

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О. Іванов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА-ШЕСТЕРНІ А356.14.83-17 ШЛЯХОМ  
ІНТЕНСИФІКАЦІЇ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ВЕРТИКАЛЬНО-  
ФРЕЗЕРНІЙ ОПЕРАЦІЇ**

Кваліфікаційна робота магістра

Спеціальність 131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)

Студент

Д. О. Ніколаєнко

Керівник

В. О. Колесник

Консультант з охорони праці  
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра становить 106 сторінок, в тому числі 29 рисунків, 24 таблиці, бібліографії із 29 джерел на трьох сторінках, двох додатків на 9 сторінках.

**Мета роботи.** Підвищення ефективності процесу фрезерування за рахунок застосування спеціального верстатного пристрою.

Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені та вирішені наступні **завдання**:

- 1) виконати аналіз службового призначення машини, вузла, деталі;
- 2) виконати аналіз технічних вимог на виготовлення вала-шестерні;
- 3) спроектувати заготовку з високим коефіцієнтом використання матеріалу;
- 4) розробити прогресивний технологічний процес виготовлення деталі;
- 5) спроектувати верстатний пристрій для фрезерної операції;
- 6) виконати науково дослідну частину.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес оброблення деталі «Вал-шестерня».

**Предмет дослідження** – вертикально-фрезерна операція деталі «Вал-шестерня».

**Наукова новизна отриманих результатів.** Наукова новизна роботи полягає в тому, що за рахунок запропонованого верстатного пристрою вдалося досягнути зменшення штучного часу на операцію, т.ч. інтенсифікувати процес оброблення деталі на вертикально-фрезерній операції.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ФРЕЗЕРУВАННЯ, ШПОНОЧНИЙ ПАЗ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ, РЕЖИМ РІЗАННЯ

## РЕФЕРАТ

Квалификационная работа магистра составляет 106 страниц, в том числе 29 рисунков, 24 таблиц, библиографии из 29 источников на трех страницах, двух приложений на 9 страницах.

**Цель работы.** Повышение эффективности процесса фрезерования за счет применения специального станочного устройства.

Для достижения поставленной цели в работе были установлены и решены следующие **задачи**:

- 1) выполнить анализ служебного назначения машины, узла, детали;
- 2) выполнить анализ технических требований на изготовление вала-шестерни;
- 3) спроектировать заготовку с высоким коэффициентом использования материала;
- 4) разработать прогрессивный технологический процесс изготовления детали;
- 5) спроектировать станочный устройство для фрезерной операции;
- 6) выполнить научно исследовательскую часть.

**Объект исследования** - технологический процесс обработки детали «Вал-шестерня».

**Предмет исследования** - вертикально-фрезерная операция детали «Вал-шестерня».

**Научная новизна полученных результатов.** Научная новизна работы заключается в том, что за счет предложенного станочного устройства удалось достичь уменьшения штучного времени на операцию, интенсифицировать процесс обработки детали на вертикально-фрезерной операции.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ,  
ФРЕЗЕРОВАНИЕ, ШПОНОЧНЫЙ ПАЗ, СТАНОЧНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ,  
РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

## **ABSTRACT**

The master's qualification is 106 pages, including 29 figures, 24 tables, bibliographies from 29 sources on two pages, two appendices on 9 pages.

The purpose of the work. Improving the efficiency of the milling process through the use of a special machine tool.

In order to achieve this goal, the following tasks were set and solved:

- 1) perform an analysis of the service purpose of the machine, unit, part;
- 2) perform an analysis of technical requirements for the manufacture of parts of the gear shaft;
- 3) to design a workpiece with a high efficiency of material;
- 4) to develop a progressive technological process of manufacturing parts;
- 5) design a machine tool for milling operation;
- 6) perform a research part.

The object of the study is the technological process of processing the part of the installation sleeve.

The subject of the study is turning operation of the part of the sleeve mounting.

Scientific novelty of the obtained results. The scientific novelty of the work is that due to the proposed machine tool it was possible to achieve a reduction in artificial time for the operation, including to intensify the process of machining the part on the vertical milling operation.

**TECHNOLOGICAL PROCESS, GEAR SHAFT, MILLING, KEY GROOVE,  
MACHINE DEVICE, CUTTING MODE**

## Содержание

	с.
Введение .....	4
Раздел 1 Анализ технологического процесса изготовления детали.....	7
1.2 Анализ технических условий и требований к конструкции детали. определение технологических задач по ее изготовления.....	11
1.3 Характеристика типа производства и организационной формы производства	13
1.4 Анализ технологичности конструкции детали .....	17
1.5 Анализ базового или типового технологического процесса .....	22
1.6 Выводы.....	24
Раздел 2 Совершенствование технологических процессов изготовления деталей	25
2.1 Разработка рационального варианта маршрутного технологического процесса.....	25
2.2 Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки .....	33
2.3 Расчет припусков на механическую обработку.....	39
2.4 Обоснование выбора металлорежущих станков.....	41
2.5 Обоснование выбора станочных приспособлений, режущего и измерительного инструментов.....	44
2.6 Расчет режимов резания.....	46
2.7 Техническое нормирование операций.....	56
2.8 Проектирование станочного приспособления.....	64
Раздел 3 Научное исследование .....	79
3.1 Автоматизация проектирования и выбора рациональной системы конструкции станочных приспособлений.....	79
3.2 Значение станочных приспособлений (сп) в производственном процессе .....	82
3.3 Методика проведения и выявления резервов оптимизации станочных приспособлений .....	83
3.4 Исследование напряженно-деформированного состояния предложенного станочного приспособления.....	85
3.5 Модальный анализ предложенного станочного приспособления .....	90

3.6 Выводы.....	92
Выводы.....	93
Список использованных источников .....	95
Приложение А.....	98
Приложение Б.....	99

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Машиностроение является одной из наиболее важных отраслей промышленности. Его продукция – машины различного назначения – поставляются всем отраслям народного хозяйства. Темпы перевооружения их новой техникой в значительной степени зависят от уровня развития машиностроения. Переход машиностроения на новые методы управления, применение новых достижений и разработок науки, внедрение наукоемких технологий и расширение номенклатуры изделий приведет к повышению уровня всех смежных отраслей промышленности.

Технический прогресс в машиностроении характеризуется не только улучшением конструкций машин, но и непрерывным совершенствованием технологии их производства. Важно качественно и в заданные сроки изготовить машину с минимальными затратами материалов, энергии, живого и овеществленного труда. В технологии машиностроения решаются задачи по всем технологическим переделам – от получения заготовки до приемки собранных изделий. Однако большое внимание уделяется конечным этапам производства – механической обработке заготовок и сборке машин. Эти процессы наиболее трудоемки (80-90% всей трудоемкости изготовления изделий) и взаимосвязаны между собой; они являются определяющими во всем цикле производства машин. Перед технологами и конструкторами машиностроения стоят задачи повышения качества машин, снижения трудоемкости, себестоимости и материалоемкости, внедрения поточных методов работы, механизации и автоматизации производства, а также сокращения сроков подготовки производства новых объектов. Поэтому наиболее важными направлениями развития технологии механической обработки в машиностроении стали интенсификация технологических процессов на основе применения режущих инструментов из новых инструментальных материалов, повышение размерной и геометрической точности, достигаемой при обработке, расширение области применения

оборудования с ЧПУ, создание полностью автоматизированных систем проектирования, управления и подготовки производства.

Неуклонное расширение области применения гидравлических насосов и совершенствование производства насосов требуют от современного инженера-машиностроителя теоретических знаний и практических навыков, для рационального проектирования, изготовления насосов и использования производимой ими гидравлической энергии.

**Цель работы.** Повышение эффективности процесса фрезерования за счет применения специального станочного приспособления.

**Объект исследования** - технологический процесс обработки детали «Вал-шестерня» А356.14.83-17.

**Предмет исследования** - вертикально-фрезерная операция детали «Вал-шестерня» А356.14.83-17.

**Методы исследования.** Работа выполнена с использованием современных положений теории обработки материалов резанием, технологии обработки типовых деталей и сборки машин, математического моделирования технологических процессов и оборудования. Компьютерное моделирование в среде КОМПАС и численное моделирование в комплексе ANSYS.

Для достижения поставленной цели в работе были установлены и решены следующие задачи:

- 1) выполнить анализ служебного назначения машины, узла, детали;
- 2) выполнить анализ технических требований на изготовление вала-шестерни;
- 3) спроектировать заготовку с высоким коэффициентом использования материала;
- 4) разработать прогрессивный технологический процесс изготовления детали;
- 5) спроектировать станочный устройство для фрезерной операции;
- 6) выполнить научно исследовательскую часть.



**Научная новизна полученных результатов.** Научная новизна работы заключается в том, что за счет предложенного станочного приспособления удалось Достичь уменьшения штучного времени на операцию, т.е. интенсифицировать процесс обработки детали на вертикально-фрезерной операции.

**Практическое значение полученных результатов** для машиностроительной отрасли заключается в практическом применении специального приспособления для фрезерной обработки при обработке шпоночных пазов на детали «Вал-шестерня».

**Апробация результатов квалификационной работы магистра.** Нет.

**Публикации.** Нет.

**Структура и объем квалификационной работы магистра.** Работа состоит из введения, трех разделов, перечня использованных источников и приложений. Полное описание квалификационной работы магистра составляет 106 страниц, в том числе 29 рисунков, 24 таблицы, библиографии из 29 источников на трех страницах.

## РАЗДЕЛ 1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

### 1.1 Анализ служебного назначения машины, узла детали. Описание конструктивных особенностей детали и условий эксплуатации

Целью данного раздела магистерской работы является анализ технологической операции изготовления детали “Вал-шестерня” А356.14.83-17, которая входит в состав “Лебедки ручной” А356.14.83-17, которая входит в состав утилизатора тепла УТЛ-6/115 (рис.1.1). Утилизатор тепла УТЛ-6/115 предназначен для использования тепла выхлопных газов агрегата ГПА-Ц1-16Л с целью теплоснабжения КС и внешних потребителей - прилегающих жилпоселков, сельскохозяйственных объектов. Утилизатор применяется на компрессорных станциях, оборудованных агрегатами типа ГПА-Ц1-16Л. Утилизатор изготавливается в климатическом исполнении УХЛ категории размещения 1 по ГОСТ 15150-69 и обеспечивает работоспособность при температуре окружающей среды от минус 55°С до плюс 40°С.

Обозначение утилизатора при заказе: УТЛ-6/115, где:

УТЛ - утилизатор тепла ГПА с газотурбинным двигателем АЛ-31 СТ разработки АНТЦ им. А. Люльки.

6 - теплопроизводительность, МВт;

115 - максимальная температура нагретой воды на выходе, °С.

Утилизатор тепла УТЛ-6/115 состоит из камеры утилизатора, диффузора, секций теплообменных, трубопроводной обвязки и площадок обслуживания.

Трубопроводная обвязка утилизатора включает в себя трубопроводы подвода и отвода теплоносителя, трубопроводы слива с теплообменников, трубопроводы слива с предохранительных клапанов и отвода воздуха с теплообменников. Для проведения регламентных работ установка оборудования площадками обслуживания с ограждениями. Доступ на площадки обслуживания осуществляется по лестницам.

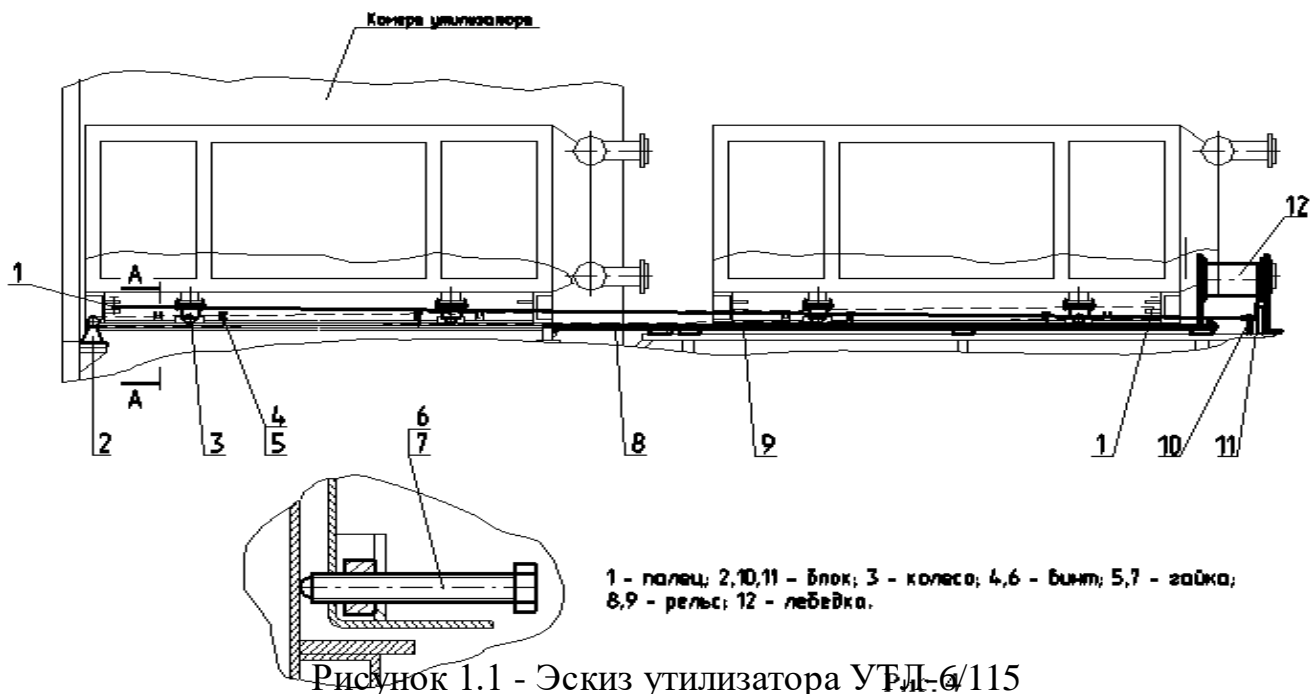
Принцип работы утилизатора основан на передаче тепла уходящих газов приводного двигателя агрегата теплоносителю. Теплоноситель подается из стационарной сети по трубопроводам к теплообменникам и после подогрева в них поступает в стационарную сеть к потребителям тепла.

В камере утилизатора монтируются две секции теплообменных.

Лебедка ручная предназначена для выкатки грузов из отсеков компрессоров, для выкатки и закатки теплообменника из камеры утилизатор при ремонтных и монтажных работах.

Техническая характеристика “ Лебедки ручной”:

- |  |   |              |
|--|---|--------------|
| 1. Тяговое усилие, кН(кгс)                             | - | 4,9(500);    |
| 2. Канатоемкость, м                                    | - | 30;          |
| 3. Усилие на рукоятку, Н(кгс)                          | - | 176(18);     |
| 4. Диаметр барабана                                    | - | 159;         |
| 5. Диаметр каната                                      | - | 7,2;         |
| 6. Навивка каната                                      | - | двухслойная; |
| 7. Передаточное число зубчатой цилиндрической передачи | - | 6.           |



Деталь „Вал-шестерня” (рис. 1.2) является частью “Лебедки ручной” и предназначена для передачи крутящего момента на барабан через зубчатое колесо. В детали имеются следующие конструктивные элементы:

- зубья (поз.7) для передачи крутящего момента на барабан;
- шпоночный паз (поз.10), служащий для установки шпонки, которая препятствует сдвигу храпового колеса;
- канавка (поз.11), служащая для установки стопорного кольца, которое препятствует сдвигу храпового колеса;
- квадраты (поз.1), служащие для вращения поворота ручки.

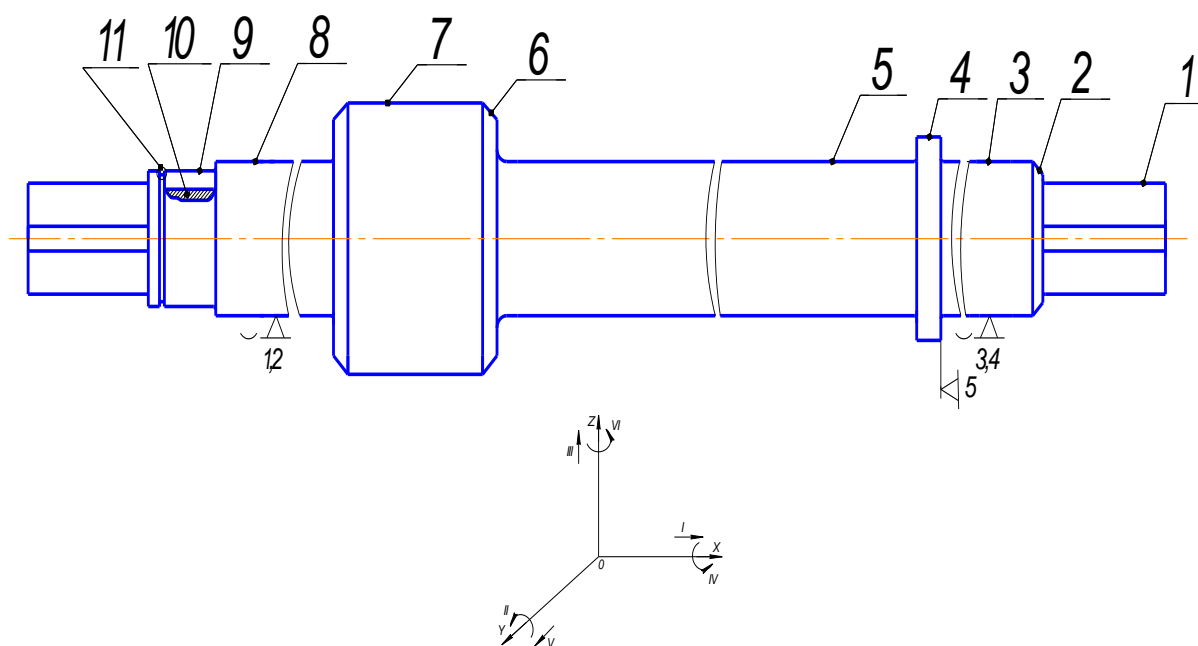


Рисунок 1.2 – Эскиз детали с нумерацией поверхностей

Таблица 1.2 – Матрица соответствий

№точки	Степ.свободы	База
1,2,3,4	I,IV,III,VI	ДНП
5	II	ОБ

Таблица 1.3 – Матрица связей:

База	X	Y	Z	Степ. свободы
ДНБ	0	1	1	L
	0	1	1	$\alpha$
ОП	1	0	0	L
	0	0	0	$\alpha$

При закреплении данной детали в узле она лишается 5 степеней свободы, так как имеют место двойная направляющая и опорная базы. Двойная направляющая база возникает при закреплении детали в подшипники скольжения, а опорная при зажатии ее стопорным кольцом. Свободными поверхностями являются 2,4,5,6,10,11.

Деталь и изделие, также как компрессор в целом эксплуатируется в умеренных условиях в диапазоне температур от -25 до + 50 ° С.

Сама деталь и изделие при работе создают шум на уровне 60-70 Дб.

## 1.2 Анализ технических условий и требований к конструкции детали.

### Определение технологических задач по ее изготовления

Деталь „Вал-шестерня” относится к деталям типа вал.

Деталь „Вал-шестерня” является частью “Лебедки ручной” и предназначена для передачи крутящего момента на барабан через зубчатое колесо. В детали имеются следующие конструктивные элементы:

- зубья для передачи крутящего момента на барабан;
- шпоночный паз, служащий для установки стопорного кольца, которое препятствует сдвигу храпового колеса;
- канавка, служащая для установки стопорного кольца, которое препятствует сдвигу храпового колеса;
- квадраты, служащие для вращения присоединяемой к валу ручки.

Материал детали – сталь 45. Данные о физико-механических свойствах приведены в таблице 1.4 (Л1).

Таблица 1.4 - Физико-механические свойства сталей

Материал	$\sigma_s, МПа$	$\psi, \%$	Свариваемость	Твердость, НВ	Химический состав, %					
					С	Si	Mn	Cr	S	P
Сталь 45	700	40	Трудно	170-179	0,42-0,50	0,17-0,37	0,5-0,8	$\leq 0,25$	$\leq 0,04$	$\leq 0,035$

Изначально материал детали сталь 45 конструктор выбрал правильно, так как данный материал детали позволяет ей выполнять свои непосредственные функции.

Простановку размеров на детали считаю правильной в соответствии с требованиями ЕСКД, так как их можно легко считать и через разность длины вала и одной из цилиндрических поверхностей можно определить другую.

Поверхности  $d25f8$  (рис. 1.3) являются основными конструкторскими базами. Поэтому соответственно конструктор проставил такие высокие требования к шероховатости, а именно шероховатость по критерию  $Ra=0,4\text{мкм}$ , а также жесткий допуск радиального биения  $0,06\text{мм}$ . Эти поверхности будут соприкасаться по посадке с зазором. Поверхность  $d22h7$  (рис. 1.3) является вспомогательной конструкторской базой для стопорного колеса. Поэтому конструктор задал требования к шероховатости по критерию  $Ra=0,8\text{ мкм}$ . Так как эти поверхности будут соприкасаться по посадке с зазором, в следствии чего трение должно быть минимальным, чтобы уменьшить износ. Поверхность  $d44^{-0.16}$  (рис. 1.3) является выступами зубьев шестерни имеет шероховатость по критерию  $Ra=1,6\text{ мкм}$  и допуск радиального биения  $0,08\text{мм}$ , что также не случайно. При соприкосновении этих поверхностей возникает трение и износ и поэтому на чертеже детали конструктор поставил именно такую шероховатость.

На чертеже детали указаны следующие технические требования:

1. Гр II НВ 269-302 ГОСТ 8479-70 которое обозначает группу поковки и твердость, которую необходимо обеспечить.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров  $H14, h14; IT14/2$  указывает на то, что все неуказанные предельные отклонения размеров указаны по 14 качеству точности.

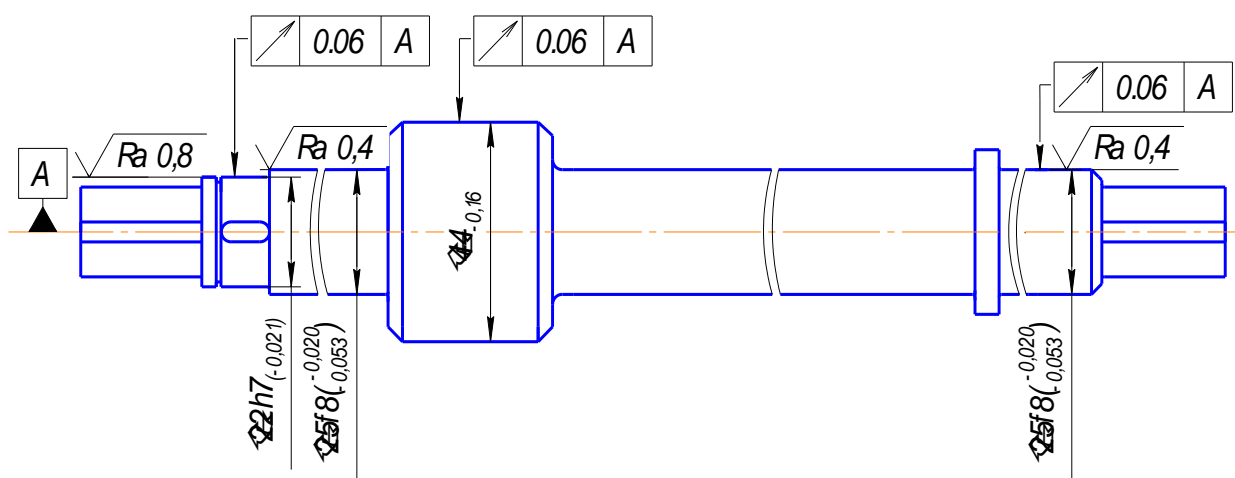


Рисунок 1.3 – Эскиз детали

### 1.3 Характеристика типа производства и организационной формы производства

Тип производства по ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций  $K_{з.о.}$ , который показывает отношения всех различных технологических операций, которые изготавливаются или подлежат изготовлению подразделением в течении месяца, к числу рабочих мест.

Выполняем расчет, согласно [3].

Исходные данные:

Годовая программа выпуска изделия  $N = 2000$  штук.

Режим работы предприятия - в две смены.

Действительный фонд работы оборудования  $F_d = 4029$ , часов.

Для расчета необходимо знать штучное время на выполнение механических операций. Данные по штучному времени «Вал-шестерни» возьмем из базового технологического процесса (табл. 1.5).

Таблица 1.5 – Штучное время на механические операции

№ операции	Наименование операции	$T_{шт}$ , мин
030	Токарно – винторезная	40
045	Токарно – винторезная	20
050	Вертикально-фрезерная	20
060	Горизонтально-фрезерная	20
065	Вертикально-фрезерная	20
070	Круглошлифовальная	30
075	Токарно – винторезная	20
100	Круглошлифовальная	30
105	Токарно – винторезная	20



Зная штучное время, потраченное на каждую операцию, определяем количество станков по формуле:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.1)$$

где  $N$  - годовая программа выпуска изделий, шт;

$T_{шт}$  - штучное время;

$F_d$  - действительный годовой фонд времени, ч;

$\eta_{з.н.}$  - нормативный коэффициент загрузки оборудования, по [3]  $\eta_{з.н.} = 0,8$ .

Таблица 1.6 - Нормирование операций

№ операции	Наименование операции	$T_{шт}$	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф.}$	$O$
030	Токарно – винторезная	40	0,06	1	0,06	12,9
045	Токарно – винторезная	20	0,031	1	0,031	27,8
050	Вертикально-фрезерная	30	0,046	1	0,046	17,2
060	Горизонтально-фрезерная	20	0,031	1	0,031	27,8
065	Вертикально-фрезерная	20	0,031	1	0,031	27,8
070	Круглошлифовальная	30	0,046	1	0,046	17,2
075	Токарно – винторезная	20	0,031	1	0,031	27,8
100	Круглошлифовальная	30	0,046	1	0,046	17,2
105	Токарно – винторезная	20	0,031	1	0,031	27,8
$\Sigma$	-	230	-	9	-	192,6

Коэффициент закрепления операции подсчитываем по формуле:

$$K_{з.о.} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} \quad (1.2)$$

Таким образом коэффициент закрепления операции равен:

$$K_{з.о.} = \frac{192,6}{9} = 21,2 \approx 21, \quad \text{что соответствует мелкосерийному типу}$$

производства, так как  $K_{з.о.}$  входит в пределы  $20 < 21 < 40$ .

Определяем форму организации производства.

Определяем партию запуска по формуле [3]:

$$n = Na/254, \quad (1.3)$$

где  $a = 24$  – периодичность запуска в днях [3].

$n = 2000 \cdot 24 / 254 = 189,9$ , принимаем партию запуска 190 штук.

Определяем среднюю трудоемкость механических операций:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{шт}}{n} = \frac{230}{9} = 25,5 \text{ хв.}$$

$n = 9$  - число операций.

Определяем суточное время работы оборудования:

$$F_{сут} = \frac{60 \cdot F_0}{254} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 952 \text{ хв.}$$

Корректируем размер партии за счет определения числа смен на изготовления всей партии:

$$З = \frac{T_{cp} \cdot N_{пар}}{F_з \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{25,5 \cdot 190}{476 \cdot 0,8} = 32,7.$$

$$F_з = \frac{F_{сут}}{2} = \frac{952}{2} = 476 \text{ мин.}$$

$\eta_{з.н.} = 0,8$  - нормативный коэффициент загрузки оборудования.

Число смен округляем до ближайшего целого значения:  $З_{пр} = 35$ .

Тогда число деталей в партии:  $N_{пар} = \frac{F_з \cdot З_{пр} \cdot \eta_{з.н.}}{T_{cp}} = \frac{476 \cdot 35 \cdot 0,8}{25,5} = 484$  шт.

Так как рассчитанный тип производства мелкосерийный, то принимаем групповую форму организации работ.

Тип производства определяется комплексной характеристикой технических, организационных и экономических особенностей производства, обусловленных широкой номенклатурой и стабильностью и объемом выпуска продукции.

Технологические процессы в условиях мелкосерийного производства типа разрабатываются укрупненно в виде маршрута на обработку деталей по каждому заказу. Механические участки оснащают универсальным оборудованием и оснасткой для деталей широкой номенклатуры. Огромное разнообразие работ, что

приходится выполнять многим рабочим, требует от них крутых профессиональных навыков, а также практикуется совмещение профессий.

Организация производства имеет свои особенности:

- ввиду разнообразия деталей и способов их обработки производственные участки строятся с расстановкой оборудования по однородным группам. При такой организации производства детали в процессе изготовления проходят через различные участки;

- при передаче их на каждую последующую операцию также необходимо тщательно проработать вопросы контроля качества обработки;

- особенностью оперативного планирования и управления заключаются в своевременных комплектации и выполнении заказов, контроле за продвижением каждой детали по операциям, обеспечении планомерной загрузки участков и рабочих мест;

- огромнейшие проблемы возникают в организации материально-технического снабжения.

Но иногда в мелкосерийном производстве предметная специализация участков делает целесообразной обработку партии деталей параллельно на нескольких станках, выполняющих следующие друг за другом операции. Как только на предыдущей операции заканчивается обработка нескольких первых деталей, они передаются на следующую операцию до окончания обработки всей партии.

Характерными признаками такой организации производства являются: поддетальная специализация производственных подразделений; запуск деталей в производство партиями по типовым специально разрабатываемым графикам; параллельно-последовательное прохождение партий деталей по операциям; выполнение на участках технологически завершеного комплекса работ.

## 1.4 Анализ технологичности конструкции детали

Повышение технологичности конструкции детали позволяет снизить трудоемкость и себестоимость ее изготовления. Технологична та конструкция, обработка которой возможна с максимальной производительностью труда и минимальной себестоимостью. Деталь должна обрабатываться на технологичность конструктором при проектировании, технологом при составлении технологического процесса и программистом при составлении программ для станков с ЧПУ.

Существуют качественная и количественная оценка технологичности.

К качественным относятся следующие показатели:

- физико-механические свойства материал детали;
- базирование и закрепление;
- простановка размеров;
- допуски формы и расположения;
- взаимозаменяемость;
- нетехнологичные конструктивные элементы.

К количественным показателям технологичности относятся:

- коэффициент использования заготовки и материала;
- коэффициент точности;
- коэффициент шероховатости;
- себестоимость;
- коэффициент унификации.

Анализ детали по качественным критериям технологичности

Деталь вал-шестерня относится к деталям типа вал. Габариты детали – диаметр 44 мм и длина 428 мм. Деталь не жесткая, так как отношение длины к диаметру больше в 9,73 раз, поэтому при установке детали в центрах необходимо использовать люнет. По материалу деталь вал-шестерня технологична, так как сделана из стали 45, которая является одной из наиболее распространенных и

хорошо обрабатывается резанием. Проблемы с поставками материала не возникнет, так как сталь 45 имеет материалы-заменители, такие как сталь 40, сталь 40Х, сталь 50, сталь 50Г2 и т.д.

С точки зрения геометрической формы все поверхности являются простыми, кроме зубчатого венца. Наличие зубчатого венца снижает технологичность, так как необходимы дополнительные методы обработки (чистовое и черновое фрезерование). При наличии выше названного нетехнологичного элемента изменения в конструкцию вводить не будем, так как эти недостатки не существенны. С точки зрения геометрической формы все поверхности являются простыми, кроме зубчатого венца.

С точки зрения увеличения количества поверхностей на детали, которые не подлежат механической обработке, в нашем случае некоторые из поверхностей не являются сопрягаемыми или имеют несущественное функциональное назначение и их можно оставить с теми параметрами, которые формируются в процессе штамповки. Поэтому по данному показателю деталь не технологична.

Изменения формы детали с целью оптимизации использования материала при раскрое исходной заготовки не является рациональным, так как при штамповке на КГШП получаем штучную заготовку, что исключает использования отходов для изготовления других деталей. Поэтому по данному показателю деталь не технологична. Заготовку можно изготавливать поковкой (кованной или штампованной).

Все размеры на чертеже проставлены технологично, так как по ним можно легко определить траекторию движения резца, если это токарная операция на станке с ЧПУ и т. п. Например, на чертеже вала нет замкнутой цепочки размеров, и через разницу размеров длины вала и одной из цилиндрических поверхностей можно определить другую.

Наличие большого количества классовых поверхностей (6-8 квалитет) делают данную деталь нетехнологичной. По шероховатости деталь можно считать нетехнологичной, так как она имеет ряд поверхностей с шероховатостью по

критерию Ra 0,4-1,6 мкм. Указанная шероховатость поверхностей достигается на чистовых этапах обработки поверхностей, в частности, круглого шлифованием. Согласно рисунку 1.2 поверхности 3 и 8 имеют 8 квалитет при шероховатости по критерию Ra 0,4 мкм. Наиболее точной является поверхность 9, размерная точность которой соответствует 7 квалитету. Для достижения данного квалитета размерной точности необходимо несколько этапов обработки (точение черновое, п/ч и шлифование). Мы не можем изменить данные поверхности, так как деталь будет работать в подшипниках и поэтому они являются ответственными основными конструкторскими базами детали. В базовом технологическом процессе в качестве исходной заготовки используетсяковка на молотах. Снижению технологичности детали способствуют радиусы R2 и R0,5. Нетехнологичным элементом является закрытый шпоночный паз, потому что он обрабатывается шпоночными или концевыми фрезами, а не дисковыми, потому что дисковые фрезы более продуктивны. Увеличение производительности обработки способствует уменьшению себестоимости. Если обрабатывать данный паз маятниковой подачей, то необходим специальный шпоночно-фрезерный станок, что также способствует увеличению себестоимости детали. Нетехнологичными элементами детали являются квадраты, обработка которых требует 4 дополнительных установов с использованием делительных механизмов. Нетехнологичным элементом является канавка, ширина которой составляет 1,4 мм, что требует использования специального режущего инструмента (канавочного резца). Ограничение радиального биения малым допуском также является нетехнологичным показателем, так как эти требования усложняют измерение и требуют специальные мерительные устройства.

#### Анализ детали по количественным критериям технологичности

Для определения коэффициентов точности и шероховатости заполняется таблица 1.7.

Таблица 1.7 - Анализ технологичности детали по количественным методам оценки

Наименование поверхностей	Количество	Квалитет	Шероховатость, Ra (мкм)
Ø 22h7 <sub>(-0,002)</sub>	1	7	0,8
Ø25f8 <sub>(-0,020)</sub> <sub>(-0,053)</sub>	2	8	0,4
Ø44 <sub>-0,16</sub>	1	11	1,6
Ø33	1	14	6,3
Ø25	1	14	6,3
14	1	7	0,8
34	1	11	1,6
46	1	8	0,4
245	1	14	6,3
5	1	14	6,3
34	1	14	6,3
25	2	14	6,3
фаска 1x45°	1	14	6,3
фаска 2x45°	2	14	6,3

Достижимый средний квалитет точности всех поверхностей вычисляется по формуле:

$$\dot{O}_{\bar{a},\bar{n}\delta} = \frac{\sum \dot{O}_i n_i}{\sum n_i}, \quad (1.4)$$

где  $T_i$  – квалитет точности  $i$ -того размера поверхностей

$n_i$  – число размеров соответствующего квалитета точности

$$\dot{O}_{\bar{a},\bar{n}\delta} = \frac{164}{17} = 9,65$$

Коэффициент точности вычисляется по формуле:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{\bar{a},\bar{n}\delta}} \quad (1.5)$$

$$\hat{E}_\phi = 1 - \frac{1}{9,65} = 0,9$$

Коэффициент шероховатости всех поверхностей вычисляется по формуле:

$$\phi_{\text{á.ñð}} = \frac{\sum \phi_i n_{i\phi}}{\sum n_{i\phi}}, \quad (1.6)$$

где  $\phi_i$  – шероховатость поверхности по критерию Ra, мкм;

$n_{i\phi}$  – число поверхностей соответствующей шероховатости

$$\phi_{\text{á.ñð}} = \frac{56}{17} = 3,29$$

Коэффициент шероховатости вычисляется по формуле:

$$K_\phi = 1 - \frac{1}{\phi_{\text{á.ñð}}} \quad (1.7)$$

$$\hat{E}_\phi = 1 - \frac{1}{3,29} = 0,7$$

Определение коэффициента использования материала:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{M}{M_{\text{м}}}, \quad (1.8)$$

где  $M$  – масса готовой детали,  $M = 2,3$  кг

$M_{\text{м}}$  – масса заготовки,  $M_{\text{м}} = 3,42$  кг

$$M_{\text{м}} = M_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}}, \quad (1.9)$$

$$M_{\text{м}} = 2,3 \cdot 1,6 = 3,68 \text{ кг}$$

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{2,3}{3,68} = 0,63$$

Вывод: в целом конструкция детали является достаточно простой по форме, большинство поверхностей являются открытыми (имеется свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям) и несмотря на ряд нетехнологичных элементов данная конструкция детали технологична.



## 1.5 Анализ базового или типового технологического процесса

Анализ будем производить на основании базового технологического процесса. В данном технологическом процессе последовательность механической обработки соответствует общепринятым этапам построения технологического процесса.

На первой технологической операции производится обработка поверхностей, которые на последующих операциях будут приняты за базовые (чистовые).

Технологический процесс изготовления детали приведен в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Технологический процесс изготовления детали «Вал-шестерня»

Номер операции	Наименование операции	Оборудование
005	Заготовительная	Паровоздушный ковочный молот М 132
010	Термическая	Термическая печь
015	Контрольная	Стол ОТК
020	Фрезерная	ТВ-300
025	Слесарная	Слесарный стол
030	Контрольная	Стол ОТК
035	Токарно-винтозная	ТВ-300
040	Токарно-винторезная	ТВ-300
045	Контрольная	Стол ОТК
050	Фрезерная	6Р12
055	Контрольная	Стол ОТК
060	Разметочная	Разметочная плита
065	Фрезерная	6К81Г
070	Контрольная	Стол ОТК
075	Кругло-шлифовальная	3А164А
080	Контрольная	Стол ОТК
085	Слесарная	Слесарный стол
090	Зубофрезерная	Стол ОТК
095	Слесарная	Слесарный стол
100	Контрольная	Стол ОТК

Технологический процесс изготовления детали “Вал-шестерня” в заводском варианте выполнен как маршрутный, что соответствует единичному типу производства. Он содержит 20 операции, из которых 7 операций механической обработки, остальные - контрольные, слесарные, разметочные.

Анализируя базовый технологический процесс, мы можем выделить следующие недостатки:

– По заводскому технологическому процессу можно сказать, что операции обработки выбраны в основном правильно. Но есть мелкие недостатки, которые возможно вызваны дополнительными требованиями конструктора.

– Металлообрабатывающие станки выбраны универсальными на всех операциях, что значительно ухудшает точность обработки, увеличивает ее время, а, следовательно, и себестоимость детали. При нынешних условиях и конкуренции на рынке нужно максимально по возможности использовать более современные станки, которые позволяли бы обрабатывать деталь при высоких скоростях резания, были бы жесткими по конструкции и давали бы необходимую точность. Наиболее подходящие для этого станки с ЧПУ. В маршрутном ТП не указаны способы базирования и закрепления заготовки, выполняемые операционные размеры, подробно не расписан режущий инструмент и мерительный инструмент.

– В настоящее время выбран старый инструмент (с напайными пластинами) что не позволяет обрабатывать деталь на более прогрессивных режимах резания с использованием оборудования с ЧПУ. Инструмент надо заменить на: резцы с неперетачиваемыми многогранными пластинами из твердого сплава, а также использовать для обработки твердосплавные сверла и фрезы взамен инструмента из быстрорежущей стали

– Измерительный инструмент используются устаревших конструкций или безшкальные т.е. скобы и калибры это быстро и точно при измерении, но довольно дорого для данного типа производства. Нужно проектировать новые

измерительные приспособления которые были бы более дешевле чем скобы но более точны при измерении и отличались бы своей универсальностью.

Режимы резания выбраны и посчитаны правильно. Но из-за того что оборудование и материалы режущих инструментов на производстве используются устаревшие то это эти режимы нецелесообразно применять для современных станков, так как эти станки позволяют работать на более прогрессивных и форсированных режимах. При изменении этих недостатков можно будет повысить режимы резания до оптимальных. Следовательно, сократить время обработки и повысить точность изготовления деталей.

### **1.6 Выводы**

В качестве выводов и предложений следует внести необходимость разработки технологического процесса на принципах технологии машиностроения на основе использования современных станков и обрабатывающих центров с числовым программным управлением, специальных станочных приспособлений и инструмента с неперетачиваемыми режущими пластинами.

## РАЗДЕЛ 2 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

### 2.1 Разработка рационального варианта маршрутного технологического процесса

Качество изготовления детали в большей степени зависит от правильности установки и закрепления заготовки на станке. Установка состоит из базирования, т.е. ориентации заготовки относительно исполнительных органов станка, инструмента или траектории его перемещения, и закрепления, т.е. приложения сил к заготовке для фиксации положения заготовки, достигнутого при базировании.

Поверхность, используемая для базирования, должна соответствовать следующим требованиям:

- большие размеры, геометрически правильная форма;
- низкая шероховатость поверхности (без задиров, наплывов, буртиков, остатков литниковой системы и т.д.);
- непосредственная размерная связь с обрабатываемой поверхностью, близкое расположение к обрабатываемой поверхности;
- отсутствие значимых деформаций и низкой жесткости базовых поверхностей;
- использование принципа постоянства баз;
- возможность простого и удобного закрепления заготовки.

Для рассмотрения в этом пункте магистерской работы было принято три операции базового технологического процесса:

- операция 020 фрезерно-центровальная;
- операция 040 токарно – винторезная;
- операция 060 вертикально – фрезерная.

Выбор метода установки и закрепления заготовки на станке определяется конфигурацией заготовки, серийностью изготовления и принятыми методами обработки. Методы установки и закрепления заготовки на столе станка существенно влияют на точность, качество обрабатываемых поверхностей и на общую продолжительность обработки.

### 020 Фрезерно-центровальная

На данной операции производится обработка торцов заготовки в размер  $L=438\pm 0,5$  мм и сверление 2-х отверстий А 3,15 ГОСТ 14034-74

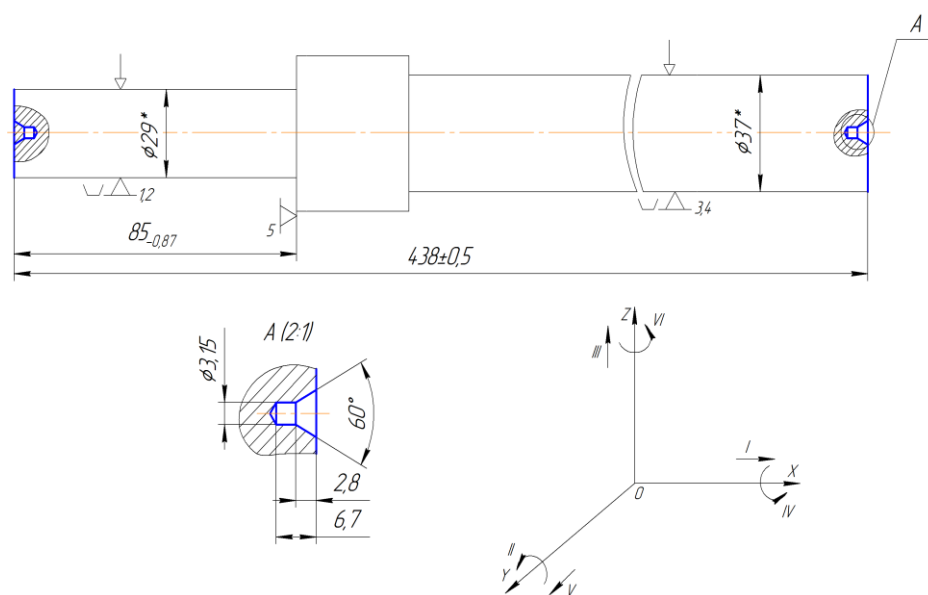


Рисунок 2.1 – Схема базирования детали на операции 020

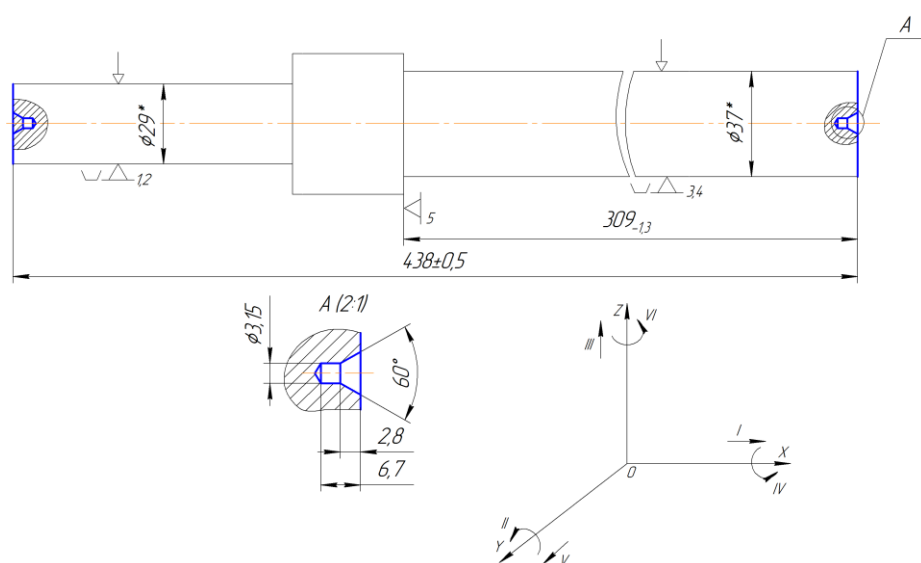


Рисунок 2.2 – Альтернативная схема базирования детали на операции 020

В технологическом процессе для рассматриваемой операции, предложено базирование в призмах с упором в торец, т.е. представлены две технологические базы:

- 1) двойная направляющая база – деталь лишена четырех степеней свободы – двух вращений и двух перемещений;
- 2) опорная - деталь лишена одного перемещения.

Принято в качестве базовых поверхностей основную конструкторскую базу – шейки вала  $\varnothing 29\text{мм}$ ,  $\varnothing 37\text{мм}$  которыми деталь устанавливается в призмах. В качестве опорной базы в равной мере могут использоваться 2 торца (рисунок 7.1 и 7.2):  $438/\varnothing 37$  и  $\varnothing 37/\varnothing 29$ .

Матрица связей и таблица соответствий для рассматриваемых схем базирования приведены в таблице 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 - Матрица связей

№ точки	Степ.свободы	База
1,2,3,4	I, IV, III, VI	ДНБ
5	II	ОБ

Таблица 2.2 - Матрица связей

База	X	Y	Z	Степ. свободы
ДНБ	0	1	1	L
	0	1	1	$\alpha$
ОБ	1	0	0	L
	0	0	0	$\alpha$

Погрешности базирования на точностные параметры по первому варианту :

$$\varepsilon_{\varnothing 85} = T_{309} = 870 \text{ мкм} = 0,87 \text{ мм};$$

При базировании по второму варианту погрешность базирования выглядит следующим образом:

$$\varepsilon_{\varnothing 309} = T_{309} = 1300 \text{ мкм} = 1,3 \text{ мм}.$$

Погрешность базирования  $\varepsilon_{\varnothing 85} = 870 \text{ мкм}$  при первом варианте не превосходит допуск на размер  $T_{438} = 1550 \text{ мкм}$ .

Исходя из выше изложенного, следует заметить, что первый вариант базирования заготовки на фрезерно-центровальной операции является более предпочтительным чем второй так как погрешность при первом варианте меньше чем при втором.

Данная схема базирования достигается с помощью специального станочного приспособления.

040 токарная с ЧПУ.

На токарную операцию возможно предложить две схемы базирования и закрепления заготовки:

а) Базирование с использованием плавающего и вращательного правого центра.

б) Базирование в жестком левом и вращательного правого центра.

Рассмотрим базирование с использованием левого плавающего и вращательного правого центра.

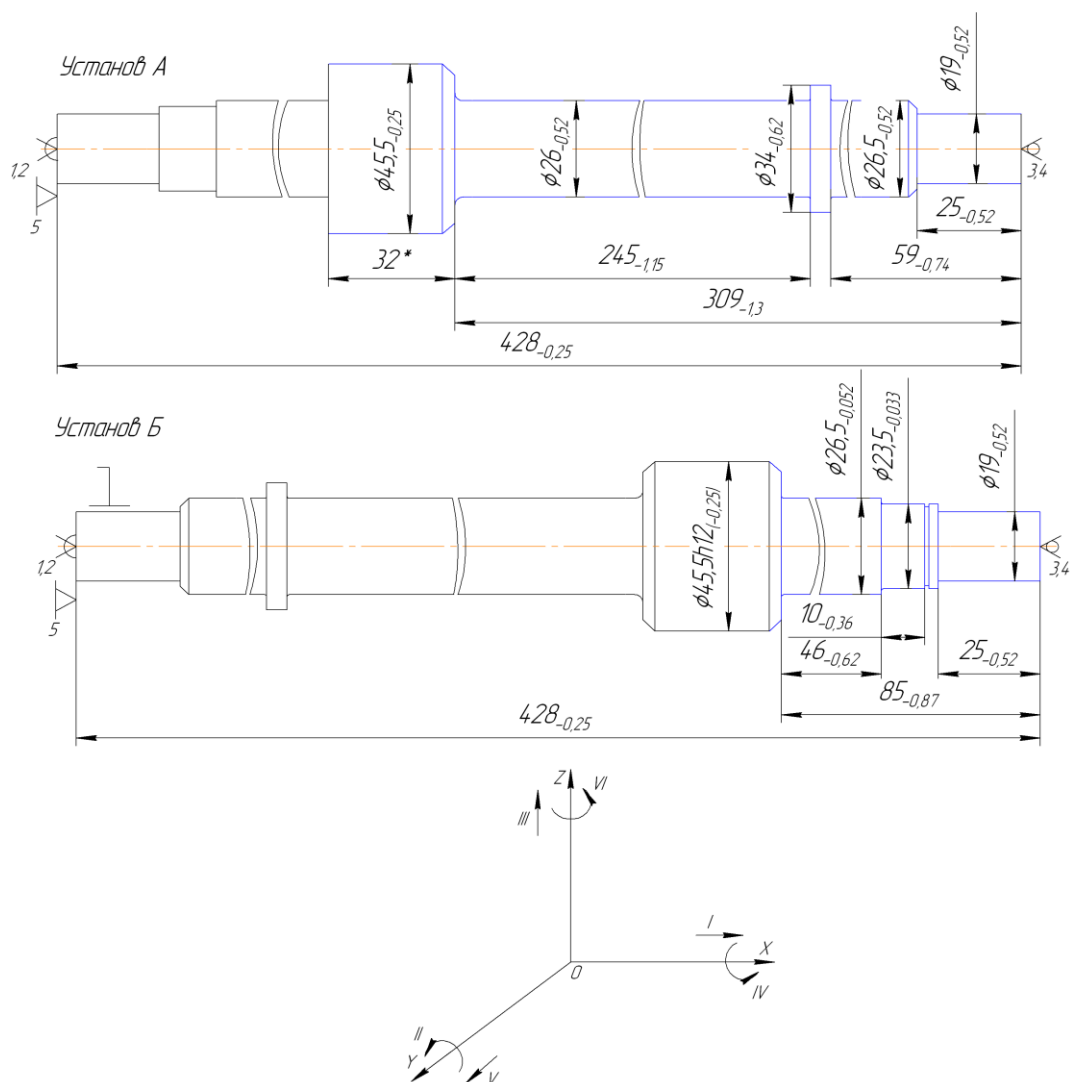


Рисунок 2.3 – Схема обработки вала с использованием левого плавающего и вращательного правого центра

Таблица 2.3 - Матрица соответствий

№точки	Степ.свободы	База
1,2,3,4	I, IV, III, VI	ДНБ
5	II	ОБ

Таблица 2.4 - Матрица связей

База	X	Y	Z	Степ. свободы
ДНБ	0	1	1	L
	0	1	1	$\alpha$
ОБ	1	0	0	L
	0	0	0	$\alpha$

Расчет погрешностей базирования на исполняемые размеры

Установ А

$$E_{б\ 25} = T_{428} = 0,25 \leq T_{25} = 0,52 \text{ мм}$$

$$E_{б\ 59} = T_{428} = 0,25 \leq T_{59} = 0,74 \text{ мм}$$

$$E_{б\ 309} = T_{428} = 0,25 \leq T_{309} = 1,3 \text{ мм}$$

$$E_{б\ 245} = 0 \text{ мм}$$

Установ Б

$$E_{б\ 25} = T_{428} = 0,25 \leq T_{25} = 0,52 \text{ мм}$$

$$E_{б\ 85} = T_{428} = 0,25 \leq T_{85} = 0,87 \text{ мм}$$

$$E_{б\ 10} = 0 \text{ мм}$$

$$E_{б\ 46} = 0 \text{ мм}$$

Рассмотрим базирование в жестком левом и вращательном правом центре

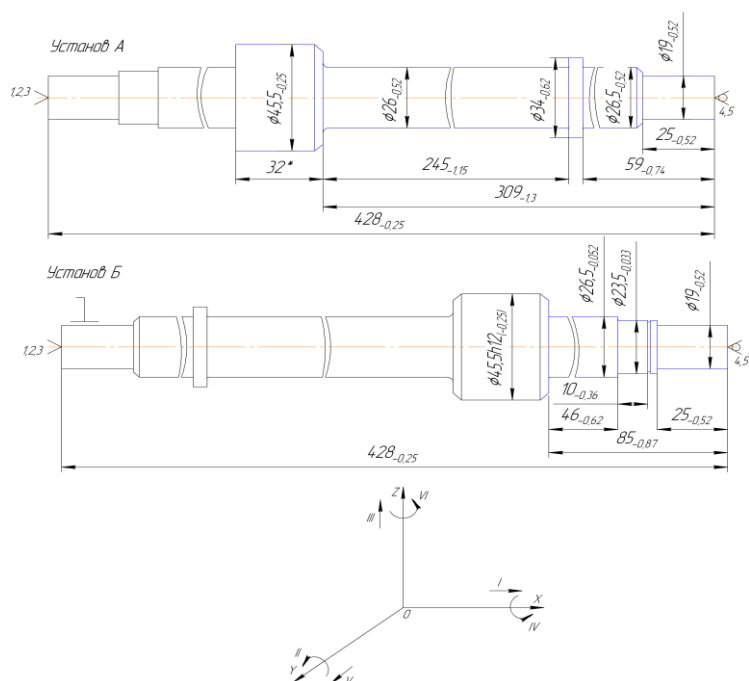


Рисунок 2.4 – Схема обработки вала с использованием жестком левом и вращательного правом центра



При этом методе базирования еще существует погрешность базирования на зацентровку. Таким образом  $\varepsilon_A = \varepsilon_u$ .

Рассчитаем погрешность базирования на зацентровку:

$$\varepsilon_u = \frac{\delta_D}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)}, \quad (2.1)$$

где  $\delta_D$  - допуск по диаметру конической части центрального гнезда, 0,43мм;

$\alpha$  - угол при вершине конуса центрального гнезда,  $60^\circ$ .

Производим расчет согласно формуле (7.1.2):

$$\varepsilon_u = \frac{0,43}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{120}{2}\right)} = 0,124 \text{ мм}$$

Таблица 2.5 – Матрица соответствий

База	X	Y	Z	Степ. свободы
ДНБ	0	1	1	L
База	X	Y	Z	Степ. свободы
ДНБ	0	1	1	L
	0	1	1	$\alpha$
ОБ	1	0	0	L
	0	0	0	$\alpha$
	0	1	1	$\alpha$
ОБ	1	0	0	L
	0	0	0	$\alpha$

Таблица 2.6 – Матрица связей

Расчет погрешностей базирования на исполняемые размеры

Установ А

$$E_{\delta_{25}} = T_{428} + \varepsilon_{\delta} = 0,25 + 0,124 \leq T_{25} = 0,52 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{59}} = T_{428} + \varepsilon_{\delta} = 0,25 + 0,124 \leq T_{59} = 0,74 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{309}} = T_{428} + \varepsilon_{\delta} = 0,25 + 0,124 \leq T_{309} = 1,3 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{245}} = \varepsilon_{\delta} = 0,124 \text{ мм}$$

Установ Б

$$E_{\delta_{25}} = T_{428} + \varepsilon_{\delta} = 0,25 + 0,124 \leq T_{25} = 0,52 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{85}} = T_{428} + \varepsilon_{\delta} = 0,25 + 0,124 \leq T_{85} = 0,87 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{10}} = 0,124 \text{ мм}$$

$$E_{\delta_{46}} = 0,124 \text{ мм}$$

Таким образом видим, что погрешность базирования меньше при базировании с использованием левого плавающего и вращательного правого центра. Погрешности базирования на размер 428 намного больше чем допуски на соответствующие размеры, а следовательно точность не будет обеспечена, следовательно необходимо ужесточить допуск на размер 428, выполнив его по 10-му качеству.

### 060 Вертикально-фрезерная

На данной операции обрабатывается паз, размеры которого составляют: длина 10мм, ширина  $5P9 \begin{smallmatrix} -0,012 \\ -0,042 \end{smallmatrix}$  мм, глубина  $3^{+0,1}$  мм

Существует возможных варианта базирование и закрепление заготовки:

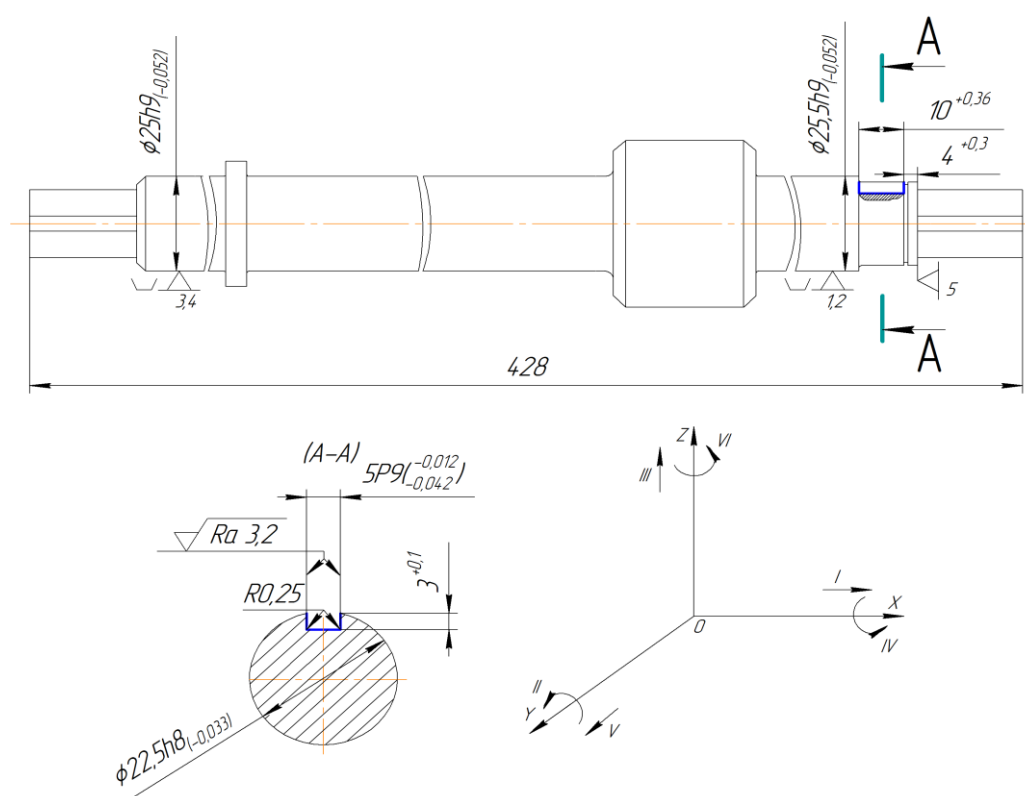


Рисунок 2.5 - Схема базирования заготовке на вертикально-фрезерной операции

Закрепление и базирование заготовки согласно рис. 2.5 производится поверхностями  $\varnothing 25,5h9$  с двух сторон в призмах с упором в  $\varnothing 22,5h8$ . Призмы ориентируют заготовку относительно осей координат OZ и OY, а торец лишает перемещения вдоль оси OX. Такое базирование лишает деталь пяти степеней свободы и обеспечивает требования чертежа. Погрешность базирования для размера мм для первой схемы базирования (рис. 2.5) равна  $E_{a1} = T_4 = 300$  мкм.

Таблица 2.7 – Матрица соответствий

№ точки	Степ.свободы	База
1,2,3,4	I, IV, III, VI	ДНБ
5	II	ОБ

Таблица 2.8 – Матрица связей

База	X	Y	Z	Степ. свободы
ДНБ	0	1	1	L
	0	1	1	$\alpha$
ОБ	1	0	0	L
	0	0	0	$\alpha$

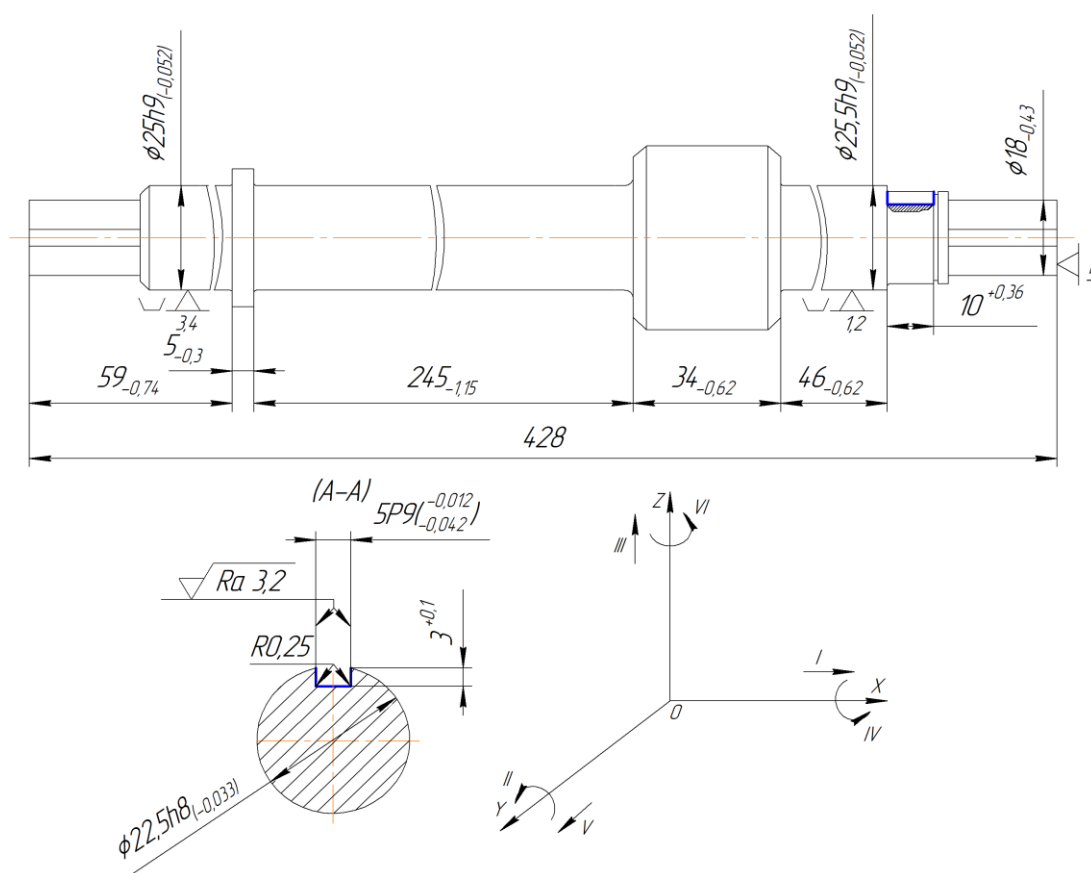


Рисунок 2.6 – Альтернативная схема базирования заготовки на вертикально-фрезерной операции

Закрепление и базирование заготовки по схеме 2 производится поверхностями  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  с двух сторон в призмах с упором в  $\varnothing 18h14_{(-0,43)}$ . Призмы ориентируют заготовку относительно осей координат OZ и OY, а торец лишает перемещения вдоль оси OX. Такое базирование лишает деталь пяти степеней свободы и обеспечивает требования чертежа.

Погрешность базирования  $E_{a2}$  на размер для второй схемы базирования (рис. 2.6) равна:  $E_{a2} = \Delta_{428} + \Delta_{46} + \Delta_{34} + \Delta_{245} + \Delta_5 + \Delta_{59} + \Delta_4$

$$E_{a2} = 1550 + 620 + 620 + 1150 + 300 + 740 + 300 = 5280 \text{ мкм}$$

Точность базирования  $E_6$  определяется по формуле:

$$\Delta_{\alpha} = \frac{\Delta(\hat{\alpha} 21,5)}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right) = \frac{0,052}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{90^\circ}{2}} + 1 \right) = 0,04 \text{ мм}$$

где  $T(\varnothing 21,5) = 0,052$  – допуск на установочный размер  $\varnothing 21,5$ ;  $\alpha = 90^\circ$  – угол призмы.

Сравниваем допуск на глубину паза  $T = 0,2 \text{ мм} > E_6 = 0,04 \text{ мм}$  и делаем вывод, что точность будет обеспечена.

Из рассмотренных схем базирования, погрешность базирования будет наименьшей при реализации схемы 1. Точность выполнения ширины паза определяется точностью изготовления режущей части фрезы (размер 5P9), точностью настройки станка (размер 10 мм) и точностью базирования вала в призме (размер  $3^{+0,1}$  мм). Последний достигается при способе автоматического обеспечения размера на предварительно настроенном станке и рассчитывается как точность базирования вала в призме.

## 2.2 Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Основным условием рациональной технологии есть максимальное приближение формы и размеров заготовки к форме готовой детали, поэтому

проектирование заготовки является одним из важнейших этапов построения технологического процесса.

Рассмотрим два варианта способов получения заготовки для детали «Вал-шестерня». Первым вариантом есть получение заготовки свободной ковкой на молотах, так как это производится в базовом технологическом процессе (при единичном производстве). Эскиз заготовки изображен на рисунке 2.7. Масса этой заготовки 7 кг. После получения заготовки вводилась черновая обдирка заготовки с припуском 3-4 мм на токарной операции.

Вторым вариантом рассмотрим способ получения заготовки штамповкой на КГШП. Это более точный метод, при котором припуски минимальны, расход материала меньше, а следовательно он может оказаться экономически выгодным в условиях мелкосерийного производства, так как не потребуется черновая обдирка как это было в базовом технологическом процессе.

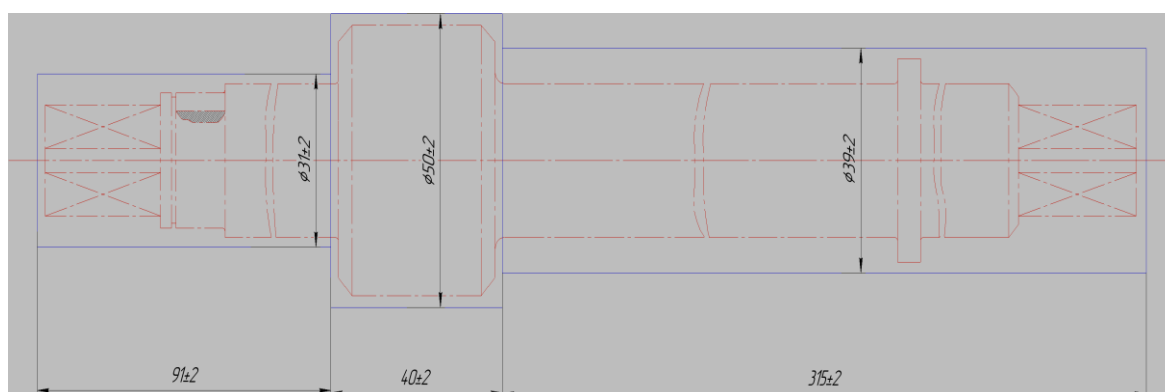


Рисунок 2.7 – Эскиз заготовки из базового технологического процесса

Рассчитаем размеры заготовки по второму варианту по ГОСТ 7505-89 и определим ее массу.

Расчет поковки производим руководствуясь ГОСТ 7505 – 89:

Пользуясь ГОСТ от 7505-89, определяем: +965

- класс точности Т4;
- группу стали М2. Средняя массовая доля углерода в стали 45 –  $C=0,37\%$ .
- степень сложности – С2– определяется формулой:

$$\frac{M_n}{M_\phi} = \frac{m_\phi \cdot K_p}{\rho \cdot V} \quad (2.1)$$

- исходный индекс – 12

- припуски на механическую обработку

Основные припуски на размеры, мм:

1,4 – длина 85 мм и частота поверхности 6,3;

1,9 – длина 309 мм и частота поверхности 6,3;

1,3 – длина 34 мм и частота поверхности 6,3;

1,3 – диаметр 33 мм и частота поверхности 6,3;

1,3 – диаметр 25 мм и частота поверхности 6,3;

1,4 – диаметр 44 мм и частота поверхности 6,3

Дополнительные припуски, учитывающие:

- смещения по поверхности разъема штампа – 0,3 мм;

- изогнутость и отклонения от плоскости и прямолинейности – 0,5 мм

Размеры поковки в мм:

длина  $85 + (1,4 + 0,3) \cdot 2 = 88,4$  - принимаю 88;

длина  $309 + (1,9 + 0,3) \cdot 2 = 313,4$  - принимаю 313;

длина  $34 + (1,3 + 0,3) \cdot 2 = 37,2$  – принимаю 37;

диаметр  $25 + (1,3 + 0,5) \cdot 2 = 28,6$  – принимаю 29;

диаметр  $33 + (1,3 + 0,5) \cdot 2 = 36,6$  – принимаю 37;

диаметр  $44 + (1,4 + 0,5) \cdot 2 = 47,8$  – принимаю 48

Определяем массу заготовки:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4} \quad (2.2)$$

$$V_{3_1} = \frac{3,14 \cdot 2,9^2 \cdot 8,8}{4} = 58(\text{мм}^3)$$

$$V_{3_2} = \frac{3,14 \cdot 4,8^2 \cdot 3,7}{4} = 67(\text{мм}^3)$$

$$V_{3_3} = \frac{3,14 \cdot 3,7^2 \cdot 31,3}{4} = 336(\text{мм}^3)$$

$$V_3 = 58 + 67 + 336 = 461(\text{мм}^3)$$

$$m_3 = 461 \cdot 7,85 = 3418,92 = 3,4189(\text{кг})$$

Расчет стоимости заготовки, получаемой свободной ковкой на молотах

Стоимость кованной заготовки определяем по формуле:

$$S_{\text{заг1}} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q_2 \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \text{ грн} \quad (2.3)$$

где  $C_i = 6000 \text{ грн.}$  - цена 1т материала заготовки;

$Q_2 = 4,11 \text{ т}$  - масса заготовки по базовому технологическому процессу;

$k_T = 1$  - коэффициент зависящий от точности заготовки по ГОСТ 7505-74(для нормальной точности);

$k_M = 1,79$  - коэффициент зависящий от марки материала (для стали 45);

$k_C = 0,9$  - коэффициент зависящий от группы сложности (для второй группы сложности);

$k_B = 0,84$  - коэффициент зависящий от материала заготовки (для стали 45);

$k_{\Pi} = 1$  - коэффициент зависящий от объема производства заготовок;

$q = 2,3 \text{ т}$  - масса готовой детали;

$S_{\text{отх}} = 600 \text{ грн.}$  - цена 1т отходов.

$$S_{\text{заг1}} = \left( \frac{6000}{1000} \cdot 4,11 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,79 \cdot 1 \right) - (4,11 - 2,3) \cdot \frac{600}{1000} = 32,284 \approx 32 \text{ грн.}$$

$$K_{M1} = \frac{2,3}{4,11} = 0,56$$

Расчет стоимости заготовки, получаемой штамповкой на КГШП

Стоимость штампованной заготовки определяем по формуле:

где  $Q_2 = 3,42 \text{ т}$  - масса штампованной заготовки;

$k_T = 1$  - коэффициент зависящий от точности штампованной заготовки по ГОСТ 7505-74(для нормальной точности);

$k_M = 1,79$  - коэффициент зависящий от марки материала (для стали 45);

$k_C = 0,9$  - коэффициент зависящий от группы сложности (для второй группы сложности);

$k_B = 0,8$  - коэффициент зависящий от материала заготовки (для стали 45);

$k_{II} = 1$  - коэффициент зависящий от объема производства заготовок.

$$S_{\text{сАА2}} = \left( \frac{8000}{1000} \cdot 3,42 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,79 \cdot 1 \right) - (3,42 - 2,3) \cdot \frac{600}{1000} = 34,588 \approx 35 \text{ \u044d\u0442.}$$

$$K_{M2} = \frac{2,3}{3,42} = 0,67$$

Сравнивая два варианта видно, что  $Q_2 < Q_1$ ,  $K_{M2} > K_{M1}$ ,  $S_{\text{зАГ2}} < S_{\text{зАГ1}}$ .

Расчеты показывают, что в данных условиях мелкосерийного производства наиболее выгодным будет использование поковки штампованной на КГШП в качестве исходной заготовки. Расчет стоимости черновой обдирки заготовки по первому варианту не проводим, так как это не повлияет на общий результат, а именно поковка штампованная все равно будет дешевле, чем поковка, кованная свободной ковкой на молотах (разница в стоимости только увеличится).

Следовательно в качестве исходной заготовки для детали «Вал-шестерня» принимаем поковку штампованную на КГШП.

Результаты предыдущих расчетов штампованной поковки сводим в таблицу 2.9 и определяем припуски фактические, а также определяем фактические размеры заготовки.



Таблица 2.9 – Результаты расчета припусков и допусков заготовки

Размеры детали	Частота поверхности	Припуск			Расчетный размер	Принятый размер
		Основной	Дополн.	Общий		
L= 85	6,3	1,4	0,3	1,7	88,4	88
L = 309	6,3	1,9	0,3	2,2	313,4	313
L= 34	6,3	1,3	0,3	1,6	37,2	37
Ø33	6,3	1,3	0,5	1,8	28,6	29
Ø44	6,3	1,4	0,5	1,9	47,8	48
Ø25	6,3	1,3	0,5	1,6	28,6	29

Разработка технических требований к заготовке

1. Гр. II сталь 45 твердость 245 НВ ГОСТ 8479-70.
  2. Поковка штампованная на КГШП ГОСТ 7505-89.
  3. Класс точности - Т4, группа стали – М2, степень сложности - С2, исходный индекс-12.
  4. Неуказанные радиусы закруглений - R 4...5 мм
  5. Штамповочные уклоны - 5 .
  6. Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа – 0,3 мм.
  7. Допускаемые отклонение по изогнутости от плоскостности и прямолинейности не более 1,2 мм.
  8. Шероховатость поверхностей поковки по критерию Rz =50 мкм.
- Эскиз заготовки приведен на рисунке 2.8.

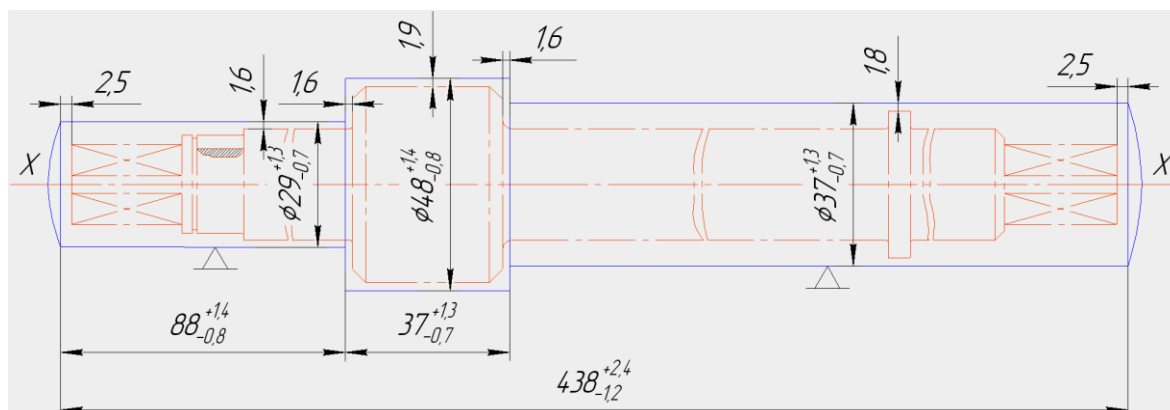


Рисунок 2.8 – Эскиз заготовки на КГШП

### 2.3 Расчет припусков на механическую обработку

Расчет припусков проводим на наиболее точную цилиндрическую поверхность детали Ø25f8 с шероховатостью 0,4 мкм по критерию Ra на ЭВМ согласно методическим указаниям.

Количество стадий обработки поверхности с заготовительной – 4:

- черновое точение;
- получистовое точение;
- шлифование.

Выбор элементов припусков по переходам

Высота микронеровностей Rz и глубина дефектного слоя T выбираю по:

Rz = 200мкм	T=250 мкм – для заготовки;
Rz = 50мкм	T=50 мкм – для чернового точения;
Rz = 25мкм	T= 30 мкм – для чистового точения;
Rz = 10мкм	T = 5мкм – для шлифования.

Значение пространственных отклонений формы (ЛЗ,с184):

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}, \text{ где} \quad (2.4)$$

$\rho_{см}$  - коэффициент смещения = 1,0мм = 1000мкм

$\rho_{кор}$  - коэффициент коробления = 1,0мм = 1000мкм

$$\rho_{заг} = \sqrt{1000 + 1000} = 1414\text{мкм}$$

Определение пространственных отклонений на каждой из операций маршрута вычисляются по формуле:

$$\rho = \rho_{заг} \cdot K_y, \quad (2.5)$$

где  $\rho_{заг}$  – пространственное отклонение формы заготовки, мкм;

$K_y$  - коэффициент уточнения (выбирается для каждой стадии) [5]:

- черновое точение:  $K_y=0,06$ ;
- получистовое точение:  $K_y=0,05$ ;
- чистовое точение:  $K_y=0,04$ .

Рассчитываем пространственные отклонения для каждой из стадий:

$$\rho_{черн} = 1414 \cdot 0,06 = 85 \text{ мкм}$$

$$\rho_{чист} = 1414 \cdot 0,05 = 71 \text{ мкм}$$

$$\rho_{шлиф} = 1414 \cdot 0,04 = 57 \text{ мкм}$$

Погрешность установки  $\sum_y = 0$ , так как деталь устанавливается в предварительно обработанных центровых отверстиях.

Исходные данные вводим в программу на ЭВМ, которая производит расчет припусков и межоперационных размеров и производит распечатку (приложение). На основе этой распечатки строим схему расположения припусков и допусков (рисунок 2.9), которую также размещаем и на чертеже заготовки.

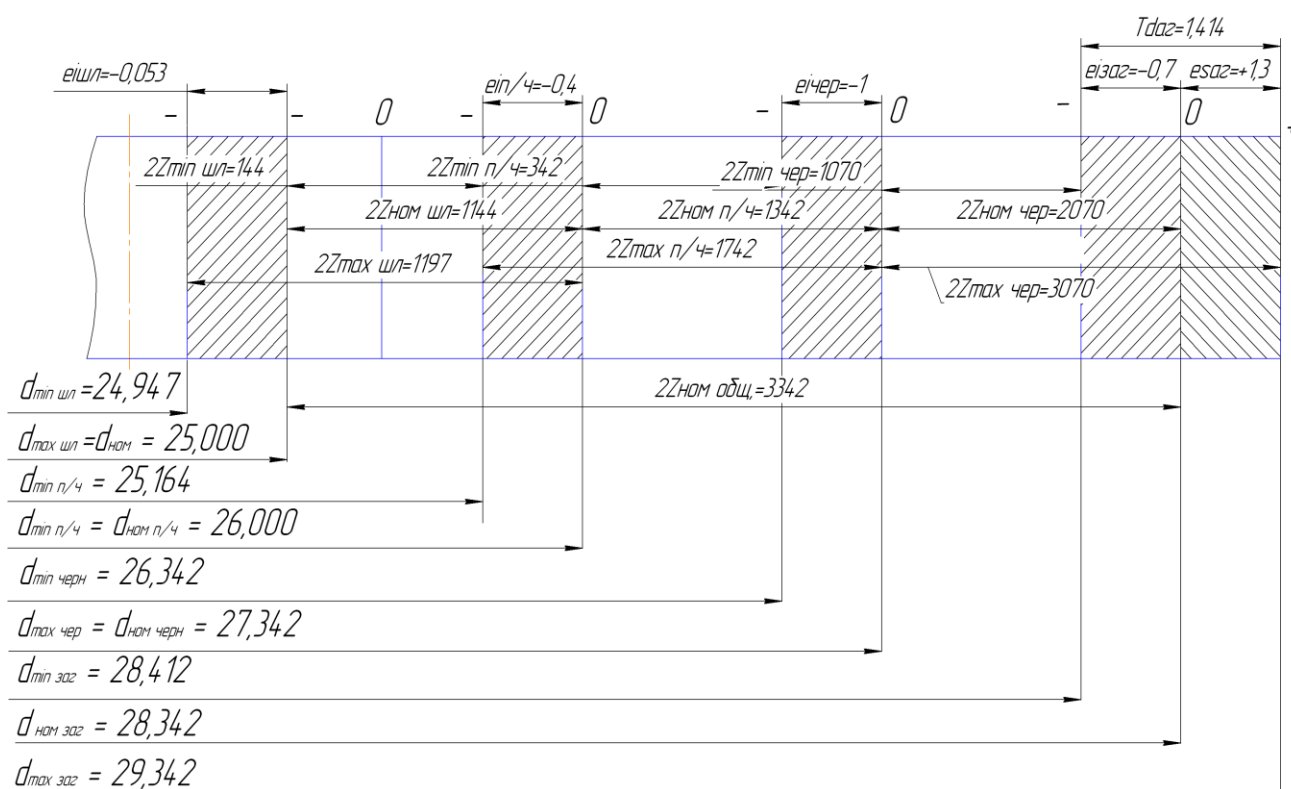


Рисунок 2.9 - Схема расположения припусков и допусков  
для поверхности  $\text{Ø}25f8$

## 2.4 Обоснование выбора металлорежущих станков

Выбор металлорежущих станков выполняем исходя из следующих требований:

- 1) обращаем внимание на технологические методы обработки поверхностей;
- 2) мощность двигателя с учетом коэффициента полезного действия должна быть больше мощности резания;
- 3) габариты рабочего пространства должны позволять производить обработку как можно большего числа поверхностей за 1<sup>й</sup> установ;
- 4) тип оборудования должен соответствовать типу производства;
- 5) количество инструментов не должно превышать емкость инструментального магазина станка и др.

Для операции 020 Фрезерно-центровочная используем станок модели 2Г942

Таблица 2.10 - Технические характеристики станка модели 2Г942

Техническая характеристика	Единица измерения	Значение
Пределы длины обрабатываемых деталей	мм	100÷2000
Пределы диаметров устанавливаемых в тисках деталей	мм	20÷160
Наибольший диаметр сверления	мм	16
Наибольший диаметр фрезерования	мм	150
Наибольший диаметр подрезаемого торца	мм	50
Пределы частот вращения шпинделей	мм	159÷1588
Ход пиноли сверлильного шпинделя	мм	100
Суммарная мощность электродвигателей	кВт	36,28
Максимальная мощность		
Фрезерной бабки	кВт	11
Сверлильной бабки	кВт	4
Габариты станка		
- длина	мм	3970
- ширина	мм	1750
- высота	мм	2000
Масса	кг	6800

Для операции 040 – токарная с ЧПУ используем станок с ЧПУ модели 16K20T1. Параметры обрабатываемой заготовки следующие: длина 428 мм, максимальный диаметр 44 мм. Станок необходимо выбирать таким образом, чтобы расстояние между центрами было больше 428 мм, а максимальный диаметр, который возможно обработать на станке был равен или превышал 44 мм.

Таблица 2.11 - Технические характеристики станка модели 16K20T1

<b>Техническая характеристика</b>	<b>Значение</b>
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	
- над станиной	500
- над суппортом	215
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	900
Шаг нарезаемой резьбы (метрической)	0,01-40,959
Частота вращения шпинделя, об/мин	10-2000
Число скоростей шпинделя	24
Наибольшее перемещение суппорта:	
- продольное	900
- поперечное	250
Подача суппорта, мм/об (мм/мин)	
- продольная	0,01-2,8
- поперечная	0,005-1,4
Число ступеней подач	Б/с
Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин	
- продольного	6000
- поперечного	5000
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	11
Габаритные размеры (без ЧПУ)	
- длина	3700
- ширина	1770
- высота	1700
Масса, кг	3800

Мощность привода достаточна для обработки требуемых размеров, а габариты и масса станка обеспечивают повышенную жесткость технологической системы и возможность выдержать требуемую точность размеров заготовки.

Для операции 060 – вертикально-фрезерная выбираем универсальный вертикально фрезерный станок модели 6P12.

Таблица 2.12 –Технических характеристика вертикально-фрезерного станка модели 6P12

Параметры	6P12
Размеры рабочей поверхности стола, мм:	
- ширина	320
- длинна	1250
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	2800
Параметры	6P12
Наибольшее перемещение стола, мм:	
- продольное, мм	800
- поперечное	280
- вертикальное	420
Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5 – 1600
Число подач стола	18
Подача стола, мм/мин:	
- продольная и поперечная	25-1250
- вертикальная	8,3-416,6
Перемещение гильзы со шпинделем	70
Внутренний конус шпинделя	50
Габаритные размеры, мм:	
- длинна	2305
- ширина	1950
- высота	2020
- масса, кг	3120
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	7,5

## **2.5 Обоснование выбора станочных приспособлений, режущего и измерительного инструментов**

Выбор зажимных приспособлений производится исходя из типа производства и конфигурации поверхностей заготовки. При выборе режущего инструмента необходимо обратить внимание на материал режущей части, геометрию, их габариты. При этом необходимо учитывать:

- а) метод обработки поверхности;
- б) этапы обработки;
- в) использование смазочно-охлаждающей жидкости;
- г) габариты станка;
- д) материал заготовки и её состояние.

### **Операция 020 – Фрезерно-центровальная**

Оборудование: фрезерно-центровальный станок 2Г942

Технологическая оснастка: деталь устанавливается в специальном приспособлении, которое лишает деталь 5 степеней свободы (ДНБ и ОБ). Для сверления центровых отверстий используется патрон сверлильный 4-В10 ГОСТ 8522-79 и втулка переходная 6100-0343 ГОСТ 13598-85.

Режущий инструмент: сверло центровочное 2317-0011 Р6М5 ГОСТ 14952-75. Фреза торцовая со вставными круглыми ножами - правая 2214-0323 ГОСТ 5348-69, пластины из сплава Т5К10. Фреза торцовая со вставными круглыми ножами - левая 2214-0323 ГОСТ 5348-69, пластины из сплава Т5К10.

Мерительный инструмент: Штангенциркуль ШЦ-125-П-0,1 ГОСТ 166-88. Калибр пробка резьбовая 8221-3030 7Н ГОСТ 17758-72. Шаблон конусный 60° ОСТ 3-1260-72. Образцы шероховатости Ra 2,5, Ra 6,3 мкм по ГОСТ 9378-93.

### **Операции 040 - Токарная с ЧПУ**

Для установки и закрепления детали «Вал-шестерня» в качестве приспособления используем универсальное приспособление - трехлачковый

поводковый патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71 с центром 7032-0017 ГОСТ 13214-79. Этот патрон обеспечивает возможность закрепления заготовок, имеющих значительные погрешности формы поверхности. Патрон позволяет повысить точность обработки за счет равномерного распределения усилия между кулачками, что уменьшает радиальное биение и кривизну обработанной детали относительно базовых поверхностей – центровых гнезд. Наличие упора обеспечивает базирование заготовки по торцу. В данном приспособлении путем несложной переналадки могут обрабатываться детали подобные заданной (диски, фланцы с  $l/d < 1$ ). Применяем вращающийся центр модели 1-4-НП по ГОСТ 8742-75. Этот центр позволяет получать радиальную нагрузку при 1000 об/мин не более 1000Н. Частота вращения – не более 2500 об/мин. Так как жесткость вала недостаточная ввиду сравнительно большой ее длины, то с целью избежания прогиба, вибраций и упругих деформаций при обработке, что понижает качество обработанной поверхностей. В связи с этим по середине вала необходимо установить в люнет станка 6046-0011 ГОСТ 21190-75.

Для обработки заданных поверхностей на операции применяем следующие режущие инструменты:

- резец проходной упорный МТJNR2525N10 Т15К6 и МТJNL2525N10 Т15К6 – для точения наружных поверхностей и подрезания торцов;
- резец канавочный специальный Т15К6 для обработки канавки. Ширина режущей кромки 1,4 мм.

При обработке применяем смазочно – охлаждающую жидкость 7-10% УКРИНОЛ – 1 ТУ 38 – 101197 – 76 для возможности осуществления обработки с более высокими скоростями резания при обработке стали 45 ГОСТ 1050-88-88.

Вспомогательные инструменты для данной не нужны так как все режущие инструменты непосредственно устанавливаются в резцедержатель станка.

Для контроля размеров на операции 040 – токарная с ЧПУ применяем универсальный шкальный мерительный инструмент, а именно штангенциркуль ШЦ-II-500-0,1-2 ГОСТ 166–89, применение которого обусловлено мелкосерийным



типом производства. Одним инструментом можно проконтролировать все размеры.\*; шаблон для канавок В=1,4 ГОСТ 9372-75, образцы шероховатости ГОСТ 9378-75, шаблон радиусный R2 ГОСТ 9372-76.

### **Операции 060 – вертикально-фрезерная**

Базирование и закрепление заготовки на рассматриваемой операции производится в специальном приспособлении с гидроприводом, которое устанавливается на стол станка и крепится болтами к пазам.

Выбор режущего инструмента зависит от материала заготовки и состояния ее поверхностного слоя, своеобразности обработки некоторых поверхностей заготовки, этапов обработки. В зависимости от этих и других факторов выбирается материал режущей части инструмента, геометрия и габариты.

Режущий инструмент, применяемый на операции - шпоночная фреза 2235-0047 ГОСТ 9140-81\*, материал фрезы Р6М5 по ГОСТ19265-73[5]. Вспомогательный инструмент - цанговый патрон 1-40-12-90 ГОСТ 26539-85\*

Для измерения размеров паза применяется штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89\*, глубиномер 8315-0508 ГОСТ 24116-80. Шероховатость поверхностей измеряется эталонами шероховатости по ГОСТ 9378-75[5].

## **2.6 Расчет режимов резания**

Переход 1: Фрезерование торцов заготовки в размер  $L=438\pm 0,5$ мм.

Режущий инструмент: Фреза торцовая – правая (левая) 2214-0323 Т5К10 ГОСТ5348-69.

Обрабатываемый материал: сталь 45 ( $\sigma_b = 700$  МПа).

Период стойкости:  $T=180$  мин.

Глубина резания равняется припуску на обработку  $t=5$  мм на сторону.

Диаметр фрезы - 100 мм.

Подача на зуб фрезы:

Для торцевой фрезы из стали Т5К10 и мощности главного привода

$N_{ГП} = 8$  кВт подача на зуб находится в пределах  $0,08 \div 0,15$  мм/зуб.

Принято  $S_z=0,09$  мм/зуб.

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (2.11)$$

где:  $T$  – период стойкости резца, мин;

$t$  – глубина резания, мм;

$s$  – подача, мм/об;

$D$  – диаметр фрезы, мм;

$B$  – ширина обрабатываемой поверхности, мм;

$z$  – число зубьев фрезы, шт;

$C_v, m, y, x, u, p, q$  – поправочные коэффициенты.

Поправочные коэффициенты для скорости резания выбраны по таблице 39 [7, табл. 39 с.286]:  $C_v = 332$ ;  $m=0,2$ ;  $x=0,1$ ,  $q=0,2$ ;  $u = 0,4$ ;  $b=0,15$ ;  $y=0,2$ ;  $p=0$

$K_v$  – поправочный коэффициент на скорость резания:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} \quad (2.12)$$

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

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

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

Поправочный коэффициент на обрабатываемый материал рассчитывается по формуле:

$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} \quad (2.13)$$

где  $K_r$  – коэффициент характеризующий группу стали по обрабатываемости

[7, с. 263, табл.1,4],  $K_r=0,95$ ;

$n_v$  – показатель степени при обработке,  $n_v=1,45$ .

$$K_M = 0,95 \cdot \left( \frac{750}{735} \right)^{1,45} = 0,77$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки и коэффициент, учитывающий качество материала инструмента принимаем по таблицам 5 и 6 [7, табл. 5, 6 с.263]:  $K_{\Pi} = 1,0$ ;  $K_{И} = 0,65$ .

Поправочный коэффициент на скорость резания рассчитывается по формуле (2.11):

$$K_v = 0,95 \cdot 1,0 \cdot 0,65 = 0,62$$

$$V = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 5^{0,1} \cdot 0,09^{0,2} \cdot 37^{0,4} \cdot 8^0} \cdot 0,62 = 65,69 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле:

Операция 040 –токарная с ЧПУ

Расчет режимов резания для обтачивания наружной поверхности на одном переходе ведем расчетно-аналитическим способом [6]. Режимы резания на остальных переходах определяем табличным методом по нормативам.

Переход 1. Точить цилиндрическую поверхность выдерживая размеры  $l = 25 \text{ мм}$  ,  $D = 19 \text{ мм}$  ,  $d = 18 \text{ мм}$  , за один проход.

Назначаем глубину резания припуск на сторону по формуле:

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм} \quad (2.14)$$

где  $D$  - диаметр заготовки до обработки,

$d$  - диаметр детали после обработки.

$$t = \frac{19 - 18}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

Выбираем подачу по [6]:

$S_{\text{оААЭ}} = 0,15$  (мм/об). При обработке прерывистых поверхностей табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент  $K_s = 0,8$ . Окончательно получим:

$$S = S_{\text{оААЭ}} \cdot K_s = 0,15 \cdot 0,8 = 0,12 \text{ (мм/об)}.$$

Расчитываем скорость резания по эмпирической формуле согласно [6]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \text{ (м/мин)}, \quad (2.15)$$

где  $T$  - стойкость инструмента, мин.; согласно [6]:  $T = 45$  мин.

Коэффициенты для данной формулы равны согласно [6]:  $C_v = 420$ ,  $x = 0,15$ ,  $y = 0,20$ ,  $m = 0,20$ .

$K_v$  - общий поправочный коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала и определяется по формуле:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}, \quad (2.16)$$

где  $K_{MV}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала и определяется по формуле согласно [6]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.17)$$

где  $\sigma_{\bar{A}} = 700$  МПа – предел прочности обрабатываемого материала;

$K_{\Gamma}$  - коэффициент характеризующий группу стали по обрабатываемости определяется по  $K_{\bar{A}} = 1$

$n_v$  - показатель степени определяется по  $n_v = 0,9$

Следовательно:

$$K_{MV} = 1 \cdot \left( \frac{750}{700} \right)^{0,9} = 1,06;$$

$K_{ПВ}$  - коэффициент учитывающий состояние поверхности заготовки  $K_{ПВ} = 0,8$ ;

$K_{ИВ}$  - коэффициент учитывающий материал инструмента  $K_{ИВ} = 1,0$ .

Таким образом:

$$K_v = 1,06 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,85$$

Определяем скорость резания по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \quad (2.18)$$

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,12^{0,20}} \cdot 0,85 = 85 \text{ (м/мин)}.$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n_{\phi} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.19)$$

$$n_{\phi} = \frac{1000 \cdot 85}{\pi \cdot 19} = 1428 \text{ (об/мин)}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя, то есть принимаем  $n_{\phi} = 1400$  (об/мин).

Определяем фактическую скорость резания по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{ш}}}{1000} \quad (2.20)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 19 \cdot 1400}{1000} = 84 \text{ (м/мин)}.$$

Определим минутную подачу по формуле:

$$S_M = S \cdot n_{\text{ш}} \quad (2.21)$$

$$S_M = 0,12 \cdot 1400 = 168 \text{ (мм/мин)}.$$

Основной составляющей силы резания является тангенциальная составляющая, значение которой находим по формуле согласно [6]:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P \quad (2.22)$$

Коэффициенты для данной формулы определяются согласно [6]:

$$C_P = 300, \quad x = 1,0, \quad y = 0,75, \quad n = -0,15.$$

Поправочный коэффициент  $K_P$  определяем по формуле:

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (2.23)$$

Численно значение этих коэффициентов определяем согласно [6]:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.24)$$

Выполняем расчет согласно формуле (6.13):

$$K_{MP} = \left( \frac{700}{750} \right)^{0,85} = 0,94,$$

$$K_{\varphi P} = 1,0, \quad K_{\gamma P} = 1,0, \quad K_{\lambda P} = 1,0, \quad K_{rP} = 0,93.$$

$$K_P = 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,87.$$

Тангенциальная сила резания равна:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 84^{0,15} \cdot 0,87 = 2500 \text{ Н.}$$

Определяем эффективную мощность по формуле:

$$N_P = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} \text{ (кВт)} \quad (2.25)$$

$$N_P = \frac{2500 \cdot 84}{60 \cdot 1020} = 3 \text{ (кВт)}.$$

Для возможности реализации резания на станке должно выполняться условие:

$$N_P < N_D \cdot \eta.$$

где  $N_D$  – мощность двигателя станка, 11 кВт;

$\eta$  – коэффициент полезного действия станка, 0,8.

Проверяем условие:  $N_D \cdot \eta = 11 \cdot 0,8 = 8,8$  кВт.

Так как  $3 < 8,8$ , то условие выполняется на станке и процесс резания осуществляется. Аналогично производим расчеты режимов резания на остальных переходах установка А и установки Б и составляем таблицы.

Таблица 2.13 – Режимы резания на установ А.

№ п/п	Содержание перехода	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин
2	Точить цилиндрическую наружную поверхность в размер $\varnothing 26,5_{-0,052}$ и $L = 33$ мм	0,5	0,14	83	1000
3	Точить цилиндрическую наружную поверхность в размер $\varnothing 34_{-0,62}$ и $L = 5$ мм	0,5	0,24	85	800
4	Точить цилиндрическую наружную поверхность в размер $\varnothing 26_{-0,084}$ и $L = 245$ мм	0,5	0,24	82	1000
5	Точить цилиндрическую наружную поверхность в размер $\varnothing 45,5_{-0,25}$ и $L = 34$ мм	0,5	0,24	90	630

Таблица 2.14 – Режимы резания на установ Б.

№ п/п	Содержание перехода	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин
6	Точить цилиндрическую наружную поверхность в размер $\varnothing 19_{-0,52}$ и $L = 25$ мм	0,5	0,12	84	1400
7	Точить цилиндрическую наружную поверхность в размер $\varnothing 23,5_{-0,052}$ и $L = 14$ мм	0,5	0,24	80	1000
8	Точить цилиндрическую наружную поверхность в размер $\varnothing 26,5_{-0,084}$ и $L = 46$ мм	0,5	0,24	83	1000
9	Точить канавку шириной 1,4 мм	1,4	0,05	60	1000

Операция 060 –вертикально-фрезерная

Расчет режимов резания на данной операции ведется расчетно - аналитическим способом [5].

1. Глубина резания  $t=5$  мм.
2. Подача на один зуб фрезы  $S_z=0,05$  мм/об.
3. Скорость резания определим по эмпирической формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \quad (2.26)$$

где  $C_v$ - коэффициент и  $m, x, y, p, q, u$ - показатели степени, зависящие от материала заготовки, величины подачи;

$T$ - нормативный период стойкости резца, мин;

$K_v$ - коэффициент, учитывающий несоответствие фактических условий работы резца табличным

По (Л5; табл.39, с.286-290):

$$C_v = 46,7; q=0,45; x = 0,5; y = 0,5; m = 0,33; u=0,1; p=0,1; T = 80 \text{ мин.}$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad (2.27)$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

$K_{nv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{iv}$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Коэффициент  $K_{tv}$  равен:

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_{\delta}} \right)^{n_v} \quad (2.28)$$

$$K_{\Gamma} = 1$$

$$\sigma_{\delta} = 700 \text{ МПа}$$

$$n_v = 0,9$$

$$\hat{E}_{mv} = 1 \cdot \left( \frac{750}{700} \right)^{0,9} = 1,06$$

Коэффициенты  $K_{nv} = 0,8$ ,  $K_{iv} = 1,00$



Тогда  $K_v=1 \cdot 0,8 \cdot 1=0,8$ .

$$V = \frac{46,7 \cdot 5^{0,45} \cdot 0,8}{80^{0,33} \cdot 5^{0,5} \cdot 0,05^{0,1} \cdot 10^{0,1} \cdot 2^{0,1}} = 22 \text{ м/мин}$$

4. Частота вращения фрезы  $n$ , об/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.29)$$

где  $D$  - диаметр фрезы, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 22}{3,14 \cdot 5} = 1400 \text{ об/мин}$$

Найденную частоту вращения корректируем по паспорту станка. Принимаем  $n$  равным 1250 мин<sup>-1</sup>. После корректировки находим фактическую скорость резания  $V_\phi$ , м/мин.:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.30)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 1250}{1000} = 20 \text{ м/мин}$$

5. Минутная подача:

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n \text{ мм/мин} \quad (2.31)$$

$$S_M = 0,05 \cdot 2 \cdot 1250 = 125 \text{ мм/мин}$$

6. Определение силы резания:

Силу резания определим по эмпирической формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z \cdot K_{mp}}{D^q \cdot n^w} \quad (2.32)$$

где  $C_p$  - коэффициент и  $p, x, y, q, w$ - показатели степени, зависящие от материала, заготовки, величины подачи;

По [5]:

$$C_p = 68,2; q=0,86; x = 0,86; y = 0,72; u=0,1; w=0$$

$K_{mp}$  – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_d}{750} \right)^n = \left( \frac{750}{700} \right)^{0,3} = 1,02$$

Тогда:

$$P_z = \frac{10 \cdot 78,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 10^{1,0} \cdot 1,02}{5^{0,86} \cdot 1250^0} = 616H$$

7. Определение крутящего момента на шпинделе:

$$\dot{I}_{\varepsilon\delta} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \dot{I} \cdot \dot{i} \quad (2.33)$$

$$\dot{I}_{\varepsilon\delta} = \frac{616 \cdot 5}{2 \cdot 100} = 15,4 \dot{I} \cdot \dot{i}$$

8. Определение мощности резания (эффективной):

Мощность резания определим по эмпирической формуле [6]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.34)$$

$$N = \frac{616 \cdot 22}{1020 \cdot 60} = 0,22 \text{ кВт}$$

Сравнив мощности привода главного движения станка и мощности резания приходим к выводу что мощность резания не ограничена мощностью привода главного движения станка.

Все значения режимов резания по операции сведены в таблицу 2.15.

9. Определяем основное (машинное) время  $T_0$  при обработке паза:

$$T_0 = L_p i / S_M, \quad (2.35)$$

$L_p$  – расчетная длина обработки,

$$L_p = l + y + \wedge$$

$y$  - величина врезания,  $y = D/2 = 2,5$  мм

$\wedge$  - величина перебега,  $\wedge = 1 \dots 5$  мм, принимаем  $\wedge = 3$  мм

$S_M$  - минутная подача стола станка,

$i$  - количество ходов фрезы

$$\dot{O}_i = \frac{15,5}{125} \cdot 1 = 0,12 i \dot{e} i$$

Таблица 2.15 - Режимы обработки на операции 060

Номер и текст перехода	Параметры режимов резания							
	t, мм	S, мм/об	n, об/мин	V <sub>p</sub> , м/мин	V <sub>ф</sub> , м/мин	n <sub>ф</sub> , об/мин	N <sub>ф</sub> , кВт	S, мм/мин
Фрезеровать паз	3	0.05	1400	22	20	1250	0,22	125

## 2.7 Техническое нормирование операций

Техническое нормирование 020 операции – фрезерно-центровальная производим согласно известным формулам расчета основного времени и выбора из соответствующей литературы норм вспомогательного времени.

Данные о режимах резания берем из предыдущего пункта.

Тп.з.1 – время на установку в приспособлении,

Тп.з. 1 = 10 мин [3, прил. 6.5, с. 217]

Тп.з.2 – время на установку фрез, Тп.з.2 = 3 мин

Тп.з.3 – время на получение и сдачу инструмента, Тп.з.3 = 7 мин

Тп.з.= 10 + 2 + 3+ 7 = 22 мин

n – количество деталей в настроечной партии, n = 45 шт

То – основное время на обработку детали, мин

Определяем основное (машинное) время То при фрезеровке торцев:

$$T_{оф} = \frac{l_p}{S_m} i = \frac{(155)}{108} \cdot 1 = 0,83 \text{ мин}$$

Определяем основное (машинное) время То при сверлении центровых отверстий:

$$T_{ос} = \frac{L + l_{ep}}{S \cdot n} k = \frac{15.36 + 5}{0.15 \cdot 1400} \cdot 1 = 0.1 \text{ мин}$$

где L – глубина сверления, мм;

l – величина врезания, мм;

S – подача, мм/об;

n – обороты шпинделя;

k – количество отверстий;  $l_p$  – расчетная длинна обработки,  $S_m$ - минутная подача стола станка;

i- количество ходов фрезы.

Определяем оперативное время при фрезеровке торцев:

$$T_{оп} = T_o + T_v = 0,83 + 0,99 = 1,82 \text{ мин}$$

Определяем оперативное время при сверлении центровых отверстий:

$$T_{оп} = T_o + T_v = 0,1 + 0,99 = 1,09 \text{ мин}$$

Время на обслуживание и отдых определяем по формуле:

$$T_{об.от} = \frac{T_{оп} \cdot P_{об.от.}}{100}$$

где  $P_{об.от.}$  – время на обслуживание рабочего места, отдыха и естественные потребности,  $P_{об.от.} = 7,5\%$

при фрезеровке торцев:

$$T_{об.от.} = \frac{1,82 \cdot 7,5}{100} = 0,14 \text{ мин}$$

при сверлении центровых отверстий:

$$T_{об.от.} = \frac{1,09 \cdot 7,5}{100} = 0,82 \text{ мин}$$

Определяем штучное время при фрезеровке торцев

$$T_{шт} = T_{он} + T_{об.от.} = 1,82 + 0,14 = 1,96 \text{ мин}$$

Определяем штучное время при сверлении центровых отверстий:

$$T_{шт} = T_{он} + T_{об.от.} = 0,1 + 0,82 = 0,92 \text{ мин}$$

Определив все составляющие рассчитываем штучно-калькуляционное время при фрезеровке торцев:

$$T_{шт-к} = \frac{22}{45} + 1,96 = 2,45 \text{ мин}$$

при сверлении центровых отверстий:

$$T_{шт-к} = \frac{22}{45} + 0,92 = 1,41 \text{ мин}$$

Техническое нормирование 040 операции – токарная с ЧПУ производим согласно известным формулам расчета основного времени и выбора из соответствующей литературы норм вспомогательного времени.

Данные о режимах резания берем из предыдущего пункта.

Вспомогательное время связанное с операцией, то есть время на включение и выключение станка, проверку возврата инструмента в заданную точку после обработки, установку и снятие щитка, предохраняющего от забрызгивания эмульсией выбираем согласно [Л7, карта 14] :  $T_{Вон} = 0,15 + 0,03 = 0,18 \text{ мин}$ .

Вспомогательное время на контрольные измерения содержит время на шесть замеров линейкой и шесть замеров штангенциркулем:

$$T_{Виз} = (0,055 + 0,10 + 4 \cdot 0,13) + (3 \cdot 0,14 + 3 \cdot 0,19) = 1,665 \text{ мин}$$

Тогда суммарное вспомогательное время составит:

$$T_B = 2 \cdot 2,4 + 2 \cdot 0,18 + 1,665 = 6,83 \text{ мин}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от оперативного времени согласно [7] : 8%.

Определяем составляющие подготовительно-заключительного времени.

Норма времени на организационную подготовку  $T_{П.3.1}$  состоит согласно [7]:

- получения, наряда, чертежа, технологической документации, программоносителя и режущего инструмента, 4 мин;
- получение вспомогательного инструмента, контрольно-измерительного инструмента, приспособления, получения и сдачи заготовки, 9 мин;
- ознакомления с работой, чертежом, технологической документацией, осмотром заготовки, 2,0 мин;
- инструктажа мастера, 2,0 мин.

$$T_{П.3.1} = 4 + 9 + 2 + 2 = 17 \text{ мин.}$$

Норма времени на наладку станка, приспособления, инструмента, программных устройств  $T_{П.3.2}$  состоит из согласно [7]:

- установления и снятия поводкового патрона, люнета 9,5 мин.;
- установления режимов работы станка (число оборотов и подач), 0,15 мин.;
- установления и снятия кулачков, 3,0 мин;
- расточки сырых кулачков, 5,0 мин;
- установки режущего инструмента в резцедержателе, 2 мин;
- набратие программы кнопками (переключателями) на пульте ЧПУ и проверить ее, 4,4 мин;
- установить исходные координаты X и Z (настроить нулевое положение), 2,0 мин.;
- настройки устройства для подачи СОЖ - 0,2 мин..

$$T_{П.3.2} = 9,5 + 0,15 + 3,0 + 5,0 + 2,0 + 4,4 + 2,0 + 0,2 = 26,25 \text{ мин.}$$

Норма времени на выполнение операции на станке с ЧПУ при работе на одном станке определяется по формуле:

$$\dot{O}_{\phi-\dot{e}} = 7,75 + \frac{26,25}{45} = 8,33 \text{ мин} .$$

Нормирование заключается в определении штучно-калькуляционного времени по формуле:

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

где  $T_{п.з.}$  – подготовительно-заключительное время

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} + T_{п.з.3}$$

$T_{п.з.1}$  – время на установку в специальном приспособлении,

$$T_{п.з.1} = 16 \text{ мин [6]}$$

$T_{п.з.2}$  – время на установку фрез,  $T_{п.з.2} = 2 \text{ мин}$

$T_{п.з.3}$  – время на получение и сдачу инструмента,  $T_{п.з.3} = 7 \text{ мин}$

$$T_{п.з.} = 16 + 2 + 7 = 25 \text{ мин}$$

$n$  – количество деталей в настроенной партии,  $n = 29 \text{ шт}$

$T_o$  – основное время на обработку детали (на фрезерной операции), мин

$$\dot{O}_i = 0,12 \text{ мин (определено ранее)}$$

$T_v$  – вспомогательное время

$$\dot{O}_a = (\dot{O}_{\phi\dot{n}} + \dot{O}_{\phi\dot{r}} + \dot{O}_{\phi\dot{c}}) \cdot K \quad (6.33)$$

$T_{yc}$  – время на установку и снятие детали,  $T_{yc} = 0,66 \text{ мин [6]}$

$T_{з.о}$  – время на закрепление и открепление детали,  $T_{з.о} = 0,85 \text{ мин [6]}$

$T_{изм}$  – время на измерение детали,  $T_{изм} = 0,35 \text{ мин [6]}$

$K$  – коэффициент, уточняющий тип производства,  $K = 1,85$

$$T_v = (0,66 + 0,85 + 0,35) \cdot 1,85 = 3,44 \text{ мин}$$

Определяем оперативное время.

$$T_{оп} = T_o + T_B$$

$$T_{оп} = T_o + T_B = 0,12 + 3,44 = 3,56 \text{ мин}$$

$T_{об.от}$  – время на обслуживание и отдых определяем по формуле:

$$T_{об.от} = \frac{T_{оп} \cdot P_{об.от.}}{100}$$

$P_{об.от.}$  – время на обслуживание рабочего места, отдыха и естественные потребности,  $P_{об.от.} = 8\%$

Определив все составляющие рассчитываем штучно-калькуляционное время:

$$t_{шт-к} = \frac{25}{29} + 3,84 = 4,7 \text{ мин}$$

Таблица 2.16 - Нормирование операции 040

Установ А

Номер и наименование перехода	$T_o$ , мин	$T_B$ , мин	$T_{оп}$ , мин	$T_{об.от}$ , мин	$T_{шт}$ , мин	$T_{пз}$ , мин	$T_{шт-к}$ , мин
Точить поверхность в размер $\varnothing 26,5_{-0,052}$ и $L = 33$ мм	0,28	6,25	6,53	0,52	7,05	26,25	7,63
Точить поверхность в размер $\varnothing 34_{-0,62}$ и $L = 5$ мм	0,03	6,25	6,28	0,50	6,78	26,25	7,36
Точить поверхность в размер $\varnothing 26_{-0,084}$ и	2,09	6,25	8,34	0,67	9,01	26,25	9,59



$L = 245 \text{ мм}$								
Точить поверхность в размер $\text{Ø}45,5_{-0,25}$ и $L = 32 \text{ мм}$	0,25	6,25	6,5	0,52	7,02	26,25	7,60	

## Установ Б

Номер и наименование перехода	То, мин	Тв, мин	Топ, мин	Тоб.от , мин	Тшт, мин	Тпз, мин	Тшт- к, мин
Точить поверхность в размер $\text{Ø}19_{-0,52}$ и $L = 25 \text{ мм}$	0,18	6,25	6,43	0,51	6,94	26,25	7,52
Точить поверхность в размер $\text{Ø}23,5_{-0,052}$ и $L = 14 \text{ мм}$	0,14	6,25	6,39	0,51	6,9	26,25	7,48
Точить поверхность в размер $\text{Ø}26,5_{-0,084}$ и $L = 46 \text{ мм}$	0,43	6,25	6,68	0,53	7,21	26,25	7,79
Точить канавку шириной 1,4 мм	0,03	6,25	6,28	0,5	6,78	26,25	7,36

Техническое нормирование 060 операции – вертикально-фрезерная производим согласно известным формулам расчета основного времени и выбора из соответствующей литературы норм вспомогательного времени.

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

где  $T_{п.з.}$  – подготовительно-заключительное время

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.1} + T_{п.з.1}$$

$T_{п.з.1}$  – время на установку в специальном приспособлении,

$$T_{п.з.1} = 16 \text{ мин [Л7, прил. 6.5, с. 217]}$$

$T_{п.з.2}$  – время на установку фрез,  $T_{п.з.2} = 2$  мин

$T_{п.з.3}$  – время на получение и сдачу инструмента,  $T_{п.з.3} = 7$  мин

$$T_{п.з.} = 16 + 2 + 7 = 25 \text{ мин}$$

$n$  – количество деталей в настроенной партии,  $n = 29$  шт

$T_o$  – основное время на обработку детали (на фрезерной операции), мин

$$\dot{O}_i = 0,12_{\text{мин}}$$

$T_v$  – вспомогательное время

Определяем оперативное время по формуле:

$$T_{оп} = T_o + T_v$$

$$T_{оп} = T_o + T_v = 0,12 + 3,44 = 3,56 \text{ мин}$$

$T_{об.от}$  – время на обслуживание и отдых определяем по формуле:

$$T_{об.от} = \frac{T_{оп} \cdot P_{об.от.}}{100}$$

$P_{об.от.}$  – время на обслуживание рабочего места, отдыха и естественные потребности,  $P_{об.от.} = 8\%$

Определяем штучное время:  $T_{шт.} = 4,7$  мин.

## 2.8 Проектирование станочного приспособления

Обоснование необходимости создания приспособления. Выбор системы приспособления.

В базовом технологическом процессе деталь точится на старом универсальном оборудовании. Для усовершенствования и снижения себестоимость детали обработку будем производить на новом оборудовании с применением приспособления с пневмоприводом. Применение данного приспособления позволит снизить разряд рабочего на данной операции, снизить трудоёмкость обработки, повысить стабильность точности параметров операции, повысить производительность и облегчить условия труда рабочих за счёт механизации приспособления.

Определение количественных и качественных результатов выполнения операции

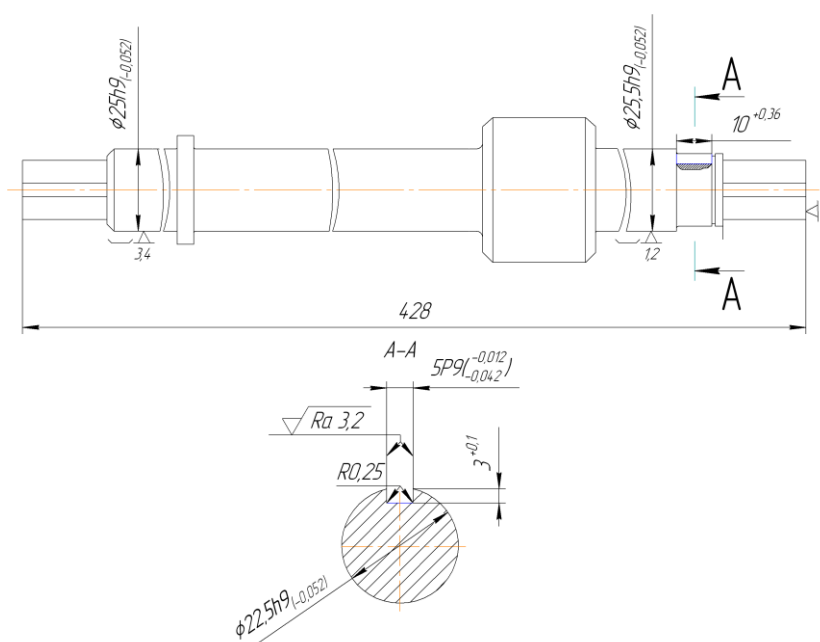


Рисунок 2.8 – Эскиз вертикально-фрезерной операции

На данную операцию заготовка поступает с окончательно обработанными базовыми поверхностями. Масса заготовки – 3,45 кг. Материал – сталь 45 ГОСТ 1050-88. Заготовка имеет цилиндрическую форму, вполне жесткая, обрабатываемость её удовлетворительная. К базовым относим поверхности на

которые будет установлена заготовка в приспособлении. Уточним точностные параметры поверхностей, которые могут быть базовыми.

Точность размеров выдерживаемых на операции

На вертикально-фрезерной операции формируются следующие размеры:

а) паз шириной  $5P9\left(\begin{smallmatrix} -0,012 \\ -0,042 \end{smallmatrix}\right)$  Длина составляет 10 мм. Допуск на размер принимаем по качеству H14. Следовательно допуск составляет 0,36мм, т.е  $10^{+0,36}$ . Глубина паза составляет  $3^{+0,1}$  мм.

б) также на чертеже детали проставлен размер R0,25 - этот размер формируется инструментом, поэтому поле допуска на него не проставляем [12].

Точность формы обрабатываемых поверхностей

На чертеже не обозначены допуски плоскостности, поэтому принимаем их равными 60% от допуска на размер, обуславливающий эту поверхность. Отклонение от плоскостности стенок паза принимаем в пределах допуска на размер  $10^{+0,36}$ , и он составляет 60% от поля допуска.  $T = 0,6 \cdot 0,36 = 0,216$  согласно [12] для 16 степени точности допуск равен 0,25 мм. Принимаем, что допуск плоскостности стенок паза равен 0,25 мм.

Точность расположения обрабатываемых поверхностей.

На чертеже не обозначены допуски расположения, поэтому принимаем их равными 60% от допуска на размер, обуславливающий эту поверхность .

Допуск параллельности стенок паза в пределах допуска на размер  $10^{+0,36}$  мм он составляет 60% от поля допуска.  $T = 0,6 \cdot 0,36 = 0,216$  согласно [12] для 15 степени точности он равен 0,25 мм. Принимаем, что допуск параллельности стенок паза равен 0,25 мм.

Отклонение от наклона оси паза относительно оси симметрии паза принимаем в пределах допуска на размер  $10^{+0,36}$  мм он составляет 60% от поля допуска.  $T = 0,6 \cdot 0,36 = 0,216$  согласно [12] для 15 степени точности он равен 0,25 мм. Принимаем, что отклонения от плоскостности равно 0,25 мм.

Шероховатость обрабатываемых поверхностей указанных на чертеже, имеет значение: шероховатость согласно чертежа – Ra 6,3 мкм, боковых поверхностей паза – Ra 3,2 мкм.

Определение количественных и качественных данных о заготовке, поступающей на операцию

На данную операцию заготовка поступает с окончательно обработанными базовыми поверхностями. Масса заготовки – 3,45 кг. Материал – сталь 45 ГОСТ 1050-88. Заготовка имеет цилиндрическую форму, вполне жесткая, обрабатываемость её удовлетворительная. К базовым относим поверхности на которые будет установлена заготовка в приспособлении. Уточним точностные параметры поверхностей, которые могут быть базовыми.

Точность размеров базовых поверхностей

Цилиндрические поверхности  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  мм,  $\varnothing 18h14_{(-0,43)}$  мм. Отклонение на размер выбрано согласно ГОСТ 25347-82. Допуск на поверхность  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  составляет  $T_{25,5}=52$  мкм. Допуск на поверхность  $\varnothing 18h14_{(-0,43)}$  составляет  $T_{18}=430$  мкм. Поверхности  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  мм выступают в качестве двойной направляющей базы, а поверхность  $\varnothing 18h14_{(-0,43)}$  в качестве опорной базы.

Точность формы базовых поверхностей

Искажение цилиндрических поверхностей  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  и  $\varnothing 18h14_{(-0,43)}$  характеризуются отклонением от цилиндричности и круглости. Поскольку искажение цилиндрических поверхностей  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  и  $\varnothing 18h14_{(-0,43)}$  характеризуются отклонением от цилиндричности и круглости. Поскольку допуски цилиндричности и круглости не оговорены, принимаем допуск на них в пределах 30% от допуска на диаметры, т.е. допуск цилиндричности и круглости для размера  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  составляет  $0,52 \cdot 0,3 = 0,156$  мм, а для размера  $\varnothing 18h14_{(-0,43)}$  составляет  $0,43 \cdot 0,3 = 0,129$  мм. Скорректировав по справочнику получим, что отклонение от цилиндричности и круглости для размера

$\varnothing 18h14_{(-0,43)}$  составляет  $T=0,2$  мм, что соответствует 14 степени точности [12]. Для размера  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  составляет  $T=0,16$  мм, что соответствует 13 степени точности [12].

Точность расположения базовых поверхностей

Допуск радиального биения 0,06 мм на размер  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  задано в соответствии со стандартом (ГОСТ 24643-81) [12].

Шероховатость базовых поверхностей

Шероховатость на размер  $\varnothing 18h14_{(-0,43)}$  составляет  $Ra$  6,3 мкм

Шероховатость на размер  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  составляет  $Ra$  3,2 мкм

Определение условий, в которых будет изготавливаться и эксплуатироваться проектированное приспособление

Заготовка будет обрабатываться на вертикально-фрезерном станке с крестовым столом модели 6P12.

Составление перечня реализуемых функций

0 Перемещение и предварительная ориентация заготовки.

1 Базирование заготовки.

2 Закрепление заготовки.

3 Базирование приспособления на станке.

4 Закрепление приспособления на станке.

5 Подвод и отвод энергоносителя.

6 Образование исходной силы для закрепления.

7 Управление энергоносителем.

8 Обработка шпоночного паза  $3 \times 5 \times 10$

9 Создание безопасных условий труда.

Исходя из условий реализации этих функций и требования к результатам их реализации, осуществляем поиск прототипов из накопленного фонда технических решений. Предпочтение отдаем апробированным практикой стандартным техническим носителям функции.

На данную операцию возможно предложить две схемы базирования и закрепления заготовки:

а) Базирование в призмах с упором в правый торец.

б) Базирование в призмах с упором в цилиндрическую поверхность  $\varnothing 22,5h9_{(-0,052)}$  мм

Разработка и обоснование схемы базирования

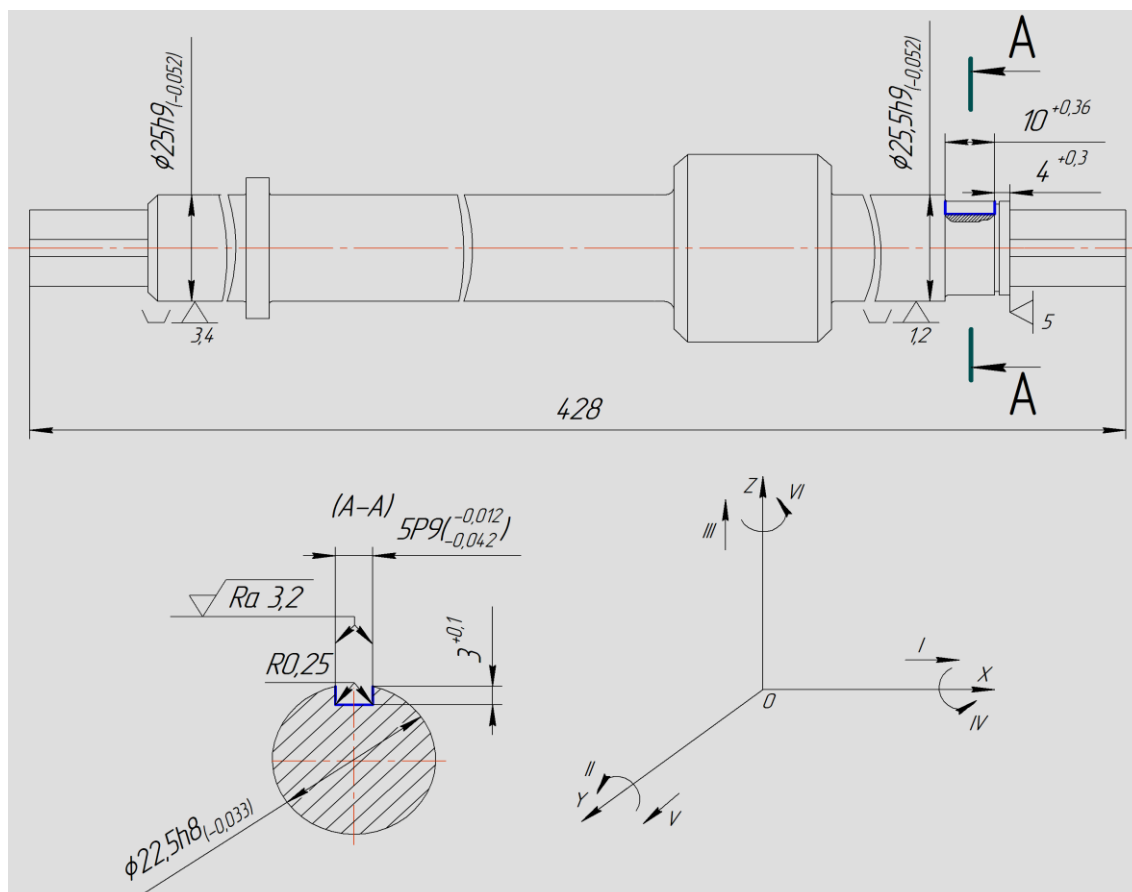


Рисунок 2.9 - Базирование заготовки. Схема 1

Закрепление и базирование заготовки по схеме 1 производится поверхностями  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  с двух сторон в призмах с упором в  $\varnothing 22,5h8_{(-0,033)}$ . Призмы ориентируют заготовку относительно осей координат OZ и OY, а торец лишает перемещения вдоль оси OX. Такое базирование лишает деталь пяти степеней свободы и обеспечивает требования чертежа. Погрешность базирования  $E_{d1}$  для размера  $10^{+0,36}$  мм для первой схемы базирования (рис. 7.1) равна  $E_{d1} = T_4 = 300$  мкм.

Закрепление и базирование заготовки по схеме 2 производится поверхностями  $\varnothing 25,5h9_{(-0,052)}$  с двух сторон в призмах с упором в  $\varnothing 18h14_{(-0,43)}$ . Призмы ориентируют заготовку относительно осей координат OZ и OY, а торец лишает перемещения вдоль оси OX. Такое базирование лишает деталь пяти степеней свободы и обеспечивает требования чертежа.

Погрешность базирования  $E_{a2}$  на размер для второй схемы базирования (рис.7.2) равна:  $E_{a2} = \dot{\Delta}_{428} + \dot{\Delta}_{46} + \dot{\Delta}_{34} + \dot{\Delta}_{245} + \dot{\Delta}_5 + \dot{\Delta}_{59} + \dot{\Delta}_4$

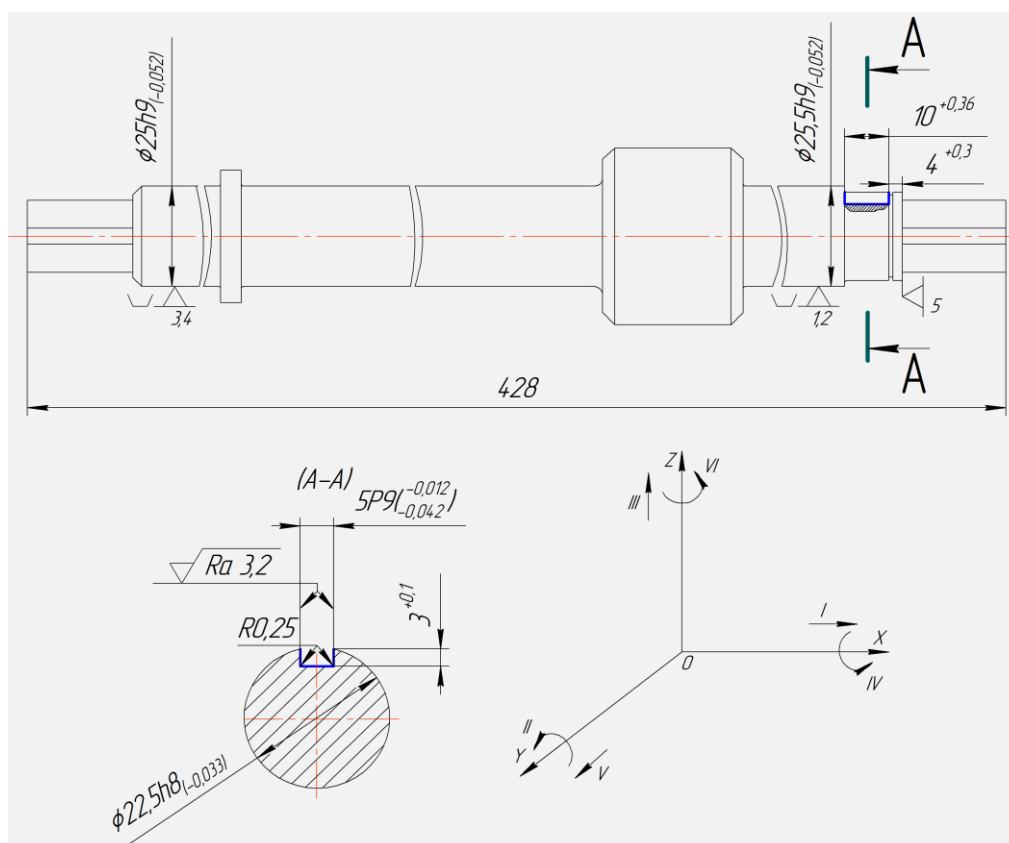


Рисунок 2.10 - Базирование заготовки. Схема 2

$$E_{a2} = 1550 + 620 + 620 + 1150 + 300 + 740 + 300 = 5280 \text{ мкм (согласно чертежа детали)}$$

Точность базирования  $E_b$  определяется по формуле:

$$\dot{A}_a = \frac{\dot{\Delta}(\varnothing 21,5)}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right) = \frac{0,052}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{90^\circ}{2}} + 1 \right) = 0,04 \dot{i} \text{ ,}$$

где  $T(\varnothing 21,5) = 0,052$  – допуск на установочный размер  $\varnothing 21,5$ ;  $\alpha = 90^\circ$  – угол призмы



Сравниваем допуск на глубину паза  $T=0,2\text{мм} > E_6 = 0,04\text{мм}$  и делаем вывод, что точность будет обеспечена.

Из рассмотренных схем базирования, погрешность базирования будет наименьшей при реализации схемы 1. Точность выполнения ширины паза определяется точностью изготовления режущей части фрезы (размер  $5P9(-0,012_{-0,042})\text{мм}$ ), точностью настройки станка (размер 10 мм) и точностью базирования вала в призме (размер  $3^{+0,1}\text{мм}$ ). Последний достигается при способе автоматического обеспечения размера на предварительно настроенном станке и рассчитывается как точность базирования вала в призме.

### Построение функциональной структуры приспособления

Из набора функций, приведенных выше выделим те, которые реализуются в течении оперативного времени: 0,1,2,5,6,7. Функции 3,4 влияют на подготовительно-заключительное время; функция 9 прямого влияния на штучное время не оказывает.

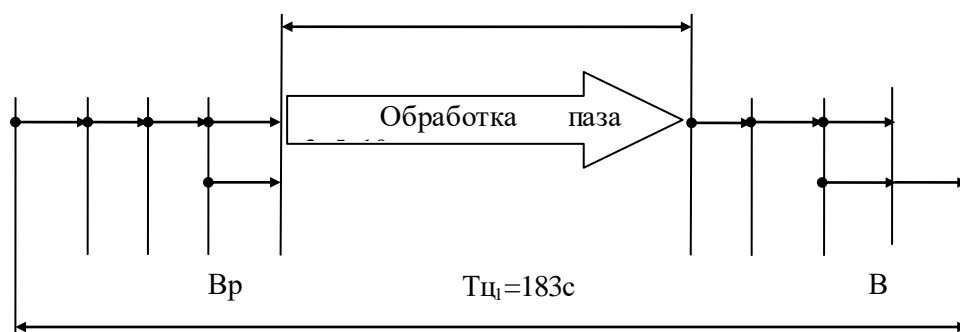


Рисунок 2.11 - Схема последовательной реализации функций

Руководствуясь нормативами времени [13], составим структуру потока функций при их последовательной реализации (рисунок 2.11).

Номер функции без штриха обозначает прямую функцию, например, «закрепить», а со штрим - обратную, например, «раскрепить».

Последовательная структура реализации потока функций нас не может удовлетворить, поскольку ее длительность велика. Используя положения

функциональной интенсификации, построим более приемлемую структуру, позволяющую сократить время осуществления функции (рисунок 2.12)

Функциональная структура проектируемого приспособления представлена на рисунке 7.5.

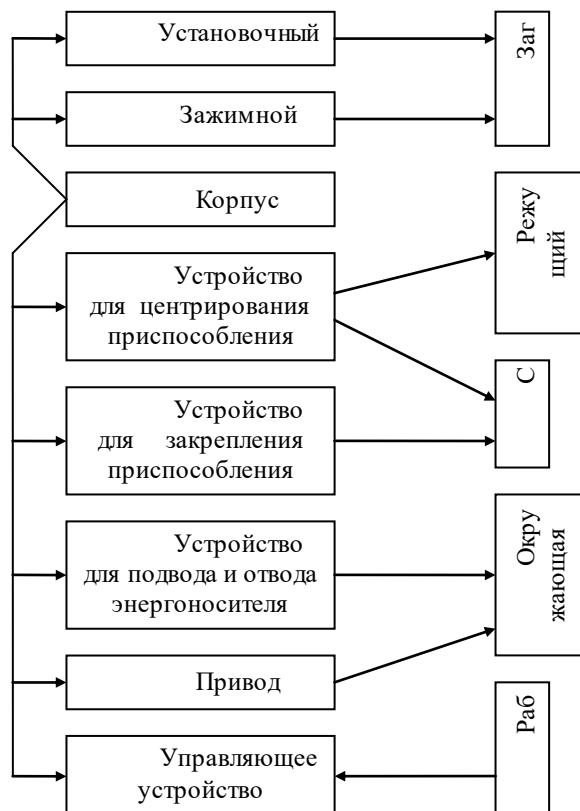


Рисунок 2.12 - Функциональная структура проектируемого приспособления

#### Анализ структуры полей возмущающих силу

Для определения взаимного влияния поля возмущающих сил и поля уравновешивающих сил построим графическую модель возмущающих сил во взаимосвязи с принятой схемой базирования и модель поля уравновешивающих сил, создаваемых зажимным механизмом.

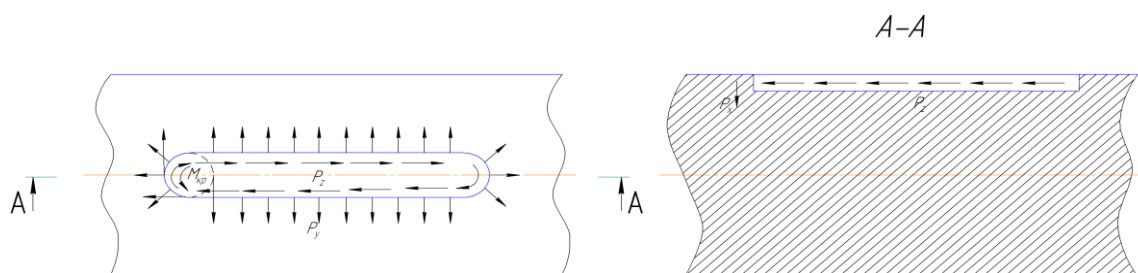


Рисунок 2.13 – Структура поля возмущающих сил по составляющим  $P_x, P_y, P_z$

## Расчет сил закрепления

Приведем расчет режимов резания обработки неблагоприятного участка: фрезерования шпоночного паза шириной  $b = 3\text{ мм}$ , длиной  $l = 10\text{ мм}$ , высотой  $h = 5\text{ мм}$ .

Определяем показатель количества стадий обработки.

Определяем поправочные коэффициенты на показатель количества стадий обработки согласно [6, карта 72]:

$$\delta = 0,74, K_{\delta M} = 0,65, K_{\delta \kappa} = 1, K_{\delta \alpha} = 1, K_{\delta \beta} = 1,0.$$

Выполняем расчет согласно формуле:

$$K_{c.o.} = 0,74 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,481.$$

Находим отношение  $\frac{\dot{I}_{\max}}{D} = \frac{5}{22} = 0,23$ .

Таким образом согласно [6, карта 72] требуемая точность может быть достигнута за один проход.

Принимаем глубину резания  $t = 5\text{ мм}$ .

Подачу на зуб  $S_{zT} = 0,04\text{ мм/зуб}$  для обработки паза выбираем по [6].

Выбранное значение подачи корректируем с учетом поправочных коэффициентов.

Определяем поправочные коэффициенты на подачу [6, карта 82]:

$$K_{SM} = 1,2, K_{SH} = 0,8, K_{S\kappa} = 1,3, K_{SI} = 1,0.$$

Выполняем расчет согласно формуле:

$$S_z = 0,04 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 0,05\text{ мм / зуб}.$$

Выбираем составляющие силы резания  $P_{yT}$  и  $P_{zT}$  для проверки по полученной подаче согласно [6, карта 88]:  $P_{y0} = 235\text{ Н}$ ,  $P_{z0} = 820\text{ Н}$ .

Выбранные значения составляющие сил резания корректируем с учетом поправочных коэффициентов.

Определяем поправочные коэффициенты составляющие сил резания по [14]:

$$K_{P_0} = 1,0, K_{PM} = 0,6, K_{P_z} = 0,75, K_{PB} = 1.$$

$$P_y = 235 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot 1 = 106 \text{ Ё} ;$$

$$P_z = 820 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot 1 = 369 \text{ Ё} ;$$

$$P_x = 0,5 \cdot P_z = 0,5 \cdot 369 = 185 \text{ Н} .$$

Выбираем скорость и мощность резания согласно [6, карта 87]:

$$V_T = 22 \text{ м / мин} , N_T = 0,3 \text{ кВт} .$$

Выбранные значения скорости и мощности резания корректируем с учетом поправочных коэффициентов.

Определяем поправочные коэффициенты на скорость и мощность резания по [6, карта 84]:

$$K_{V_0} = K_{N_0} = 1, K_{VM} = 1,6, K_{NM} = 0,65, K_{V_E} = K_{N_E} = 1, K_{VT} = K_{NT} = 1,0, K_{VB} = K_{NB} = 1,0, \\ K_{VII} = K_{NII} = 1,0, K_{V_{JK}} = K_{N_{JK}} = 1,0.$$

$$V = 22 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 22,88 \approx 23 \text{ м / мин} ;$$

$$N = 0,3 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,312 \text{ кВт} .$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n_{\phi} = \frac{23 \cdot 1000}{\pi \cdot 5} = 1464 \text{ об / мин} .$$

По паспорту станка принимаем ближайшее значение:  $n_{\phi} = 1400 \text{ об / мин}$

Определяем фактическую скорость резания по формуле:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 1400}{1000} = 21,98 \approx 22 \text{ м / мин}$$

Определяем фактическую мощность резания по формуле:

$$N_{\phi} = 0,312 \cdot \frac{22}{23} = 0,3 \text{ кВт} , \text{ что меньше } 11 \text{ кВт}.$$

Определяем минутную подачу по формуле:

$$S_M = 0,49 \cdot 1400 \cdot 2 = 16,896 \approx 17 \text{ мм / мин} .$$

Силу закрепления рассчитываем по формуле:

$$W = \frac{k}{f} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sqrt{P_x^2 + P_x^2 + P_x^2} \quad [6]$$

Коэффициент трения согласно [2, стр. 85]:  $f = 0,16$ .

Коэффициент запаса определяем по формуле:  $k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$ .

Составляющие коэффициенты находим согласно [6, стр. 85]:

$$k_0 = 1,5, \quad k_1 = 1, \quad k_2 = 1,6, \quad k_3 = 1,2, \quad k_4 = 1,2, \quad k_5 = 1,0, \quad k_6 = 1,5.$$

Таким образом:  $k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 5,184$ .

Тогда сила закрепления равняется:

$$W = \frac{5,184}{0,16} \cdot \sin \frac{90}{2} \cdot \sqrt{106^2 + 369^2 + 185^2} = 9666 \text{ Н}$$

### Расчет детали на прочность

Рассчитываю количество винтов, необходимое для закрепления диафрагмы пневмокамеры с учетом того, что сила давления сжатого воздуха в сети 0,4 МПа; сила на штоке пневмокамеры  $W=9852$  (Н); резьба винта – М8×6g, материал винта – Сталь 40.

Внутренний диаметр резьбы рассчитывается по формуле:

$$d_B = d_n - (0,541P) \cdot 2 \quad (\text{мм})$$

где  $d_n$  – наружный диаметр резьбы;

$P$  – шаг резьбы.

$$d_g = 8 - (0,541 \cdot 1) \cdot 2 = 6,918 \quad (\text{мм})$$

Минимальная площадь резьбы рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{min рез}} = \frac{\pi d_g^2}{4} \quad (\text{мм}^2)$$

где  $d_B$  – внутренний диаметр резьбы.

$$S_{\text{min рез}} = \frac{3,14 \cdot 6,918^2}{4} = 37,57 \quad (\text{мм}^2)$$

Предел текучести для Стали 40 равен 300 МПа.

Допустимый предел текучести определяется по формуле:

$$[\sigma_T] = 0,6\sigma_T \text{ (МПа)}$$

то есть  $[\sigma_T] = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ (МПа)}$

$$[\sigma_T] = \frac{W}{S_{\text{min} \text{ необх}}}$$

где  $W$  – сила на штоке пневмокамеры;

$S_{\text{min} \text{ необх}}$  – необходима площадь резьбы.

Отсюда выведем формулу для нахождения необходимой площади резьбы:

$$S_{\text{min} \text{ резьб}} = \frac{W}{[\sigma_{\delta}]} \quad (7.5)$$

$$S_{\text{min} \text{ резьб}} = \frac{9852}{180} = 54,73 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Количество винтов, необходимое для закрепления пневмокамеры, рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{S_{\text{min} \text{ необх}}}{S_{\text{min} \text{ рез}}} \text{ (шт)} \quad (7.6)$$

то есть  $n = \frac{54,73}{37,57} = 1,5 \text{ (шт)}$ .

Таким образом, для закрепления диафрагмы пневмокамеры хватит двух винтов, поэтому конструктивно принимаю  $n=6 \text{ (шт)}$ .

Обоснование выбора привода

Определяем силу возникающую на штоке пневмоцилиндра по формуле:

$$Q = \frac{W}{1,5}$$

$$Q = \frac{9666}{1,5} = 6444 \text{ Н}$$

Силу на штоке пневмоцилиндра определяем по формуле:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \cdot \eta$$

Тогда диаметр поршня будет равен:  $D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}}$ ,

где  $Q = 6444$  Н – сила возникающая на штоке;

$p = 0,63$  МПа – давление которое действует на поршень;

$\eta = 0,85$  - КПД гидроцилиндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6444}{\pi \cdot 0,63 \cdot 0,85}} = 123,812 \text{ мм} .$$

Выбираем диаметр ближайшего большего стандартного значения поршня  
 $D = 125$  мм

Сила возникающая на штоке:

$$Q = \frac{3,14 \cdot 125^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 0,85 = 6568 \text{ Н}.$$

Сила закрепления:

$$W = 1,5 \cdot Q = 1,5 \cdot 6568 = 9852 \text{ Н}.$$

Расчет приспособления производим для наиболее точного размера получаемого при обработке паза. Наиболее точные параметры имеет шпоночный паз (сечение А-А): ширина паза  $5P9 \begin{smallmatrix} -0,012 \\ -0,042 \end{smallmatrix}$ , отклонение от параллельности 250мкм; отклонение от симметричности 250мкм. Точностной размер будем производить для параметра: отклонение от параллельности 250мкм.

Точностной расчет производим по формуле:

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}$$

где  $T$  - наиболее жесткий допуск на рассматриваемый размер ( $\delta = 250$  мкм);

$K_T$  - коэффициент, учитывающий возможное отступление отдельных составляющих от нормального закона распределения случайных величин ( $K_T = 1,2$ );

$K_{T1}$  - коэффициент, учитывающий некоторое уменьшения предельного значения погрешности базирования ( $K_{T1} = 0,85$ );

$\varepsilon_{\delta}$  - погрешность базирования заготовки в приспособлении, для выполнения данного точностного параметра погрешность базирования не оказывает никакого влияния, поэтому ( $\varepsilon_{\delta} = 0$  мкм);

$\varepsilon_{\gamma}$  - погрешность закрепления, учитывает смещение обрабатываемой поверхности заготовки от действия зажимной силы, для выполнения данного точностного параметра погрешность закрепления не оказывает никакого влияния, поэтому ( $\varepsilon_{\gamma} = 0$  мкм);

$\varepsilon_{\nu}$  - погрешность установки приспособления на станке, учитывает зазоры между установочными элементами приспособления и посадочными элементами станка. В среднем эта величина составляет ( $\varepsilon_{\nu} = 10$  мкм);

$\varepsilon_n$  - погрешность перекоса инструмента, поскольку отсутствуют направляющие элементы ( $\varepsilon_n = 0$  мкм);

$\varepsilon_u$  - погрешность, возникающая в следствии износа установочных элементов приспособления.

Погрешность износа установочных элементов приспособления определяем по формуле:

$$\varepsilon_u = \beta_1 \cdot N^n,$$

где  $\beta_1 = 0,3$  - постоянная;

$N = 300$  - число контактов заготовки с опорой;

$n = 0,5$ ;

$$\varepsilon_u = 0,3 \cdot 300^{0,5} = 5 \text{ мкм.}$$

$K_{T2}$  - коэффициент, учитывающий вероятность погрешности обработки  
 $K_{T2} = 0,6$ ;

$\omega$  - допуск получаемого размера для качества экономической точности IT 6 конкретного метода обработки  $\omega = 30$  мкм; (Л6)



$\varepsilon_{noz}$  - погрешность позиционирования  $\varepsilon_{noz} = 0$  мкм.

Таким образом:

$$\varepsilon_{\text{ид}} = 250 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 10^2 + 0^2 + 5^2 + (0,6 \cdot 11)^2 + 0^2} = 250 - 16 = 234 \text{ мкм.}$$

Принимаем допуск параллельности установочных элементов приспособления

$$T = 200 \text{ мкм}$$

Описание устройства и принципа действия приспособления

Приспособление состоит из плиты на которой смонтирован пневмоцилиндр и призмы. Подача сжатого воздуха в нижние и верхние полости цилиндра происходит через трехходовой распределительный кран. При поступлении воздуха в нижнюю полость цилиндра, поршень поднимаясь вверх через шток создает давление на прихват который закрепляет мою деталь при обработке паза. При поступлении воздуха в верхнюю полость цилиндра происходит обратный процесс – с нижней полости воздуха выходит в атмосферу посредством переключения.

Все детали и узлы приспособления подвергнуть визуальному контролю, выявленные дефекты устранить.

1. К столу станка прикрепить корпус приспособления и плиту 5
2. К плите 5 с помощью болтов 15 и штифтов 28 прикрепить призмы 6,7.
3. К плите 5 с помощью винта 17 прикрепить цилиндр 3 в который установить предварительно собранный поршень в сборе 8затянув поршень шайбой 24 и гайкой 19; с верху надеть крышку 14.Шайбу закрепить винтом 16.
4. На стойку 4 надеть пружину 23, шайбу 25, прихват 9, ввинченный в шток 13 пневмокамеры, сверху надеть шайбы сферические 10,11 и закрутить двумя гайками 18.
5. К столу станка прикрепить распределительный кран.

## РАЗДЕЛ 3 НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

### 3.1 Автоматизация проектирования и выбора рациональной системы конструкции станочных приспособлений

Тема научного исследования: повышение эффективности процесса фрезерования за счет применения специального станочного приспособления.

Выбор станочных приспособлений для изготовления изделий является решающим фактором в процессе формирования парка технологической оснастки многократного применения на предприятии и планирование эффективности его эксплуатации.

Внедрение стандартных методов выбора и проектирования приспособлений обеспечивает:

- а) поиск оптимальных вариантов станочных приспособлений;
- б) оснащение единичных операций оснасткой для серийного производства;
- в) сокращение воспроизводства технологической оснастки за счет повышения ее загрузки;
- г) повышение производительности труда и интенсивности эксплуатации оборудования.

Организационные формы производства, связывающие каждую единицу оборудования, участок и цех в единое целое, диктуют необходимость учета при выборе устройств значительных объемов информации, которая выходит за рамки компетентности отдельного специалиста. В этих условиях оказывается рациональным применение автоматизированной системы по выбору станочных устройств, которая применяется в качестве основной информационно-поисковой звена и банка данных, а также как автономно-обслуживающая система при технологическом проектировании.

Одновременно такая система обеспечивает высокую степень механизации и единство методов эффективной разработки и оснащения технологических процессов стандартными устройствами; улучшение планирования потребности в

оснащении; своевременный учет и экономическую оценку уровня оснащения; осуществление комплексных работ по унификации и стандартизации станочных устройств в целом.

Эффективность от применения автоматизированной системы по выбору устройства достигается за счет оперативной выдачи решений, а также за счет осуществления мероприятий по их реализации, обеспечивающие:

а) сокращение сроков и стоимости технологической подготовки производства и решения задач, связанных с определением потребности в оснащении, объемов его проектирования и изготовления;

б) сокращение воспроизводства оснащение за счет организации его эксплуатации и уровня загрузки;

в) повышение производительности и интенсификации эксплуатации оборудования совместно с оснащением в основном и вспомогательном производствах [22].

Важной процедурой при работе автоматизированной системы по выбору экономически эффективной конструкции станочного устройства является выбор его системы, к которой должна быть отнесена эта конструкция. Стоит помнить, особая роль станочных устройств заложена в их влиянии на точность обработки. В зависимости от назначения станочных приспособлений, условий их работы и характера выполняемых технологических операций оценку точности можно проводить по различным критериям, которые следует классифицировать как статические и динамические показатели точности.

Между параметрами детали и формируемой технологической оснастки существует информационно-функциональная взаимосвязь. Аналогичные взаимосвязи существуют также между технологическими решениями по производству детали и информационными моделями этой детали. Все это создает предпосылки для комплексной автоматизации: деталь-технологический процесс изготовления детали-проектирование и изготовление технологической оснастки - изготовление детали. В связи с этим при автоматизации проектирования

устройств и был определен метод построения технологической оснастки на базе информационной модели, получившей название «синтез конструкций» [23].

В основу этого метода положены следующие принципы. Информация, описывающая конструкцию устройства, является результатом переработки сведений о обрабатываемую деталь и технологические операции изготовления. Для конструкции какого - либо устройства существует возможность его декомпонувания на составляющие - конструктивные элементы. Конструкция любого станочного устройства может быть синтезирована из определенного числа конструктивных элементов. Конструктивные элементы отличаются свойствами и характеристиками, которые можно представлять в компьютерной программе. В каждом конструктивном элементе как разновидности твердого тела можно зафиксировать его положение для определения значений позиционных связей между элементами.

Порядок проектирования следующий. В компьютер вводится описание обрабатываемой детали, на основе чего автоматически строится цифровой информационный описание проектируемого устройства в виде соответствующих цифровых массивов. Управление передается блоку составления спецификаций, результаты работы которого выдаются на печатающее устройство в форме документа, определенного стандартами ЕСКД. Затем выполняются работы по формированию программ вычеркивания при получении сборочного и деталировочные чертежей конструкции. Процесс завершается технологической подготовкой производства станочного устройства и составлением программ обработки детали для станков с ЧПУ.

Важным вопросом является получение рациональной конструкции. Трудности решения задач оптимизации заключаются в наличии багатокритериальности и багатопараметричности. Рациональные решения могут быть получены только на отдельных стадиях проектирования, например, на стадии выбора схемы установки, или закрепления и тому подобное. Конструкция должна быть работоспособной, пригодной для обработки детали и обеспечивать

необходимые параметры точности. Пригодность конструкции определяется рядом технических, технологических, эстетических, экономических и других показателей: точности, жесткости, дисбаланса, быстродействия, простоты и технологичности, удобства и безопасности, эстетичности внешнего вида и др.

Хотелось бы отметить, еще одну важную особенность, которая сегодня актуальна для многих станочных устройств - это гибкость устройства способность к быстрой переналадке при изготовлении других, новых деталей. Использование гибких СП позволяет сократить вспомогательное время на переналадку, что может быть выгодным с точки зрения себестоимости продукции при небольших партиях и частой смене номенклатуры, а уменьшение их металлоемкости усилит экономический эффект [23].

### **3.2 Значение станочных приспособлений (СП) в производственном процессе**

Для повышения эффективности производства, сокращение сроков технической подготовки важную роль играют проблемы совершенствования технологической оснастки, а именно создание высокопроизводительных конструкции станочных приспособлений, уменьшение времени на их изготовление, и тому подобное. На производстве внедрение прогрессивных станочных приспособлений способствует повышению производительности и эффективности механической обработки, улучшает условия труда рабочих и уменьшения требований к их уровня квалификации. Такие устройства в большинстве случаев оснащаются быстродействующими, пневматическими, электрическими, гидравлическими зажимными механизмами, и тому подобное. Основная современная требование к СП - иметь возможность обеспечить достаточную жесткость при минимальной металлоемкости и габаритных размерах. Важна возможность переналадки устройств на другой типоразмер деталей. И самое главное, что использование того или иного СП должно

обеспечить необходимое качество и точность обработки поверхностей детали, которые заданы конструктором на чертеже детали. Принимая во внимание то, что современные станки имеют широкий спектр технологических возможностей, проводят многокоординатную обработку детали за один учредений, то СП должен обеспечить максимальный подход рабочего инструмента к обрабатываемым поверхностям [24].

### **3.3 Методика проведения и выявления резервов оптимизации станочных приспособлений**

Автоматизация производственных процессов является основным направлением в современном широкономенклатурному производстве. Использование станков с ЧПУ провоцирует повышение автоматизации и уменьшения времени на переналадки в пределах технических характеристик переналагоджувальных устройств.

При проектировании станочного устройства были выдвинуты два основных требования, которые можно трактовать как противоречие:

- а) высокая точность устройства, зависит от его достаточной жесткости.
- б) для обеспечения высокой жесткости, надо увеличивать габаритные размеры составляющих элементов станочного устройства.
- в) при увеличении габаритных размеров, увеличивается материальные расходы (так называемая металомискить), конечно также растет себестоимость такого станочного устройства. Также есть ограничения и размеров СП, так как его нужно устанавливать на станок, если это невозможно сделать вручную, то нужно использовать подъемно-транспортные механизмы. Габариты СП должны не мешать беспрепятственным движениям рабочих органов станка, и непосредственно процесса обработки детали.

Как решить эти вышеприведенные требования, нужно применить методы оптимизации. Ранее специалисты применяли громоздкие сложные математические

расчеты относительно размеров устройств, вводили заведомо завышенные коэффициенты запаса прочности, поэтому на выходе получали устройства с большой металлоемкостью (размерами), которые не всегда были целесообразными. Расчеты занимали много времени. Конечно, такие СП могли работать в 2-3 раза дольше заявленного срока эксплуатации, но учитывая современные требования спроса на рынке и плотную конкуренцию, нужно оперативно и быстро изготавливать изделие и доставить к покупателю, при этом выдержав стратегию минимальной себестоимости продукции и высокого качества и надежности. Желательно, чтобы конкретное СП при необходимости можно было перенастроить под другой вид, размеры и т.д. обрабатываемой детали.

Сегодня развитие компьютерных технологий позволяет инженерам использовать автоматизированные средства оптимизации, которые обеспечивают точный расчет конструкций на прочность, проанализировать напряженно-деформированное состояние (НДС), определять собственные частоты и собственную амплитуду колебаний станочного устройства. Этот процесс гораздо быстрее чем, ручной расчет и более того, компьютерный расчет имеет высокую точность.

Расчет станочного приспособления, его конструкции для обработки детали «Вал-шестерня», который был разработан в предыдущем разделе.

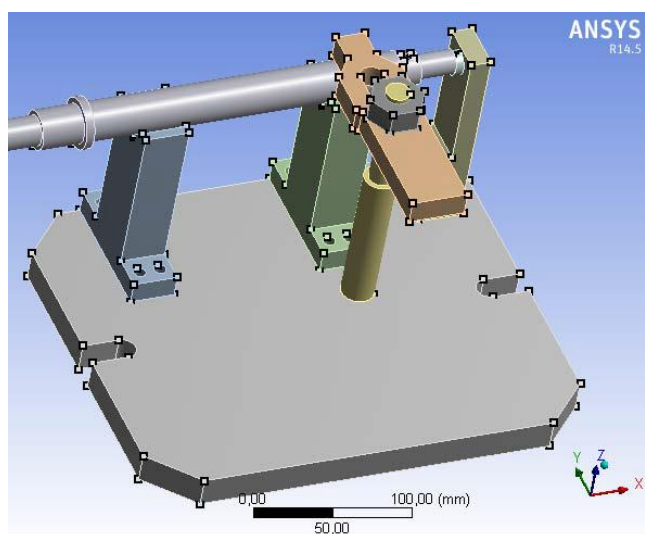


Рисунок 3.1 – Спроектированное станочное приспособление

### 3.4 Исследование напряженно-деформированного состояния предложенного станочного приспособления

Выполним исследования напряженно-деформированного состояния (НДС), для того чтобы определить оптимальные размеры станочного приспособления и будет ли обеспечена качественная обработка детали. При этом ранее уже были определены погрешности станочного приспособления, которые возникают в процессе обработки. Предельные значения погрешностей ограничены согласно чертежу детали «Вал-шестерня».

Исследование НДС станочного приспособления предусматривает проверку на прочность, выявление концентраторов напряжений и элементов, где напряжение имеют значение больше, чем критические для конкретного вида материала и если они будут в наличии, нужно усовершенствование конструкции СП. В ходе исследования выполнялась проверка эквивалентных напряжений, возникающих в местах контакта между установочными-зажимными элементами устройства и заготовкой в результате действия сил закрепления, силы резания и крутящего момента. Механические свойства материалов, которые использованы в модели показаны в таблице 3.1. Режим обработки на вертикально-фрезерной операции, для которого выполнялось исследование показан в таблице 3.2.

Таблица 3.1 – Механические свойства материалов заготовки и элементов станочного устройства

Материал	граница прочности, МПа	Коэффициент Пуассона, $\mu$	Плотность $\rho$ кг/м <sup>3</sup>	граница текучести, МПа	Твердость НВ
Сталь 45 ГОСТ 5632-72	630	0,28	7670	315	180
Сталь 35 ГОСТ 1050-13	630	0,28	7826	315	163



Таблица 3.2 – Режим обработки пазов

Номер и текст перехода	Параметры режимов резания							
	t, мм	S, мм/об	n, об/мин	V <sub>р</sub> , м/мин	V <sub>ф</sub> , м/мин	n <sub>ф</sub> , об/мин	N <sub>ф</sub> , кВт	S, мм/мин
Фрезеровать паз	3	0,05	1400	22	20	1250	0,22	125

Была проведена разработка и построение конечно-элементной расчетной модели станочного приспособления. Соответствуют реальным схемам закрепления с внешней нагрузкой силовые и кинематические граничные условия модели станочного устройства. Закрепление реализуется по нижней основе СП, которое эквивалентно установке приспособления на стол станка. Путем объединения узлов составляющие элементы станочного приспособления связаны между собой жестко. Поверхности которые зафиксированы и связаны между собой за счет сил трения имеется возможность перемещения между этими поверхностями с соответствующим коэффициентом трения.

С помощью программного пакета ANSYS получены результаты напряжений и перемещений, которые будут в деталях и местах их контакта. Показатели максимальных эквивалентных напряжений, определенные по гипотезе Мизеса и максимальных перемещений, которые возникли в процессе моделирования механической обработки. Допускаются перемещения элементов станочного с указанием типа контактов, коэффициентов трения между составными элементами станочного устройства с указанием типа контактов и контактных пар с их характеристиками, важны также коэффициенты трения между элементами.

В программном пакете ANSYS получены результаты напряжений и перемещений, которые возникли в конкретных деталях в местах их перемещений. Показатели определены по гипотезе прочности Мизеса, и предельных перемещений, которые возникли при моделировании механической обработки стали 45. Для наглядности проиллюстрируем конечно элементную сетку,

расчетные схемы нагрузок, их перемещения и напряжения в процессе обработки Вала-шестерни приведены на соответствующих рисунках.

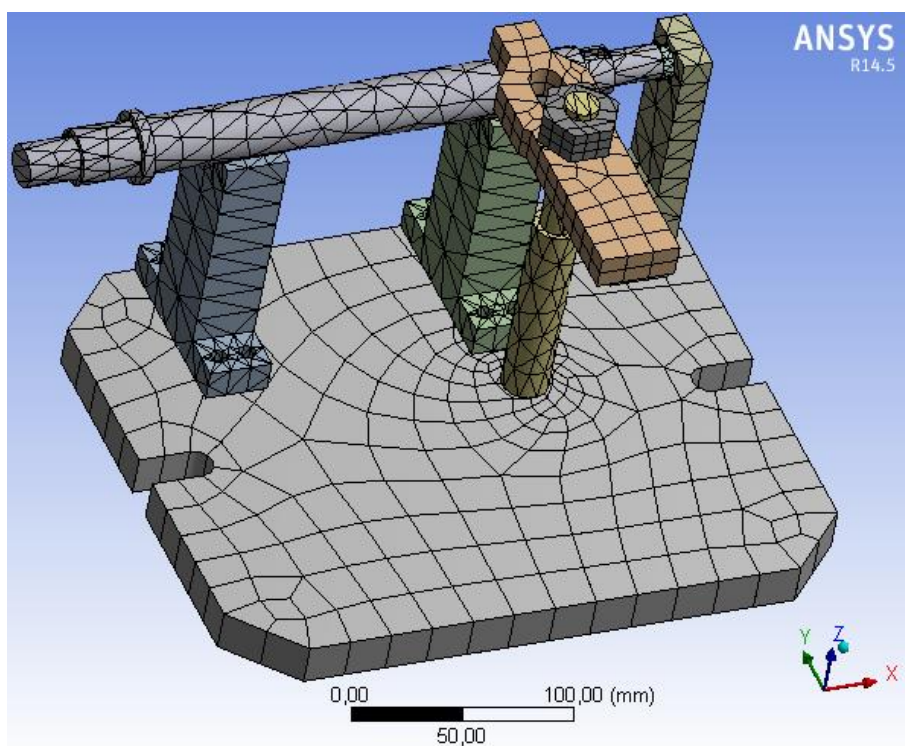


Рисунок 3.3 – Деталь и СП с конечно-элементной сеткой

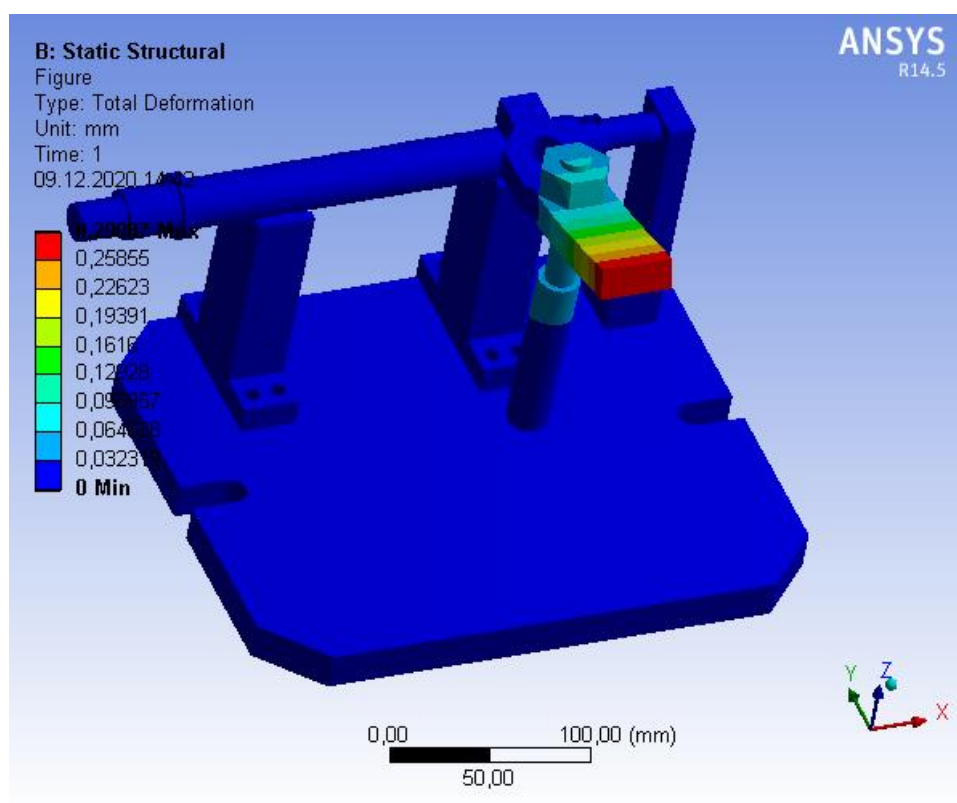


Рисунок 3.4 – Общее перемещение элементов системы «СП-заготовка»

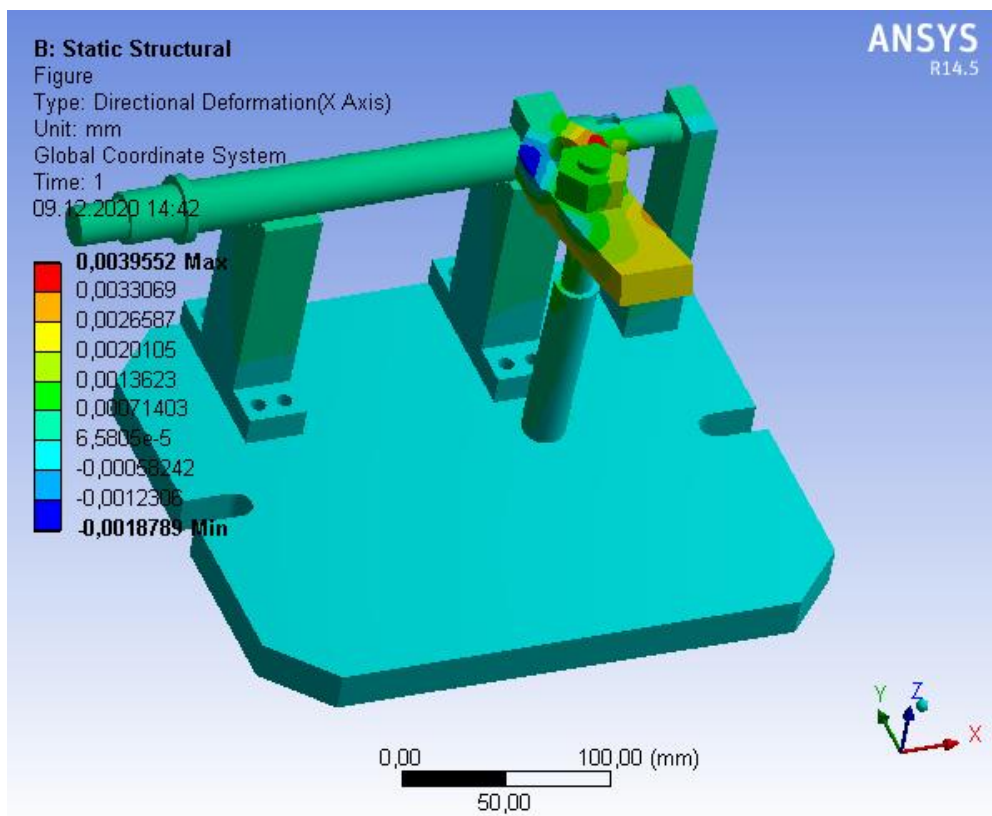


Рисунок 3.5 – Перемещение по оси X элементов системы «ВП-заготовка»

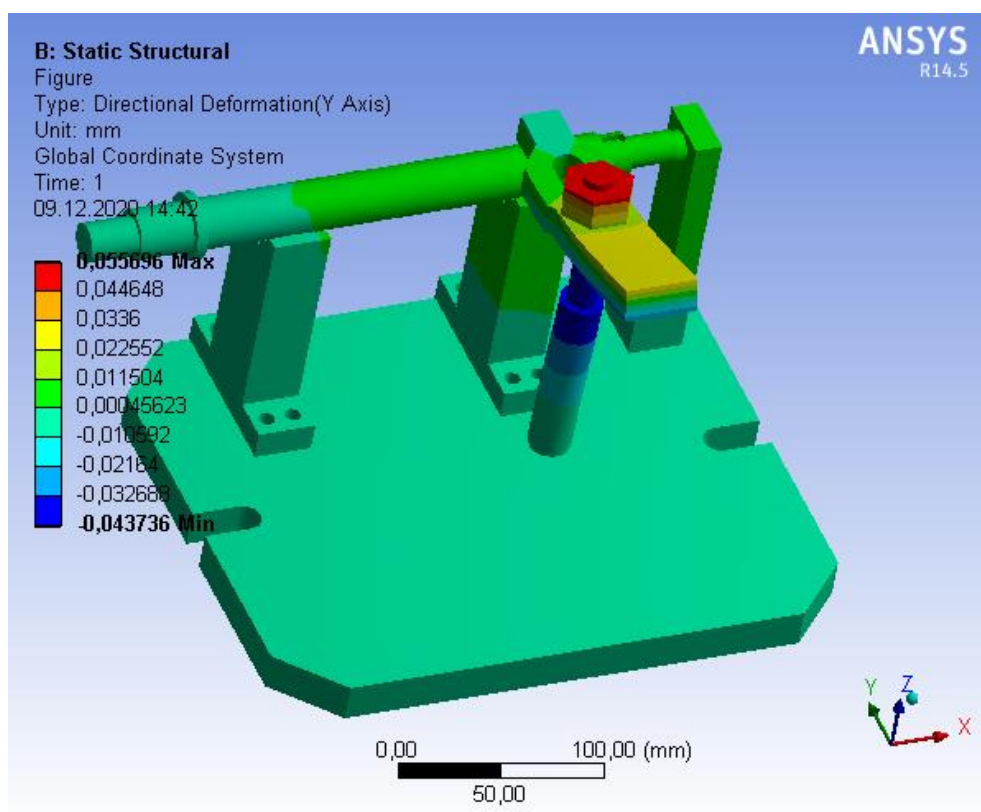


Рисунок 3.6 – Перемещение по оси Y элементов системы «ВП-заготовка»

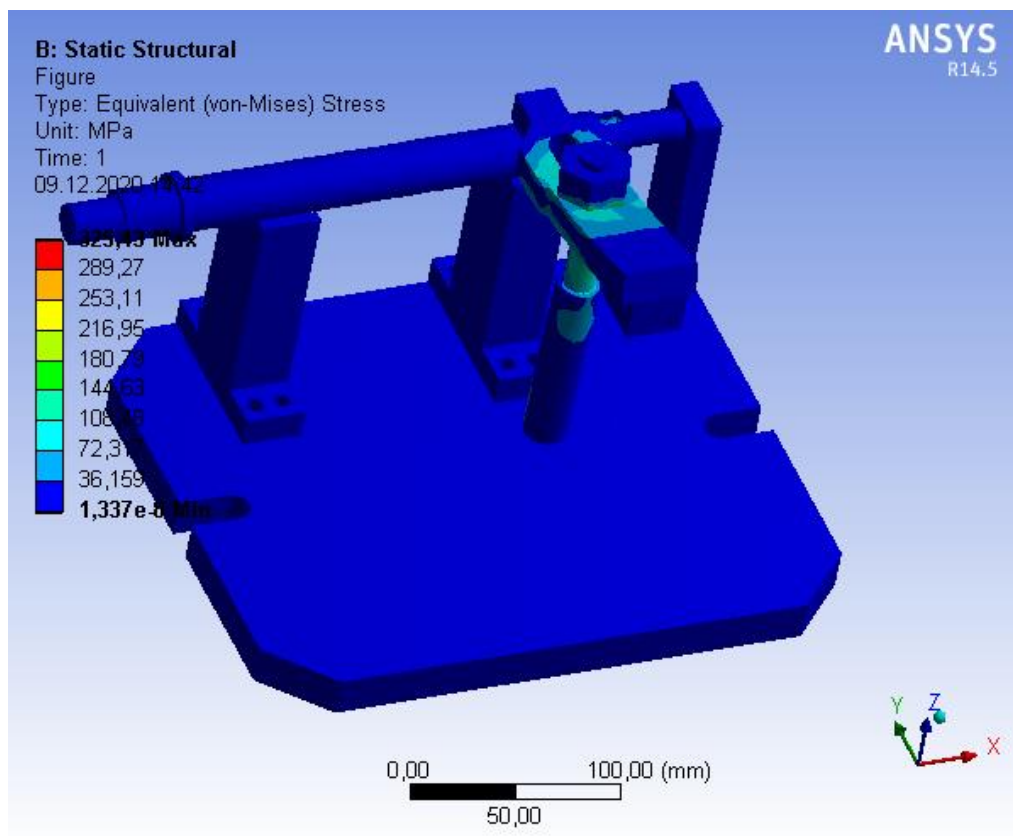


Рисунок 3.7 – Напряжение элементов системы «СП-заготовка»

Таблица 3.3 – Результаты численного моделирования в программном комплексе ANSYS для спроектированного приспособления

Технологический переход	Макс. перемещения, мм	Допустимые перемещения, мм	Макс. напряжения, МПа	Допустимые напряжения, МПа
Фрезерование паза $b=5$ мм	0,05	0,084	325	630

Вывод следующий, максимальные перемещения составляют 0,05 мм по оси Y, что не превышает допуск на размер 5P9 шпоночного паза 0,084 мм, также напряжения не превышают допустимых в 630 МПа. Поэтому, есть возможность сделать процесс обработки более продуктивным и уменьшить время фрезерования, применив новый режим резания, который показан в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Режим резания

Номер и текст перехода	Параметры режимов резания							
	t, мм	S, мм/об	n, об/мин	V <sub>р</sub> , м/мин	V <sub>ф</sub> , м/мин	n <sub>ф</sub> , об/мин	N <sub>ф</sub> , кВт	S, мм/мин
Фрезеровать паз	5	0,05	1600	22	20	1800	0,22	80

### 3.5 Модальный анализ предложенного станочного приспособления

При механической обработке деталей, возможно возникновение такого явления как резонанс – это сильный рост амплитуды вынужденного колебания в случае, когда частота внешней силы совпадает с собственной частотой колебаний. То есть, надо чтобы частота собственных колебаний станочного устройства, не совпадала с частотой процесса резки. Поэтому надо с помощью программы ANSYS определить частоты собственных колебаний спроектированного станочного устройства, а затем полученные результаты сравнить с частотой колебаний механической обработки, и избежать от возникновения резонанса. Рассмотрим вариант с первым режимом резания (табл. 3.2). Результаты-рисунки с видом форм колебаний системы «Станочное приспособление - заготовка» показаны на рисунках 3.8-3.10.

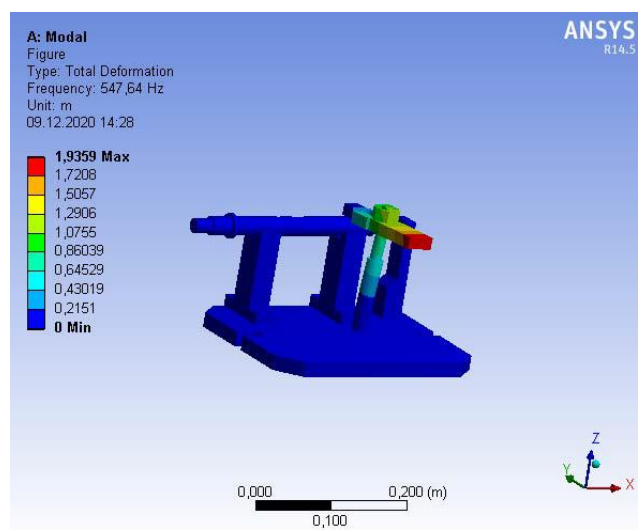


Рисунок 3.8 – Демонстрация первой критической частоты системы «СП-заготовка»

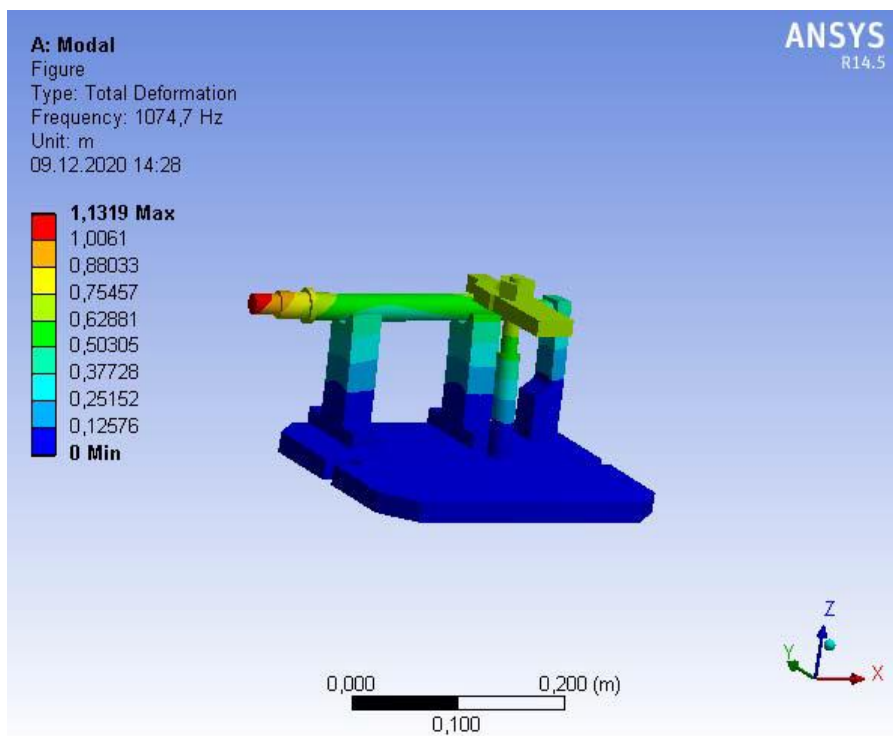


Рисунок 3.9 – Демонстрация второй критической частоты системы «СП-заготовка»

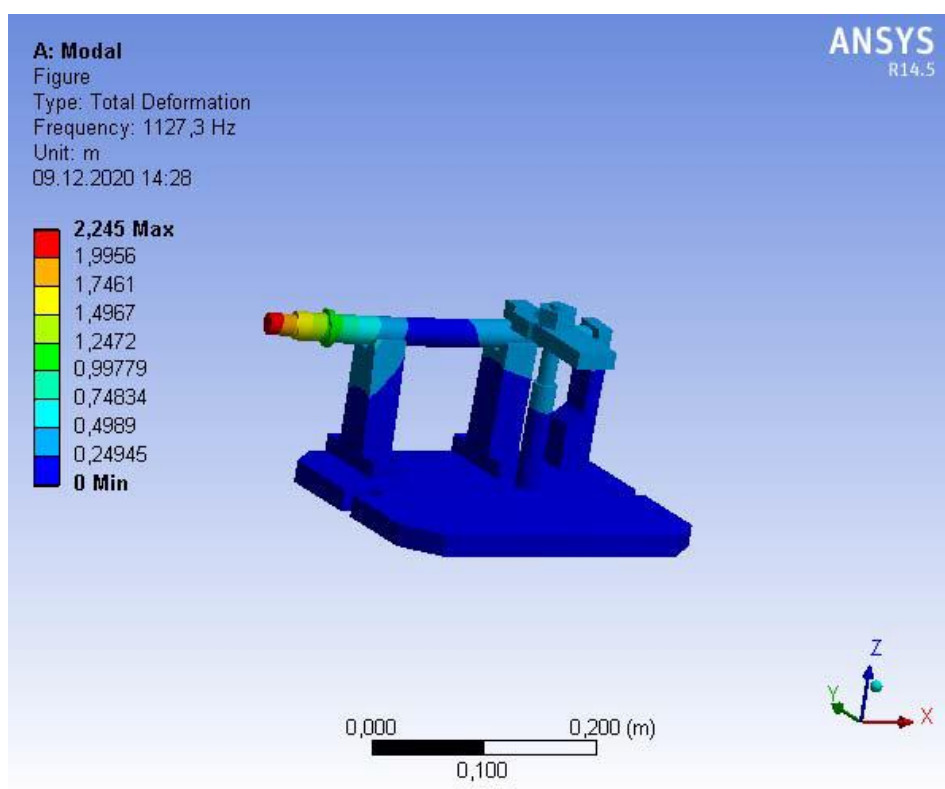


Рисунок 3.10 – Демонстрация третьей критической частоты системы «СП-заготовка»



Таблица 3.5 – Сравнительная таблица собственных частот, которые возникают в процессе механической обработки

<b>Первая критическая частота, Гц</b>	<b>Вторая критическая частота, Гц</b>	<b>Третья критическая частота, Гц</b>	<b>Частота процесса мех. обработки, Гц</b>
547,6	1074,7	1127,3	26,7

Анализируя данные таблицы 3.5 можно сделать вывод, что резонанс не возникнет, так как первая критическая частота собственных колебаний СП существенно выше максимальной частоты процесса резания. В доказательство этого вывода, еще одним доказательством является то, что числовые значения первой и второй критической частот очень близки по значениям, поэтому можно сказать, что расчет произведен верно, и спроектирована модель является адекватной. Динамической жесткости станочного устройства хватит для обработки.

### **3.6 Выводы**

В ходе научного исследования определили максимальные величины напряжений и перемещений, собственные частоты колебаний, при этом показатели меньше предельных с существенным запасом, то было принято решение назначить новый более производительный режим обработки и проверить возможность его реализации с помощью спроектированного станочного приспособления. Анализируя полученные результаты численного моделирования, можно сделать вывод, что проводить обработку на назначенном режиме возможно, с минимальными перемещениями, которые не превышают допустимых, с соблюдением требований по точности обработки заданных конструктором без возникновения явления резонанса, то есть жесткости в СП хватает, а значит это доказывает целесообразность компоновки и размеров в спроектированном станочном приспособлении.

## ВЫВОДЫ

Тема дипломного проектирования - совершенствование технологического процесса изготовления вала-шестерни А356.14.83-17 путем интенсификации режимов резания на вертикально-фрезерной операции.

Во время выполнения дипломной работы были выполнены следующий объем работ:

- произведен анализ служебного назначения изделия – Утилизатор тепла УТЛ-6/115, узла изделия – лебедки ручной и детали – вал-шестерня. Кроме того выполнено описание конструктивных особенностей детали и условий ее эксплуатации.

- произведен анализ технических требований на изготовление детали вал-шестерня позиции А356.14.83-17, где проанализирован материал детали, точность размеров и шероховатости, предъявляемая к детали;

- определен тип производства – мелкосерийный (при годовом выпуске деталей 300 штук) и организационные условия работы. Кроме этого, была определена партия запуска деталей, которая составила 45 штук;

- произведен анализ технологичности конструкции детали. По результатам этого анализа был сделан вывод, что в целом конструкция детали – технологична;

- произведен выбор метода получения заготовки и расчет заготовки, полученной выбранным методом. Кроме этого был произведен расчет себестоимости получения заготовки для двух методов. Выбранный метод получения заготовки – штамповка на КГШП более экономичный. В результате расчетов получили заготовку с минимальными припусками, степень сложности С2, группой стали М2, исходным индексом 12 и классом точности Т4. Так же по результатам расчета заготовки был спроектирован чертеж заготовки. Так же по результатам расчета заготовки был спроектирован чертеж заготовки.

- произведен анализ технологических операций технологического процесса. Для анализа были взяты операции 020 – фрезерно-центровальная, 040 – токарная с



ЧПУ и 060 – вертикально-фрезерная. Операции 040 осуществляется на станке с ЧПУ модели. Это дает возможность сократить количество оборудования, производственной площади и времени на механическую обработку, а так же дает возможность исключить разметочную операции, предшествующую обработке;

- выполнен расчет режимов резания на операцию 020, 040 и 060 аналитическим способом, а для остальных переходов – табличным способом. Так же приведено нормирование этих операций. Так штучно-калькуляционное время составляет на операции 020 фрезерно-центровальная составило 3,86 мин, на токарной с ЧПУ составило 70,66 мин., штучно-калькуляционное время на вертикально-фрезерной операции составило 4,7 минут.

- проанализирована схема базирования заготовки. В чего результате принято закрепить деталь на операции 040 в правом вращающемся и левом плавающем центрах, в которых деталь будет лишена п'яти степеней свободы, а на операции 060 - в специальное пневматическое приспособление, в котором заготовка будет лишена п'яти степеней свободы.

- разработано станочное приспособление для вертикально-фрезерной операции 060;

В разделе «Научно-исследовательская часть» определены максимальные величины перемещений и напряжений в предложенном СП, и по полученным результатам доказана возможность обработки детали «Вал-шестерня» в разработанном СП. Определены собственные частоты колебаний предложенного СП и установлено, что при данных режимах обработки резонанс не возникнет.

В разделе охрана труда и безопасность жизнедеятельности выполнен расчет освещенности рабочей зоны, который позволяет обеспечить благоприятные для работников условия.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Теоретичні основи технології виробництва та складання машин» і «Технологія машинобудування» за напрямком підготовки 6.0902 «Інженерна механіка» зі спеціальностей: 7.0902202 «Технологія машинобудування», 7.090203 «Металорізальні верстати», 7.090204 «Інструментальне виробництво для студентів денної та заочної форм навчання. Укладачі: Захаркін О. У., Євтухов В. Г., 2000.

2. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : учеб. пос. / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск : Вышэйшая шк., 1983. – 256 с. + Гриф МОН.

3. Маталин А.А. Технология машиностроения: учеб. Для машиностроит. вузов Текст/А. А. Маталин. – Ленинград : Машиностроение, 1985.-496с..

4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К.. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.

5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 /Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К.. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил.

6. Методические указания к практическим занятиям «Анализ служебного назначения машины и детали» по курсу «Технология Машиностроения» для студентов специальности 0501 дневной и вечерней форм обучения / Сост. О.А. Топоров. – Харьков: ХПИ, 1987. – 16 с.

7. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски

8. ГОСТ 24643-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.

9. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резанья для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть I. Нормативы времени. – Москва : Экономика, 1990.

10. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых Изм. станках с ЧПУ, часть II (нормативы режимов резания). – Москва : Экономика, 1990.
11. **Боженко Л.І.** Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. / Л.І. Боженко – Львів: Світ, 1996. – 368 с.
12. **Москальова В.М.** Охорона праці. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне.НУВГП, 2009
13. Технологія машинобудування для електромеханіків : Навч. посіб. для студ. електромех. спец. вищ. навч. закл. / Ю. І. Чучман; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Л., 2001. - 354 с
14. М.З. Лавриченко. Технология машиностроения и технологические основы автоматизации. –Киев.; Высшая школа, 1982.
15. Конструктивно-технологічне моделювання композиційних конструкцій з використанням системного аналізу / В. А. Пасічник, О. О. Хмуренко. // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2015. – № 4. – С. 15–20.
16. Методы оптимального проектирования / Д. И. Батищев. – М : Радио и связь, 1984. – 248 с.
17. Оптимизация режимов резания при обработке инструментальными блоками / И. Э. Яковенко, А. А. Пермяков // Вісник НТУ "ХП" : – Харків : НТУ "ХП". – 2015. – № 4 (1113). – С. 89–92.
18. **Ансеров М. А.** Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции [Текст] : М. А. Ансеров. – М: Машиностроение, 1964. – 428 с.
19. **Бабаков А. А.** Нержавеющие стали. Свойства, обрабатываемость и химическая стойкость в различных агрессивных средах [Текст] : А. А. Бабаков. – М: Госхимиздат, 1956. – 328 с.
20. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» денної та заочної форм

навчання / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017.

21. Automated fixture configuration for rapid manufacturing planning / S.Nelaturi, A. Rangarajan, C. Fritz, T. Kurtoglu // *Computer-Aided Design*. – 2014. – Vol. 46. – P. 160–169. 102
22. Finite element modelling and analysis of workpiece-fixture system / N. M. Kumbhar, G. S. Patil, S. S. Mohite, M. A. Sutar // *International Journal of Applied Research in Mechanical Engineering*. – 2012. – Vol. 2. – P. 60–65.
23. **Asante J. N.** A combined contact elasticity and finite element-based model for contact load and pressure distribution calculation in a frictional workpiece-fixture system / J. N. Asante // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2008. – Vol. 39. – P. 578–588.
24. Multi-objective optimization design of a fixture layout considering locator displacement and force–deformation / Z.Liu, M. Wang, K. Wang, X. Mei // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2012. – Vol. 67. – P. 1267–1279.
25. Machining fixture layout design for milling operation using FEA, ANN and RSM / M.Vasundara, K. P. Padmahaban, M. Sabareeswaran, N. RajGanesh // *Procedia Engineering*. – 2012. – Vol. 38. – P. 1693–1703.
26. **Li B.** Optimal Fixture Design Accounting for the Effect of Workpiece Dynamics / B. Li, S. Melkote // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2001. – Vol. 28. – P. 701–707.
27. **Nalbandh A. H.** Fixture design optimization using genetic algorithm-a review / A. H. Nalbandh, C. C. Rajyaguru // *Journal of information, knowledge and research in mechanical engineering*. – 2013. – Vol. 2. – P. 466–471.
28. **Amaral N.** Finite Element Analysis Study on Fixtured Workpiece Deformation : Bachelor of Science Thesis – Worcester, USA, 2000. – 109 p.
29. **Papastathis T. N.** Modelling and Design Methodology for Fully-Active Fixtures : PhD Thesis. – The University of Nottingham, Great Britain, 2010.



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Тема: «Безопасность труда при эксплуатации систем работающих под давлением».

В химической промышленности также широко используются сжатые воздух и газы. Сжатый воздух получают при помощи компрессорных установок. Газы содержатся в сжатом или сжиженном состоянии в газовых баллонах под большим давлением.

Емкости, работающие под большим давлением, и компрессорные установки в процессе эксплуатации составляют для таких работников опасность в связи с возможностью взрывов и разрушений, а также от струй, утечка из них, под давлением. Что происходит из-за нарушения правил безопасности труда, эксплуатации, неисправности контрольно-измерительных приборов, низкое качество материалов, из которых изготовлены емкости.

Мощность взрывов сосудов, наполненных сжатым газом, достаточно, чтобы частично разрушить стены домов.

Работа с сосудиками, работающими под давлением, определяется "Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением". Они распространяются на сосуды, работающие под давлением выше 48 кПа, на цистерны и бочки для перевозки сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 60 °. Которые превышает 48 кПа, на баллоны, предназначенные для перевозки и сохранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением выше 27 кПа.

Правила распространяются на сосуды и баллоны вместимостью ниже 0,05 м<sup>3</sup> и на те, в которых производство вместимости (в метрах кубических) на рабочее давление составляет не более 100 Па, а также на машины, не представляющие собой самостоятельных двигателей воздушные колпаки насосов, амортизационные стойки шасси, гидроаккумуляторы и др..

Емкости, работающие под давлением изготавливаются на предприятиях, имеющих на это разрешение органов. Сосудик должен поставляться заводом-изготовителем заказчику с паспортом и инструкцией монтажу и эксплуатации.

На сосудице на видном месте должна быть прикреплена заводом-изготовителем металлическая пластинка с нанесенными клеймением паспортными данными:

- наименование завода-изготовителя;
- год изготовления;
- рабочее давление;
- допустимая температура стенок сосуда

Правила:

- порядок расследования аварий и несчастных случаев;
- требования к конструкции сосудов и материалов из которых они изготавливаются;
- правила изготовления и монтажа сосудов, арматуры и контрольно-измерительных приборов и предохранительных установок;
- правила регистрации и технического освидетельствования сосудов, их строения, обслуживание и др.

Сосудики компрессорные, на которые распространяются правила, должны быть к пуску зарегистрированы в госнадзоре. Порядок регистрации сосудицов, работающих под давлением, устанавливается теми же.

Инспектор госнадзора выдает разрешение на пуск в работу сосудицов, после их регистрации и технического осмотра. Разрешение на пуск в работу сосудов, не подлежат регистрации в органах, выдается лицом, назначенным приказом по предприятию, для осуществления за ними и на основании результатов технического осмотра. Разрешение записывается в паспорт и книгу учета и освидетельствования сосудов.

При осмотре обнаружены трещины, разрывы, коррозия, раковины, дефекты сварки и др.

Компрессорные установки сжатого воздуха представляют опасность взрыва и разрушения при перегреве стенок цилиндров из-за низкой температуры сжатого воздуха, повышение давления в воздухопроводах или воздушных аккумуляторах и образования в сжатом воздухе взрывоопасных смесей из-за попадания в него масел, пали.

На компрессорной установке к работе допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие обучение по соответствующей программе и имеющие удостоверение на право ее обслуживания. Для безопасной работы компрессорных и установки необходимо каждой смены контролировать расход масла, проверять исправность предохранительных клапанов, манометров, термометров. При внезапном прекращении подачи воды для охлаждения, с появлением запаха гари или дыма, при увеличении вибрации компрессора его следует немедленно остановить до устранения неполадок.

Эксплуатация баллонов со сжатым или сжиженным газом тогда безопасна, когда они обеспечиваются применением мер безопасности. Каждый баллон газа, в котором он хранится, а также надписи на нем и резьбы на штуцерах окрашиваются в определенный цвет. Окрас баллонов и нанесение надписей осуществляются заводы-изготовители и ремонтные предприятия (табл. 8.1).

Отдельные баллоны со сжатыми газами храниться вне помещений в специально оборудованных металлических шкафах, где отсутствует возможность их нагрева солнечными лучами, отопительными и нагрев боров.

Когда баллоны хранятся, их закрепляют во избежание их падения или столкновения

Баллоны транспортируют только с помощью специальных носилок перекачивать баллоны запрещает потому что это неизбежно приводит к толчкам, ударам корпуса баллона и вентиля, что, в свою очередь, может вызвать разрушение корпуса баллона или произвольное утечки сжатого газа через поврежденный вентиль.



В помещении затратный баллон закрепляется специальными хомутами. Каждый баллон имеет предохранительный колпак вентиля. Прежде чем подключать газовую линию к вентилю, необходимо убедиться (внешним осмотром) в его исправности. Герметичность газовой линии, редуктора и вентиля проверяют мыльным раствором. Вентиль не должен пропускать газ, когда он закрыт, резьбы должны быть чистыми, без заусенцев и вмятин. Если вентиль пропускает газ, баллон из помещения немедленно выносят и с помощью специального ключа для вентиля закрывают его. Ударять металлическими предметами (молотками, зубилами) по воротка вентиля категорически запрещается. Если вентиль продолжает пропускать газ, баллон ремонтируют только в специальной мастерской. Использование такого баллона недопустимо.

В газовую линию сжатые газы из баллонов подаются исключительно через редуктор с манометром, который контролирует низкое давление.

Вентиль газового баллона следует открывать плавно, без рывков, соблюдая меры. Лицо, глаза, открытые части тела не следует держать в плоскости, проходящей перпендикулярно к месту подкладывания накидной гайки редуктора с вентилем баллона, так как струя газа через неплотности соединения, высокое давление может нанести травму лица и очей.

Таблица 1 – Цветовое маркировки газовых баллонов

Газ	Краска для баллонов	Надписи	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Черная	Азот	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтая	Аммиак	Черный	Есть
Аргон чистый	Серая	Аргон чистый	Зеленый	Зеленый
Ацетилен	Белая	Ацетилен	Красный	Есть
Нефтегаз	Серая	Нафтогаз	Красный	Есть
Бутан	Красная	Бутан	Белый	Есть

Водород	Темно-зеленая	Водород	Красный	Есть
Воздух	Черная	Сжатый воздух	Белый	Есть
Гелий	Коричневая	Гелий	Белый	Есть
Кислород	Голубая	Кислород	Черный	Есть
Кислород медицинский	Голубая	Кислород медицинский	Есть	Есть
Фреон 11	Алюминиевая	Фреон 11	Черный	Синий
Фреон 12	Алюминиевая	Фреон 12	Черный	Есть
Фреон 13	Алюминиевая	Фреон 13	Черный	2 красные
Фреон 22	Алюминиевая	Фреон 22	Черный	2 желтые
Все другие горючие газы	Красная	Наименование газа	Белый	Есть
Все остальные негорючие газы	Черная	Наименование газа	Желтый	Есть

Выключите подачу газа в линию следует после закрытия вентиля баллона. В противном случае между редуктором и запорным устройством вентиля баллона будет храниться газ высокого давления, при откручивании гайки редуктор (при отсоединении баллона) может поразить глаза и лицо работника.

В одном складском помещении хранить баллоны с кислородом и горючими газами запрещается

Наполненные баллоны с насаженными на них башмаками должны храниться в вертикальном положении, а баллоны, без башмаков - в горизонтальном положении на деревянных рамах или стеллажах

В процессе погрузки, разгрузки, транспортировки и хранения баллонов следует применять меры, предотвращающие падение, повреждение и столкновения баллонов.

При работе с кислородной техникой работник должен иметь чистую одежду, обезжиривать руки и пользоваться чистым обезжиренным инструментом.

При работе с жидким и газообразным кислородом следует избегать насыщения им одежды и волос, так как это может вызвать их внезапное воспаление при приближении к огню (примерно через 50 минут после окончания работы с кислородом опасность воспаления исчезает).

Учитывая повышенную опасность к обслуживанию систем, работающих под давлением, допускаются лица, достигшие 21-летнего возраста, прошедшие медицинское обследование, обучение по утвержденной программе, аттестованные и имеющие удостоверение на обслуживание соответствующего оборудования (сосуды, аппарата). Подготовка таких работников осуществляется в учебных заведениях (профессионально-технических училищах, учебно-курсовых комбинатах), которые получили в установленном порядке разрешение Госгорпромнадзора на проведение такого обучения.

Администрация предприятия обязана содержать системы, работающие под давлением в исправном состоянии, обеспечивающем безопасность их обслуживания и надежность работы. На предприятиях должны быть разработки, утвержденные, вывешены на рабочих местах и выданы под расписку обслуживающему персоналу инструкции по безопасному обслуживанию таких систем.

На предприятиях в установленном порядке назначается лицо, на которое возлагается ответственность за исправное состояние и безопасную эксплуатацию, работающих под давлением.