

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
(наименование института полностью)  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование кафедры)  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
(код и наименование направления подготовки)  
Технология машиностроения  
(профиль)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Технологический процесс изготовления всасывающей камеры \_\_\_\_\_

Студент	<u>И.А. Путин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>В.А. Гуляев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.А. Парфенова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Тольятти 2018

## АННОТАЦИЯ

Путин, И.А. Технологический процесс изготовления камеры всасывания. Выпускная квалификационная работа (ВКР). ТГУ Тольятти, 2018. 77 с.

В представленной выпускной работе были рассмотрены вопросы, связанные с разработкой технологического процесса изготовления камеры всасывания. В частности, произведен выбор метода получения заготовки, рассчитаны припуски на механическую обработку, спроектирован новый технологический процесс, модернизированы наиболее трудоемкие операции за счет внедрения специального инструмента и технологической оснастки, подобрано современное металлорежущее оборудование и рассчитаны режимы резания, сделаны наладки.

Произведена оценка безопасности на производстве и экономический расчёт от внедренного технологического процесса.

## **ABSTRACT**

I. Putin. The title of the graduation project is the technological process of fabrication of the suction chamber. TGU. Togliatti 2018. 77 p.

The aim of the graduation work is modernization of the technological process of the suction chamber. The section "Analysis of the initial data" describes the purpose of the part and its material characteristics. In the section "Technological part of the work" the calculation of the billet, the development of the plan for manufacturing the parts, the cutting regimes and the time norms are considered. In the section "Constructing the appliance and the cutting tool" section, the calculation of the mandrel of the special and boring tool is described. In the section "Computer modeling" the part is subjected to calculation for stiffness and deformation. In the section "Safety and environmental compatibility of the technical facility", measures to reduce the harmful impact on the operator during the part processing are described.

In the section "Economic part of the work" the calculation of the cost of the part, the capital investments, the profit received and the payback period of the proposed changes in the technological process are described.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
2 Технологическая часть работы.....	15
3 Проектирование приспособления и режущего инструмента.....	43
4 Компьютерное моделирование .....	49
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	53
6 Экономическая эффективность работы .....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	64
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	67

## ВВЕДЕНИЕ

Современное машиностроение, благодаря появлению новых компьютерных технологий, стремительно развивается. Современные станки обладают более высокоточным оборудованием, по сравнению со своими предшественниками. А новые методы обработки позволяют уменьшить количество операций и снизить затрачиваемое время на них. Обработка камеры всасывания «F» сложный и трудоемкий технологический процесс в современном машиностроении. Так как имеет много тонкостей в обработке, много плоскостей обработки с разными шероховатостями. Таким образом, цель работы можно сформулировать так: получение экономической выгоды путем уменьшения времени обработки, выбора более выгодного способа получения заготовки и совершенствование технологического процесса изготовления камеры всасывания «F» ротора компрессора TG-2516.

## 1 Анализ исходных данных.

### 1.1 Анализ служебного назначения.

В завершение 30-х был выдвинут модернизированный вид машин компрессионной, объемного типажа с сжатием внутри. Это стало итогом этапа по осуществлению вращательному направлению работающих единиц агрегата.

Высокие скорости ротора обеспечиваются из-за того что в компрессоре всего лишь отсутствуют детали совершающие возвратно-поступательные движения, от этого и появляется вопрос как при таких малых размерах получается высокая производительность. Большую экономию в массе и габаритах компрессорной установки является ключевым преимуществом.

Эта камера всасывания входной сигнал от камеры на центробежные компрессоры. Принцип работы центробежного компрессора заключается в том, что поток воздуха входит в рабочее колесо вдоль оси двигателя, а также на поверхности колеса происходит поворот потока в радиальном направлении. Таким образом, на поверхности барабана за счет центробежной силы, которая создается дополнительный рост полного давления. То есть молекулы рабочего тела получают дополнительную кинетическую энергию.

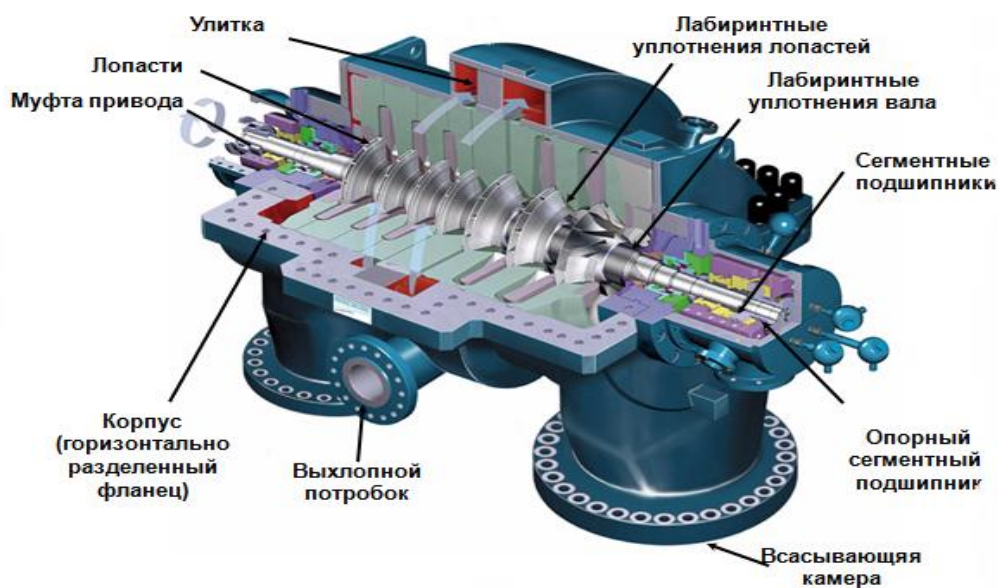


Рисунок 1.1 - Роторный компрессор.

Что же представляет из себя рабочее колесо агрегата? Оно имеет вид диска или тела окружности, с лопастями движущимися к краю от центра.

В рабочем колесе между лопаток имеется канал, который ни чем не отличается от осевого и является диффузорным.

Как мы знаем, рабочие колеса делятся на два типа: радиальный с ровным профилем и реактивный с изогнутым профилем.

Реактивные рабочие колеса обладают более высокой степенью сжатия и КПД, из этого следует высокая стоимость и трудоемкость в производстве.

### 1.2 Характеристика материала детали.

Материал детали – углеродистая сталь марки 20, конструкционная, углеродистая, качественная.

Таблица 1.1.1 - Химический состав.

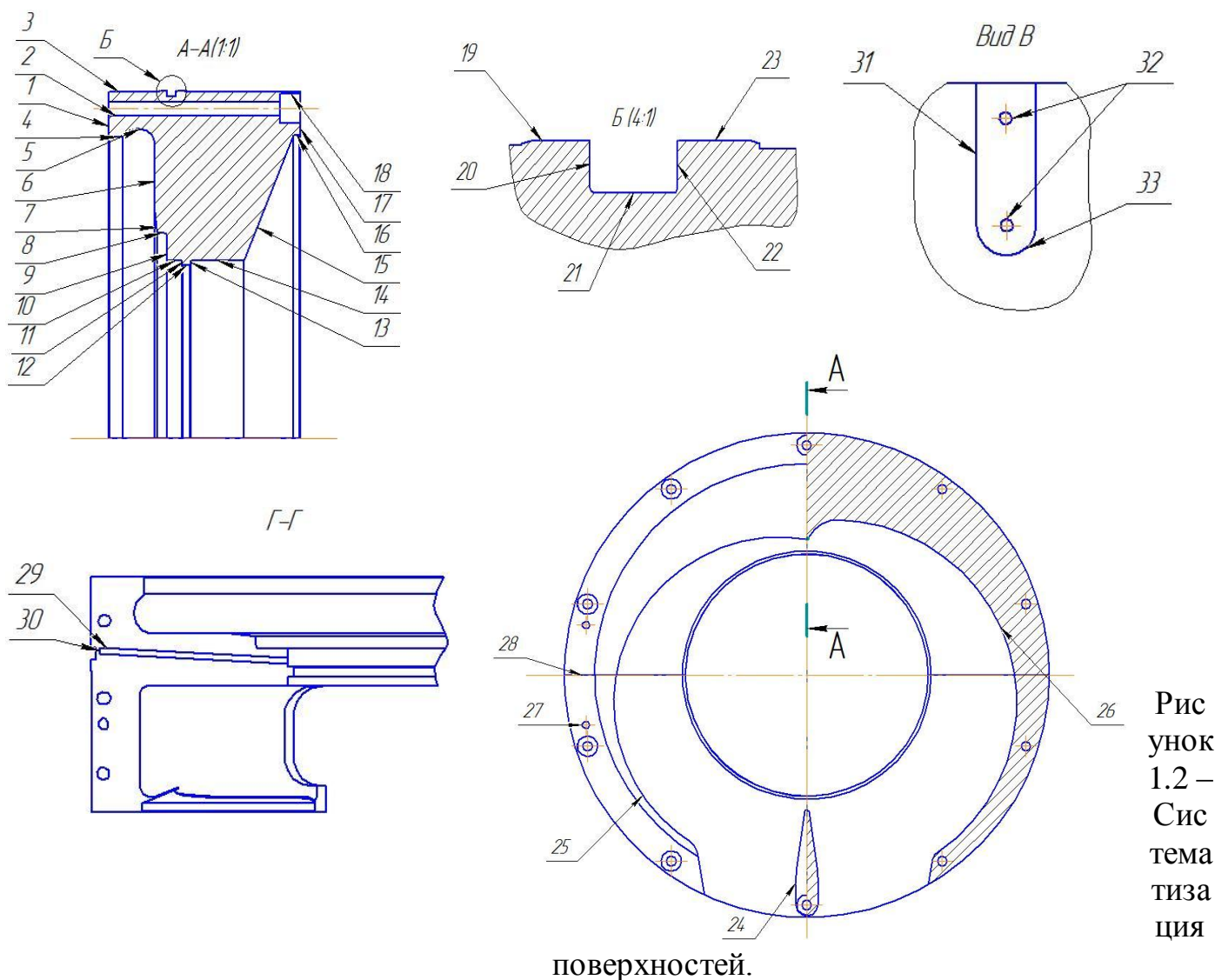
Марка стали	Массовая доля, %						
	Углерод	Кремний	Марганец	Хром меньше	Никель меньше	Сера меньше	Фосфор меньше
20	От0,17до0,24	от0,17до0,37	от0,35до0,65	0,25	0,25	0,04	0,035

Таблица 1.1.2 - Механические свойства.

Марка стали	Механические свойства, не менее			
	Временное сопротивление, $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Предел текучести, $\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение, $\delta_5$ , %	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup> (кгс*м/см <sup>2</sup> )
20	440	320	7	218

### 1.3 Классификация поверхностей.

Камера всасывания «F» состоит из двух половин и представляет собой совокупность торцевых и цилиндрических поверхностей, а так же сложной поверхности окна всасывания рабочего тела. На рисунке 1.1 представлена систематизация поверхностей детали камера всасывания «F».



В таблице 1.2. представлена квалификация поверхностей.

Таблица. 1.2. - Классификация поверхностей.

Наименование поверхности	Номер поверхности
Основные конструкторские базы	1,2,3,18,19,20,21,22,23.
Вспомогательные конструкторские базы	4,5,6,7,8.
Исполнительные поверхности	25,27,11,12,13.
Свободные поверхности	Все остальные

#### 1.4 Анализ технологичности детали.

##### Качественный анализ технологичности.

Данная деталь – камера всасывания «F» ротора компрессора TG-2516 изготовлена из стали марки 20 ГОСТ 1050-88 в условиях мелко-серийного производства.



Общим конструктивно-технологическим признаком для данной детали является наличие установочных отверстий, используемых в качестве установочной базы при изготовлении.

В процессе эксплуатации камера подвергается тепловым, механическим, контактными, динамическим нагрузкам, вибрациям, влиянию внешней среды и т.д.

Технологичность конструкции детали покажет анализ по следующим показателям:

- возможность обработки плоских поверхностей детали на проход;
- возможность одновременной обработки некоторых отверстий детали;
- возможность растачивания основных отверстий;
- все обрабатываемые отверстия имеют свободный доступ;
- достаточность расстояний для сбегания резьбы;
- достаточность жесткости детали, что позволяет не накладывать ограничения на режимы резания;
- наличие в детали базовых отверстий.

Исходя из выше перечисленных критериев, можно заключить, что деталь отвечает достаточному количеству критериев технологичности, следовательно, деталь можно считать достаточно технологичной для её изготовления.

#### 1.5 Анализ базовой технологии.

Деталь камера всасывания «F» ротора компрессора TG-2616 состоит из двух частей – верхней и нижней половины. В условиях базовой технологии данная деталь получена путем обточки дисковой поковки диаметром более 750мм и шириной 230мм.

Таблица 1.3 - Базовая технология изготовления камеры всасывания «F».

№	Операция	Особые указания
001	Входной контроль	

Продолжение таблицы 1.3

005	Термическая	
010	Разрезная	Разрезать паковку на 2 половины.
015	Шлифовальная	Выверить по плоскости разъема с точностью до 0,02; шлифовать плоскость разъема верхней и нижней половины (допускается фрезеровка)
020	Фрезерная	В верхней половине выверить по плоскости разъема с точностью до 0,1. Обработать карманы под крепеж – 2 паза В=48; 4 паза В=26; 6 отверстий Ø11, 2 отверстия под конические штифты (предварительно). В нижней половине – 6 отверстий под М10(Ø8,5); 2 отверстия под конические штифты (предварительно).
025	Фрезерная	10 отверстий Ø14; Ø30
030	Слесарная	Резьба М10 – 6 отверстий для крепления 2-х половин
035	Слесарно-сборочная	Собрать 2 половины
040	Сверлильная	Отверстия под конические штифты обработать окончательно.
045	Слесарно-сборочная	Крепить технологическими штифтами.
050	Токарная	Крепить за наружный Ø; выверить по плоскости разъема с точностью до 0,03; обработать внутренний Ø355,5 <sup>+0,25</sup> с припуском 1мм (для выверки). Обработать: Ø622.3 <sup>+0.05</sup> , скос угол 22°30'; фаску 1x45°; подрезать наружные торцы согласно чертежу. Переустановить, крепить к планшайбе шпильками М12 (через отв. Ø14), Обработать наружную и внутреннюю поверхность согласно чертежу.
055	Слесарная	Разобрать камеру
060	Фрезерная	Нижняя половина – окно всаса газа раствор 355,35*; 299,46*; угол 10°; R25; R14 (допускается зачистка)
065	Слесарная	Зачистить поверхности внутренней половины камеры, в нижней половине зачистить R25; R10 (Д-Д).
070	Разметка	4 отверстия М12
075	Сверление	4 отверстия М12. Допускается выполнить эту операцию в собранной камере.
080	Слесарная	Резьба М12
085	Фрезерная	Канал на плоскости разъема в нижней половине
090	Слесарная	
095	Фрезерная	В нижней половине: паз под шпонку 9x38x108; отв. Ø8; отверстия. под М20 (Ø17,5) В верхней половине: отверстия. под М20 (Ø17,5); допускается выполнить на расточном станке.
100	Разметка	
105	Сверлильная	2 отверстия. под М8 (Ø6,7)
110	Слесарная	
115	Маркировка	Резьба М20-2отверстия.; резьба М8 – 2 отверстия

Для 075 фрезеровальной операции рассчитаем базовый режим резания:  
Материал режущей части фрезы – Т15К6.

Назначением глубину резания по расчетам припуска:

$$t = 2 \text{ мм};$$

Назначаем подачу на один зуб фрезы:

$$S_z = 0,12 - 0,18 \text{ мм/об};$$

Принимаем  $S_z = 0,18 \text{ мм/об}$ .

Определяем скорость резания по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

Имеющаяся  $T$  – стойкость инструмента;

$$T = 180 \text{ мин.}$$

Выбираем значение коэффициентов:

$$C_v = 332;$$

$$q = 0,2;$$

$$x = 0,1;$$

$$y = 0,4;$$

$$u = 0,2;$$

$$p = 0;$$

$$m = 0,2;$$

Определяем коэффициенты  $K_{\mu\nu}$ ,  $K_{nv}$ ,  $K_{uv}$ :

$$K_{\mu\nu} = \left( \frac{750}{490} \right)^{-0,9} = 0,68$$

$$K_{nv} = 0,5;$$

$$K_{uv} = 0,65.$$

$$K_v = 0,68 * 0,5 * 0,65 = 0,22;$$

$$V = \frac{332 \cdot 85^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,18^{0,4} \cdot 85^{0,2} \cdot 14^0} \cdot 0,22 = 148 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot 148}{3,14 \cdot 85} = 555$$

Т.к. станок имеет бесступенчатую регулировку частот вращения шпинделя, то расчётные данные совпадают с фактическими.

Рассчитываем тангенциальную силу резания по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n_{cm}^w} \cdot K_{MP}$$

Определяем значение коэффициента:

$$C_p = 82,5;$$

$$x = 0,95;$$

$$y = 0,8;$$

$$u = 1,1;$$

$$q = 1,1;$$

$$w = 0;$$

Находим  $K_{mp}$ :

$$K_{mp} = \left( \frac{490}{750} \right)^{0,3} = 0,88;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 2^{0,95} \cdot 0,18^{0,8} \cdot 85^{1,1} \cdot 14}{85^{1,1} \cdot 125^0} \cdot 0,88 = 2067 \text{ Н.}$$

Определяем эффективную мощность резания по формуле:

$$N_s = \frac{2067 \cdot 148}{1020 \cdot 60} = 5 \text{ кВт.}$$

$$N_э \leq N_{cm} \cdot \eta,$$

где  $\eta$  – КПД станка;

$$\eta = 0,75 \dots 0,85;$$

$$5 \text{ кВт} \leq 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт.} - \text{условие выполняется.}$$

Условие выполняется так как расчетная эффективная мощность меньше мощности электродвигателя станка.

Определяем машинное время по формуле:

$$T_{фрез.} = \frac{l_{р.} + l_{вр} + l_{вых.}}{S_{м.ст.}}$$

$$L_{р.} = 38400 \text{ мм};$$

$$L_{вр} + L_{вых.} = 260 \text{ мм};$$

$$T_{фрез.} = \frac{38400 + 260}{100} = 387,8 \text{ мин.}$$

В базовом расчете режимов резания обработка детали на 075 фрезерной операции занимает 387,8 мин. В последствии мы улучшим эту операцию с помощью научных исследований.

Данная технология устарела и нуждается в модернизации, включая модернизацию станков на современные станки с ЧПУ, станочных приспособлений, способа получения заготовки, а так же необходима научная подоплека для улучшения показателей резания и уменьшения трудовых и временных рамок производства данной детали.

Проанализировав заводской технологический процесс, формулируем задачи, которые необходимо решить в ходе выполнения работы:

1) спроектировать заготовку, которая будет обладать, наименьшей себестоимостью и менее трудоемка при механической обработке;

- 2) разработать маршрутный план обработки;
- 3) разработать технологическую документацию;
- 4) подобрать современное оборудование;
- 5) спроектировать станочное приспособление и режущий инструмент;
- 6) рассчитать параметры режимов резания;
- 7) произвести анализ производства на предмет вредных и опасных факторов;
- 8) рассчитать экономический эффект от внесенных изменений в план обработки детали.

## 2 Технологическая часть работы.

### 2.1 Определение типа производства.

Тип производства определяется ориентировочно по источнику [2] и зависит от массы изделия и программы выпуска. Так как масса детали равна 224 кг, а годовая программа выпуска деталей составляет 20 штук. Эти параметры свидетельствуют о том, что деталь относится к мелкосерийному типу производства.

### 2.2 Расчет заготовки, получаемой методом литья в земляные формы.

По таблице при выбранном методе и габаритном размере отливки (свыше 630 до 4000мм) определяем:

- Класс точности IT 11
- Ряд припусков 4

Назначение допусков и припусков:

Определим допуски и припуски на длину и диаметральные размеры отливки по ГОСТ 26645-85, рассчитываем окончательные размеры.

Таблица 2.1 – Допуски и припуски.

Размер, мм	Допуск, мм	Припуск на одну сторону, мм	Окончательный размер, мм
Ø714.4	8.0	7.5	Ø726.4±4.0
Ø617.5	7.0	7.5	Ø602.5±3.5
Ø422.0	7.0	7.5	Ø407.0±3.5
Ø365.1	6.4	7.5	Ø350.1±3.2
Ø355.5	6.4	7.5	Ø340.5±3.2
Ø622.3	7.0	7.5	Ø607.3±3.5
205.6	5.6	6.5	218.6±2.8
49.45	4.0	5.0	45.45±2.0
13	2.8	-	13±1.4
16.25	3.2	5.0	21.25±1.6

Продолжение таблицы 2.2

9.5	2.4	3.8	16,7±1.2
109,4	4.0	3.0	112.4±2.0
8	2.4	1.8	9.8±1.2

Назначение уклонов и литейных радиусов закругления:

Литейные уклоны выбираем больше 3°, учитывая ГОСТ 8909-88 и технические требования. Литейные радиусы закруглений наружных углов назначаем не менее 8 мм.

Расчет коэффициента использования материала:

Чтобы найти объем заготовки было принято решение разбить его на простейшие части.

$$Q_{\text{заг}} = 224 \text{ кг}$$

$$K_{\text{им}} = \frac{q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{216}{224} = 0.96 > 0.65$$

где  $Q_{\text{дет}}$  - масса детали ( $q_{\text{дет}} = 356,37$  кг, с чертежа детали);

$Q_{\text{заг}}$  - масса заготовки;

$\gamma$  - средняя плотность.

Вывод:  $K_{\text{им}} > 0.65$  следовательно, выбранный метод литья можно применить для получения заготовки данной детали.

2.3 Конструирование и расчет заготовки, получаемой методом штамповки.

Определение исходного индекса:

- Группа стали М2.
- Степень сложности С3.
- Класс точности поковки Т5.



- Масса поковки приблизительно 224кг.

Исходный индекс 13.

Назначение допусков и припусков:

Для определения допуска и припуска для штамповки линейных и диаметральных размеров воспользуемся ГОСТ 7505-89. Вычислим конечные размеры, а результаты добавим в таблицу 2.3.

Таблица 2.2 – Допуски и припуски.

Размер, мм	Допуск, мм	Припуск на одну сторону, мм	Окончательный размер, мм
Ø714.4	3.0	+3.0 -1.5	Ø726.4±4.0
Ø617.5	2.7	+2.7 -1.3	Ø602.5±3.5
Ø422.0	2.7	+2.7 -1.3	Ø407.0±3.5
Ø365.1	2.5	+2.4 -1.2	Ø350.1±3.2
Ø355.5	2.5	+2.4 -1.2	Ø340.5±3.2
Ø622.3	2.7	+2.7 -1.3	Ø607.3±3.5
205.6	2.3	+2.1 -1.1	218.6±2.8
49.45	1.8	+1.6 -0.9	45.45±2.0
13	1.7	+1.4 -0.8	13±1.4
16.25	1.7	+1.4 -0.8	21.25±1.6
9.5	1.7	+1.4 -0.8	16,7±1.2
109,4	2.0	+1.8 -1.0	112.4±2.0
8	1.7	+1.4 -0.8	9.8±1.2

Определение усилия штамповки:

Для поковок круглых в плане:

$$P = 0.8(1 - 0.001D_{\text{пр}}) \cdot 1.1 + 20 D_{\text{пр}}^2 (1 + 0.1 \sqrt{\frac{L_{\text{п}}}{B_{\text{пср}}}}) \sigma_{\text{в}} F_{\text{п}}$$

где  $\sigma_{\text{в}}$ - край выносливости материала.

$\sigma_{\text{в}}$ - предел прочности материала (589.2 МН/м<sup>2</sup>);

$F_{\text{п}}$ - площадь поковки в плане = 762979 мм<sup>2</sup>);

$D_{\text{пр}}$ - проведенный диаметр (1.13  $\bar{F}_{\text{п}} = 987.04$ мм);

$L_{\text{п}}$ - максимальный размер некруглой в плане поковки (714.3 мм);

$B_{\text{пср}}$ - средняя выборочная ширина поковки в плане

( $\frac{F_{\text{п}}}{L_{\text{п}}} = \frac{762979}{714.4} = 1067.99$ мм);

$$P = 0.8(1 - 0.001 \cdot 987.04) \cdot 1.1 + 20 \cdot 987.04^2 (1 + 0.1 \sqrt{\frac{714.4}{1067.99}}) \cdot 589.2 \cdot 762979$$

$$= 69124179 \text{ Н} = 69 \text{ МН}$$

Исходя из этого, выбираем пресс с мощностью 74 МН.

Выбор штамповочных уклонов, радиусов закруглений, расчет канавки:

Оборудование - прессы с выталкивателем.

Штамповочные уклоны: внешние 5°, внутренние 7°.

Радиусы закруглений: внешние 7 мм, внутренние 8 мм.

Толщина мостика для облоя:

$$h_0 = C_0 \bar{F}_{\text{п}} = 13,11 \text{ мм.}$$

где  $C_0$ - коэффициент, равный 0.015;

$F_{\text{п}}$ - площадь поковки в плане

Расчет коэффициента использования материала:

Найдем объем заготовки, для этого разобьем её на простейшие части, в нашем случае, 3 объема цилиндрической формы, и рассчитаем его по формуле.

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{п}} + V_{\text{уг}} + V_{\text{об}} = 28666 + 287 + 20 = 28,973 \text{ см}^3$$

где  $V_{\text{п}}$ - объем поковки, рассчитанный по номинальным размерам;

$V_{\text{уг}}$  – объем угара, зависит от способа нагрева;

$V_{\text{об}}$  – объем облоя.

$$V_{\text{п}} = 28666 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{уг}} = 1\% \text{ от } V_{\text{п}} = 0.01 \cdot 28666 = 287 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{об}} = 20 \text{ см}^3$$

где  $F_{\text{м}}$ - площадь поперечного сечения мостика=  $10 \text{ мм}^2$ ;

$P_{\text{п}}$  – периметр поковки

$l$  – ширина мостика облойной канавки (5 мм);

$\xi$  – коэффициент, учитывающий изменение фактической площади сечения полученного облоя по сравнению с площадью сечения мостика, в диапазоне 1.5...2.5 (принимаем значение 2.5).

$$Q_{\text{заг}} = \gamma \cdot V_{\text{заг}} = 224,1 \text{ кг}$$

$$K_{\text{им}} = \frac{q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{216,3}{224,1} = 0.94 > 0.65$$

где  $q_{\text{дет}}$  - масса детали ( $q_{\text{дет}} = 5.89 \text{ кг}$ , с чертежа детали);

$Q_{\text{заг}}$  – масса заготовки;

$\gamma$  – средняя плотность.

Вывод:  $K_{им} > 0.65$  следовательно выбранный метод штамповки можно применить для получения заготовки данной детали.

#### 2.4 Расчет технологической себестоимости заготовки.

Итоговый метод который пришлось выбрать для получения заготовки нужен анализ себестоимости.

Расчет технологической себестоимости заготовки произведем по формуле:

$$C_m = \frac{q}{K_M} (C_{заг} + C_{мех} - C_{отх} \cdot 1 - K_{лм})$$

Стоимость механической обработки на 1 кг. стружки:

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k = 1.06 + 0.15 \cdot 2.213 = 1.39 \text{ руб/кг}$$

Для прочих отраслей промышленности:

$C_c = 0.495 \text{ руб/кг}$ – в данный момент времени затраты на 1 кг стружки

$C_k = 1.085 \text{ руб/кг}$ - затраты на 1 кг стружки

$E_n = 0.15$ – нормативные вложения с постоянной капитальной.

Цена 1 кг отходов:

$$C_{отх} = 14.4 \text{ руб/кг}$$

Стоимость 1 кг заготовки для литья в земляные формы:

$$C_{заг} = C_{от} \cdot h_m \cdot h_c \cdot h_e \cdot h_m \cdot h_n = 328.44 \text{ руб/кг}$$

$C_{от} = 290 \text{ руб/кг}$ – базовая стоимость 1 кг отливки;

$h_m = 1.0$ – 3 класс точности;

$h_m = 1.21$ – материал чугун;

$h_c = 1.2$ – 4 группа сложности детали;

$h_e = 0.78$ – в зависимости от массы отливки;

$h_n = 1.0$ – 3 группа серийности детали.

Технологическая себестоимость:  $C_{т1} = 612$ руб.

Стоимость 1 кг заготовки для штамповки:

$$C_{заг} = C_{от} \cdot h_m \cdot h_c \cdot h_e \cdot h_m \cdot h_n = 772.97 \text{руб/кг}$$

$C_{шт} = 315$ руб/кг – базовая стоимость 1 кг штамповки;

$h_m = 1.3$  – 3 класс точности;

$h_m = 1.1$  – для углеродистой стали;

$h_c = 1.1$  – 1 группа сложности детали;

$h_e = 1.3$  – в зависимости от массы поковки в 7 кг.;

$h_n = 1.2$  – из учета объема производства.

Стоимость механической обработки на 1 кг стружки:

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k = 1.06 + 0.15 \cdot 2.213 = 1.39 \text{руб/кг}$$

Для прочих отраслей промышленности:

$C_c = 1.06$ руб/кг – текущие затраты на 1 кг стружки;

$C_k = 2.213$ руб/кг – капитальные затраты на 1 кг стружки;

$E_n = 0.15$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Цена 1 кг. отходов:

$$C_{отх} = 14.4 \text{руб/кг}$$

Технологическая себестоимость:

$$C_{m2} = 1312 \text{руб}$$

## 2.5 Окончательный выбор способа получения заготовки.

Выгода заготовки при сравнение получения заготовки:

$$\mathcal{E} = (C_{m2} - C_{m1})N = (1312 - 612)20 = 14000 \text{руб}$$

Вывод: в качестве метода получения заготовки выбираем метод литья в земляные формы с годовой экономией в 14000 руб.

## 2.6 Способы обработки камеры всасывания.

Методы обработки поверхностей зависят от множества факторов: качества, шероховатости, наличия того или иного оборудования, необходимых для обработки данной поверхности. Исходя из качества точности, шероховатости и оборудования выбираем методы обработки.

В таблице 2.4 представлен выбор методов обработки поверхностей.

Таблица 2.3 - Выбор методов обработки поверхностей.

№ поверхности	Вид поверхности	IT	Шероховатость	Маршрут
1	Плоская	6	Ra 2,5	Фрезерная черновая; токарная чистовая.
2	Цилиндрическая	8	Ra 4	Фрезерная чистовая.
3	Плоская	8	Ra 4	Фрезерная черновая; токарная черновая; токарная чистовая.
4	Плоская	6	Ra 2,5	Токарная черновая; токарная чистовая.
5	Плоская	8	Ra 2,5	Токарная черновая; токарная чистовая.
6	Плоская	8	Ra 4	Токарная черновая; токарная чистовая.
7	Плоская	7	Ra 2,5	Токарная черновая; токарная чистовая.
8	Плоская	7	Ra 2,5	Токарная черновая; токарная чистовая.

Продолжение таблицы 2.3

9	Плоская	7	Ra 2,5	Токарная черновая; токарная чистовая.
10	Плоская	7	Ra 2,5	Токарная черновая; токарная чистовая.
11	Плоская	8	Ra 2,5	Токарная черновая; токарная чистовая.
12	Плоская	8	Ra 2,5	Токарная черновая; токарная чистовая.
13	Плоская	8	Ra 2,5	Токарная черновая; токарная чистовая.
14	Плоская	8	Ra 2,5	Токарная черновая; токарная чистовая.
15	Плоская	11	Rz 20	Токарная черновая; токарная чистовая.
16	Плоская	7	Ra 2,5	Токарная черновая; токарная чистовая.
17	Плоская	7	Ra 1,25	Фрезерная черновая; токарная чистовая.
18	Цилиндрическая	10	Rz 20	Фрезерная чистовая.
19	Плоская	5	Ra 2,5	Фрезерная черновая, токарная черновая; токарная чистовая.
20	Плоская	5	Ra 2,5	Фрезерная черновая, токарная черновая; токарная чистовая.
21	Цилиндрическая	5	Ra 2,5	Фрезерная черновая, токарная черновая; токарная чистовая.
22	Плоская	5	Ra 2,5	Фрезерная черновая, токарная черновая; токарная чистовая.
23	Плоская	5	Ra 2,5	Фрезерная черновая, токарная черновая; токарная чистовая.
24	Цилиндрическая	8	Rz 20	Фрезерование чистовое.
25	Цилиндрическая	8	Rz 20	Фрезерование чистовое.
26	Цилиндрическая	8	Rz 20	Фрезерование чистовое.
27	Цилиндрическая	8	Rz 20	Фрезерование чистовое.
28	Плоская	5	Ra 2,5	Фрезерование черновое; фрезерование чистовое.
29	Плоская	6	Ra 4	Фрезерование чистовое.
30	Плоская	6	Ra 4	Фрезерование чистовое.
31	Плоская	8	Rz 20	Фрезерование чистовое.
32	Цилиндрическая	8	Rz 20	Сверление чистовое.
33	Плоская	8	Rz 20	Фрезерование чистовое.

2.7 Разработка технологического маршрута.

На разработку технологического маршрута влияет используемое оборудование. Так как расчет технологического маршрута ведется для детали камера всасывания «F» ротора компрессора TG-2516, то технология обработки для данной детали представлен в таблице 2.5

Таблица 2.4 - Технологический маршрут изготовления камеры всасывания «F».

№ Операции	Наименование, модель оборудования	Наименование операции	№ обрабатываемых поверхностей
001	-	Заготовительная	Заготовка (литье)
005	Таймас MCFV 1060	Фрезерная	1,3,17,28
010	-	Слесарная	1,3,17,28
015	-	Слесарно-сборочная	4,14,28
020	Haas TL-3B	Токарная	Установка А 3,13,14,15,16
			Установка Б 3,4,6,8,9,10,11,12
030	-	Слесарная	-
035	-	Термическая	-
040	Таймас MCFV 1060	Фрезерная	28
045	-	Слесарная	1,3,17,28
050	Таймас MCF 2318	Фрезерная	Установка А (Верхняя половина) 34,35,36,37
			Установка Б (Нижняя половина) 29,30,38,39
055	Haas DT-1	Фрезерная	2,18
060	-	Слесарная	-



Продолжение таблицы 2.4

065	Haas DT-1	Сверлильная	37,39
070	Haas TL-3B	Токарная	Установ. А 3,12,13,14,15,16,17, 19,20,21,22,23
			Установ. Б 1,4,5,6,7,8,9,10,11, 12
072	-	Контрольная	-
075	Spinner MVC 1600A	Фрезерная	24,25,26,27
080	-	Контрольная	-

## 2.8 Выбор средств технологического оснащения.

Средства технологического оснащения (СТО) – это оборудование, инструмент и т.д. иначе говоря, комплекс орудий производства, без них невозможно представить качественное выполнение технологических процессов. Для правильного выбора влияет множество факторов, таких как требуемое качество поверхностей, станки, подходящие под ТП и способы обработки детали. Опираясь на технологический маршрут, разработанный, ранее выявляем подходящие нам средства технологического оснащения и вносим их в таблицу 2.5

Таблица 2.5 - Средства технологического оснащения.

Номер и наименование операции	Название оборудования	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контрольно-измерительный прибор
001 Заготовительная	---	---	---	---
005 Фрезерная	Тajмас MCFV 1060	Тиски.	Фреза Торцевая насадная 100x32; Z=8;	Штангенциркуль.
010 Слесарная	---	Тиски.	Напильник, шабер.	---
030 Слесарно-сборочная	---	---	---	---
020 Токарная	Haas TL-3B	Патрон ГОСТ 24351-80	Резец проходной ГОСТ 18878-73, Резец подрезной ГОСТ 18880-73,	Приспособление специальное
025 Слесарная	---	Приспособление специальное	Инструмент специальный	---
035 Термическая	---	---	---	---
040 Фрезерная	Тajмас MCFV 1060	Тиски.	Фреза торцевая чистовая ГОСТ 26595-85	Приспособление специальное
045 Слесарная	---	Тиски.	Инструмент специальный	---

Продолжение таблицы 2.5

050 Фрезерная	Tajmac MCF 2318	Приспособление специальное.	Инструмент специальный.	Штангенциркуль.
055 Сверлильная	Haas DT-1	Тиски.	Сверла Ø14,30 ГОСТ 10903-77	---
060 Слесарная	---	Приспособление специальное.	Инструмент специальный.	---
065 Сверлильная	Haas DT-1	Тиски.	Сверло коническое Ø8,6, Конусность 1:50 ГОСТ 12121—77.	Приспособления специальные
070 Токарная	Haas TI-3B	Патрон ГОСТ 24351-80	Резец проходной чистовой ГОСТ 18878-73, Резец подрезной чистовой ГОСТ 18880-73, Резец отрезной Чистовой ГОСТ 18872-73	Приспособления специальные
072 Контрольная	Haas TI-3B	Приспособление специальное.	---	Приспособления специальные, Индикатор DIGICO 610 MI Tesa
075 Фрезерная	Spinner MVC1600A	Тиски пневматические 18.БР.ОТМП.202.60.000	Фреза торцевая 18.БР.ОТМП.202.61.000	Приспособления специальные
080 Контрольная		Приспособление специальное.	---	Приспособления специальные

## 2.9 Расчет припусков на обработку

Вычисление припусков производим альтернативным способом на поверхность.

Высчитаем запасы на обработку и ориентировочные размеры для поверхности: диаметром 711,4Н12, ширина поверхности 28мм.

ТМ обработки поверхности с диаметральным расстоянием 711,4Н12 состоит из операций: точений черного и чистового.

Вычисления вносим в таблицу 2.7, в которую записываем к каждому технологическому переходу единицы частей припуска.

Берем, во внимание обработка происходит в патроне, погрешность установки в радиальном направлении равна нулю. Из этого следует, что нам приходится исключить эту величину из основной формулы.

Значения  $R_z$  и  $T$  контроль характеристики поверхности литья.

При размещении по наружному диаметральному размеру и торцу пространственных суммарных отклонений  $\rho$ , мм, определяем по формуле

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{эксц}^2},$$

где  $\rho_{см}$  – не точность по смещению литья осей;

$\rho_{эксц}$  – не точность по эксцентричности и короблению.

$$\rho = \sqrt{1200^2 + 1500^2} = 1921 \text{ мкм.}$$

Остаточные пространственные точение отклонения:

черновое  $\rho_2 = 0,06 \times \rho = 0,06 \times 1921 = 115$  мкм;

чистовое  $\rho_3 = 0,04 \times \rho = 0,04 \times 1921 = 77$  мкм.

Таблица 2.6 – Вычисление по технологическим переходам припусков и предельных размеров поверхностей с диаметральным размером 711,4Н12.

Переходы	Части припуска, мкм			Расчетный припуск $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер, $d_p$ , мм	Допуск, $\delta$ , мкм	Крайний размер, мм		Крайние значения припуска, мкм	
	$R_z$	$T$	$\rho$				$D_{\min}$	$d_{\max}$	$2 \times Z_{\min}^{\text{пр}}$ min	$2 \times Z_{\min}^{\text{пр}}$ max
Заготовка	600,0		1921		726,40	1600	724,80	728		
Черновое	50	50	115	$2 \times 2271$	716,38	1000	715,38	717,38	4200	4800
Чистовое	30	30	77	$2 \times 215$	711,83	100	711,35	711,93	800	1700
Итого									5255	6900

Расчет самых малых значений припусков  $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм, делаем, пользуясь основной формулой

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \times (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$$

где  $Z_{\min}$  – самый малый припуск на  $i$ -тый переход, мкм;

$R_{z_i}$  – высота микронеровностей на  $i$ -м переходе, мкм;

$T_i$  – допуск, мкм;

$\rho_i$  – суммарное пространственных отклонений значение на  $i$ -м переходе, мкм.

Минимальный припуск под:

черновое  $2 \times Z_{\min} = 2 \times (600 + 600 + 1921) = 2 \times 3121$  мкм;

чистовое  $2 \times Z_{\min} = 2 \times (50 + 50 + 115) = 2 \times 215$  мкм.

Путем прибавления с конечного размера путем сложения минимального припуска технологического перехода заносим в 1 строку таблицы 3.2

$$d_{p2} = 711,4 + 0,42 = 711,82 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = 711,82 + 4,543 = 716,382 \text{ мм}.$$

Внеся нужные изменения в графы таблицы 2.7, нужно выявить их значения и округлить. Систему вычисления производим по правилу к большему прибавляем меньшее:

$$d_{\max_1} = 726,4 + 1,6 = 728 \text{ мм};$$

$$d_{\max_2} = 716,38 + 1 = 717,38 \text{ мм};$$

$$d_{\max_3} = 711,83 + 0,1 = 711,93 \text{ мм};$$

Крайние число припуска  $Z^{\text{п}}_{\max}$  определяем из вычитания наибольших предельных размеров и  $Z^{\text{п}}_{\min}$  – как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов

$$Z^{\text{п}}_{\max_3} = 728 - 717,38 = 10,62 \text{ мм};$$

$$Z^{\text{п}}_{\max_2} = 717,38 - 711,93 = 5,45 \text{ мм};$$

$$Z^{\text{п}}_{\min_3} = 724,8 - 715,38 = 9,42 \text{ мм};$$

$$Z^{\text{п}}_{\min_2} = 715,38 - 711,35 = 4,03 \text{ мм};$$

Суммируя промежуточные припуски определяем имеющиеся и записываем их в таблицу.

$$2Z_{\text{оmax}} = 4800 + 1700 + 300 = 6800 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{оmin}} = 4200 + 800 + 225 = 5225 \text{ мкм}.$$

Общий номинальный припуск

$$Z_{\text{ном}} = 5225 + 1600 - 25 = 6800 \text{ мкм.}$$

Номинальный диаметр заготовки

$$d_{\text{ном}} = 711,4 + 10,92 = 722,32$$

Проверка правильности расчетов

$$\begin{aligned} 2Z^{\text{пр}}_{\text{max}} - 2Z^{\text{пр}}_{\text{min}} &= \delta_{\text{max}} - \delta_{\text{min}} \quad 6800 - 5225 = \\ &= 1600 - 25 = 1575 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Исходя, из полученных данных мы построим схему расположения припусков и допусков по обработкам поверхности 711,4Н12

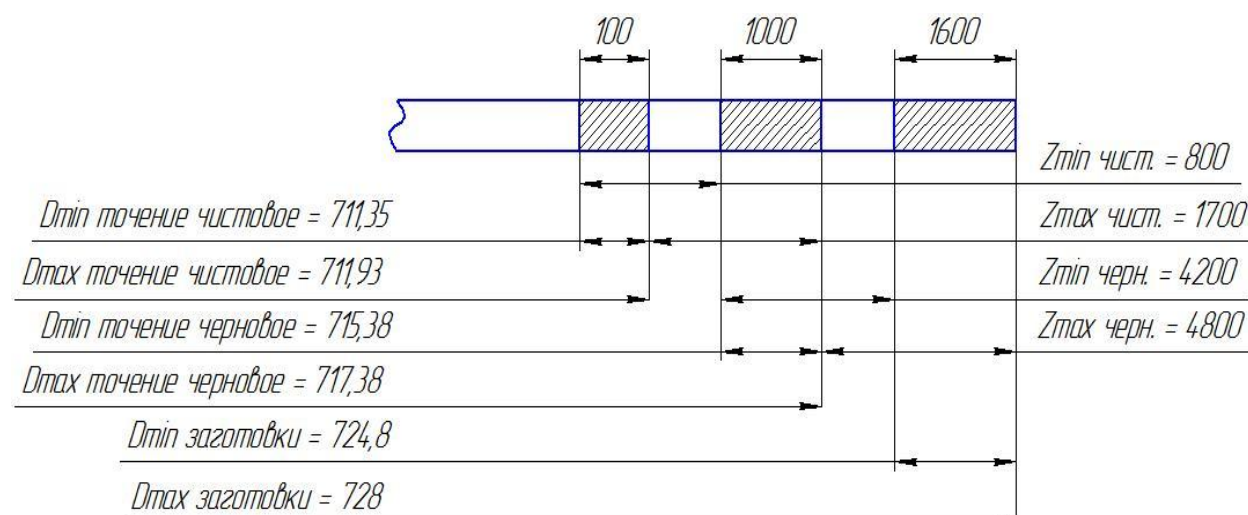


Рисунок 2.1 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку поверхности диаметром 711,4Н12

## 2.10 Расчет режимов резания.

Режимы резания напрямую воздействуют на показатели технологичности операций. Всегда должны учитываться условия эксплуатации, такие как: режущий инструмент, вид обработки каждой поверхности и техническое состояние металлообрабатывающих станков на момент обработки.

В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени  $T_{ш-к}$ , мин, по формуле:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт.}$$

где  $T_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время, в минутах;

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

$T_{шт.}$  – норма штучного времени.

$n$  – количество деталей в партии в штуках определяется по формуле:

$$n = \frac{N \cdot a}{250},$$

где  $a$  – периодичность запуска в днях;

$N$  – годовая программа выпуска, шт.;

$T_{шт}$  – норма штучного времени, мин.

Норму штучного времени  $T_{шт}$ , мин., определяем по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_в + T_{об} + T_{от},$$

где  $T_o$  – основное время, мин.;

$T_в$  – вспомогательное время, мин.; определяется по формуле:

$T_{об}$  – время на обслуживание рабочего места, мин.;

$T_{от}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Вспомогательное время,  $T_в$ , мин.; определяется по формуле

$$T_в = T_{yc} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{изм},$$

где  $T_{yc}$  – время на установку снятия деталей, мин.;

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

$T_{уп}$  – время на приемы управления, мин.;

$T_{из}$  – время на измерение детали, мин.



Рассчитываем нормы технического времени на 075 фрезерную операцию, выполняемую на фрезерном станке Spinner MVC 1600A. Масса детали 225 кг. Основное время  $T_o=2,26$  мин.

Расчёт  $T_{и-к}$  ведём по формуле для мелкосерийного производства. Определяем состав подготовительно-заключительного времени: установка фрезы – 2 мин, получение инструмента и приспособлений до начала работы и сдачи их после завершения работы – 10 мин.

$$T_{нз} = 2 + 10 = 12 \text{ мин.}$$

Время на установку и снятие детали, закрепление её и открепление.

$$T_{ус} + T_{з.о.} = 2 \times (0,24 + 4 \cdot 0,37) = 3,44 \text{ мин.}$$

Время на приёмы управления: включить и выключить станок кнопкой - 0,04 мин., подвести инструмент к детали – 0,14 мин.

$$T_{yn} = 2 \times (0,04 + 0,14) = 0,36$$

Время, затраченное на измерение детали равно 0,37 мин., при 10% контролируемых деталей.

$$T_{из} = \frac{0,37 \cdot 10}{100} = 0,04 \text{ мин.}$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{г} = 3,44 + 0,36 + 0,04 = 3,84$$

Оперативное время:

$$T_{он} = 2,26 + 3,84 = 6,10 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места и отдых составляет 7% оперативного времени, тогда

$$T_{об.от} = \frac{6,10 \cdot 7}{100} = 0,43 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени:

$$T_{шт} = 6,10 + 0,43 = 6,53 \text{ мин.}$$

Размер партии:

$$n = \frac{20 \cdot 15}{250} = 1,2 \text{ шт.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = \frac{12}{1,2} + 6,53 = 10 + 6,53 = 16,53 \text{ мин.}$$

## 2.11 Совершенствование операций на базе: научных исследований.

2.11.1 Улучшаем характеристики режущего инструмента в 075 фрезерной операции на базе научных исследований.

Самым заметный метод улучшение режущего инструмента, имеющее покрытие в эксплуатации. Это отказ от двухкомпонентных покрытий на покрытия имеющее не считанное количество элементов.

Из представленных систем в последнее время при производстве высокоэффективных инструментов большую популярность получили газо-фазные покрытия на основе (Ti, AL)N встречаются они под аббревиатурой (PVD) . Повышенные свойства покрытия дают им занять уверенную высокую долю на рынке, по оценкам экспертов их диапазон варьируется от 23% до 27%.

- твердость 25–38 ГПа при низком уровне внутренних напряжений.
- незначительная потеря твердости (35–45 %) при больших температурах (до 830 °С).
- сопротивляемость высокотемпературному окислению (такая же частота окисления (12–20 мг/см<sup>2</sup>) при  $t = 800$  °С, как у Ti(C, N) при 400 °С и у TiN при 550 °С).

– низкая теплопроводность

Самая распространенная и часто встречаемая это Al и Ti от 20 до 80 %.

Есть конечно и определенные недостатки— стремление к хрупкому разрушению, Из чего ограничивается круг применения инструмента когда операция имеет остановки.

Из-за большой капельной фазы, которое появляется во время нанесения алюминиевого катода, поэтому напыление катодов по отдельности не всегда оправдано.

Из-за этого следует интерес получения напыления с меньшим количеством Al, что может помочь поднять вязкость двух элементов для осуществления прерывистого резания.

Достоинства данного возмещения имеют все шансы являться целиком выполнены только лишь в таком случае, если состав текстуры и стадия в концепции смотрятся в обстоятельствах движения PVD и воздействия характеристик осаждения в качества возмещения. Это даст возможность приобретать компоненты с контролируемым формулой и текстурой и, таким образом, с наилучшими функциями.

Цель работы — изучение действий структурно и фазообразования при получении напыление методом ионноплазменного вакуумнодугового осаждения (arcPVD) при разбрызгивание катода Ti–6%Al на твердосплавные пластинки, исследования их физико-механических свойств и проведение аттестационных испытаний работоспособности режущего инструмента с новыми покрытиями на операциях точения и фрезерования для установления возможных областей их применения.

### 2.11.2 Методика исследований

Фазовый состав образцов исследовали на рентгеновской аппарате ДРОН-ЗМ с самодействующей записью рефлексов отблеска и их интенсивности. Съемку проводили на  $K\alpha$ -излучении меди с использованием графитового монохроматора.

Исследование микроструктуры и элементного состава осуществляли при помощи полевого эмиссионного растрового электронного микроскопа JSM-6700F с приставкой для энергодисперсионной спектроскопии JED-2300F (Япония), обеспечивающей гарантированное разрешение 1,0 и 2,2 нм при ускоряющем напряжении 15 и 1 кВ соответственно.

Для определения твердости ( $H$ ) и модуля упругости ( $E$ ) использовали метод непрерывного индентирования при малых нагрузках которые, осуществляли на нано твердомере Nano-Hardness Tester (ННТ).

Оценку прочности адгезии в системе «покрытие–субстрат» выполняли по результатам тестов к царапанию (скрайбированию) алмазного индентора по поверхности образца с покрытием при определенной нагрузке (Scratchtest). Предоставленная способ разрешает количественно квалифицировать крепость адгезии. Проверки проводили на устройстве Revetest (CSM Insts). Изучаемую плоскость царапали индентором на подобии Роквелла с радиусом закругления 200 мкм при непрерывно нарастающей нагрузке. Длина царапинки - 5 мм, нарастающая нагрузка до 70–140 Н, скорость на груженая 70–140 Н/мин. При конкретной нагрузке кругом царапинки на плоскости покрытия бывает замечена сетка трещинок или же случается его отслаивание, собственно, что говорит о разрушении покрытия. Отысканная этим образом опасная нагрузка ( $N_c$ ), при которой содержит пространство разрушение покрытия вдоль царапинки , считается аспектом оценки крепости адгезии покрытия по отношению к субстрату. С поддержкой сего способа возможно не лишь только квалифицировать адгезионную крепость, но и устроить вывод о механизме разрушения покрытия. В процессе изучений определяли акустическую эмиссию (АЭ), мощность трения индентора (СТ), коэффициент трения (КТ), самую большую и остаточную глубины (НГ, ОГ) погружения индентора, а еще проводили непрерывные микроскопичные исследования . О разрушении покрытия говорят резкое наращивание акустической эмиссии и перемена цвета царапинки при надзоре в оптический микроскоп. Глубина погружения

индентора, при которой достигается подложка, располагается по совместному анализу кривых СТ, КТ, НГ и ОГ.

### 2.11.3 Результаты и их обсуждение

В данной работе исследовали две серии образцов с покрытиями, полученными при распылении катодов состава 94 % Ti и 6 % Al при разном потенциале смещения  $U_{см}$ , подаваемом на субстрат. Были изучены явления структурно и фазообразования при нанесении покрытий, а также свойства полученных агс-PVD-покрытий Ti–Al–N. Процесс осаждения покрытия для образцов первой серии проходил при  $U_{см} = 120$  В, а для второй - при 170 В.

### 2.11.4 Морфологические исследования покрытий

Тест морфологии плоскости покрытий образцов обеих серий зарекомендовал присутствие на ней как участков с капельной фазой, например и свободных от нее зон (рисунок 2.3). Определяющим параметром, влияющим на ее численность, был ток дуги. При его смысле  $\geq 100$ А толика данной фазы возрастала, величина отдельных капель достигал нескольких микрометров. Сокращение тока дуги до 80А при малозначительном понижении скорости осаждения содействовало формированию больше гладких покрытий.

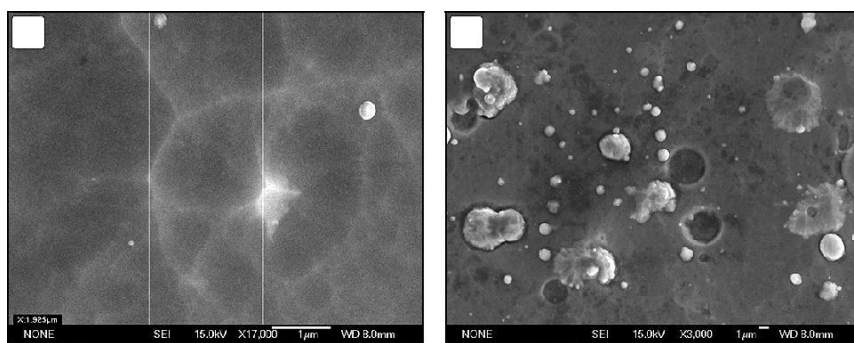


Рисунок 2.3 Фрагменты поверхности покрытий образцов, полученных при токе дуги 80А (левый) и 100А (правый).

### 2.11.5 Элементный состав покрытий

Для определения элементного состава покрытий использовались торцевые шлифы образцов. Установлено неравномерное распределение Al по

толщине покрытия для образцов обеих групп. Так, у материалов первой серии количество алюминия изменяется с 0,8 % вблизи поверхности покрытия до 3,2 % на границе субстрат–покрытие, для второй — от 1,1 до 1,8 %.

Снижение количества алюминия на толщине покрытия к его поверхности может быть аргументировано более высоким показателем распыления Al из катода по сравнению с Ti и, соответственно, уменьшение в паровой фазе единиц алюминия на стадиях осаждения в будущем. При этом в покрытии образцов второй серии наблюдалось несколько меньшее содержание Al, что, по-видимому, вызвано повышением энергии его ионов.

#### 2.11.6 Рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализ покрытий.

Рентгенофазовый тест зарекомендовал присутствие надлежащих фаз: для образцов 1 серии — ближайшего к стехиометричному TiN (B1) и жесткого раствора Al в  $\alpha$ -Ti (A3); для 2 — нестехиометричного TiN<sub>x</sub> (x ~ 0,54) (B1) и трудного нитрида (Ti, Al)N.

В приобретенных покрытиях буквально отсутствует интенсивное положение (для 1 группы макронапряжения оформляют  $2 \pm 20$  МПа, для 2 —  $95 \pm 20$  МПа).

Тест интенсивности дифракционных рядов сформированного покрытия для всех имеющихся у испытания образцов позволил ввести, собственно, что опытно наблюдаемое соответствие интенсивностей нитридной фазы значимо выделяется от абстрактного.

Это имеет возможность указывать о наличии текстуры. Так, для образцов 1 серии I 111: I200: I220 = 11,04: 1,00: 0,42, для 2 — 17,00: 1,00: 0,47, а для образцов без текстуры — 0,68: 1,00: 0,56. Приведенные данные беседуют о наличии в конденсате покрытия текстуры по нормали к плоскости, которая характеризуется малой поверхностной энергией, собственно, что надлежит сближать к минимальному количеству возможность взаимодействия покрытия с обрабатываемым материалом.

Конкретный величина областей когерентного рассеяния для покрытий 1-й серии составлял 12,5 нм, а для 2-й - был выше 200 нм. В последнем случае расширения рядов рентгеновской дифракции обосновано величиной микродеформаций, равной  $(38,8 \pm 2,5) \times 10^{-4}$ . Гигантские по величине микродеформаций имеют все шансы быть связаны с химической неоднородностью создаваемых покрытий.

#### 2.11.7 Твердость и модуль упругости покрытий

Как видно из итогов измерения твердости (Н) покрытий (см. таблицу), меньшее ее имели эталоны 1 группы (ниже, чем у базисного покрытия TiN), что, по-видимому, разъясняется пребыванием в покрытии сравнительно «мягкой» фазы жесткого раствора Al в  $\alpha$ -Ti (Al<sub>3</sub>Ti<sub>17</sub>). Покрытия 2 серии имели твердость выше, чем у TiN и образцов 1 группы. Быстрее всего, это связано с наличием в их составе упрочняющей фазы — трудного нитрида (Ti,Al)N, а еще искажениями решетки больше нестехиометричного TiN.

#### 2.11.8 Стойкость твердосплавных пластин с покрытиями при точении

Одним из наиглавнейших критериев для оценки работоспособности режущего инструмента считается достигаемая им на практике стойкость. Еще дает внимание реализуемая в ходе резания точность обработки плоскости.

Экспериментальные изучения проводили на случае продольного внешнего точения цилиндрических болванок поперечником 200 мм из стали 45 и сероватого чугуна (СЧ 30) твердосплавными пластинами ВК6 без покрытий и с покрытиями, подобными 2 серии образцов. В опытах рассматривали износ (стойкость) инструмента и качество обработанной плоскости болванки (шероховатость).



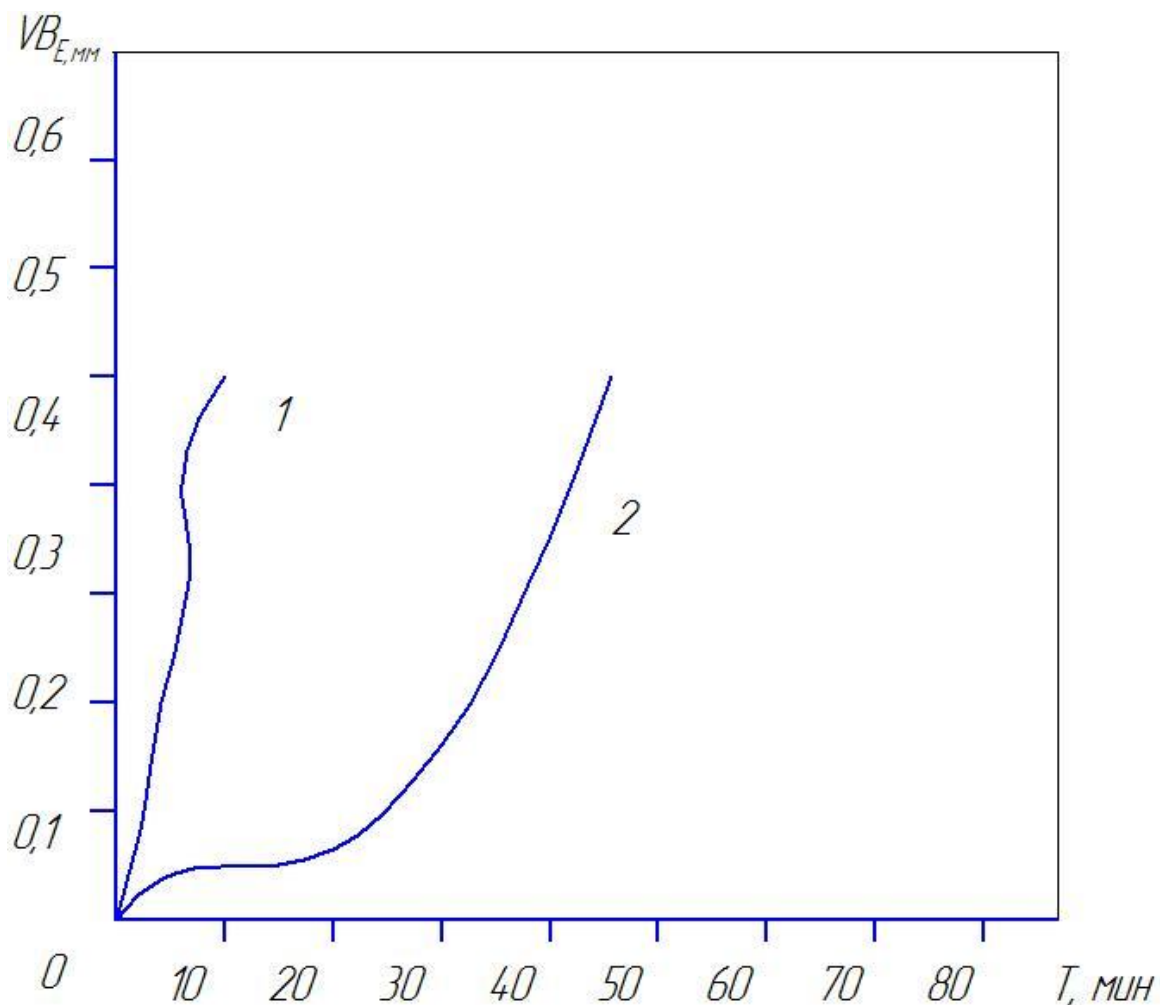


Рис. 2.4 Зависимость величины износа от времени резания при точении чугуна и стали 45 (б)  
1 – без покрытия, 2 – с покрытием

Таблица 2.7 - Режимы для сухого резания

Режимы резания:	
Скорость резания, м/мин	250–350
Подача мм/об.	0,2
Глубина резания, мм.	1,0
Условия процесса	сухое резание

В качестве аспекта износа при точении измеряли по задней плоскости эти его характеристики, как средний ( $VB_1$ ) и угловой ( $VB_E$ ) износ. Для определения стойкости инструмента были избраны их допускаемые единицы:  $VB_1 \max = 0,2$  мм и  $VB_E \max = 0,4$  мм.

## Зависимости износа

$s$ –время при точении серого чугуна и стали 45 представлены на рис. 6. Приобретенные диаграммы для твердосплавных пластинок с покрытием на базе (Ti, Al)N имеют свойственную для этих кривых форму. Покрытие сокращает напряженность (скорость) изнашивания в областях приработки и обычного износа, а еще уменьшает время приработки инструмента. Не считая такого, трагический износ для пластинок с покрытием начинается при важно наименьших максимальных величинах износа (особенно VBE).

Сообразно итогам тестирований присутствие покрытий прирастило стойкость пластинок в  $\sim 6,3$  раза для стали 45 и в  $\sim 5$  раз для сероватого чугуна.

В ходе опытов по резанию велась оценка свойства обработанной плоскости. В данном исследовании фиксировалась ее шероховатость в направлении подачи. В начале процесса самые большие значения  $R_a$  наблюдались на плоскости болванки, которая была обработана пластинкой без покрытия. В случае использования твердосплавных пластинок с покрытием (Ti,Al)N, в мощь его больше подходящих трибологических качеств, шероховатость понижается.

Приобретенные данные отлично коррелируются с периодом резания и износом: ход зависимостей  $R_a = f(\tau)$  и  $VBE = f(\tau)$  идентичен. Шероховатость обработанных плоскостей растет с наращиванием длительности резания.

### 2.11.9 Работоспособность инструментальных пластин ВК6 с покрытиями (Ti, Al)N при торцевом фрезеровании.

Аттестационные проверки твердосплавных пластинок проводили при торцевом симметричном фрезеровании без использования смазочно-охлаждающей технологической среды на вертикально-фрезерном станке. Применялась схема симметричного фрезерования, которая разрешала убрать воздействие переменной толщины среза на процессы резания и изнашивания твердосплавной пластинки, присущее для способов

фрезерования «по подаче» и «против подачи».

В качестве обрабатываемого материала воспользовались сплав ЭИ 698-ВД. Объектом изучения работали твердосплавные квадратные пластинки без центрального отверстия объемом  $12,7 \times 12,7 \times 4,75$  мм (форма по ГОСТ 19049-80, SNUN ISO). Для испытания ученые применяли торцевую однозубую фрезу.

Режим фрезерования (глубина резания ( $t$ ), подача на зуб ( $S_z$ ), скорость резания ( $V$ ), частота вращения шпинделя ( $n$ )) при обработке сплава ЭИ 698-ВД был избран следующим:

Таблица 2.8 – Режимы резания для торцевой однозубой фрезы

Режимы резания:	
$t$ , мм	1,0
$S_z$	0,125
$V$ , м/мин	25,12
$n$ , об/мин	50

Аспектом отказа инструмента работал предельный износ задней плоскости пластинки  $h_{\max 3} = 0,5$  мм. Измерение  $h_3$  (от 0 до 0,5 мм) проводили на микроскопе МБС-10 (ТУ 3-3.1911-86). При данном отмечали время работы инструмента (стойкость) и дорога, пройденный им до этапа пришествия данного износа. Как видно из приобретенных итогов, твердосплавные пластинки ВК6 с покрытиями (Ti,Al)N имеют увеличенные режущие качества при торцевом фрезеровании сплава ЭИ 698-ВД по сравнению с контрольным инвентарем без покрытия. Смысл стойкости для их оформляет  $\sim 7,0$  мин, собственно, что в 2,5 раза выше данный показатель для контрольных пластинок.

### 3 Проектирование приспособления и режущего инструмента.

#### 3.1 Обоснование необходимости и проектирование станочного приспособления.

При применении стандартных приспособлений для станка можно уменьшить, трудоемкость и время цикла подготовки производства и заметно сократив затраты.

В серийном производстве применение станочных приспособлений несет за собою увеличение производительности труда в десятки раз . Точности деталей и изделий в их производстве возрастают в среднем на 20-40% за счет применение зажимных приспособлений.

При обработке детали на станке Spinner MVC1600A на 075 фрезерной операции деталь устанавливается и закрепляется на специальных пневматических тисках, работающих за счет сжатого воздуха.

Зажимное приспособление состоит из станины, которая крепиться на стол вертикально-фрезерного станка Spinner MVC1600A (в столе которого есть возможность подведение сжатого), одной подвижной губки (которая установлена с помощью крепления типа «ласточкин хвост») и одной стационарной прикреплённой к станине тисков, призматические прихваты для лучшего зажима заготовки по внешней поверхности, пневмацилиндра со штоком поршня внутри, шток ввинчен в основание подвижной губки, в цилиндре отверстие для подачи воздуха, которое соединено со станиной тисков, в станине входной клапан для магистрального сжатого воздуха. Конструкция зажимного приспособления представлена на рисунке 3.1

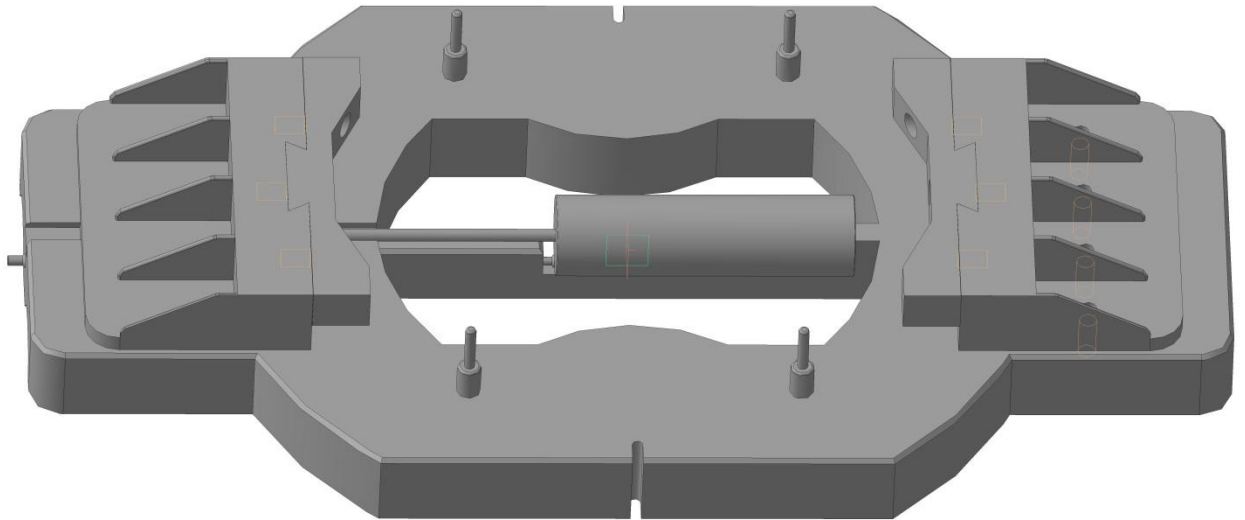


Рисунок 3.1 – Тиски пневматические.

Механизмы с зажимом сигнализируют движение относительно опор заготовки. Из условий равновесия сил факторов определяют силу закрепления  $P_3$ .

Силу закрепления  $P_3$ , Н для данного случая можно определить по формуле

$$P_3 = \frac{K \cdot P_z + 0,5P_x(f_1 - f_2)}{(f_1 + f_2)},$$

где  $K$  – коэффициент запаса, минимально равный 2,5;

$P_x, P_z$  – составляющие усилия резания;

$f_1$  и  $f_2$  – коэффициенты трения в местах контакта заготовки с опорами и зажимным механизмом.

Сила резания  $P_x=0,55 \cdot P_z$ , коэффициенты  $f_1$  и  $f_2$  равны 0,16 и 0,25 соответственно.

Рассчитываем тангенциальную силу резания по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot 82 \cdot 5 \cdot 4^{0,95} \cdot 0,18^{0,8} \cdot 85^{1,1} \cdot 14}{85^{1,1} \cdot 125^0} \cdot 0,88 = 3621 \text{ Н}$$

Тогда  $P_x = 0,55 \cdot 3621 = 1991 \text{ Н}$ .

Необходимая сила закрепления будет равна

$$P_z = \frac{2,5 \cdot 3621 + 0,5 \cdot 1991 (0,16 - 0,25)}{(0,16 + 0,25)} = 21860 \text{ Н}$$

Таким образом, необходимое усилие привода  $Q$ , Н, равно

$$Q = \frac{P_z}{i_c} = \frac{21860}{17,86} = 1225 \text{ Н}.$$

Исходя из этого условия по выбираем стационарный поршневой пневмоцилиндр с параметрами:

- Диаметральные размеры цилиндра  $D=90\text{мм}$ ;
- Диаметральный размер штока  $d=15 \text{ мм}$ ;
- Давящая сила на штоке  $Q_{шт}=4000 \text{ Н}$ ;
- Тягучая сила на штоке  $Q_{шт}=4300 \text{ Н}$ .

Давление воздуха в пневмосети принимаем  $P_g=0,63 \text{ МПа}$ , т.е. выбранный пневмоцилиндр обеспечит необходимую силу зажима заготовки.

### 3.2 Расчет фрезы торцовой

При обработке плоскости «всасывания» на камере всасывания «F» на ряде фрезерных операций оборудование слабо загружено по мощности. Поскольку режимы резания назначаются по нормативным документам, то есть несколько вариантов полезного повышения мощности резания:

- увеличение ширины фрезерования  $B$ ;
- увеличение глубины резания  $t$ ;

- увеличение количества зубьев фрезы  $n$ ;
- применение более производительного инструментального материала.

Диаметр торцевой фрезы  $D$ , мм, должен быть больше ширины фрезерования

$$0,8D > B,$$

где  $B$  – ширина фрезерования, мм.

Для проектируемой фрезы:

$$D \geq 0,8 \cdot 25$$

$$D \geq 80$$

С целью более полного использования мощности принимаем  $D = 85$  мм.

Число зубьев фрезы зависит от характера работы и режимов резания:

$$z_{\max} = \frac{N_e D^{0,14}}{2,53 \cdot 10^{-5} \cdot B^{1,14} \cdot t^{0,9} \cdot s_z^{0,7} \cdot n},$$

где  $N_e$  – эффективная мощность станка, кВт;

$D$  – диаметральный размер фрезы, мм.

$B$  – ширина фрезерования, мм;

$t$  – внутренний размер фрезерования, мм;

$s_z$  – сила на зуб фрезы, мм/зуб;

$n$  – кол-во оборотов шпинделя, мин<sup>-1</sup>.

Согласно расчетам режимов резания (таблица 2.6) принимаем:

$$z_{\max} = 9,3$$

Полученное значение больше, чем по ГОСТ 26595-85 для торцевых фрез с механическим креплением четырехгранных пластинок из твердого сплава. Однако конструктивно поместить такое большое число режущих пластин без ослабления конструкции корпуса затруднительно, поэтому принимаем  $z = 8$ , причем оставляем на проектируемой фрезе только 4 режущих зуба, т.е. на одном режущем зубе будет 2 пластины из твердосплава.

Диаметр посадочного отверстия выбираем  $d_0 = 60$  мм.

Ширина шпоночного паза  $B = 14$  мм.

Геометрические параметры ножей выбираем таким, чтобы обеспечивали плавные условия резания.

Главной режущей кромкой есть базовая кромка ножа фрезы. Принимаем следующие углы заточки.

Передний угол  $\gamma = 8^\circ$ .

Главный угол  $\varphi = 82^\circ$ .

Задний угол  $\alpha = 20^\circ$ .

Ножи, оснащенные твердосплавными пластинами, закрепляют в 4 пазах корпуса, при помощи болтов М4х0.7 -8 шт.

Конструкция фрезы показана на рисунке 3.2.

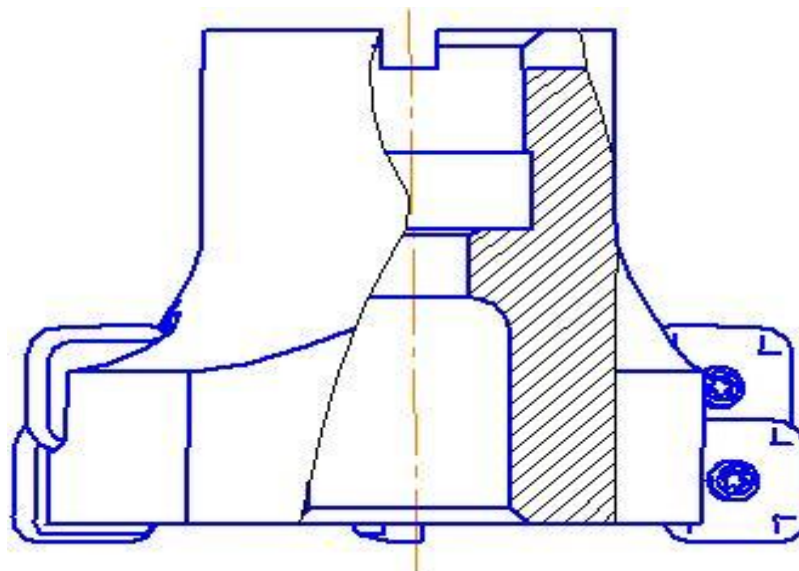


Рисунок 3.2 – Торцевая фреза с пластинками из твердого сплава.

### 3.3 Проектирование измерительного приспособления

Для проверки биений по внешнему диаметру самой точной поверхности камеры всасывания «F» применяются цифровой индикатор отклонений.

Контроль биений по внешнему самому точному размеру камеры производится следующим образом. На станине станка закрепляется магнитный куб, от которого идет система штанг и хомутов для подведения индикатора к нужной измеряемой поверхности. Затем, после операции «070



токарная» с помощью привода станка на самых малых оборотах производится движение детали, во время движения индикатор показывает максимальное биение, которое должно быть в допуске на данную поверхность, программируя индикатор на звуковое оповещение о выходе размера из допуска. При не соблюдении условий поверхность признается не годной и бракуется, если исправление не возможно.

Допуск и предельные отклонения на контролируемую поверхность: IT = 0.030 мкм. Следовательно, наибольший и наименьший предельные размеры отверстия будут

$$D_{\max} = 711,43 \text{ мм,}$$

$$D_{\min} = 711,37 \text{ мм.}$$

## 4 Компьютерное моделирование

Произведем анализ сил, которые действуют на фрезу.

На рисунке 4.1 показаны действующие на фрезу силы с векторами показывающие направление.

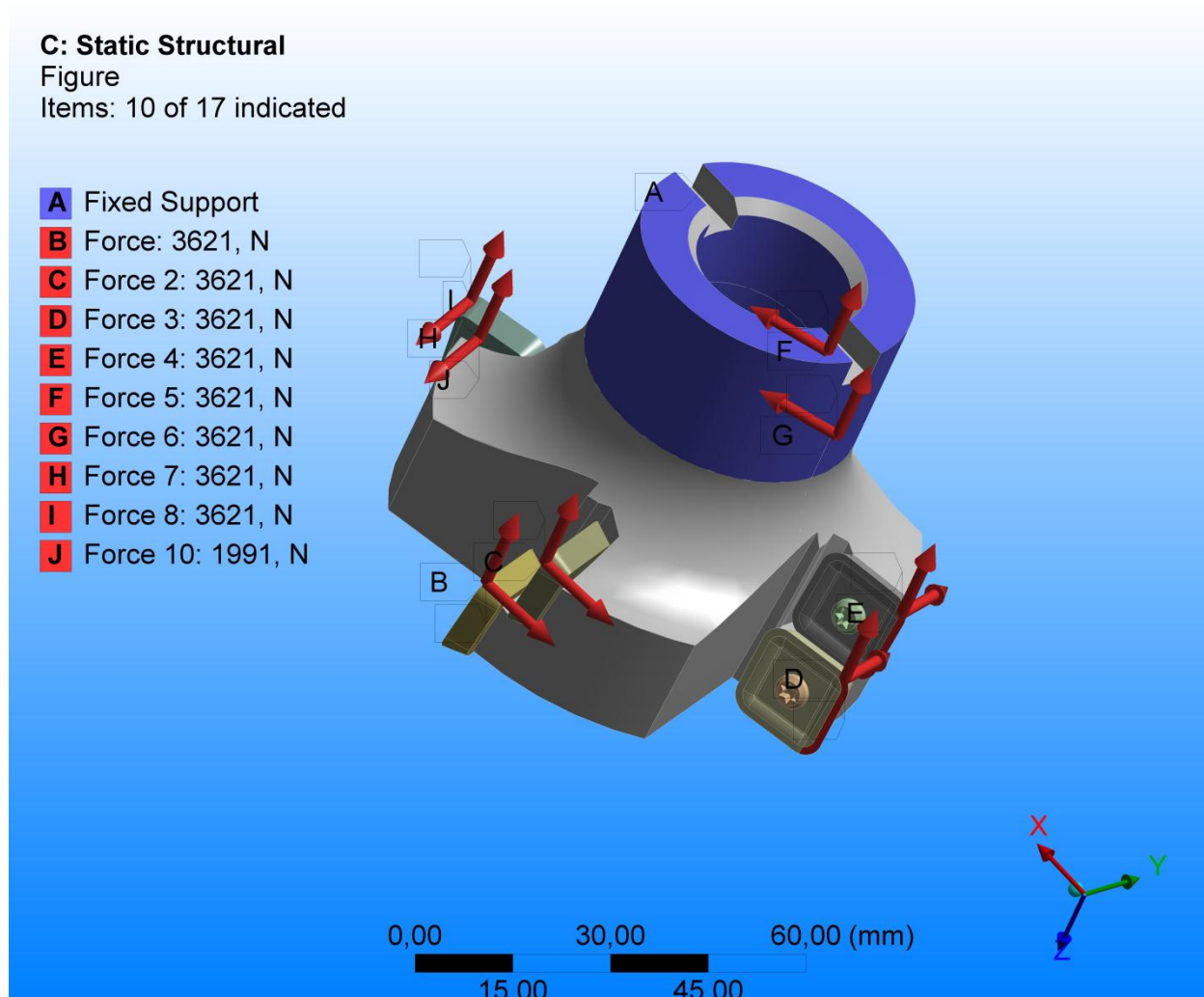


Рисунок 4.1 – Силы воздействия.

На рисунке 4.2 мы строим решетку фрезы для анализа деформации.

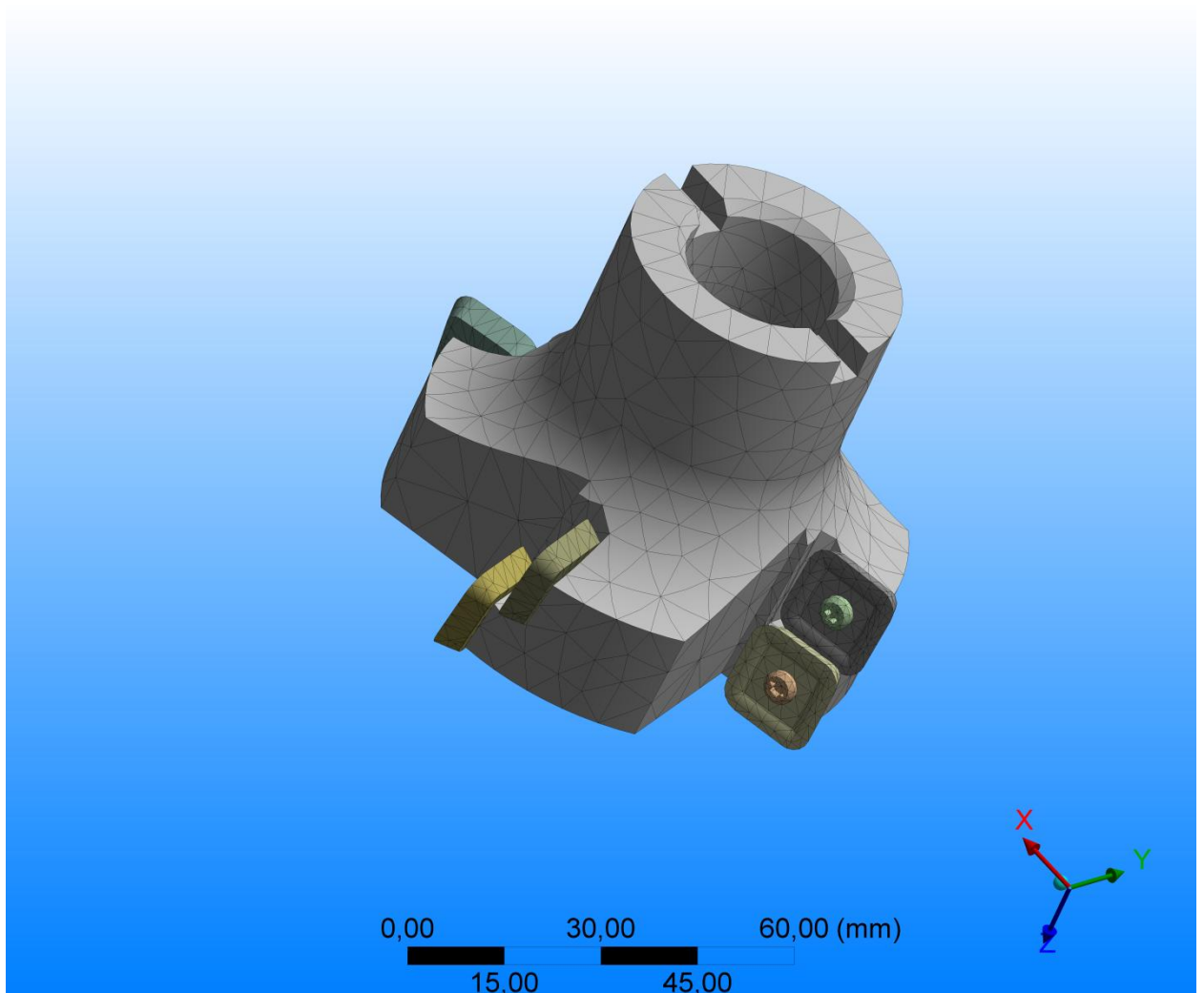


Рисунок 4.2- решетка фрезы.

Зная давления, которое будет воздействовать, на инструмент получаем максимальное значение давления, которое выдержит инструмент при обработке  $P= 568$  МПа, что видно на рисунке 4.3

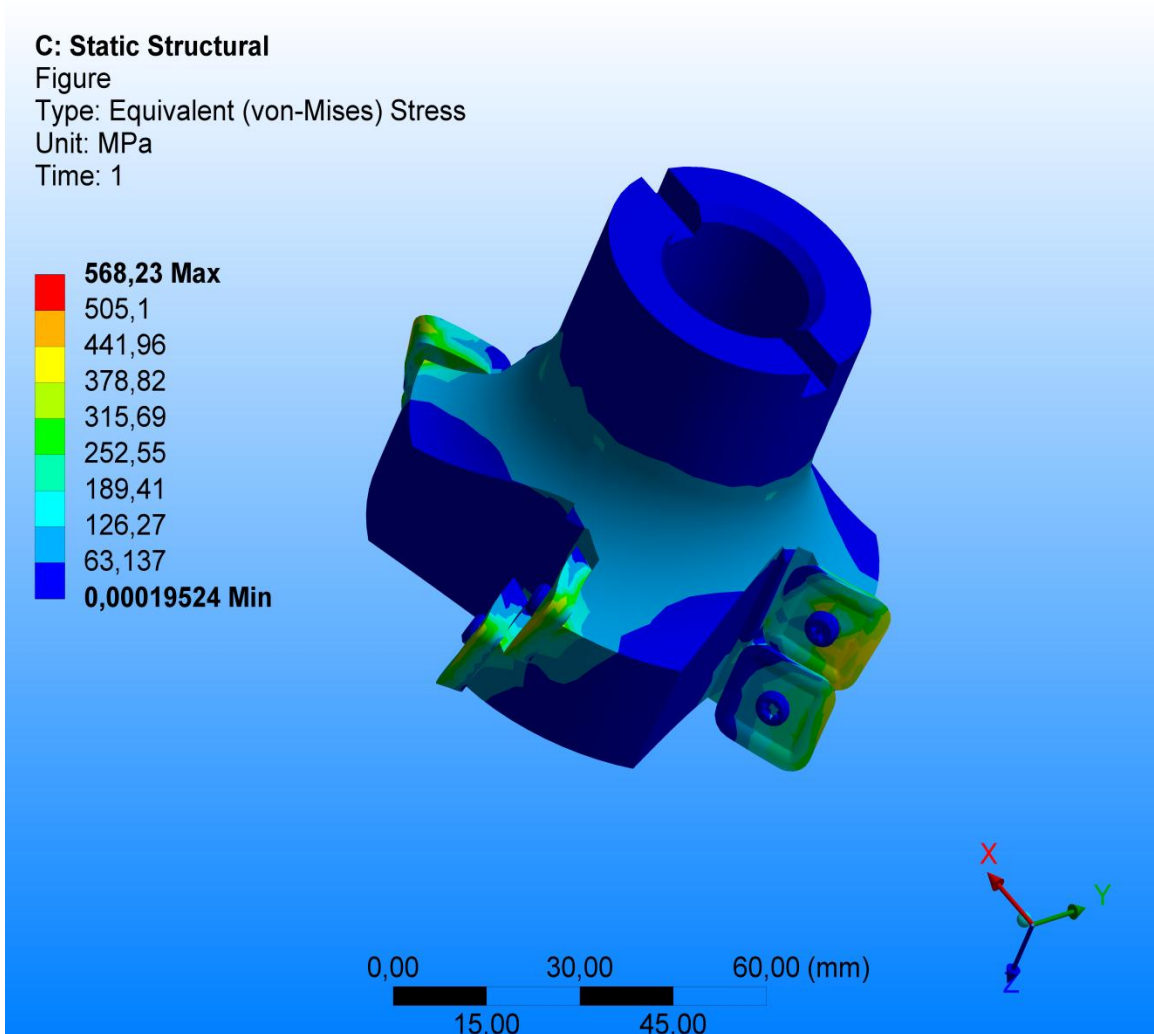


Рисунок 4.3 - Давление на фрезу.

Следующей операцией посмотрим, будет ли деформация инструмента при работе на рисунке 4.4.

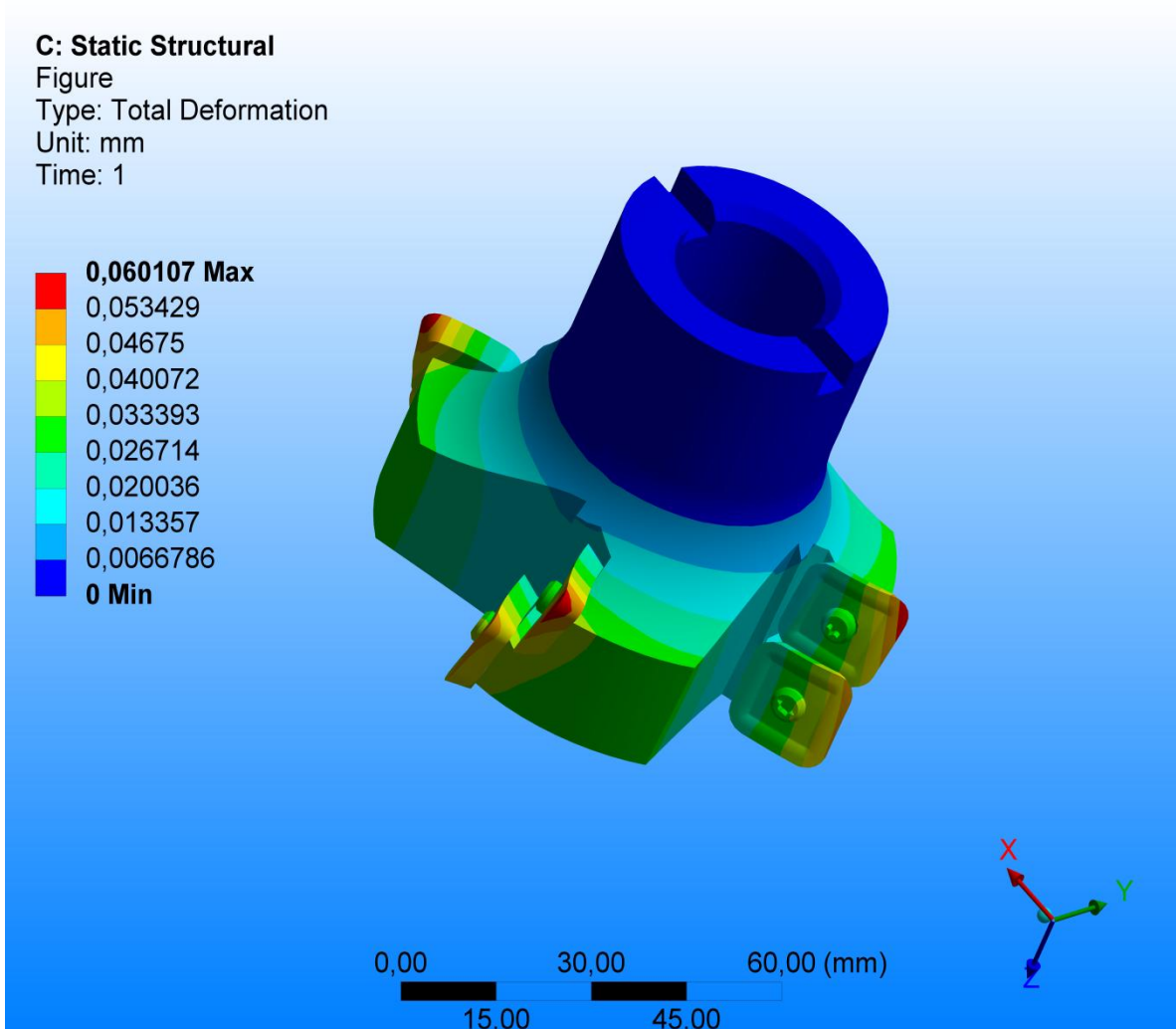


Рисунок 4.4 деформация инструмента.

В результате проведения прочностного анализа, который был выполнен в программе ANSYS , мы определили, что наша заготовка будет испытывать максимальное напряжение 568 МПа (красные зоны). Предел прочности для стали составляет 880 МПа, следовательно, приложенной силы недостаточно для нарушений изготовления детали и деформации инструмента не будет.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта.

В процессе выполнения рабочими своим должностных обязанностей они могут подвергать себя рискам и в конечном итоге не исключено получение производственных травм. В данном разделе представлено задействованное оборудование и вредные воздействия, которые могут возникнуть при несоблюдении техники безопасности. Описаны мероприятия, выполнение которых сведет получение производственных травм к минимуму.

Тема «ВКР»: Технологический процесс изготовления всасывающей камеры.

Анализ был проведен в соответствии с методикой, указанной в источнике [20].

### 5.1 Назначение участка.

Описываемый участок предназначается для изготовления детали «камера всасывания».

### 5.2 Планировка рассматриваемого участка.

Производственная площадь – представляет собой площадь, которая занята производственным оборудованием и местами для рабочих возле этого оборудования.

Вспомогательная площадь – представляет собой площадь, на которой располагаются вспомогательные подразделения, такие как: ремонтные и инструментальные службы, лаборатории, склады, служебно-бытовые помещения, а также межцеховые магистральные проезды.

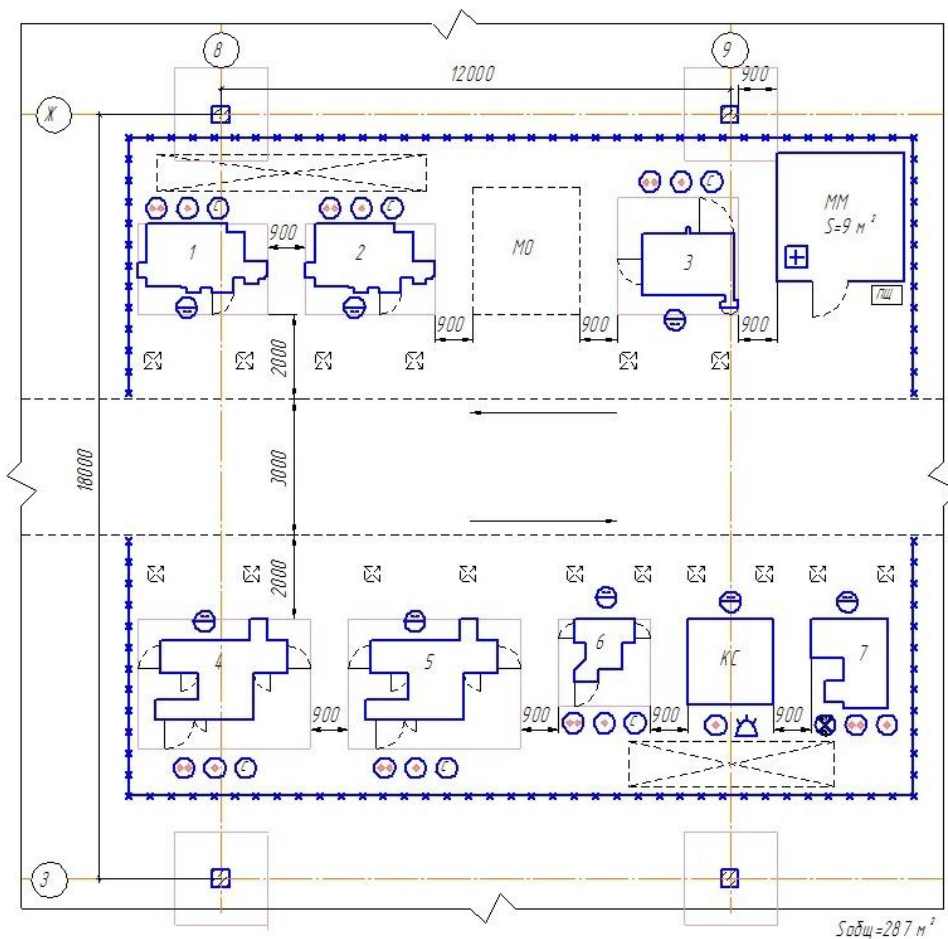


Рисунок 5.1 – Планировка цеха.

### 5.3 Состав оборудования.

Наименование и количество оборудования представлено в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Состав оборудования.

№ и наименование операции	Наименование оборудования	Количество	№ оборудования на схеме
005 Фрезерная	Фрезерный станок с ЧПУ Тajмас MCFV 1060	1	1
020 Токарная	Токарный станок с ЧПУ Haas TL-3B	1	2

Продолжение таблицы 5.1

040 Фрезерная	Фрезерный станок с ЧПУ Таймас MCFV 1060	1	1
050 Фрезерная	Фрезерный станок с ЧПУ Таймас MCF 2318	1	3
055 Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ Haas DT-	1	5
065 Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ Haas DT-1	1	5
070 Токарная	Токарный станок с ЧПУ Haas TL-3B	1	2
075 Фрезерная	Вертикально фрезерный станок с ЧПУ Spinner MVC1600A	1	4

Итоговое количество оборудования ровно 8 станкам. Оборудование расставлено по ходу технологического процесса таким образом, чтобы максимально ускорить передачу детали и не ограничивать работника в движениях на рабочем месте.

Таблица 5.2 – Технологический маршрут обработки детали

№ и наименование операции	Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом	№ оборудования на схеме
005 Фрезерная	Фрезерный станок с ЧПУ Таймас MCFV 1060 Фреза Торцевая насадная 100x32; Z=8	1,3,17,28	1
020 Токарная	Токарный станок с ЧПУ Haas TL-3B Резец сборный с мех. креплением пластин из твердого сплава K20	Установка А 3,13,14,15,16 Установка Б 3,4,6,8,9,10,11,12	2



Продолжение таблицы 5.2.

040 Фрезерная	Фрезерный станок с ЧПУ Тajмас MCFV 1060 Фреза торцевая ГОСТ 26595-85	28	1
050 Фрезерная	Фрезерный станок с ЧПУ Tajмас MCF 2318 Фреза торцевая ГОСТ 26595-85	Установка А (Верхняя половина) 34,35,36,37 Установка Б (Нижняя половина) 29,30,38,39	3
055 Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ Haas DT-1Сверла Ø14,30	2,18	5
065 Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ Haas DT-1	37,39	5
070 Токарная	Токарный станок с ЧПУ Haas TL-3В Резец сборный с мех. креплением пластин из твердого сплава К20	Установка А 3,12,13,14,15,16,17, 19,20,21,22,23 Установка Б 1,4,5,6,7,8,9,10,11, 12	2
075 Фрезерная	Вертикально фрезерный станок с ЧПУ Spinner MVC1600А Фреза торцевая 18.БР.ОТМП.202.61.000	24,25,26,27	4

#### 5.4 Анализ вредных производственных факторов.

Таблица 5.3 – Вредные производственные факторы

№ п/п	Технологические операции	Вредные производственные факторы	Мероприятия, которые позволят уменьшить вредные воздействия
1	Точение	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отлетающая стружка.</li> <li>2. Высокая температура на поверхности обрабатываемой детали.</li> <li>3. Испарения СОЖ при механической обработке.</li> <li>4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Установка защитного экрана. Использование скребкового и одношнекового транспортера для удаления стружки.</li> <li>2. Использование СОЖ на синтетической основе.</li> <li>3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования.</li> <li>4. Использование акустических экранов, противошумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудование виброизолирующих опор.</li> </ol>
2	Фрезерование	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Попадание частиц абразивных материалов на изделие и в рабочую зону.</li> <li>2. Высокая температура фрезы и обрабатываемой заготовки.</li> <li>3. Испарения СОЖ при механической обработке.</li> <li>4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Наличие защитного экрана. Удаление отходов в металлическую тару с последующей утилизацией по мере наполнения емкости.</li> <li>2. Использование СОЖ на синтетической основе.</li> <li>3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования.</li> <li>4. Использование акустических экранов, противошумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудование виброизолирующих опор.</li> </ol>

В процессе выполнения данного раздела был проанализирован состав вредных и опасных факторов на описываемом производстве, предложены меры, которые помогут снизить воздействия опасных и вредных факторов.

## 6 Экономическая эффективность проекта.

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса, определить полную себестоимость изготовления детали, капитальные вложения, срок окупаемости продукта и получаемую на выходе чистую прибыль.

В процессе написания выпускной квалификационной работы было предложено модернизировать технологический процесс изготовления камеры всасывания.

В новом технологическом процессе были изменены 2 токарных операции путем внедрения современного оборудования и использованием спроектированного режущего инструмента и технологической оснастки.

Для того, чтобы провести полноценную экономическую оценку эффективности необходимо знать следующие исходные данные:

- значение годовой программы выпуска, которая согласно заданию выпускной квалификационной работы составляет 20 шт.;

- массу камеры всасывания и её заготовки, а также марку материала, из которого было изготовлено изделие. Если предлагаемые изменения не касались способа получения заготовки и применяемого материала для изготовления, то значениями этих данных можно смело пренебречь.

- стоимостные, эксплуатационные и размерные характеристики применяемого оборудования, технологического оснащения и режущего инструмента. Перечисленные величины напрямую влияют на окончательные расчеты.

- нормативные и тарифные значения расходных параметров, таких как вода, электроэнергия, сжатый воздух и т.д.;

- часовые тарифные ставки основных рабочих, занятых на выполнении рассматриваемого технологического процесса.

Полученные значения, будем использовать как исходные данные, для определения полной себестоимости анализируемого технологического процесса.

При применении программного обеспечения Microsoft Excel, и соответствующей методики [23] была определена полная себестоимость детали, которая составила 277,55 руб.

Структура полной себестоимости состоит из: материала за вычетом отходов, основной заработной платы рабочих операторов и наладчиков, начислений на заработную плату, расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, общезаводских накладных расходов, заводских накладных расходов, внепроизводственных расходов.

Поскольку технологический процесс изготовления разрабатывался с нуля, то особое внимание уделялось расчету капитальных вложений, которые составили 90477 руб.

- проектирование;
- доставку и монтаж;
- транспортные средства;
- приспособление;
- инструмент;
- производственную площадь;
- управляющую аппаратуру;
- величину незавершенного производства;
- сопутствующие капитальные вложения;
- удельные капитальные вложения в единицу изделия.

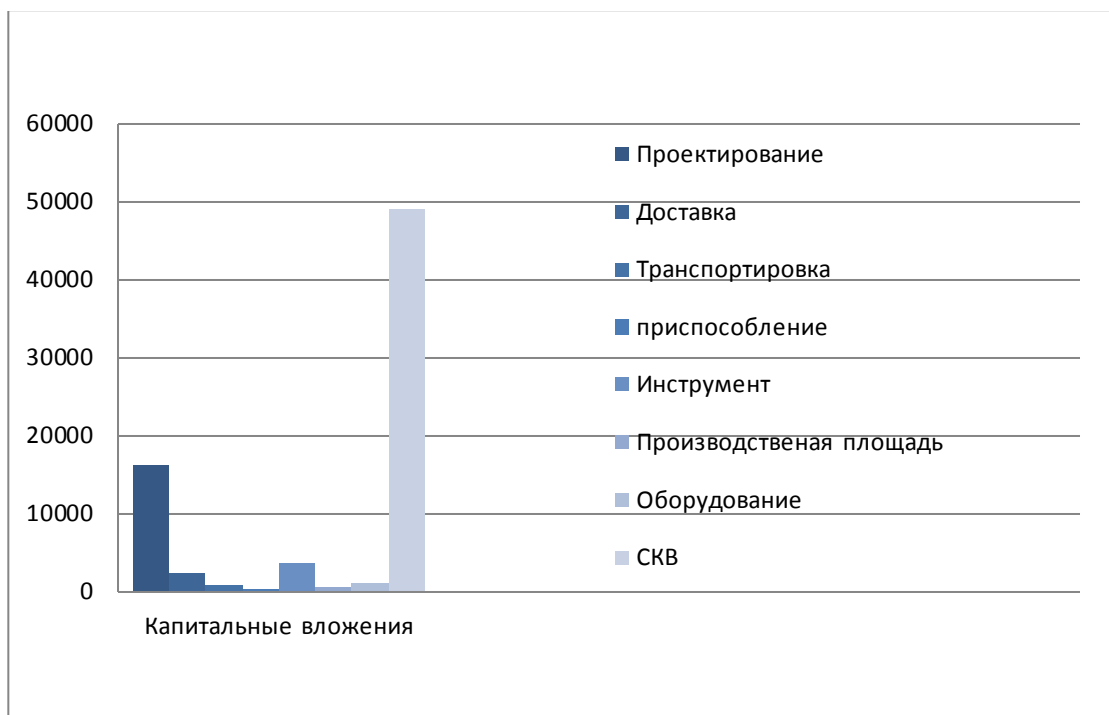


Рисунок 6.1 – Капитальные вложения.

Для обоснования эффективности проекта была использована методика [23].

При рентабельности технологического процесса в 25% была рассчитана чистая прибыль, которая составила 1143437 руб. Так же были рассчитаны такие параметры как: налог на прибыль, срок окупаемости проекта, общий дисконтированный доход, интегральный экономический эффект, индекс доходности.

Результаты вычислений представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложения

№ п/п	Наименование Показателей	Условное обозначение и единица измерения	Значение показателей
1	Ожидаемая прибыль	<i>П<sub>чист</sub>, руб.</i>	1429296
2	Налог на прибыль	<i>Н<sub>п</sub>, руб.</i>	285859
3	Срок окупаемости	<i>T<sub>ок</sub>, лет</i>	1,22
4	Общий дисконтированный доход	<i>Добщдиск, руб.</i>	952483
5	Интегральный экономический эффект	<i>Э<sub>инт</sub>, руб.</i>	703501
6	Индекс доходности	<i>ИД, руб.</i>	3,83

Анализируя показатели, представленные в таблице 2, можно сделать вывод, что внедрение предложенных изменений в технологический процесс

изготовления камеры всасывания будет эффективным. Такое заключение можно сделать, опираясь на ряд представленных величин, во-первых, это положительная величина интегрального экономического эффекта ( $\mathcal{E}_{ИИТ}$ ), которая составила 703501 руб., во-вторых, индекс доходности ( $ИД$ ), который составил 3,83 руб.

Ни смотря на то, что проект требует внушительных капитальных вложений – руб. 90477, по результатам расчетов он окупится в течении 1 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был представлен усовершенствованный технологический процесс изготовления детали камера всасывания «F», ротора компрессора TG-2516. В результате критического анализа технических требований и норм точности, предъявляемых к детали, уточнены формулировки технических требований. Конструкция детали отработана на технологичность. Выбран способ получения заготовки, который позволил сократить припуски, повысить качество поверхности и точность размеров на заготовительном этапе. В качестве режущего инструмента в основном использован инструмент со сменными многогранными твердосплавными пластинами.

Сокращено количество операций и, соответственно, количество оборудования за счет более широкого применения станков с ЧПУ. В конструкторских разработках станочных и контрольного приспособления спроектированы пневматические тиски для 075 фрезерной операции. Разработано контрольное приспособление для 070 токарной операции.

Разработали мероприятия по охране труда. Рассчитали себестоимость проектируемой детали и сравнили со стоимостью заводской детали, получили экономический эффект 703501 руб.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов / сост. А.С. Зубченко [и др.]; под ред. А.С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Машиностроение, 2003. – 782 с.
2. Клепиков, В.В. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учебник / В.В. Клепиков [и др.] - Москва: ИНФРА-М, 2017. – 295 с.
3. Клименко, С.С. Проектирование заготовок в машиностроении [Электронный ресурс]: практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. - Минск: Новое знание, 2013; Москва: ИНФРА-М, 2013. – 269 с.
4. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой горячекатаный круглый. Сортамент. – Введ. 2009–07–01. М.: Стандартинформ, 2009. – 8 с.
5. Расторгуев, Д.А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва». – Тольятти: ТГУ, 2015. – 140 с.
6. Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – Москва: Машиностроение, 2006. – 255 с.
7. Желобова, Т.А. Расчет припусков на обработку деталей: метод. указания к практ. занятиям по дисциплине «Технология машиностроения» / Т.А. Желобова; Владим. гос. ун-т. - Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2005. – 52 с.
8. [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com)
9. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990–07–01. М.: Стандартинформ, 1990. – 36 с.
10. Марков, В.В. Расчёт режимов резания. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Марков, А.В. Сметанников, П.И. Кискеев, Л.И. Лебедева, Д.А. Ветчинников. - Орел. Орел-ГТУ, 2010. – 112 с.

11. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 3 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - 3-е изд., перераб. и доп.; гриф УМО. - Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 536 с.
12. Родионов, Б.В. Металлорежущий инструмент: учебное пособие / Б.В. Родионов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 118 с.
13. Кузнецов, Ю. Н. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки: [монография] / Ю. Н. Кузнецов [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 476 с.
14. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, С. Н. Григорьев, В. П. Борискин. - 3-е изд., перераб. и доп.; гриф УМО. - Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 547 с.
15. Graham, T.Smith. Cutting tool technology. T.Smith. Graham – Southampton: Publishing Southampton Solent University, 2008. – 599 page.
16. Схиртладзе, А.Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению «Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в». Т. 2 / А.Г. Схиртладзе, С.Н. Григорьев, В.П. Борискин. – 4-е изд., перераб. и доп.; гриф УМО. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 517 с.
17. Chryssolouris, George. Manufacturing Systems: Theory and Practice. George Chryssolouris – Patras: Publishing University of Patras, 2005. – 603 page.
18. Марков, Н. Н. Нормирование точности в машиностроении: учеб. для машиностроит. спец. вузов / Н. Н. Марков, В. В. Осипов, М. Б. Шабалина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Высш. шк.: Академия, 2001. – 335 с.
19. Нахратова, Г. В. Основы метрологии, стандартизации и сертификации [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. пособие / Г. В.

Нахратова, А. Г. Схиртладзе; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти: ТГУ, 2015. – 197 с.

20. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.- методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –52 с.

21. Зубкова, Н.В. – к.э.н., доцент. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения». Тольятти: ТГУ, 2012. – 123 с.

22. Авраменко, В. Е. Технология машиностроения. Расчет припусков и межпереходных размеров: Учеб. пособие / В. Е. Авраменко, Красноярск: ПИ СФУ, 2007. – 88 с.

23. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: справочник / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков; под ред. В.И. Гузеева. – 2-е изд. – Москва: Машиностроение, 2007. – 364 с.

24. Дмитриев, В.А. Проектирование заготовок в машиностроении: учеб. пособ. / В.А. Дмитриев. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 174 с.

25. <http://www.columbuss.ru>

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Спецификация к сборочным чертежам.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A2			18.БР.ОТМП.202.62.000	Индикатор со стойкой СБ.		
<u>Детали</u>						
A4	1		18.БР.ОТМП.202.62.001	Куб магнитный	1	
A4	2		18.БР.ОТМП.202.62.002	Штанга	3	
A4	3		18.БР.ОТМП.202.62.003	Хамут зажимной	6	
A4	4		18.БР.ОТМП.202.62.004	Винт куба	1	
A4	5		18.БР.ОТМП.202.62.005	Винт штанги	3	
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
<u>Стандартные изделия</u>						
	9			Индикатор DIGICO 610 MI Tesa	2	
18.БР.ОТМП.202.62.001						
Изм. / лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб. Путин И.А.		Гуляев В.А.				
Проб.						
Исполн. Виткалов В.Г.		Логинов Н.Ю.				
Утв.						
Индикатор со стойкой				Лит. / лист / листов		1
ТГУ; ТМБ-1401						
Копировал				Формат А4		



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание												
<i>Сборочные единицы</i>																		
A2		1	18.БР.ОТМП.202.61.000	Фреза торцевая														
<i>Детали</i>																		
A4		4	18.БР.ОТМП.202.61.001	Оправка фрезы	1													
		5																
<i>Стандартные изделия</i>																		
		8		Пластина SEET13T3AGEN-JL	8													
		3		Винт TS43	8													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">18.БР.ОТМП.202.61.000</td> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">Изм. / лист</td> <td style="width: 30%;">№ докум.</td> </tr> <tr> <td>Разраб. Путин И.А.</td> <td>Подп. Дата</td> </tr> <tr> <td>Проб. Гуляев В.А.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр. Виткалов В.Г.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв. Логинов Н.Ю.</td> <td></td> </tr> </table>							18.БР.ОТМП.202.61.000		Изм. / лист	№ докум.	Разраб. Путин И.А.	Подп. Дата	Проб. Гуляев В.А.		Н.контр. Виткалов В.Г.		Утв. Логинов Н.Ю.	
18.БР.ОТМП.202.61.000																		
Изм. / лист	№ докум.																	
Разраб. Путин И.А.	Подп. Дата																	
Проб. Гуляев В.А.																		
Н.контр. Виткалов В.Г.																		
Утв. Логинов Н.Ю.																		
				Фреза торцевая	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Лист</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table>	Лист	Лист	Листов	1		1							
Лист	Лист	Листов																
1		1																
				ТГУ; ТМБ-1401														

Копировал

Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.  
Маршрутная карта.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Разраб.	Путин И.А.			ТГУ ТМ6-1401	18.БР.ОТМП.202.00.000												
Проверил	Гуляев В.А.																
Н.контр.	Виткалов В.Г.																
Т.контр.																	
Утвердил	Логинов Н.Ю.			Камера всасывания "F", ротора компрессора TG-2516													

M01	Сталь 20 ГОСТ 1050-88																	
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код заг.от.	Профиль и размеры				КД	МЗ					
	02	166	3,9	1		0,7	41 112Х	Ø738,6x218,6				1	230					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования							СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит.	Тпз	Тит.
А 03				001	Заготовительная													
Б 04	Литье в земляные формы																	
05																		
А 06				005	4260 Фрезерная				ИОТ 52, 96									
Б 07	38 1101 Фрезерный станок с ЧПУ Tajмас MCFV 1060						2	18217	1р		1	1	1	354	1	4,37	5,94	
О 08	Точить торцевые поверхности 10, 11, 12 в размер 334,3±0,18; 186,5±0,18; 216,3±0,17;																	
О 09	точить поверхности 3, 6, 19 в размер Ø137,8±0,175; Ø57,9±0,15; Ø239,1±0,175.																	
Т 10	39 6110 Тиски DIN 55027; 39 2571 Фреза ISO 1832-2004; Шангенциркуль.																	
11																		
А 12				010	0190 Слесарная				ИОТ 52, 96									
Б 13												354	1	5,03	10,62			
О 14	Зачистить торцевые поверхности 10, 11, 12																	
О 15	Подготовить к сварке 2х половин																	
МК		Маршрутная карта													72		1	







ПРИЛОЖЕНИЕ В  
Операционные карты.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


Разраб.	Путин И.А.			<b>ТГУ ТМ6-1401</b>	<b>18.БР.ОТМП.202.03.001</b>					
Проверил	Гуляев В.А.									
Н.контр.	Виткалов В.Г.									
Т.контр.										
Утвердил	Логинов Н.Ю.			<b>Камера всасывания "F"</b>						<b>055</b>

Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Сверлильная		Сталь 20 ГОСТ 1050-88		НВ 210		166	225	Ø711,4x205,6		5,6	1
Оборудование		Обозначение программы		То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ			
HAAS DT-1				4,37	0,67	0,12	10,62	Модус-А			
Р		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V		

О 01	<i>1. Установить первую заготовку в тиски.</i>										
Т 02	<i>Тиски</i>										
О 03	<i>2. Сверлить отверстия Ø14 в размеры с карты эскизов.</i>										
Т 04	<i>39 2571 Сверло ISO 1832-2004; приспособление контрольное специальное.</i>										
Р 05		1	Ø14	92	0,3	1	0,2 мм/об	290	115,7		
О 06	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления.</i>										
О 07	<i>4. Установить вторую заготовку в тиски.</i>										
Т 08	<i>Тиски</i>										
О 09	<i>5. Сверлить отверстия Ø30 в размеры с карты эскизов.</i>										
Т 10	<i>39 2564 Фреза концевая ISO 1832-2004; приспособление контрольное специальное.</i>										
Р 11		1	Ø30	118	0,3	1	0,2 мм/об	636	115,7		
О 12	<i>6. Открепить, снять деталь с приспособления, положить в тару.</i>										
13											

<b>OK</b>	<b>Операционная карта</b>										<b>1</b>
-----------	---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------

Дубл.										
Взам.										
Подл.										

Разраб.	Путин И.А.			<b>ТГУ ТМ6-1401</b>	<b>18.БР.ОТМП.202.61.000</b>								
Проверил	Гуляев В.А.												
Н.контр.	Виткалов В.Г.												
Т.контр.													
Утвердил	Логинов Н.Ю.			<b>Камера всасывания</b>									<b>075</b>

Наименование операции		Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Фрезерная		Сталь 20 ГОСТ 1050-88	НВ 210	166	225	Ø711,4x205,6		230	1	
Оборудование		Обозначение программы	То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ			
Spinner MCV 1600A			0,94	0,31	0,12	1,46	Модус-А			
Р			ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V

О 01 *1. Установить заготовку.*

Т 02 *Приспособление специальное. Тиски пневматические.*

О 03 *2. Обработать поверхности в размер с карты эскизов.*

Т 04 *Инструмент специальный фреза торцевая*

Р 05 *Размеры с карты эскизов*

О 06 *3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить в тару.*

07										
08										
09										
10										
11										
12										
13										

**ОК**    **Операционная карта**

1