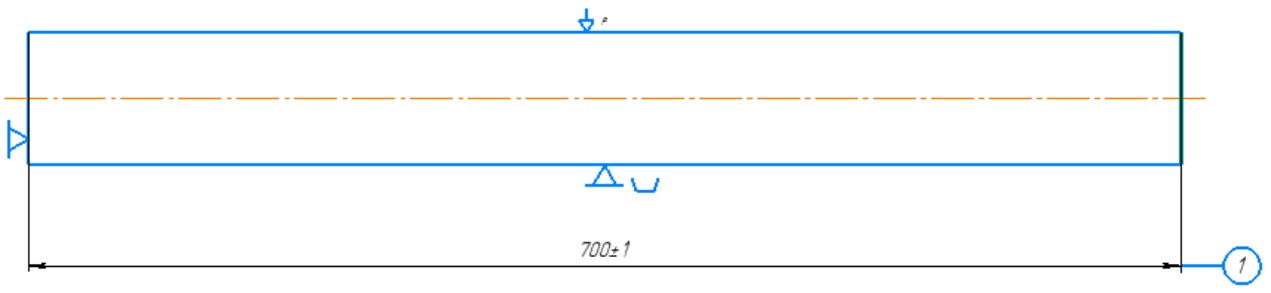
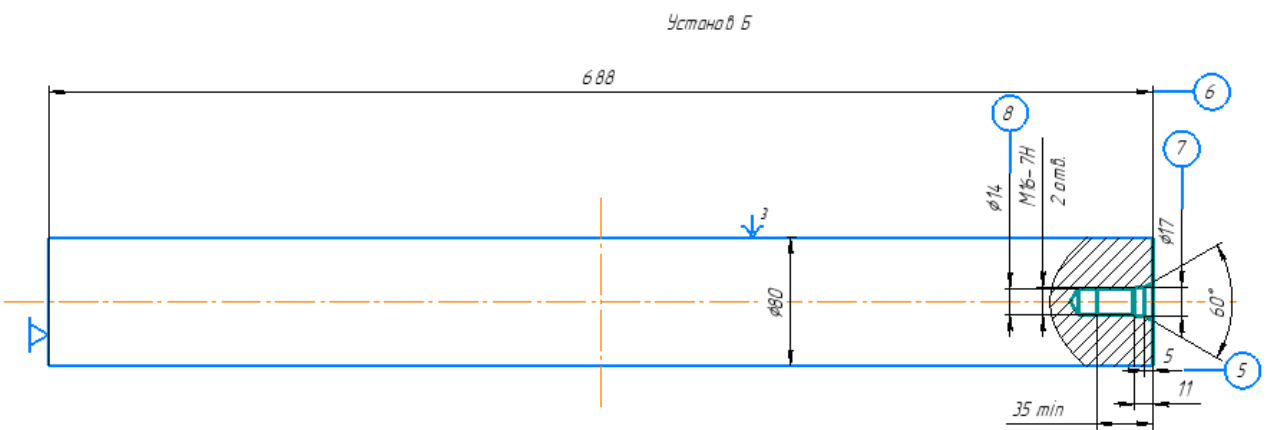
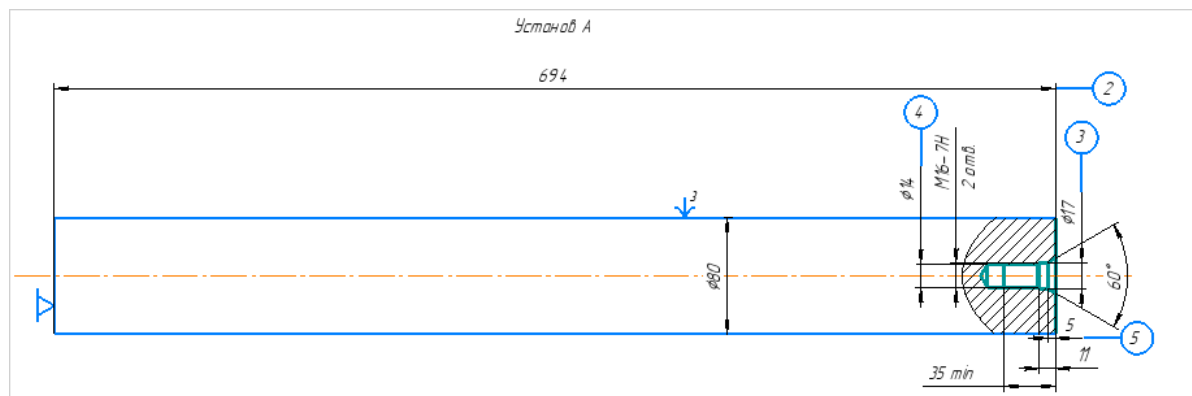


Рис. 4. Схема базирования заготовительной операции 005



Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	Подп.и дата
Инв.№подл.	Инв.№подл.
Изм.	Лист
№докум.	Подп.
Дата	Дата



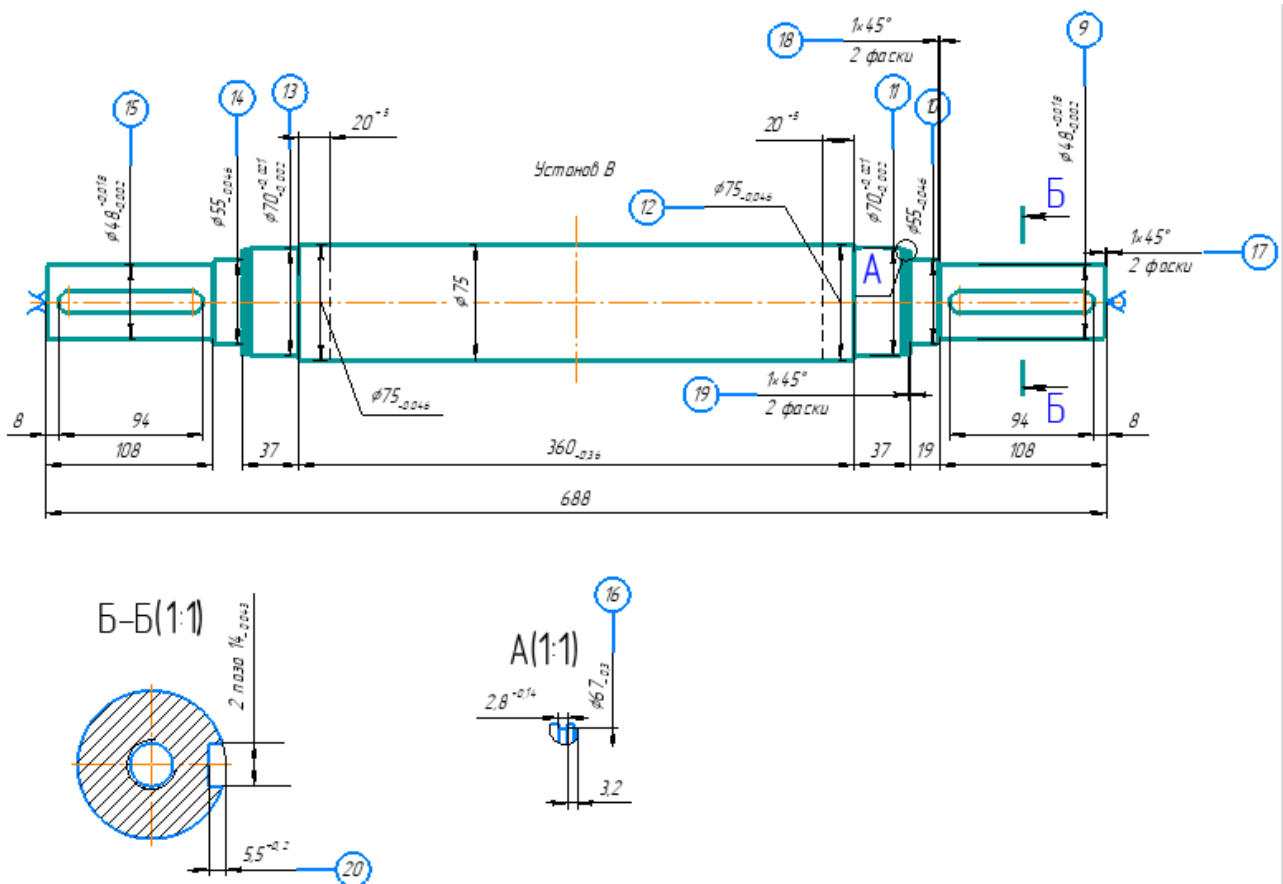


Рис. 5. Схема базирования токарно-фрезерной с ЧПУ операции 010

## 2.9. Расчет режимов резания

Рассчитаем режимы резания для чернового точения  $\varnothing 70$  с глубиной резания 1,994 мм. Черновое точение на токарно-фрезерном центре KTL 65M/750.

Размер державки резца 16x25 мм.

Определение скорости резания, м/мин

$$v = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v$$

Где  $C_v$  – коэффициент, зависящий от условий обработки;

Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

РДГН.715624 ПЗ

Лист

T – стойкость инструмента;

t – глубина резания;

s – подача;

m, x, y – показатели степени при обработке резцом с пластиной из T5K10;

$K_v$  – поправочный коэффициент;

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{nv}$$

где  $K_{mv}$  – поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала

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

$K_r$  – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости.

Для стали 45  $\sigma_B = 600$  Мпа

$n_v$  – показатель степени, зависящий от типа инструмента, материала инструмента, материала стали

$$K_{mv} = K_r * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 * \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,25$$

$K_{nv}$  – поправочный коэффициент, зависящий от материала режущей части инструмента при обработке резцами с пластинами T5K10 = 0,65

$K_{nv}$  – поправочный коэффициент, который зависит от состояния поверхности = 0,9

$$K_v = 1,25 * 0,65 * 0,9 = 0,73$$

t = 1.994 мм, T = 60 мин, S = 1.2 мм/об.

Выбор коэффициентов для определения скорости резания:

$C_v = 340$ ,  $x=0.15$ ,  $y=0.45$ ,  $m=0.2$

Расчетная скорость резания:

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№докл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
------	------	---------	-------	------

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

$$v = \frac{340}{60^{0.2} * 1.994^{0.15} * 1.2^{0.45}} * 0.73 = 91.06$$

Частота вращения:

$$n = \frac{1000 * v}{3.14 * D} = \frac{1000 * 91.06}{3.14 * 70} = 414$$

Сила резания:

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p$$

Где  $C_p=300$ ,  $x=1$ ,  $y=0.75$ ,  $n=-0.15$

$$K_p = K_{mp} * K_{фр} * K_{γр} * K_{λр} * K_{rp} = 0.85 * 0.89 * 1.1 * 1.1 * 1 = 0.92$$

$$P_z = 10 * 300 * 1.994^1 * 1.2^{0.75} * 91.06^{-0.15} * 0.92 = 3207$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = 4.77$$

Мощность резания меньше мощности привода главного движения станка

$N_{ст} = 15$ кВт, поэтому операция возможна.

Определим режимы резания на остальные операции и занесем их параметры в таблицу .

$$T_o = \frac{L}{S * n}$$

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№доцл.	Подп.и дата	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	

Таблица 18 Режимы резания

Наименование операции	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	To, мин
Черновое Ø70	1,994	1,2	91	414	0,08
Получистовое Ø70	0,316	0,4	284	1294	0,077
Чистовое Ø70	0,182	0,2	371	1689	0,118
Тонкое Ø70	0,147	0,1	616	2804	0,143
Черновое Ø48	4	0,8	98	653	0,212
Получистовое Ø48	1,4	0,4	242	1607	0,173
Чистовое Ø48	0,5	0,2	338	2245	0,247
Тонкое Ø48	0,1	0,1	653	4332	0,256
Черновое Ø75	1	1,2	101	429	0,045
Получистовое Ø75	1	0,4	254	1082	0,053
Чистовое Ø75	0,5	0,2	338	1437	0,08
Черновое Ø55	1	0,9	115	666	0,037
Получистовое Ø55	1	0,4	255	1475	0,037
Чистовое Ø55	0,5	0,1	431	2497	0,088
Черновое 360	2	1,3	88	78	0,05
Чистовое 360	0,5	0,4	265	235	0,053
Однократное Ø 67	1,5	1,2	95	452	0,005
Подрезка торца	6	0,9	88	350	0,254
Нарезка фаски 1x45на Ø48	1	0,9	115	763	0,006
Нарезка фаски 1x45на Ø55	1	0,9	115	666	0,007
Нарезка фаски 1x45на Ø70	1	0,9	115	523	0,008

Инв. № подл.    Подп. и дата    Взам. инв. №    Инв. № дубл.    Подп. и дата

Сверление Ø17	0,5	0,27	9,2	172	0,302
Сверление Ø16	8	0,23	8,45	168	0,983
Фрезерование паза 80x14x5,5	14	0,18	103	2345	0,19
Всего					3,504

## 2.10. Выбор оборудования.

### Проектный вариант

Станок ленточнопильный Fmb CENTAURO + VHZ предназначен для резки заготовок различной формы из стали, чугуна, цветных металлов и сплавов в условиях единичного и мелкосерийного производства товара различных отраслей промышленности. Станок оборудован дросселируемым гидравлическим цилиндром подачи, который позволяет автоматически подстраивать скорость подачи пильной рамы в зависимости от профиля заготовки.



Рис.6. Fmb CENTAURO + VHZ

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцбл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист

Таблица 19 Технические характеристики

Наименование параметра	Значение
Габариты	900x1500x1600 мм
Наибольший диаметр заготовки	240 мм
Класс точности	Н
Мощность двигателя главного движения	1,5 кВт
Масса станка с выносным оборудованием	360 кг

Токарно-фрезерный центр с наклонной станиной КТЛ предназначен для выполнения широкого спектра операций по токарной и фрезерной обработке деталей сложной конфигурации. Современные технологические решения, реализованные в данной серии, и высокая производительность, делают серию КТЛ незаменимым инструментом для промышленных металлообрабатывающих предприятий. Токарно-фрезерный обрабатывающий центр КТЛ позволяет осуществлять одновременные операции токарной и фрезерной обработки, что значительно повышает эффективность и сокращает время производства. Благодаря своей универсальности, центр может выполнять такие операции, как фрезерование, сверление, центрование и все виды токарной обработки, обеспечивая высокую точность и качество конечного изделия.

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист



Рис.7. Токарно-фрезерный центр с наклонной станиной KTL 65M/750

Таблица 20 технические характеристики

Наименование параметра	Значение
Максимальный диаметр обработки	380 мм
Максимальная длина обработки	700 мм
Количество инструментов в револьверной головке	12 шт
Габариты	3365x1970x1800 мм
Вес	5500 кг
Мощность главного привода	15 кВт

### 2.11. Выбор средств технологического оснащения (режущих инструментов, станочных приспособлений, вспомогательного инструмента).

В условиях единичного и мелкосерийного машиностроительного производства, с небольшим выпуском деталей в год, целесообразно

Подп. и дата

Инв. N° дубл.

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл.

Изм.	Лист	N° докум.	Подп.	Дата
------	------	-----------	-------	------

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

использование универсальный контрольный инструмент и измерительные приборы. В соответствии правил порядка выбора измерительных средств, в зависимости от измеряемого размера и величины допуска на изготовление и допускаемой погрешности измерения, выбираем следующие измерительные средства.

Таблица 21 Средства контроля

Операция	Средство контроля
Токарно-фрезерная с ЧПУ	Микрометр МК-25, МК-50, МК-75, МК-400 ГОСТ 6507-90 Штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,1 и 0,05 ГОСТ 166-89
Термическая	Динамический твердомер ТКМ-359С
Контрольная	Профилометр ИШП-110 Калибр-пробка М16.0х2.0 ПР-НЕ Прецизионный стендовый центр Биениемер ПБ-1000 1000х170 мм, 1460 мм, 170 кг, механический Калибр для шпоночного соединения ГОСТ 24109-80

Таблица 22 Режущий инструмент

Операция	Режущий инструмент
Токарно-фрезерная с ЧПУ	PCLNR2525M16 резец для наружного точения, QFFD2525L10-60H резец канавочный, PSDNN2525M15 резец для фасок, CNMG090308-UL YG3115 пластина для точения (черновая, получистовая), CNMG090304-QF IA70M пластина для точения (чистовая, тонкая), GER280-C PM125 пластина для точения канавок, 372014001 Фреза шпоночная д14 P6M5

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата



	к/х ГОСТ 9140-78, SF-16R-2.5D-C20 корпусное сверло, сверло центровочное 16 мм HSS 90 гр. ц/х, Метчик M16x2 HSS-E 6H спиральная канавка 38°, TiAlN (TA02016)
--	---

Таблица 23 Станочные приспособления

Операция	Станочное приспособление
Токарно-фрезерная с ЧПУ	Трехкулачковый патрон K11-315/C8 FUERDA, CGSXWHJ-MT3-F108-60°-C Центр упорный вращающийся с твердосплавным ВЫТЯНУТЫМ наконечником

## 2.12. Расчет норм времени на операции механической обработки.

Выпишем из таблицы основное время на операции.  $T_0 = 9,547$  мин

Вспомогательное время

$T_{в1} = 0,4$  мин – время на установку и снятие детали

$T_{в2} = 0,32$  мин – время на установку заданного взаимного положения  
детали и инструмента по координатам X, Y, Z.

$T_{в3} = 0,16 + 0,19 + 0,19 + 0,15 + 0,35 + 0,15 + 0,09 + 0,09 + 0,23 + 0,26 +$   
 $0,43 + 0,31 + 0,13 + 0,14 + 0,45 + 0,2 = 3,52$  мин – время на контрольные  
измерения.

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Подп.и дата
Инв.№доцл.	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист
------	------	---------	-------	------	-----------------------	------

$T_v = 4,24$  мин

Оперативное время  $T_{оп} = T_v + T_o = 9,547 + 4,24 = 13,787$  мин

Время на обслуживание  $T_{об} = T_{оп} * 0,14 = 13,787 * 0,14 = 1,93$  мин

Подготовительно-заключительное время:

$T_1 = 9$  мин - время на получение наряда, чертежа, тех. документации, инструмента и тд.

$T_2 = 2$  мин – время на ознакомление с работой и чертежом, осмотр заготовки.

$T_3 = 2$  мин – время на инструктаж мастера.

$T_4 = 0,8$  мин – время установку центра.

$T_5 = 0,3$  мин – время на смещение задней бабки.

$T_6 = 0,15$  мин – время на установку режимов работы станка.

$T_7 = 0,5$  мин – время на установку револьверной головки.

$T_8 = 1$  мин – время на установку программносителя.

$T_9 = 1$  мин – время на проверку работоспособности считывающего устройства.

$T_{10} = 1$  мин – время на ввод программы в память системы.

$T_{11} = 2$  мин – время на установку исходных координат.

$T_{12} = 0,2$  мин – время на настройку устройства для подачи СОЖ.

$T_{п.з.} = 9 + 2 + 2 + 0,8 + 0,3 + 0,15 + 0,5 + 1 + 1 + 1 + 2 + 0,2 = 19,95$  мин

Штучное время  $T_{ш} = T_{оп} + T_{об} = 13,787 + 1,93 = 15,717$  мин

Объем партии, шт.:

$$n = \frac{N * a}{F_1}$$

где  $N$  – годовой объем выпуска = 100 шт.

$a$  – периодичность запуска в днях (рекомендуется 3, 6, 12, 24 дня)

$F_1 = 254$  – число рабочих дней в году.

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Подп.и дата
Инв.№дцбл.	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист

$$n = \frac{100 * 24}{254} = 9.5$$

Штучно-калькуляционное время Тш.-к. = Тш + Тпз/n = 15,717 + 19,95/9,5  
 = 15,717 + 2,1 = 17,817 мин.

Таблица 24 Штучно-калькуляционное время, мин

Базовый вариант	Проектный вариант
Токарная	
220	-
Фрезерная	
40	-
Токарно-фрезерная с ЧПУ	
-	17,817
Общее время	
260	17,817

**2.13. Проектирование операций на станке с ЧПУ (траектория движения инструментов, карты наладок, управление программы).**

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№дцкл.	Подп.и дата

Проектирование технологических наладок включает:

- выбор способа базирования и крепления детали;
- выбор режущего инструмента и способа его крепления;
- выбор режимов обработки;
- составление эскизов технологических наладок;
- расчет эквидистанты для операций обработки на станках с ЧПУ.

Эскизы наладок составляются на основании операции технологического процесса.

Чертеж наладок выполняется на листе КЭ формата А3 – А1 по ГОСТ 3.1105. Эскиз простой наладки занимает четверть формата, т.е. на листе размещают 4 наладки. Если операция сложная, выполняется на многопозиционном (многошпиндельном) станке или станке с ЧПУ, то одна наладка может занимать половину формата.

На эскизах наладки изображаются:

- обрабатываемая деталь соответствующей конфигурации, получаемой после обработки, включая данную операцию, с указанием размеров, допусков и шероховатости поверхности, получаемых на данной операции;
- режущий инструмент, применяемый на данной операции, в конечном положении с указанием конструктивной схемы его крепления;
- конструктивная схема приспособления, позволяющая понимать принцип работы приспособления, базирования детали и ее крепления на данной позиции;

#### 2.14. Метрологическое обеспечение и контроль качества.

Определим требуемые средства измерений, зная номинальный размер и поле допуска. Полученные результаты занесем в таблицу 25.

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
------	------	---------	-------	------

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Таблица 25 Контролируемые размеры вала

Размер	Точность размера	Величина допуска	$\delta$	Выбранное средство измерения
ø48	k6	0,016	0,005	4б – микрометры гладкие с величиной отсчета 0.01 мм при настройке на нуль по установочный мере ( $\delta = 0,005$ )
ø70	k6	0,019	0,005	4б – микрометры гладкие с величиной отсчета 0.01 мм при настройке на нуль по установочный мере ( $\delta = 0,005$ )
ø75	h8	0,046	0,012	4б – микрометры гладкие с величиной отсчета 0.01 мм при настройке на нуль по установочный мере ( $\delta = 0,005$ )
ø55	h8	0,046	0,012	4б – микрометры гладкие с величиной отсчета 0.01 мм при настройке на нуль по установочный мере ( $\delta = 0,005$ )
360	h11	0,36	0,08	4а – микрометры гладкие с величиной отсчета 0.01 мм при настройке на нуль по установочный мере ( $\delta = 0,004$ )
67	h12	0,3	0,06	4а – микрометры гладкие с величиной отсчета 0.01 мм при настройке на нуль по установочный мере ( $\delta = 0,004$ )
5,5	IT13	0,18	0,04	4а – микрометры гладкие с величиной отсчета 0.01 мм при настройке на нуль по установочный мере ( $\delta = 0,004$ )
8	h14	0,36	0,08	4а – микрометры гладкие с величиной

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Подп.и дата
Инв.№дubl.	Подп.и дата

				отсчета 0.01 мм при настройке на нуль по установочный мере ( $\delta = 0,004$ )
19	IT14	0,52	0,12	3 – штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,05 мм ( $\delta=0,1$ )
37	IT14	0,62	0,14	3 – штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,05 мм ( $\delta=0,1$ )
ø75	h14	0,74	0,16	3 – штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,05 мм ( $\delta=0,1$ )
94;10 8	IT14	0,87	0,18	3 – штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,05 мм ( $\delta=0,1$ )
688	h14	2	-	1 – линейка измерительная металлическая с ценой деления 1 мм( $\delta=0,5$ )
20	IT17	2,1	0,44	2 – штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,1 мм ( $\delta=0,15$ )
M16	7H			калибр-пробка M16.0x2.0 ПР-HE
14	N9	0,043		калибр для шпоночного соединения ГОСТ 24109-80

### Средство контроля шероховатости поверхности

Приборы для измерений шероховатости поверхности ИШП (далее - приборы, профилометры) предназначены для измерений параметров шероховатости поверхностей изделий, сечение которых в плоскости измерения представляет собой прямую линию (образующие цилиндрических поверхностей, отверстия, плоские поверхности, криволинейные поверхности в пределах хода щупа), а также пазах и углублениях механизмов. Прибор предназначен для измерения и оценки текстуры поверхности и должен

Подп. и дата

Инв. N° дубл.

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл.

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. Лист N° докум. Подп. Дата

использоваться только в этих целях. Прибор применим для измерения поверхностей всех видов металлов и неметаллов.



Рис. 8. Измеритель шероховатости ИШП-110

Таблица 26. Характеристики

Измеряемые параметры шероховатости	Ra, Rz, Rq, Rt
Фильтр	RC
Диапазон измерений:	
по параметру Ra, мкм	От 0,1 до 15,0
по параметру Rz, мкм	От 0,1 до 50,0
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений шероховатости по параметру Ra, %	±10
Относительное СКО результатов измерений, %, не более	7
Радиус кривизны щупа, мкм	10
Измерительное усилие, мН	50
Отсечка шага, мм	0,25; 0,8; 2,5
Длина оценки, мм	1,25; 4,0

Подп. и дата

Инв. N° дубл.

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл.

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. Лист N° докум. Подп. Дата

Скорость перемещения щупа, мм/с	0,135; 0,5; 1,0
Автоотключение прибора, мин	10
Питание, V	3,7
Длительность непрерывной работы, ч	13
Габаритные размеры, мм	70x24x106
Масса, г	200

### Выбор средств измерения твердости детали

Динамический твердомер ТКМ-359С – высокоточный прибор для измерения твердости изделий из металлов и сплавов, в т.ч. контроля качества термообработки, закалки ТВЧ, оценки механической прочности в лабораторных, производственных или полевых условиях.

Прибор выполняет неразрушающий контроль качества продукции в металлургии, машиностроении, авиастроении, судостроении, энергетической, атомной и нефтегазовой отраслях промышленности. Принцип работы- метод Либа, при котором отношение скорости отскока к скорости падения индентора с твердосплавным наконечником зависит от твердости испытуемого материала.



Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
------	------	---------	-------	------

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист



Рис. 9. Динамический твердомер ТКМ-359С

Таблица 27 Техническая характеристика твердомера

Диапазон измерение по шкале Роквелла	
Диапазон измерение по шкале Бринелля	
Диапазон измерение по шкале Виккерса	
Погрешность, определяемая при калибровке по мерам твердости 1-го разряда: по Бринеллю	10НВ
по Роквеллу	1.5HRC
по Виккерсу	12HV
Относительная приведенная погрешность при штатной проверке по мерам твердости 2-го разряда	3-5% в зависимости от диапазона
Пределы абсолютной погрешности при измерении твердости по основным шкалам на мерах твердости 2-го разряда: по Бринеллю в диапазоне 90...150НВ	±10НВ
в диапазоне 150...300НВ	±15НВ
в диапазоне 300...450НВ	±20НВ
по Роквеллу	±2HRC
по Виккерсу в диапазоне 240...500HV	±15HV
в диапазоне 500...800HV	±20HV
в диапазоне 800...940HV	±25HV
Диапазоны контроля твердости по предустановленным дополнительным шкалам для различных материалов:	90-335НВ 130-390НВ 80-900HV

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
------	------	---------	-------	------

РДГН.715624 ПЗ

Лист

Серые чугуны	30-160НВ
Ковкие чугуны	40-178НВ
Легированные, инструментальные стали	60-290НВ
Алюминиевые сплавы	
Латуни	
Бронзы	
Диаметр площадки на поверхности изделия для установки датчика	От 7 мм на плоскости
Число замеров для вычисления среднего значения	1-99
Количество алгоритмов отброса заведомо ложных результатов измерений при вычислении среднего значения	3
Время одного замера твердости	2сек.
Емкость памяти результатов измерений	12400
Число шкал, программируемых пользователем	3
Число возможных дополнительных калибровок к шкалам твердомера	По 5 для каждой шкалы
Максимальное количество именных блоков результатов измерений, создаваемых в памяти	100
Сигнализация о выходе результата измерения за допустимые границы	Есть
Связь с компьютером	USB
Питание	Li-ion аккумулятор
Размеры электронного блока твердомера	121x69x41мм

Инв.№подл.    Подп.и дата    Инв.№докл.    Подп.и дата    Взам.инв.№    Подп.и дата

Масса датчиков не более	300г
Диапазоны рабочих температур	-15...+35
Гарантийный срок эксплуатации	Не более 30мес. С даты выпуска
Межпроверочный интервал твердомера	1 год

## 2.15. Определение количества основного производственного оборудования

Потребное количество станков определяем по формуле:

$$C_p = \frac{T_{\Sigma K}}{F_d}$$

где  $F_d = 2040$  ч – действительный годовой фонд времени работы станка.

$T_{\Sigma K}$  – суммарное нормировочное время, определяем по формуле:

$$T_{\Sigma K} = \frac{t_{шт.к.} * N}{60}$$

где  $t_{шт.к.}$  – штучно-калькуляционное время на операцию.

$N$  – партия деталей.

Общая формула для определения количества станков:

$$C_p = \frac{t_{шт.к.} * N}{60 * F_d}$$

Количество станочников определим по формуле:

$$R = \frac{F_d * C_p * \eta_3}{F_{д.р.} * S_d}$$

где  $\eta_3 = 0,9$  – коэффициент загрузки.

$F_{д.р.} = 2040$  – действительный годовой фонд времени рабочего.

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

$S_d$  – коэффициент многостаночности, показывающий на каком количестве станков одновременно может работать рабочий;

Для токарных станков с ЧПУ и фрезерных станков  $S_d = 1,5...2$ .  
Принимаем  $S_d = 2$ .

Для остальных  $S_d = 1$ .

Таблица 28. Количество станочников

Партия деталей	№		1	2	
	Операция		Отрезная	Токарно-фрезерная с ЧПУ	
	Оборудование		CENTAURO	KTL 65M/750	
100	Вал	$t_{шт}$	7,76	16,767	
		$C_p$	0,006	0,014	
R			0,0054	0,0063	$\Sigma$
$R_{пр}$			1	1	2

## 2.16. Определение потребности в рабочей силе

$R = 2$  – количество основных производственных рабочих.

$R_{всп} = 2 \cdot \frac{25}{100} = 0,5 \Rightarrow$  принимаем  $R_{всп} = 1$  - численность вспомогательных рабочих составляет 20-25% от числа основных производственных рабочих.

$R_{ИТР} = 2 \cdot \frac{12}{100} = 0,24 \Rightarrow$  принимаем  $R_{ИТР} = 1$  - численность ИТР цеха составляет 11-13% от числа основных производственных рабочих.

$R_{смх} = 2 \cdot \frac{4}{100} = 0,08 \Rightarrow$  принимаем  $R_{смх} = 1$  - число служащих цеха составляет 3-4% от числа основных производственных рабочих.

Инв.№подл. Подп.и дата Взам.инв.№ Инв.№докл. Подп.и дата

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. Лист №докум. Подп. Дата

$$R_{\text{моп}} = 2 \cdot \frac{3}{100} = 0,06 \Rightarrow \text{принимаем } R_{\text{моп}} = 1 - \text{численность младшего}$$

обслуживающего персонала составляет 2-3% от числа основных производственных рабочих.

$$R_{\text{общ.}} = R + R_{\text{всп}} + R_{\text{ИТР}} + R_{\text{смх}} + R_{\text{моп}} = 6 - \text{число работающих механического участка.}$$

## 2.17. Определение площадей участка

Соотношение станков на механическом участке.

На каждый станок берется 25 – 30 м<sup>2</sup>

- Отрезные 50%  $C_{\text{отр.}} = 1$   $F = 30 \text{ м}^2$ ;
- Токарно-фрезерный центр 50%  $C_{\text{ток.-в}} = 1$   $F = 30 \text{ м}^2$ ;

$$C_{\text{мех}} = 2 \quad F_{\text{мех}} = 60 \text{ м}^2$$

Вспомогательные участки и их площади.

Потребное количество заточных станков в среднем 4-6% от количества обслуживающих станков  $C_{\text{зат}} = 1$ .

Удельная площадь 10 – 12 м<sup>2</sup>

$$F_{\text{зат}} = 10 \text{ м}^2$$

Контрольное отделение – число контролеров 5 - 7% от числа станочников  $R_{\text{контр.}} = 1$ ; удельная площадь 5 – 6 м<sup>2</sup>;  $k = 1,5 - 1,75$ ;  $F_{\text{контр.}} = 10 \text{ м}^2$ .

Потребное количество ремонтных станков определяется по суммарной ремонтной сложности станков. Принимаем суммарную ремонтную сложность станков равной 400 тогда количество ремонтных станков будет равно  $C_{\text{рем}} = 1$ ; удельная площадь 25 – 30 м<sup>2</sup>;  $F_{\text{рем}} = 25 \text{ м}^2$

Мастерская для ремонта приспособлений:

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист

количество станков принимают 2-3% от количества обслуживаемых станков  $S_{\text{присп.}} = 1$ ; удельная площадь  $17 - 22 \text{ м}^2$ ;  $F_{\text{присп.}} = 18 \text{ м}^2$ .

Отделение СОЖ – площадь  $2 \text{ м}^2$  и один рабочий.

Отделение по переработки стружки - площадь  $6 \text{ м}^2$  и один рабочий.

Склад материалов и заготовок:

Принимаем площадь складов равной 15 % от общей площади цеха ( $\approx 25 \text{ м}^2$ ).

Инструментальный раздаточный склад: удельная площадь  $0,7 \text{ м}^2$  на один станок;  $F_{\text{инстр.}} = 2,8 \text{ м}^2$ .

Бытовые помещения.

1. Гардеробные: удельная площадь  $0,43 \text{ м}^2$  на одного человека;  $k = 0,5$ ;  $F_{\text{гард.}} = 2,6 \text{ м}^2$ ;

2. Умывальные: удельная площадь  $1,75 \text{ м}^2$  на 6 человек;  $k = 0,35$ ;  $F_{\text{умыв.}} = 1 \text{ м}^2$ ;

3. Уборные: число кабинок  $n = 1$  ; удельная площадь  $2,6 \text{ м}^2$  на 1 кабинку;  $k = 0,8$ ;  $F_{\text{уб.}} = 2,6 \text{ м}^2$ ;

$F_{\text{общ.}} = F_{\text{мех}} + F_{\text{св}} + F_{\text{сб}} + F_{\text{заг}} + F_{\text{контр.}} + F_{\text{рем}} + F_{\text{присп.}} + F_{\text{сож}} + F_{\text{струж.}} + F_{\text{склад}} + F_{\text{быт.}}$   
 $= 60 + 10 + 10 + 25 + 18 + 2 + 6 + (25 + 3,5) + (2,6 + 1 + 2,6) = 165,7 \text{ м}^2$  – площадь механического участка.

### 2.18. Разработка плана участка

Выбираем расстояние между столбами  $6000 \text{ мм}$ , ширину столбов  $500 \text{ мм}$  и расстояния от станков до стен (других станков) по рисунку:

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист

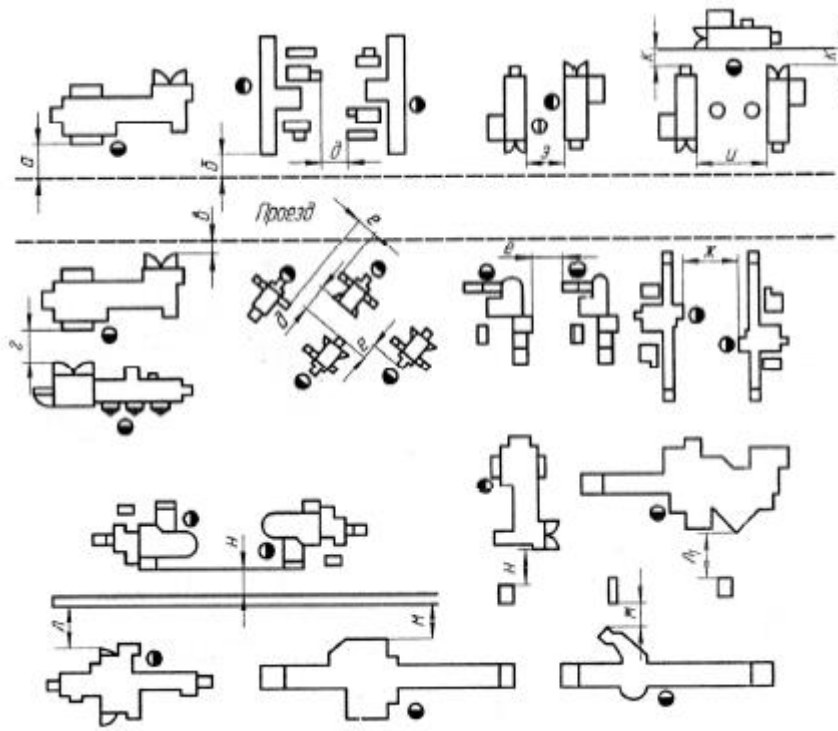


Рис.10. Схемы размещения станков

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№доцбл.	Подп.и дата
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
<b>РДГН.715624 ПЗ</b>				Лист

Расстояние	Наибольший габаритный размер станка в плане, не более, мм		
	1800	4000	8000
1	2	3	4
От проезда до:			
фронтальной стороны станка ( <i>a</i> )	1600/1000		2000/1000
боковой стороны станка ( <i>b</i> )	500		700/500
тыльной стороны станка ( <i>a</i> )	500		500
Между станками при расположении их:			
«в затылок» ( <i>e</i> )	1700/1400	2600/1600	2600/1800
тыльными сторонами друг к другу ( <i>d</i> )	700	800	1000
боковыми сторонами друг к другу ( <i>e</i> )	900		1300/1200
Фронтальными сторонами друг к другу и при обслуживании одним рабочим:			
одного 1 станка ( <i>ж</i> )	2100/1900	2500/2300	2600
двух станков ( <i>e</i> )	1700/1400	1700/1600	–
по кольцевой схеме ( <i>и</i> )	2500/1400	2500/1600	–
От стен, колонн до:			
фронтальной стороны станка ( <i>л, л<sub>1</sub></i> )	1600/1300		1600/1500
боковой стороны станка ( <i>н</i> )	1300	1300/1500	1500
тыльной стороны станка ( <i>л</i> )	700	800	900

Пр и м е ч а н и е. Расстояние между станками *k* при размещении их по кольцевой схеме принимается не менее 700 мм. Расстояние до боковой стороны станков *n* установлено 1200/900. В знаменателе приведены нормы расстояний для цехов крупносерийного и массового производства, когда они отличаются от соответствующих норм для условий единичного, мелкосерийного и среднесерийного производства. Для станков, установленных на индивидуальные фундаменты, расстояние между фундаментами должно быть не менее, м: при транспортировании дроблёной стружки – 0,8; витой стружки – 1,0.

Рис.11. Нормы расстояний станков от проезда, между станками, а также от станков до стен и колонн здания

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№докл.
Подп.и дата	

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист



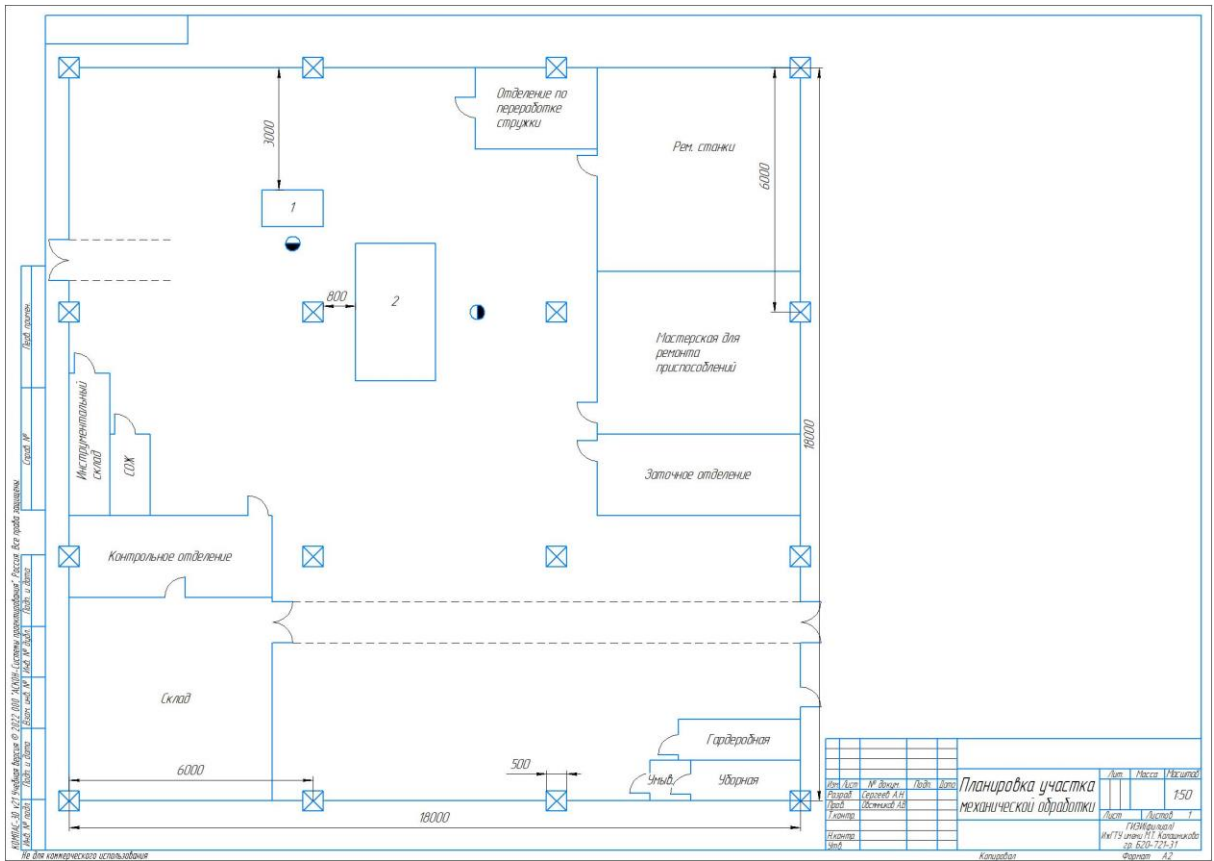


Рис.12 План участка механической обработки

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
------	------	---------	-------	------

**РДГН.715624 ПЗ**

### 3. Конструкторский раздел

#### 3.1. Конструкторский размерный анализ

Согласно сборочному чертежу узла при сборке необходимо обеспечить зазор между крышкой и подшипником.

По сборочному чертежу вала выявляем все звенья размерной цепи А (А1 - А6), участвующих в решении поставленной задачи. Чертим отдельно размерную цепь (рисунок ). В качестве метода достижения точности замыкающего звена принимаем метод неполной взаимозаменяемости.

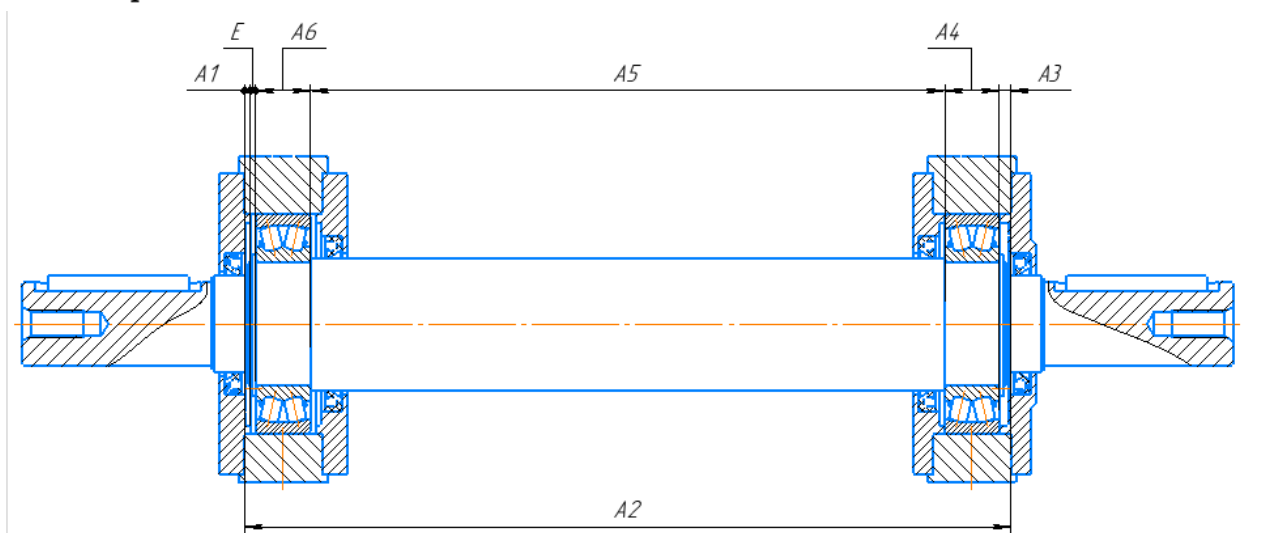


Рисунок 13. Схема размерной цепи.

Увеличивающие звенья: А2

Уменьшающие звенья: А1, А3-А6

$$\varepsilon = 3^{-3}$$

$$A1 = 3,5 \text{ мм}$$

$$A2 = 435 \text{ мм}$$

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	
Изм.	Лист
№докум.	Подп.
Дата	

$$A3 = 6,5 \text{ мм}$$

$$A4 = 31 \text{ мм}$$

$$A5 = 360 \text{ мм}$$

$$A6 = 31 \text{ мм}$$

Уравнение номиналов:

$$\varepsilon = A2 - A1 - A3 - A4 - A5 - A6 = 3 \text{ мм}$$

$$ES_{\varepsilon} = 3 \text{ мм}$$

$$EI_{\varepsilon} = 0 \text{ мм}$$

Величина поля допуска:

$$T_{\varepsilon} = ES_{\varepsilon} - EI_{\varepsilon} = 3 \text{ мм}$$

Определим координату середины поля допуска:

$$ES_{\varepsilon} = \frac{ES_{\varepsilon} + EI_{\varepsilon}}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

Определяем допуски для каждого звена по IT14(мм):

$$T_1 = 0,25$$

$$T_2 = 1,55$$

$$T_3 = 0,36$$

$$T_4 = 0,62$$

$$T_5 = 1,4$$

$$T_6 = 0,62$$

Определение расчетного допуска замыкающего звена:

$$T'_{\varepsilon} = t_{\varepsilon} \sqrt{\sum_{i=1}^m A_{Ai}^2 * T_{Ai}^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m T_{Ai}^2} = 2,307 < T_{\varepsilon} = 3 \text{ мм}$$

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
------	------	---------	-------	------

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Расчетный метод. Принимаем отклонения звена А3, более легкого в изготовлении, искомым.

$$A1 = 2h14(-0,25) \text{ мм}$$

$$A2 = 435H14(+1,55) \text{ мм}$$

$$A3 = 6,5 \text{ мм}$$

$$A4 = 31\left(\begin{smallmatrix} +0,31 \\ -0,31 \end{smallmatrix}\right) \text{ мм}$$

$$A5 = 360h14(-1,4) \text{ мм}$$

$$A6 = 31\left(\begin{smallmatrix} +0,31 \\ -0,31 \end{smallmatrix}\right) \text{ мм}$$

Определяем середину поля допуска:

$$ЕС_{A1} = -0,125 \text{ мм}$$

$$ЕС_{A2} = 0,775 \text{ мм}$$

$$ЕС_{A4} = 0 \text{ мм}$$

$$ЕС_{A5} = -0,7 \text{ мм}$$

$$ЕС_{A6} = 0 \text{ мм}$$

Определим предельные отклонения звена А3:

$$ЕС_{A3} = ЕС_{A2} - ЕС_{\epsilon} - ЕС_{A1} - ЕС_{A5} = 0,1 \text{ мм}$$

$$ES_{A3} = ЕС_{A3} + 0,5 * T_3 = 0,28 \text{ мм}$$

$$EI_{A3} = ЕС_{A3} - 0,5 * T_3 = -0,08 \text{ мм}$$

Принимаем поле допуска для звена А3:

$$A3 = 6,5\left(\begin{smallmatrix} +0,28 \\ -0,08 \end{smallmatrix}\right) \text{ мм}$$

Принимаем стандартное поле допуска Н14:

$$A3 = 6,5H14\left(\begin{smallmatrix} +0,36 \\ \end{smallmatrix}\right)$$

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист

Проверка

$$ES_{\varepsilon} = ES_{A2} - ES_{A1} - ES_{A3} - ES_{A5} = 1.42 \text{ мм}$$

$$ES_{\varepsilon} = ES_{\varepsilon} + 0,5 * T'_{\varepsilon} = 2,5735 \text{ мм}$$

$$EI_{\varepsilon} = ES_{\varepsilon} - 0,5 * T'_{\varepsilon} = 0,2665$$

$\varepsilon = 3 \begin{smallmatrix} +2,5735 \\ +0,2665 \end{smallmatrix}$  – Удовлетворяет условию задачи следовательно окончательно

принимаем:

$$A1 = 2h14 \begin{smallmatrix} (-0,25) \end{smallmatrix} \text{ мм}$$

$$A2 = 435H14 \begin{smallmatrix} (+1,55) \end{smallmatrix} \text{ мм}$$

$$A3 = 6,5H14 \begin{smallmatrix} (+0,36) \end{smallmatrix} \text{ мм}$$

$$A4 = 31 \begin{smallmatrix} (+0,31) \\ (-0,31) \end{smallmatrix} \text{ мм}$$

$$A5 = 360h14 \begin{smallmatrix} (-1,4) \end{smallmatrix} \text{ мм}$$

$$A6 = 31 \begin{smallmatrix} (+0,31) \\ (-0,31) \end{smallmatrix} \text{ мм}$$

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№доцл.	Подп.и дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>				Лист	
									Изм.	Лист

#### 4. Научно-исследовательский раздел

##### 4.1. Методы и средства в области робототехники для обобщения и рационального применения робототехнологического комплекса

###### Концептуальная метамодель РТК в машиностроении.

Основой для проведения анализа в целях обобщения является концептуальная метамодель на языке UML.

На машиностроительном предприятии, как правило, имеется множество различных роботов. Комплекс технических средств, в состав которого входит робот, называют робототехническим. Чтобы из всех робототехнических комплексов выделить РТК, следует воспользоваться определениями стандартов. Согласно ГОСТ 3.1109–82, технологический процесс представляет собой часть производственного процесса, содержащую целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. Отсюда следует, что РТК должен реализовывать упомянутые действия. Например, автоматизированная транспортно-складская система не выполняет их и, являясь робототехническим комплексом, не может быть отнесена к числу РТК.

Для более глубокого анализа необходимо рассмотреть структуру оперативного времени, включающую в себя основное и вспомогательное время. Первое направлено на достижение непосредственной цели технологической операции по качественному и (или) количественному изменению предмета труда. Второе время связано с действиями, дающими возможность выполнения основной работы, которая является целью технологической операции. Робот в составе РТК должен быть связан как минимум с основным временем, хотя его можно

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РДГН.715624 ПЗ	Лист

использовать и для реализации вспомогательных действий, покрывая полностью все оперативное время. Нормы оперативного времени зависят от применяемых технологических методов (см. рис. 14), включающих в себя раскрой материала, обработку резанием, электрофизическую обработку, сварку и пайку, а также сборку, наплавку и окраску.

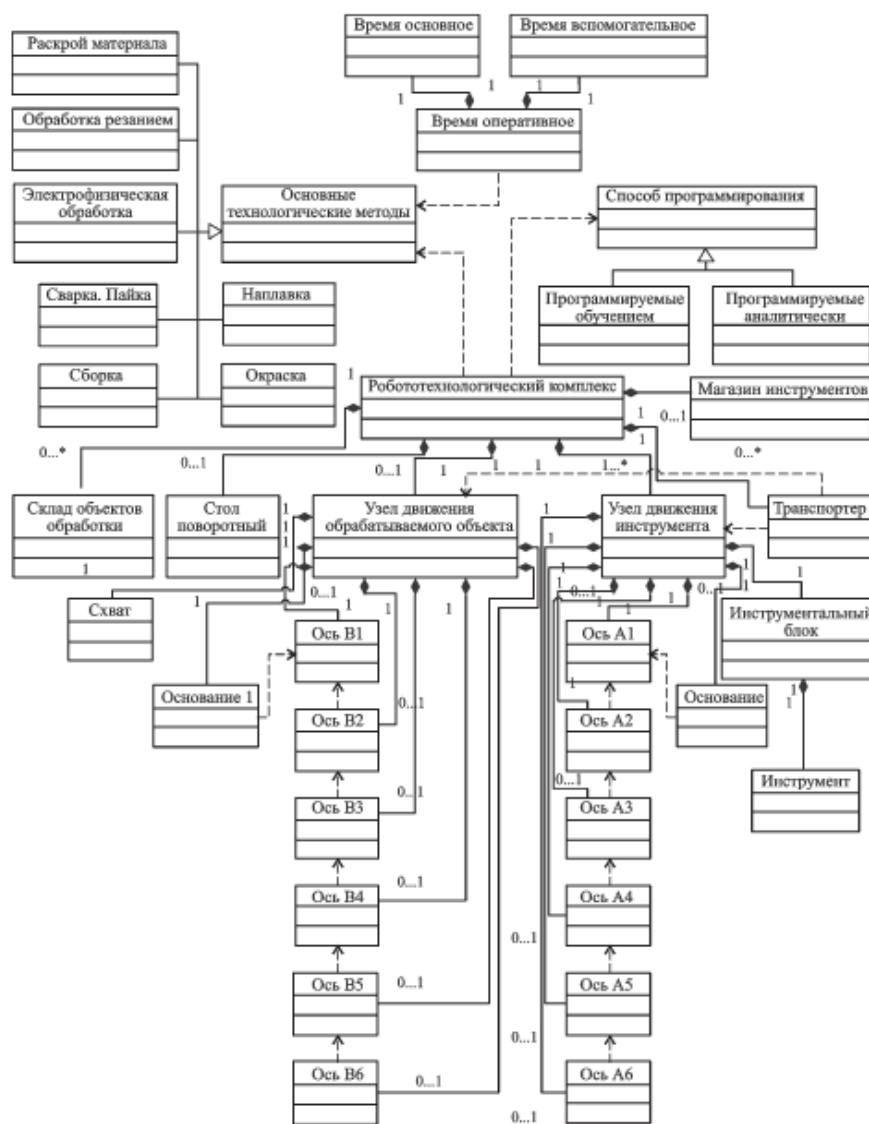


Рис. 14. Комплексная диаграмма классов РТК.

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

### Примеры использования РТК.

Среди перечисленных методов есть такие, которые доступны только для роботов. К операциям раскроя материала относится резка ножом 6D (рис. 15), осуществляемая на сложных пространственных поверхностях [22].

В каждой точке траектории лезвие ножа должно разворачиваться вдоль направления движения, для чего необходимы шесть степеней свободы: три линейные и три угловые.

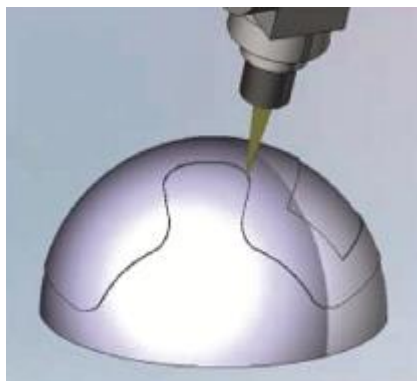


Рис. 15. Резка ножом 6D.

Для программирования обработки резанием при движении исполнительного органа робота вдоль контура или поверхности используют те же методы, что и для фрезерных станков. При этом каждая операция имеет ряд дополнительных параметров для управления конфигурацией и степенями свободы робота. На рис. 16 приведен пример обрезки кромок криволинейных формообразующих деталей с его помощью [22].

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



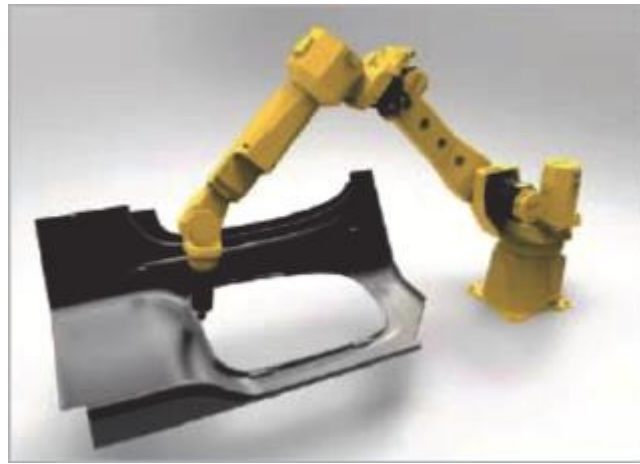


Рис. 16. Обрезка кромок криволинейных формообразующих деталей.

Сварку, как правило, выполняют с помощью роботов. Программировать сварочное оборудование (рис. 17) можно с помощью универсального метода [22]. Для расчета управляющих программ по пяти координатам достаточно добавить ребро, проходящее вдоль соединяемых деталей. При этом в каждой точке кривой будут рассчитаны углы наклона сварочной головки так, чтобы она проходила как можно ближе к середине между соседними стенками и не сталкивалась с ними.

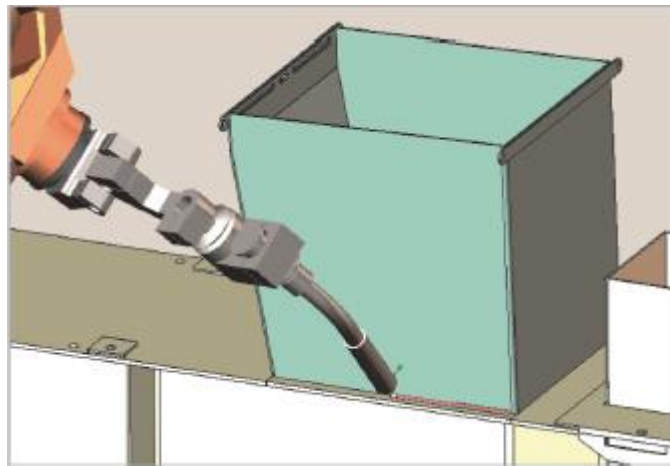


Рис. 17. Пятикоординатное программирование сварочных роботов.

Традиционная обработка резанием связана с удалением лишнего материала из заготовки, а противоположная ей аддитивная обработка — с добавлением материала к заготовке в месте прохождения рабочего инструмента [22]. Наплав-

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
------	------	---------	-------	------

ка— частный случай аддитивной обработки, заключающийся в нанесении слоя металла или сплава на поверхность изделия путем сварки плавлением. Это позволяет наращивать на поверхности детали слой материала, обладающего особыми характеристиками: высокой прочностью, износостойкостью, антифрикционными свойствами, коррозионной стойкостью, жаропрочностью и т. п. Наплавка дает возможность восстанавливать геометрические размеры дорогостоящих деталей и инструмента, осуществлять ремонт лопаток, штампов, пресс-форм, шестерней, валов и т. д.

Наплавку можно осуществлять как на станках с ЧПУ, так и с помощью роботов (рис. 18).

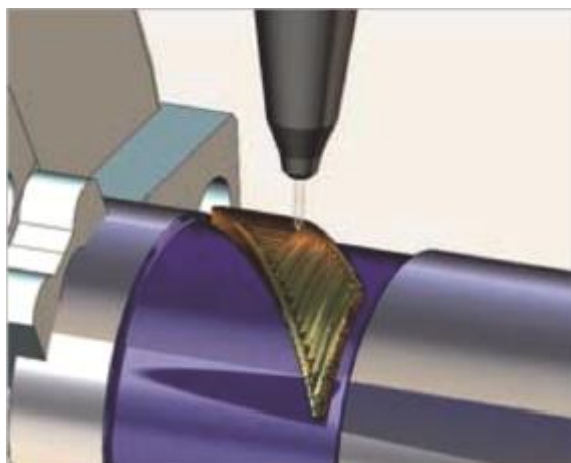


Рис. 18. Операция наплавки.

Программирование операций РТК можно проводить двумя способами: обучением и аналитически. Аналитическое программирование является предпочтительным при обработке резанием. В этом случае можно использовать высокоразвитые системы программирования для станков с ЧПУ.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------



выпуска, шт			
005/005 Отрезная	T <sub>шт.-к.</sub>	7,76	
010/- Токарная	T <sub>шт.-к.</sub>	100	-
015/- Токарная	T <sub>шт.-к.</sub>	120	-
020/- Фрезерная	T <sub>шт.-к.</sub>	40	-
-/010 Токарно-фрезерная с ЧПУ	T <sub>шт.-к.</sub>	-	16,767
005/005 Отрезная		1xCENTAURO	
010/- Токарная		1XCW6280C/3000	-
015/- Токарная		-	-
020/- Фрезерная		1xBM 127M	-
-/010 Токарно-фрезерная с ЧПУ		-	1xKTL 65M/750
005/005 Отрезная	Цоб, руб	470 365	
010/- Токарная	Цоб, руб	2 393 735	-
015/- Токарная	Цоб, руб	-	-
020/- Фрезерная	Цоб, руб	3290000	-
-/010 Токарно-фрезерная с ЧПУ	Цоб, руб	-	10076894
Коэффициент затраты на:			
- монтаж оборудования	Км	5%	5%
-транспортировку оборудования	Ктр	5%	5%
005/005 Отрезная	Соб,м <sup>2</sup>	1x1,35	

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Подп.и дата
Инв.№дцбл.	Подп.и дата

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. Лист №докум. Подп. Дата

010/- Токарная	Соб,м <sup>2</sup>	1x7,245	-
015/- Токарная	Соб,м <sup>2</sup>	-	-
020/- Фрезерная	Соб,м <sup>2</sup>	1x5,5	-
-/010 Токарно-фрезерная с ЧПУ	Соб,м <sup>2</sup>	-	1x6,63
005/005 Отрезная	Кд	5	
010/- Токарная	Кд	5	-
015/- Токарная	Кд	-	-
020/- Фрезерная	Кд	5	-
-/010 Токарно-фрезерная с ЧПУ	Кд	-	5
Цена площади, руб/м <sup>2</sup>	Цпл	30000	
Средний нормативный коэффициент загрузки оборудования	Кзо	0,8	
Коэффициент выполнения нормы	Квн	1	
005/005 Отрезная			
- станочника	Разряд	4	
- наладчика		4	
010/- Токарная			
- станочника	Разряд	4	-

Инв.№подл. Подп.и дата  
Взам.инв.№ Инв.№докл. Подп.и дата

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. Лист №докум. Подп. Дата

- наладчика		4	-
015/- Токарная	Разряд	-	-
020/- Фрезерная			
- станочника	Разряд	4	-
- наладчика		4	-
-/010 Токарно-фрезерная с ЧПУ			
- станочника	Разряд	-	5
- наладчика		-	5
Норма обслуживания			
- станочника	Ноб	1	1
- наладчика		5	5
Токарная, фрезерная			
-станочника	Чс, руб/ч	187,5	
-наладчика	Чн, руб/ч	179,6	
Токарно-фрезерная с ЧПУ			
-станочника	Чс, руб/ч	197,5	
-наладчика	Чн, руб/ч	189,6	
Коэффициенты, учитывающие:			
-дополнительную заработную плату	К1	1,1	
-поясные доплаты	К3	1,15	
-отчисления на	К4	1,26	

Инв.№подл. Подп.и дата  
Взам.инв.№ Инв.№дubl. Подп.и дата

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. Лист №докум. Подп. Дата

социальные программы			
005/005 Отрезная		-	
010/- Токарная			-
015/- Токарная		-	-
020/- Фрезерная			-
-/010 Токарно-фрезерная с ЧПУ			Трехкулачковый патрон К11-315/C8 FUERDA, CGSXWHJ-MT3-F108-60°-С Центр упорный вращающийся с твердосплавным вытянутым наконечником
Токарная, фрезерная	Цпр, руб	30000	
Токарно-фрезерная с ЧПУ	Цпр, руб	76950	
Срок службы приспособлений	Тсл	3	
005/005 Отрезная	Рм Рэ	20 20	
010/- Токарная	Рм	20	-

Инв. № подл.    Подп. и дата    Взам. инв. №    Инв. № дубл.    Подп. и дата

	Рэ	20	-
015/- Токарная		-	-
020/- Фрезерная	Рм	20	-
	Рэ	20	-
-/010 Токарно-фрезерная с ЧПУ	Рм	-	22
	Рэ	-	22
Затраты на ремонт, руб			
-механической	Зр.м	5000	
-электрической	Зр.э	3000	
Норма амортизационных отчислений:			
-по оборудованию	На	11	9
-по площади	На	2	
005/005 Отрезная	Ци, руб	1229	
010/- Токарная	Ци, руб	353	-
015/- Токарная	Ци, руб	500	-
020/- Фрезерная	Ци, руб	1487	-
-/010 Токарно-фрезерная с ЧПУ	Ци, руб	-	41854
Все операции	Ри, руб	35	350
Все операции	h	4	4
Все операции	Тст	45	60
Все операции	Куб	1,15	1,15
Цена киловатт часа энергии	Цэ, руб	4,03	
005/005 Отрезная	W, кВт	1,5	

Подп. и дата

Инв. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. Лист № док. Подп. Дата



010/- Токарная	W, кВт	15	-
015/- Токарная	W, кВт	15	-
020/- Фрезерная	W, кВт	11	-
-/010 Токарно-фрезерная с ЧПУ	W, кВт	-	15
Коэффициент загрузки двигателей по времени	K <sub>вр</sub>	0,6	0,6
Коэффициент загрузки двигателей по мощности	K <sub>м</sub>	0,7	0,7
Коэффициент одновременной работы двигателей	Код	1	1

**5.2. Расчет удельных капитальных вложений и определение приведенных затрат, приходящихся на одну деталиеоперацию**

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№доцл.	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист



Расчёт удельных капитальных вложений в технологическое оборудование можно рассчитать по формуле:

$$K_{об} = Ц * \left( 1 + \frac{K_{тр} + K_{м}}{100} \right) * \frac{T_{шт.-к}}{60 * F_{д} * K_{вн} * K_{зо}}$$

где Ц – оптовая цена единицы оборудования установленного на операции;

K<sub>тр</sub> – затраты на транспортировку оборудования, K<sub>тр</sub>=5%;

K<sub>м</sub> – затраты на монтаж оборудования, K<sub>м</sub>=6%;

K<sub>зо</sub> – нормативный коэффициент загрузки оборудования, K<sub>зо</sub>=0.8;

K<sub>вн</sub> – плановый коэффициент выполнения норм времени рабочими;

T<sub>шт.-к</sub> – штучное-калькуляционное время на операцию;

F<sub>д</sub> – действительный годовой фонд времени.

Среднемесячный фонд времени F<sub>см</sub>=169,17ч

Действительный годовой фонд времени: F<sub>д</sub>=169,17\*12=2030ч

Расчет удельных капитальных вложений в технологическое оборудование по базовому варианту представлен в таблице 30.

Таблица 30 - Удельные капитальные вложения в технологическое оборудование по базовому варианту

№ операции	Оборуд.	Цена, тыс. руб	T <sub>шт.-к</sub>	Кап. вложения в технологическое оборудование, K <sub>об</sub> , руб
005	centauro	470,365	7,76	$470,365 * 10^3 * \left( 1 + \frac{5+6}{100} \right) * \frac{7,76}{60 * 2030 * 1 * 0.8} = 41.58$
010, 015	cw6280c	2395,735	220	$2395,735 * 10^3 * \left( 1 + \frac{5+6}{100} \right) * \frac{220}{60 * 2030 * 1 * 0.8} = 6004.09$
020	bm 127m	3290	40	$3290 * 10^3 * \left( 1 + \frac{5+6}{100} \right) * \frac{40}{60 * 2030 * 1 * 0.8} = 1499.14$

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. Лист N°докум. Подп. Дата

Подп. и дата

Инв. N° докл.

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл.

Суммарные удельные капитальные вложения в технологическое оборудование по базовому варианту составляют

$$\sum K_{об} = 7544.81$$

Расчет удельных капитальных вложений в технологическое оборудование по проектному варианту представлен в таблице 31.

Таблица 31 - Удельные капитальные вложения в технологическое оборудование по проектному варианту

№ операции	Оборуд.	Цена, тыс. руб	T <sub>шт.-к.</sub>	Кап. вложения в технологическое оборудование, K <sub>об</sub> , руб
005	centauro	470,365	7,76	$470,365 * 10^3 * \left(1 + \frac{5+6}{100}\right) * \frac{7,76}{60 * 2030 * 1 * 0.8} = 41.58$
010	KTL 65M	10076.894	16.767	$10076.894 * 10^3 * \left(1 + \frac{5+6}{100}\right) * \frac{16.767}{60 * 2030 * 1 * 0.8} = 1924.72$

Суммарные удельные капитальные вложения в технологическое оборудование по проектному варианту составляют

$$\sum K_{об} = 1966.3$$

#### 5.4. Расчет удельных капитальных вложений в производственные площади

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	РДГН.715624 ПЗ	Лист

Расчёт удельных капитальных вложений в производственные площади проводим согласно формуле:

$$K_{пл} = \frac{C_{пл} * S_{об} * T_{шт.-к}}{60 * F_{д} * K_{зо}}$$

где  $C_{пл}$  – цена 1 м<sup>2</sup> производственной площади,  $C_{пл} = 5000$  руб;

$S_{об}$  – производственная площадь занимаемая единицей оборудования, м<sup>2</sup>.

Определяется по формуле:

$$S_{об} = S_{пл} * K_{д}$$

где  $S_{пл}$  – площадь оборудования, м<sup>2</sup>;

$K_{д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь на проезды переходы

Расчет удельных капитальных вложений в производственные площади по базовому варианту представлен в таблице 32.

Таблица 32 - Удельные капитальные вложения в производственные площади по базовому варианту.

№ операции	Оборуд.	Площадь оборудования	$K_{д}$	$T_{шт.-к}$	$K_{пл}$
005	centauro	1,35	5	7,76	$K_{пл} = \frac{30000 * 1,35 * 5 * 7,76}{60 * 2030 * 29,48} = 0,44$
010, 015	cw6280c	7,245	5	220	$K_{пл} = \frac{30000 * 7,245 * 5 * 220}{60 * 2030 * 29,48} = 66,59$
020	bm 127m	5,5	5	40	$K_{пл} = \frac{30000 * 5,5 * 5 * 40}{60 * 2030 * 29,48} = 9,19$

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№дцбл.	Подп.и дата	Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	РДГН.715624 ПЗ	Лист

Суммарные удельные капитальные вложения в производственные площади по базовому варианту составляют  $\sum K_{пл} = 76,22$

Расчет удельных капитальных вложений в производственные площади по проектному варианту представлен в таблице 33.

Таблица 33 - Удельные капитальные вложения в производственные площади по проектному варианту.

№ операции	Оборуд.	Площадь оборудования	$K_d$	$T_{шт.-к.}$	$K_{пл}$
005	centauro	1,35	5	7,76	$K_{пл} = \frac{30000 * 1,35 * 5 * 7,76}{60 * 2030 * 29,48} = 0,44$
010	KTL 65M	6,63	5	16,767	$K_{пл} = \frac{5000 * 6,63 * 5 * 16,767}{60 * 2030 * 29,48} = 4,64$

Суммарные удельные капитальные вложения в производственные площади по проектному варианту составляют  $\sum K_{пл} = 5,08$

### 5.5. Расчет удельных капитальных вложений в технологическую оснастку

Расчет проводим только по дорогостоящей оснастке на одну детальеоперацию по одинаковой для всех типов производства формуле:

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист

$$K_{\text{осн}} = \frac{C_{\text{пр}} * T_{\text{шт.-к.}}}{60 * F_{\text{д}} * K_{\text{зо}}}$$

где  $C_{\text{пр}}$  – цена приспособления, руб.

Расчет капитальных вложений в технологическую оснастку по базовому варианту представлен в таблице 34:

Таблица 34 - Капитальные вложения в технологическую оснастку по базовому варианту

№ операции	Цена присп.	$T_{\text{шт.-к.}}$	Удельные кап. вложения
010-015	22700	220	$\frac{22700 * 220}{60 * 2030 * 29,48} = 1,39$
020	7300	40	$\frac{7300 * 40}{60 * 2030 * 29,48} = 0,08$

Суммарные удельные капитальные вложения в технологическую оснастку по базовому варианту составляют  $\sum K_{\text{осн}} = 1,47$

Расчет капитальных вложений в технологическую оснастку по проектному варианту представлен в таблице 35:

Таблица 35 - Капитальные вложения в технологическую оснастку по проектному варианту

№ операции	Цена присп.	$T_{\text{шт.-к.}}$	Удельные кап. вложения
010	76950	16,767	$\frac{76950 * 16,767}{60 * 2030 * 29,48} = 0,36$

Суммарные удельные капитальные вложения в технологическую оснастку по базовому варианту составляют  $\sum K_{\text{осн}} = 0,36$

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дubl.
Подп.и дата	Подп.и дата

Результат расчета капитальных вложений по вариантам для дальнейшего анализа сводим в таблицу 36.

Таблица 36 - Капитальные вложения

Виды кап. вложений	Кап. вложения по вариантам	
	Базовый	Проектный
В технологическое оборудование	7544,81	1966,3
В производственные площади	76,22	5,08
В технологическую оснастку	1,47	0,36
Суммарные	7622,5	1971,74

### 5.6. Расчет технологической себестоимости по прямым затратам

В этой части определяются только те издержки производства, которые непосредственно связаны с выполнением технологического процесса, и которые изменяются при замене одного варианта другим, и могут быть точно рассчитаны прямым счетом, и являются достаточно значительными, чтобы ими не пренебрегать.

Сумма этих затрат образует так называемую “технологическую себестоимость”.

К наиболее существенно изменяющимся прямым затратам технологической себестоимости относятся:

- затраты на основные материалы,

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата



- заработная плата рабочих-станочников;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования;
- амортизация основных фондов.

### 5.7. Расчет затрат на основные материалы

Расчет проводится по формуле:

$$ЗМ = Ц_m * q_m - Ц_{отх} * q_{отх}$$

где  $Ц_m$  – цена 1 кг материала, руб.  $Ц_m = 60$  руб.

$Ц_{отх}$  – цена 1 кг отходов (стружки), руб.  $Ц_{отх} = 15$  руб.

$q_m$  – расход материала на деталь (масса заготовки), кг;

$q_{отх}$  – количество отходов материала при обработке (разница между массой заготовки и массой детали), кг.

$$ЗМ = 60 * 27,6 - 15 * (27,6 - 18,2) = 1656 - 141 = 1515$$

### 5.8. Расчет заработной платы рабочих-станочников

Заработная плата рабочих-станочников с отчислениями на социальные программы рассчитывается по каждой операции по формуле:

$$ЗП_c = \frac{Ч_c * T_{шт.-к.}}{60} * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5$$

где  $Ч_c$  – часовая тарифная ставка, руб;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий премиальные доплаты;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий поясные доплаты;

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист

К<sub>4</sub> – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные программы,

К<sub>5</sub> – коэффициент, учитывающий доплаты за многостаночность работы.

Расчет заработной платы рабочих-станочников по базовому варианту представлен в таблице 37.

Таблица 37 - Заработная плата рабочих-станочников по базовому варианту

№ операции	Ч <sub>с</sub> , руб	T <sub>шт.-к.</sub>	Заработная плата, руб
005	187,5	7,76	$ЗП_c = \frac{187,5 * 7,76}{60} * 1,1 * 1,3 * 1,15 * 1,26 * 1 = 50,25$
010-0,15	187,5	220	$ЗП_c = \frac{187,5 * 220}{60} * 1,1 * 1,3 * 1,15 * 1,26 * 1 = 1424,55$
020	187,5	40	$ЗП_c = \frac{187,5 * 40}{60} * 1,1 * 1,3 * 1,15 * 1,26 * 1 = 259,01$

Суммарные затраты на заработную плату рабочих-станочников по базовому варианту  $\sum ЗП_c = 1733,81$

Расчет заработной платы рабочих-станочников по проектному варианту представлен в таблице 38.

Таблица 38 - Заработная плата рабочих-станочников по проектному варианту

№	Ч <sub>с</sub>	T <sub>шт.-к.</sub>	Заработная плата, руб
---	----------------	---------------------	-----------------------

Инв.№подл. Подп.и дата  
 Взам.инв.№ Инв.№докл. Подп.и дата

опра- ции	руб		
005	187,5	7,76	$ЗП_c = \frac{187,5 * 7,76}{60} * 1,1 * 1,3 * 1,15 * 1,26 * 1 = 50,25$
010	197,5	16,767	$ЗП_c = \frac{197,5 * 16,767}{60} * 1,1 * 1,3 * 1,15 * 1,26 * 1 = 114,36$

Суммарные затраты на заработную плату рабочих-станочников по про-  
ектному варианту  $\sum ЗП_c = 164,61$

Если имеются станки, значит, имеются и наладчики этих станков, кото-  
рым нужно платить заработную плату.

Заработная плата наладчиков с отчислениями на социальные программы  
определяется по каждой операции по формуле:

$$ЗП_H = \frac{Ч_H * T_{шт.-к.}}{60 * H_{об}} * K_1 * K_2 * K_3 * K_4$$

где  $Ч_H$  – часовая тарифная ставка наладчика, руб/ч;

$H_{об} = 5$  – норма обслуживания станков наладчиками.

Расчет заработной платы наладчиков по базовому варианту представлен в  
таблице 39.

Таблица 39 - Заработная плата наладчиков по базовому варианту

№ опра- ции	$Ч_H$ , руб	$T_{шт.-к.}$	Заработная плата, руб
005	179,6	7,76	$ЗП_H = \frac{179,6 * 7,76}{60 * 5} * 1,1 * 1,3 * 1,15 * 1,26 = 9,63$

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

010-015	179,6	220	$ЗП_H = \frac{179,6 * 220}{60 * 5} * 1,1 * 1,3 * 1,15 * 1,26 = 272,91$
020	179,6	40	$ЗП_H = \frac{179,6 * 40}{60 * 5} * 1,1 * 1,3 * 1,15 * 1,26 = 49,62$

Суммарные затраты на заработную плату наладчиков по базовому варианту  $\sum ЗП_c = 332,16$

Расчет заработной платы наладчиков по проектному варианту представлен в таблице 40.

Таблица 40 - Заработная плата наладчиков по проектному варианту

№ операции	Ч <sub>н</sub> , руб	T <sub>шт.-к.</sub>	Заработная плата, руб
005	179,6	7,76	$ЗП_H = \frac{179,6 * 7,76}{60 * 5} * 1,1 * 1,3 * 1,15 * 1,26 = 9,63$
010	189,6	16,767	$ЗП_H = \frac{189,6 * 16,767}{60 * 5} * 1,1 * 1,3 * 1,15 * 1,26 = 21,96$

Суммарные затраты на заработную плату наладчиков по проектному варианту  $\sum ЗП_c = 31,59$

### 5.9. Расчет затрат на электроэнергию

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

Затраты на силовую электроэнергию определяются по формуле:

$$ЗЭ = \frac{Ц_э * W * T_о}{60} * K_{вр} * K_w * K_{пот} * K_{од}$$

где  $Ц_э = 4,03$  – цена 1-го кВт\*ч электроэнергии, руб;

$W$  – суммарная мощность электродвигателя станка, принимаемая по паспортным данным оборудования, кВт;

$K_{вр} = 0,6$  – коэффициент загрузки электродвигателя по времени;

$K_w = 0,7$  – коэффициент загрузки электродвигателя по мощности;

$K_{пот} = 1,05$  – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети;

$K_{од} = 1$  – коэффициент, учитывающий одновременность работы электродвигателей станка.

Расчет затрат на силовую электроэнергию по базовому варианту представлен в таблице 41.

Таблица 41 – Затраты на электроэнергию по базовому варианту

№ операции	Оборудование	W	T <sub>о</sub>	ЗЭ
005	centauro	1.5	7.76	$ЗЭ = \frac{4,03 * 1.5 * 7.76}{60} * 0,6 * 0,7 * 1,05 * 1 = 0.34$
010-015	cw6280c	15	220	$ЗЭ = \frac{4,03 * 15 * 220}{60} * 0,6 * 0,7 * 1,05 * 1 = 97.75$
020	bm 127m	11	40	$ЗЭ = \frac{4,03 * 11 * 40}{60} * 0,6 * 0,7 * 1,05 * 1 = 13.03$

Суммарные затраты на электроэнергию по базовому варианту

$$\Sigma ЗЭ = 111.12$$

Инв.№подл. Подп.и дата Подп.и дата Взам.инв.№ Инв.№доцл. Подп.и дата

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. Лист N°докум. Подп. Дата

Расчет затрат на силовую электроэнергию по проектному варианту представлен в таблице 42.

Таблица 42 – Затраты на электроэнергию по проектному варианту

№ операции	Оборудование	W	T <sub>о</sub>	ЗЭ
005	centauro	1.5	7.76	$ЗЭ = \frac{4,03 * 1.5 * 7.76}{60} * 0,6 * 0,7 * 1,05 * 1 = 0.34$
010	KTL 65M	15	16.767	$ЗЭ = \frac{4,03 * 15 * 16.767}{60} * 0,6 * 0,7 * 1,05 * 1 = 7.45$

Суммарные затраты на электроэнергию по проектному варианту  
 $\Sigma ЗЭ = 7.79$

### 5.10. Расчет затрат на техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования

Затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования определяются по формуле:

$$ЗР_о = \frac{(З_{р.м.} * R_м + З_{р.э.} * R_э) * T_{шт.-к.}}{60 * F_д * K_{зо}}$$

где  $З_{р.м.} = 5000$  – годовые затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования на единицу ремонтной сложности механической части оборудования, руб;

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№доцл.
Подп.и дата	Подп.и дата

$Z_{p.z.} = 3000$  – годовые затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования на единицу ремонтной сложности электрической части оборудования, руб;

$R_m$  – категория ремонтной сложности механической части оборудования,

$R_э$  – категория ремонтной сложности электрической части оборудования.

Расчет затрат на техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования по базовому варианту представлен в таблице 43.

Таблица 43 – Затраты на тех. обслуживание и ремонт оборудования по базовому варианту

№ опра-ции	Оборудование	$R_m/R_э$	$T_{шт.-к.}$	Затраты на обслуживание и ремонт
005	Centauro	20/20	7.76	$ZP_o = \frac{(5 * 20 + 3 * 20) * 7,76}{60 * 2030 * 29,48} = 0,35$
010-015	cw6280c	20/20	220	$ZP_o = \frac{(5 * 20 + 3 * 20) * 220}{60 * 2030 * 29,48} = 9,8$
020	bm 127m	20/20	40	$ZP_o = \frac{(5 * 20 + 3 * 20) * 40}{60 * 2030 * 29,48} = 1,78$

Суммарные затраты на ТО и ремонт по базовому варианту  $\sum ZP_o = 11,93$

Расчет затрат на техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования по проектному варианту представлен в таблице 44.

Таблица 44 – Затраты на тех. обслуживание и ремонт оборудования по проектному варианту

№ опра-ции	Оборудование	$R_m/R_э$	$T_{шт.-к.}$	Затраты на обслуживание и ремонт

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № докл. | Подп. и дата

цпц				
005	Centauro	20/20	7.76	$ZP_o = \frac{(5 * 20 + 3 * 20) * 7,76}{60 * 2030 * 29,48} = 0,35$
010	KTL 65M	22/22	16.767	$ZP_o = \frac{(5 * 22 + 3 * 22) * 16,767}{60 * 2030 * 29,48} = 0,82$

Для станков с ЧПУ дополнительно рассчитываем затраты на техническое обслуживание и ремонт устройств ЧПУ по формуле:

$$ZP_{\text{ЧПУ}} = \frac{E * T_{\text{шт.-к.}}}{60 * F_d * K_{30}}$$

где E = 25000 – годовая стоимость технического обслуживания и ремонта систем ЧПУ, руб.

$$ZP_{\text{ЧПУ}} = \frac{25000 * 16,767}{60 * 2030 * 29,48} = 0,12$$

Суммарные затраты на ТО и ремонт по проектному варианту  
 $\Sigma ZP_o = 1,29$

### 5.11. Расчет затрат на режущий инструмент

Затраты на режущий инструмент рассчитываются по каждой операции и по каждому инструменту по формуле:

$$ZI = \frac{(C_n + P_n) * T_o * K_{уб}}{60 * T_{ст} * (h + 1)}$$

где  $C_n$  – цена инструмента, руб;

$P_n$  – затраты на переточки инструмента, руб;

$K_{уб}$  – коэффициент случайной убыли инструмента;

Инв.№подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Инв.№дцбл.
Подп.и дата	Подп.и дата



$T_{ст}$  – период стойкости инструмента, ч;

$h$  – число переточек инструмента до полного износа;

Расчет затрат на режущий инструмент по базовому варианту представлен в таблице 45.

Таблица 45 – Затраты на режущий инструмент по базовому варианту

№ операции	РИ	Ц <sub>и</sub> , руб	Р <sub>и</sub> , руб	Т <sub>о</sub> , мин	ЗИ
005	Полотно	1229	35	7,76	$ЗИ = \frac{(1229 + 35) * 7,76 * 1,15}{60 * 45 * (4 + 1)} = 0,84$
010	Резец	353	35	100	$ЗИ = \frac{(353 + 35) * 100 * 1,15}{60 * 45 * (4 + 1)} = 3,31$
015	Резец	500	35	120	$ЗИ = \frac{(500 + 35) * 120 * 1,15}{60 * 45 * (4 + 1)} = 5,47$
020	Фреза шпоночная	1487	35	40	$ЗИ = \frac{(1487 + 35) * 40 * 1,15}{60 * 45 * (4 + 1)} = 5,19$

Суммарные затраты на режущий инструмент по базовому варианту  
 $\Sigma ЗР_о = 14,81$

Расчет затрат на режущий инструмент по проектному варианту представлен в таблице 46.

Таблица 46 – Затраты на режущий инструмент по проектному варианту

№ операции	РИ	Ц <sub>и</sub> , руб	Р <sub>и</sub> , руб	Т <sub>о</sub> , мин	ЗИ

Инв.№подл. | Подп.и дата | Инв.№докл. | Подп.и дата | Взам.инв.№ | Подп.и дата

005	Полотно	1229	35	7,76	$ЗИ = \frac{(1229 + 35) * 7,76 * 1,15}{60 * 45 * (4 + 1)} = 0,84$
010	Все инстр.	41854	350	16,767	$ЗИ = \frac{(41854 + 350) * 16,767 * 1,15}{60 * 45 * (4 + 1)} = 59,83$

Суммарные затраты на режущий инструмент по проектному варианту  
 $\Sigma ЗР_0 = 60,67$

### 5.12. Расчет амортизации основных фондов

Амортизация на полное восстановление капитальных вложений в оборудование по каждой операции определяется по формуле:

$$ЗА_0 = K_{об} * Н_p$$

где  $Н_p$  – норма амортизации оборудования на полное восстановление;

$Н_p = 0.11$  – для станков с ручным управлением,  $Н_p = 0.09$  – для станков с ЧПУ;

$K_{об}$  – удельные капитальные вложения в технологическое оборудование.

Расчет амортизации на полное восстановление капитальных вложений в оборудование по базовому варианту представлен в таблице 47.

Таблица 47 – Амортизация на восстановление кап. вложений в оборудование по базовому варианту

№ операции	Оборудование	$K_{об}$ , руб	$ЗА_0$ , руб
005	centauro	41,58	$ЗА_0 = 41,58 * 0,11 = 4,57$

Инв. № подл. Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

010-015	cw6280c	6004,09	$3A_o=6004,09*0,11=660,45$
020	bm 127m	1499,14	$3A_o=1499,14*0,09=134,92$

Суммарные амортизационные отчисления по оборудованию по базовому варианту  $\Sigma 3P_o = 799,94$

Расчет амортизации на полное восстановление капитальных вложений в оборудование по проектному варианту представлен в таблице 48.

Таблица 48 – Амортизация на восстановление кап. вложений в оборудование по проектному варианту

№ опра-ции	Оборудование	$K_{об}$ , руб	$3A_o$ , руб
005	centauro	41,58	$3A_o=41,58*0,11=4,57$
010	KTL 65M	1924,72	$3A_o=1924,72*0,09=173,22$

Суммарные амортизационные отчисления по оборудованию по базовому варианту  $\Sigma 3P_o = 177,79$

Расчет амортизации на полное восстановление капитальных вложений в производственные площади по базовому варианту представлен в таблице 49.

Таблица 49 – Амортизация на восстановление кап. вложений в производственные площади по базовому варианту

№ опра-ции	$K_{пл}$ , руб	$3A_{пл}$ , руб
005-	76,22	$3A_{пл}=76,22*0,02=1,52$

Инв.№подл. Подп.и дата Взам.инв.№ Инв.№доцл. Подп.и дата

**РДГН.715624 ПЗ**

Лист

Изм. Лист №докум. Подп. Дата

020

Расчет амортизации на полное восстановление капитальных вложений в производственные площади по проектному варианту представлен в таблице 50.

Таблица 50 – Амортизация на восстановление кап. вложений в производственные площади по проектному варианту

№ операции	К <sub>пл</sub> , руб	ЗА <sub>пл</sub> , руб
005-010	5,08	$ЗА_{пл} = 5,08 * 0,02 = 0,1$

Таблица 51 – Технологическая себестоимость

Виды прямых затрат	Затраты по вариантам	
	Базовый вариант	Проектный вариант
Основные материалы	1515	
Зарплата станочников	1733,81	164,61
Зарплата наладчиков	332,16	31,59
Затраты на электроэнергию	111,12	7,79
Затраты на режущий инструмент	11,93	1,29
Затраты на обслуживание и ремонт	14,81	60,67
Амортизационные отчисления по применяемому оборудованию	799,94	177,79
Амортизационные отчисления по производственной площади	1,52	0,1
<b>Σ</b>	<b>4520,29</b>	<b>1958,84</b>

Подп. и дата

Инв. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

РДГН.715624 ПЗ

Лист

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

### 5.13. Расчет приведенных затрат и выбор варианта

Расчет удельных капитальных затрат по вариантам сводится к определению затрат на технологическое оборудование, производственную площадь и дорогостоящую оснастку, остальными капитальными вложениями при расчете экономических показателей можно пренебречь, т.к. они существенно не изменяются.

Приведенные затраты определяются по формуле.

$$\text{Для базового варианта: } C_{п.з.} = 4520,29 + 0,15 * 7622,5 = 5663,665$$

$$\text{Для проектного варианта: } C_{п.з.} = 1958,84 + 0,15 * 1971,74 = 2254,601$$

В ходе экономического расчета и сопоставления приведенных затрат выбираем проектный технологический процесс.

### 5.14. Расчет годового экономического эффекта

Рассчитываем годовой экономический эффект по формуле:

$$Z_{г} = (ПЗ_{б} - ПЗ_{пр}) * N_{пр} = (5663,665 - 2254,601) * 100 = 340906,4$$

### 5.15. Техничко-экономические показатели проекта

Завершающим этапом экономической части проекта является определение технико-экономических показателей, позволяющих видеть преимущества выбранного технологического процесса обработки детали. Техничко-экономические показатели сводятся в таблицу 52.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	РДГН.715624 ПЗ					Лист
Изм.	Лист	№ док.ум.	Подп.	Дата						

Таблица 52 - Техничко-экономические показатели проекта

Показатели	Сравниваемые варианты	
	Базовый	Проектный
Годовой выпуск, шт	100	
Норма времени, мин	267,76	24,527
Технологическая себестоимость, руб	4520,29	1958,84
Удельные капитальные вложения, руб	7622,5	1971,74
Приведенные затраты, руб	5663,665	2254,601

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№доцл.	Подп.и дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

## Заключение

В результате исследований в рамках работы была получена усовершенствованная технология изготовления детали «Вал» на более совершенном токарно-фрезерном станке с ЧПУ KTL 65M/750. Внедрение данного станка позволило почти в два раза сократить используемую площадь под оборудование, а также сократить норму времени обработки детали с 267,76 до 24,527 мин. С этой точки зрения процесс изготовления детали стал наиболее производительным.

Также технологическая часть выпускной квалификационной работы содержит анализ технологичности детали, размерный анализ точности, выбор заготовки, расчет припусков, режимов резания и норм времени, проектирование наладки на операцию, составление комплекта документации на проектный техпроцесс, проектирование участка механической обработки

Также была проведена исследовательская работа ряда авторов по изучению робототехнологических комплексов.

Экономическая целесообразность внедрения усовершенствованного технологического процесса показала незначительный экономический эффект, что на мой взгляд, можно смело компенсировать ростом производительности.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы поставленные цели были достигнуты.

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№докл.	Подп.и дата	РДГН.715624 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		

## Список литературы.

1. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: - 4-е изд., перераб. и доп.-Мн.: Высшая школа, 1983.-256 с.

2. Трухачев А.В. Технологичность конструкции деталей, изготавливаемых механической обработкой: Метод.указания.– Ижевск: Редакционно-издательский отдел ИжГТУ, 1990.– 44 с.

3. Меринов В.П. , Козлов А.М., Схиртладзе А.Г. Технология изготовления деталей. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе. – 3-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2014 . – 264 с.

4. Палей М.А. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в 2 т. Т.2 – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 208 с.

5. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно заключительного для нормирования работ, выполненных на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 1. - М.: Экономика, 1990, в 2х ч.

6. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции. – М.: Машгиз, 1960 – 617 с.

7. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х томах. Т 2/ под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1986, - 650 с.

8. Технология машиностроения: Сборник задач и упражнений: Учеб. пособие / В.И. Аверченков и др.; Под общ. ред. В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2006. — 288 с.

9. Анухин В.И. Допуски и посадки. Выбор и расчет, указание на чертежах: СП-б: Издательство СПбГТУ, 2010, - 219 с., ил.

Инв.№подл.	Подп.и дата	Взам.инв.№	Инв.№докл.	Подп.и дата
------------	-------------	------------	------------	-------------

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>РДГН.715624 ПЗ</b>	Лист
------	------	---------	-------	------	-----------------------	------





