

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения  
(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления корпуса тисков

Обучающийся

Н.И. Панков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.А. Расторгуев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

## Аннотация

Данная выпускная квалификационная работа посвящена исследованию и анализу основных направлений развития современных технологий в машиностроении. Рассматривается актуальная проблематика современного машиностроения, основные технологические процессы, используемые материалы, а также перспективы развития данной отрасли. Работа представляет собой применение современных технологий машиностроения в рамках выполнения выданного задания, а также анализ их применимости и эффективности в современных условиях рыночной экономики и санкционного давления.

В работе представлена разработка технологического процесса изготовления корпуса тисков. Целью проекта является разработка технологического процесса в текущих реалиях на современном уровне с учетом достижений машиностроительного производства.

Проектирование включает анализ чертежа и исходных данных заданной детали, выбор заготовки и метода ее получения, составление маршрута технологии, подбор оборудования с учетом заданного типа производства. Также в выпускной работе выполнено проектирование станочного приспособления и измерительного инструмента, применяемых при обработке детали. К спроектированным средствам сделаны чертежи. Разработан комплект технической документации. Предложены меры по охране труда при изготовлении детали по разработанной технологии, и произведено экономическое обоснование целесообразности ее использования. При выполнении работы делался упор на баланс между применением современных технологий, способствующих увеличению производительности и снижению издержек в производстве, и рациональным подходом к организации производства.

## Содержание

Введение	5
1. Анализ исходных данных	7
1.1. Анализ служебного назначения и условий работы детали	7
1.2. Анализ материала детали	8
1.3. Систематизация поверхностей детали	8
1.4. Анализ технологичности конструкции детали	10
1.5. Формулировка задач работы	11
2. Технологическая часть	12
2.1. Выбор стратегии разработки техпроцесса	12
2.2. Выбор метода получения заготовки	12
2.3. Выбор методов обработки поверхностей	15
2.4. Определение припусков и проектирование заготовки	17
2.5. Разработка технологического маршрута и плана изготовления	21
2.5.1. Разработка технологического маршрута	21
2.5.2. Разработка схем базирования	22
2.6. Выбор средств технологического оснащения	24
2.7. Проектирование технологических операций	25
2.7.1. Расчет режимов резания	25
2.7.2. Нормирование технологического процесса	30
3. Проектирование станочного приспособления	39
3.1. Расчет режимов резания	39
3.2. Определение теоретического усилия зажима	40
3.3. Определение фактического усилия на штоке пневмопривода	42
3.4. Расчет на прочность	42
4. Расчет измерительного инструмента	45
5. Безопасность и экологичность технического объекта	49
5.1. Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	49

5.2.Идентификация профессиональных рисков	49
5.3.Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	50
5.4.Обеспечение экологической безопасности технического объекта	50
6. Экономическая эффективность работы	52
Заключение	56
Список используемой литературы	57
Приложение А Маршрутные карты	59
Приложение Б Операционные карты	60
Приложение В Спецификация к станочному приспособлению	64

## Введение

В современном мире профессиональное образование играет ключевую роль в жизни каждого человека. Оно открывает новые горизонты, помогает развивать карьеру, улучшает качество жизни. Выпускная квалификационная работа является ключевым этапом в процессе получения образования и позволяет студентам продемонстрировать свои знания, навыки и умения, приобретенные за время обучения. Целью данного исследования является достижение определенных академических и профессиональных результатов. В данном контексте, выпускная квалификационная работа выступает важным инструментом для оценки уровня подготовки и способности анализировать, синтезировать и применять знания в практических целях. В процессе работы над выпускной квалификационной работой студенты углубляют свои знания в выбранной области и развивают навыки самостоятельной работы, исследования, анализа и формулирования выводов. Кроме того, выпускная квалификационная работа позволяет студентам продемонстрировать свою способность к систематизации информации, критическому мышлению и логическому аргументированию. Этот процесс также способствует развитию у студентов навыков планирования, временного управления и самоорганизации. Важным аспектом является развитие у студентов умения применять теорию на практике и решать проблемы в своей профессиональной области. Соответственно, выпускная квалификационная работа играет значительную роль в формировании профессиональных компетенций студентов, подготавливая их к успешной карьере и дальнейшему развитию в выбранной области. Важно отметить, что успешное выполнение выпускной квалификационной работы открывает двери для студентов к новым возможностям, помогая им выделиться среди конкурентов на рынке труда и достичь желаемых карьерных целей. В итоге, выпускная квалификационная

работа становится важным шагом на пути к профессиональному успеху и личностному развитию.

Одним из ключевых направлений развития машиностроения является автоматизация производственных процессов. Автоматизация реализуется с помощью применения роботов, автоматических линий и других технологий. Также в современном машиностроении активно продвигается использование технологий, которые минимизируют воздействие на окружающую среду. Ещё одной важной частью современного машиностроения является цифровизация. Её внедрение позволяет собирать и анализировать данные для оптимизации работы оборудования, прогнозировать сроки обслуживания оборудования и создавать более эффективные производственные системы.

Таким образом, современное машиностроение – это динамично развивающаяся отрасль, которая ориентирована на повышение производительности, качества и экономической эффективности производства. В данной работе мною был разработан технологический процесс изготовления детали, опираясь на вышеуказанные тезисы.

# 1 Анализ исходных данных

## 1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали

Согласно задания требуется разработать технологический процесс обработки детали «Корпус тисков» (рисунок 1). Тиски – универсальный зажимной инструмент, используемый для фиксации деталей при выполнении различных операций. Корпус тисков служит основой, к которой крепятся все остальные части тисков, включая подвижную челюсть. Корпус обеспечивает структурную целостность тисков.

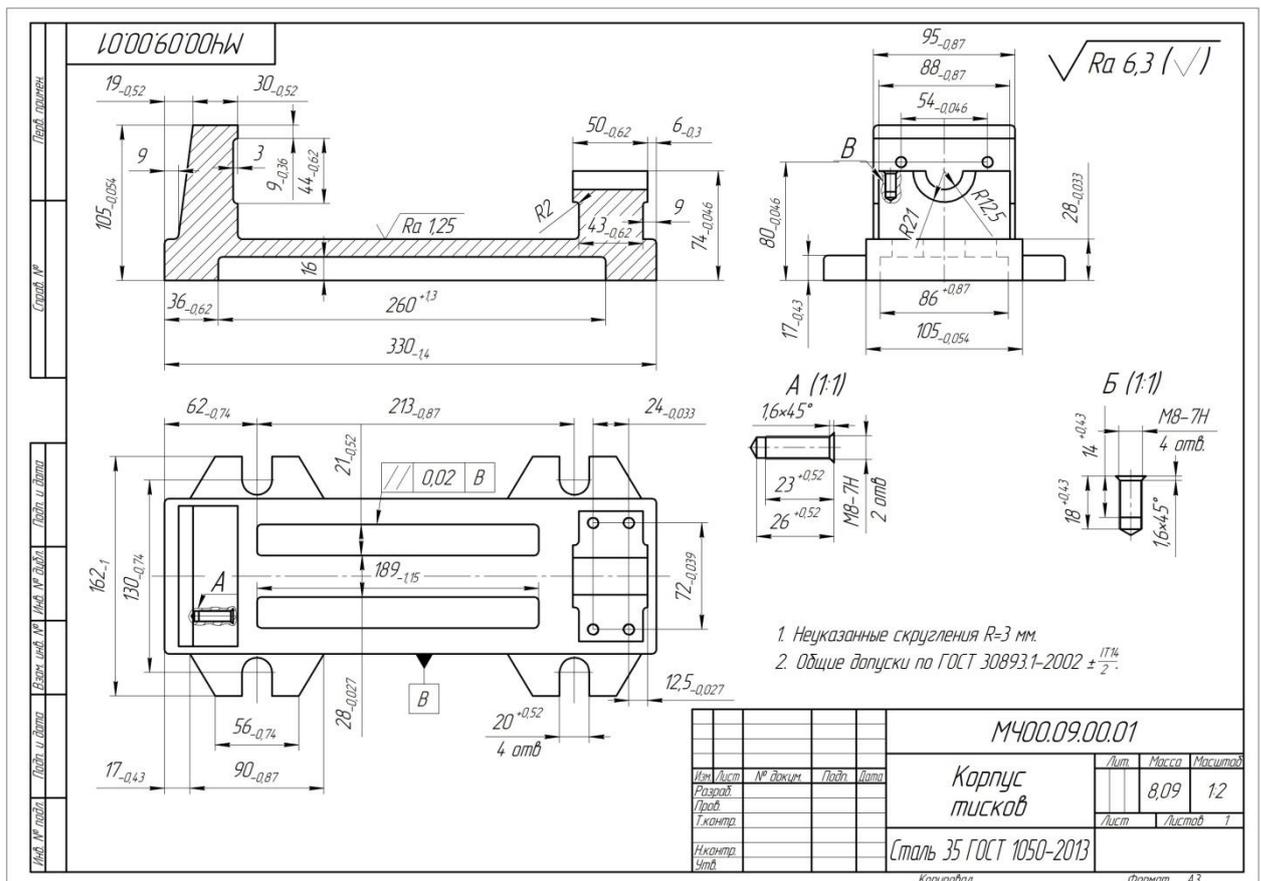


Рисунок 1 – Корпус тисков

На корпусе имеются отверстия с резьбой для соединения с другими элементами тисков, направляющие для подвижной челюсти, а также посадочные места под крепежные болты.

## **1.2 Анализ материала детали**

В качестве материала детали назначена сталь 35 по ГОСТ 1050-2013. Это конструкционная углеродистая качественная сталь. Её используют для изготовления деталей невысокой прочности, которые испытывают небольшие напряжения.

Согласно ГОСТ 1050-2013 химический состав стали 35:

- железо (Fe) – от 97,5%;
- марганец (Mn) – 0,5-0,8%;
- углерод (C) – 0,32-0,4%;
- кремний (Si) – 0,17-0,3%;
- медь (Cu) – до 0,3%;
- никель (Ni) – до 0,3%;
- хром (Cr) – до 0,25%;
- мышьяк (As) – до 0,08%;
- сера (S) – до 0,04%;
- фосфор (P) – до 0,035%.

Коэффициент обрабатываемости  $K_o$  – 1,3.

## **1.3 Систематизация поверхностей детали**

Поверхности детали играют важную роль, так как от многих из них зависит качество исполнения назначения детали, поэтому их систематизации уделяют большое внимание. Поверхности классифицируют на 4 типа: основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы, исполнительные поверхности и свободные поверхности. От типа поверхности,

за частую, зависят предъявляемые к ней технические требования, соответственно, от него же зависят требуемая точность и шероховатость поверхности. Всего деталь имеет 56 поверхностей (рисунок 2).

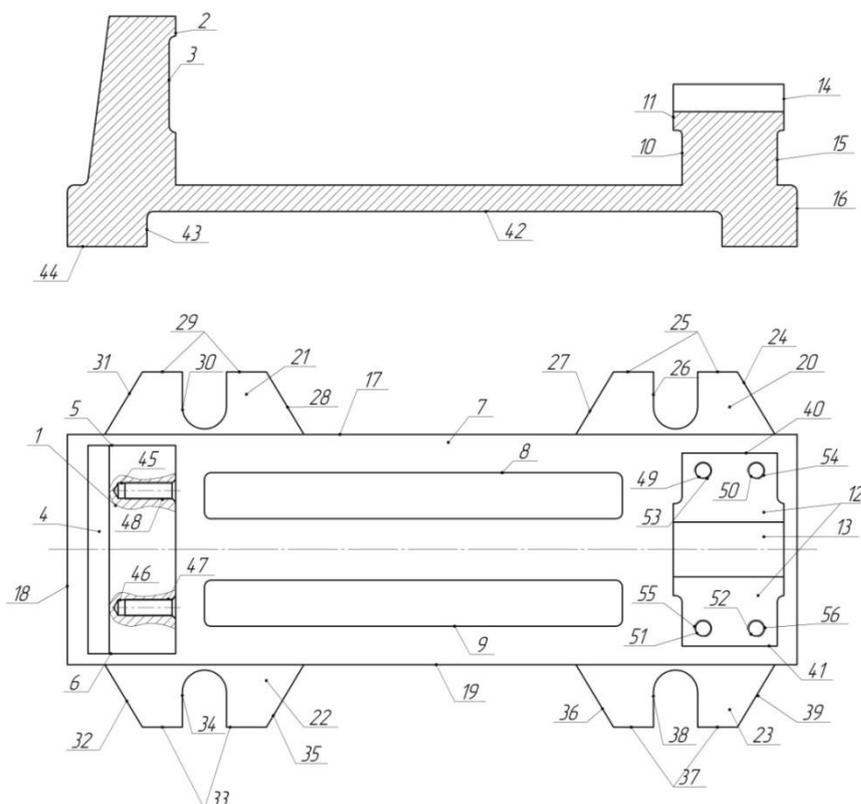


Рисунок 2 – Поверхности детали

Самыми важными являются основные конструкторские базы. В данном случае это поверхности 8 и 9, которые являются направляющими для движения челюсти тисков. К ним предъявляются требования по параллельности относительно базы «Г». Вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности 13 – направляющая для ходового винта, а также 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 – резьбовые отверстия под крепление губки и крышки ходового винта. Исполнительными являются поверхности 26, 30, 34 и 38, которые отвечают за крепление тисков

к фрезерному столу. Все остальные поверхности являются свободными. Систематизация поверхностей приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Систематизация поверхностей.

Тип поверхности	Номер поверхности
ОКБ	8, 9
ВКБ	13, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56
ИП	26, 30, 34, 38
СП	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44

#### **1.4 Анализ технологичности конструкции детали**

С точки зрения конструкции деталь представляет собой П-образный корпус. Наивысший квалитет обрабатываемых поверхностей - седьмой. Наивысшая шероховатость - Ra 1,25.

Одним из главных достоинств стали 35, используемой для получения заготовки, является доступная цена, обусловленная простотой производственного процесса и отсутствием легирующих добавок. Получение заготовки для данной детали возможно только литьем, т.к. она сложной формы. У детали с данной конфигурацией вход и выход режущих и контрольных инструментов не будет затруднен. Конструктивные элементы детали не содержат особенностей. Допуски и шероховатость назначены обосновано и не являются завышенными. Затруднения составит базирование детали, ввиду отсутствия конструктивных элементов, подходящих для установки упоров и обработки детали в перевернутом виде. В целом данный корпус, в целом, можно считать технологичной деталью.

## 1.5 Формулировка задач работы

Исходя из вышеописанного можно сформулировать следующие задачи по выполнению данной работы.

1. Определить тип производства и выбрать стратегию разработки ТП.
2. Выбрать оптимальный метод получения заготовки и маршруты обработки поверхностей.
3. Разработать технологический маршрут и схемы базирования заготовки.
4. Выбрать оборудование, приспособления, режущий инструмент, средства контроля.
5. Рассчитать припуски на обработку и спроектировать заготовку.
6. Определить содержание операций, рассчитать режимы резания и время на обработку.
7. Разработать технологическую документацию и графические материалы.

Вывод по разделу

В разделе дано описание служебного назначения и конструкции детали «Корпус тисков», проведен анализ исходных данных, технологичности и материала детали, а также классифицирование поверхностей. Сформулированы задачи для дальнейшей разработки технологического процесса.

## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса**

Тип производства – среднесерийный. Годовой объем выпуска  $N_2 = 10000$  деталей в год. Среднесерийное производство — это форма организации производства, при которой изделия выпускаются большими партиями с определёнными временными периодами выпуска. Продукция такого производства обычно однородна и стандартизирована. Этот тип производства широко распространён среди мелких и крупных производителей. Согласно рекомендациям принимаем следующую стратегию разработки ТП:

- повторяемость изделий – выпуск продукции сериями, связанными с ограниченным типом изделий;
- унификация ТП – разработка специальных ТП на базе анализа;
- припуск на обработку – минимальный;
- расчет припусков – детальный на базе размерного анализа;
- оборудование – полуавтоматическое и автоматическое;
- настройка станков – по эталону;
- оснастка – узкоспециализированная;
- расчет режимов резания – аналитической модели;
- нормирование – детальное на основании хронометража.

### **2.2 Выбор метода получения заготовки**

Исходя из служебного назначения детали «Корпус тисков» и годовой программы выпуска требуется разработать технологический процесс получения заготовки данной детали с технико-экономическим обоснованием целесообразности такого метода получения, который бы обеспечил минимальные суммарные затраты при ее последующей механической обработке.

Исходные данные: Корпус из стали 35 ГОСТ 1050-2013. Годовой объем выпуска  $N_2 = 10000$  дет/год.

Для получения заготовки подобной конфигурации целесообразно использовать литье. Литье стали — это процесс производства сплавов с разным химическим составом. Заготовки, полученные в результате литья, должны соответствовать параметрам ГОСТа. Рассмотрим 2 вида получения заготовки – литье в оболочковые формы и песчаные формы.

Литье в оболочковые формы — это технология изготовления разовых полуформ, которые выглядят как оболочки толщиной 6–10 мм. При нагревании связующий компонент расплавляется и затвердевает, обеспечивая повышенную прочность оболочки. Эта технология применяется, в основном, в серийном производстве для изготовления отливок массой до 100 кг. Литье в песчаные формы — это процесс литья металла, при котором используется песок в качестве материала формы. Песок недорогой и достаточно огнеупорный, что позволяет использовать его в сталелитейном производстве. Процесс состоит из нескольких этапов: нанесение рисунка на песок, формирование литниковой системы, удаление рисунка, заполнение полости формы расплавленным металлом и охлаждение металла.

Технологический процесс обработки заготовок, получаемых с помощью разных видов литья, принципиально не меняется - отличаются лишь припуски на мехобработку и коэффициент использования материала.

Класс точности отливки – 7т. Масса детали  $q = 8,09$  кг. Коэффициент использования материала при литье в песчаные формы  $K_m = 0,7$ , при литье в оболочковые формы  $K_m = 0,9$ . Таким образом, масса заготовки при литье в песчаные формы:  $Q_1 = 11,55$  кг, литье в оболочковые формы:  $Q_2 = 8,99$  кг.

Себестоимость детали определяется по формуле [9, Приложение А]:

$$C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{П} + C_{МЕХ} \cdot (Q - q) - C_{ОТХ} \cdot (Q - q); \quad (1)$$

где  $C_T$  – технологическая себестоимость изготовления детали, руб;

$C_{ЗАГ} = 150$  – приблизительная рыночная стоимость 1 кг заготовки, руб/кг [15];

$K_m = 1,1$ ,  $K_c = 1$ ,  $K_e = 0,82$ ,  $K_m = 1,22$ ,  $K_n = 0,5$  – коэффициенты, зависящие от точности, группы сложности, объема выпуска, материала и массы заготовки соответственно для литья в песчаные формы;

$C_{ОТХ} = 18,5$  – приблизительная рыночная стоимость 1 кг отходов, руб/кг [13];

$C_{МЕХ}$  – стоимость механической обработки, отнесенная к одному кг срезаемой стружки, руб/кг.

Стоимость механической обработки определяется по формуле:

$$C_{МЕХ} = C_C + E_H \cdot C_K \quad (2)$$

где  $C_C = 1,88$  – текущие затраты на 1 кг стружки, руб/кг [9, таб. А.2];

$E_H = 0,1$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений [9, Приложение А];

$C_K = 5,66$  – капитальные затраты на 1 кг стружки, руб/кг [9, таб. А.2].

$$C_{МЕХ} = 1,88 + 0,1 \cdot 5,66 = 2,45 \text{ руб/кг}$$

Таким образом, себестоимость отливки в песчаные формы:

$$C_{Т1} = 150 \cdot 11,55 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 1,22 \cdot 0,5 + 2,45 \cdot (11,55 - 8,09) - 18,5 \cdot (11,55 - 8,09) = 897,72 \text{ руб.}$$

Для заготовки, полученной литьем в оболочковые формы:  $K_m = 1,1$ ,  $K_e = 0,87$ ,  $K_c = 1$ ,  $K_m = 1,22$ ,  $K_n = 0,5$ .  $C_{ЗАГ} = 500$  – приблизительная рыночная стоимость 1 кг заготовки, полученной литьем в оболочковые формы [10].

Себестоимость отливки в оболочковые формы находим по формуле (1):

$$C_{Т2} = 500 \cdot 8,99 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1,22 \cdot 0,5 + 2,45 \cdot (8,99 - 8,09) - 18,5 \cdot (8,99 - 8,09) = 2609,6 \text{ руб.}$$

Сравнение себестоимости:

$$2609,6 > 897,72$$

По результатам расчетов можно сделать вывод, что выгоднее использовать отливку в песчаные формы.

### 2.3 Выбор методов обработки поверхностей

От правильности выбора методов обработки поверхностей детали зависит качество и долговечность изделия. Оптимальный метод обработки помогает достичь требуемых параметров при наименьших издержках. Информация о методах обработки заданной детали представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Методы обработки

№ поверхност и	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость, Ra	Последовательность обработки
1	П	8	6,3	Ф-ФЧ
2	П	14	6,3	Ф
3	П	14	6,3	Ф
4	П	14	6,3	Ф
5	П	14	6,3	Ф
6	П	14	6,3	Ф
7	П	8	1,25	Ф-Ш
8	П	14	6,3	Ф
9	П	14	6,3	Ф
10	П	14	6,3	Ф
11	П	14	6,3	Ф
12	П	14	6,3	Ф-ФЧ
13	ЦВ	14	6,3	Ф
14	П	14	6,3	Ф

Продолжение таблицы 2

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость, Ra	Последовательность обработки
15	П	14	6,3	Ф
16	П	8	6,3	Ф
17	П	14	6,3	Ф
18	П	8	6,3	Ф
19	П	14	6,3	Ф
20	П	14	6,3	Ф
21	П	14	6,3	Ф
22	П	14	6,3	Ф
23	П	14	6,3	Ф
24	П	14	6,3	Ф
25	П	14	6,3	Ф
26	П	14	6,3	Ф
27	П	14	6,3	Ф
28	П	14	6,3	Ф
29	П	14	6,3	Ф
30	П	14	6,3	Ф
31	П	14	6,3	Ф
32	П	14	6,3	Ф
33	П	14	6,3	Ф
34	П	14	6,3	Ф
35	П	14	6,3	Ф
36	П	14	6,3	Ф
37	П	14	6,3	Ф
38	П	14	6,3	Ф
39	П	14	6,3	Ф
40	П	14	6,3	Ф
41	П	14	6,3	Ф
42	П	14	6,3	Ф

Продолжение таблицы 2

№ поверхност и	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость, Ra	Последовательность обработки
43	П	14	6,3	Ф
44	П	14	6,3	Ф
45	ЦВ	10	6,3	С
46	ЦВ	10	6,3	С
47	В	7	6,3	Р
48	В	7	6,3	Р
49	ЦВ	8	6,3	С-РС
50	ЦВ	8	6,3	С-РС
51	ЦВ	8	6,3	С-РС
52	ЦВ	8	6,3	С-РС
53	В	7	6,3	Р
54	В	7	6,3	Р
55	В	7	6,3	Р
56	В	7	6,3	Р

В таблице 2 буквами обозначены: П – плоская, ЦВ – цилиндрическая внутренняя, В – винтовая, Ф – фрезерование, ФЧ – Фрезерование чистовое, Ш – шлифование, С – сверление, РС – рассверливание, Р – резбонарезание.

#### 2.4 Определение припусков и проектирование заготовки

Припуски зависят от требований к качеству поверхности и особенностей литейной технологии. Необходимо произвести расчеты припусков и допусков с целью дальнейшего определения размеров заготовки. Класс точности отливки - 7т. По ГОСТ 26645-85 выбираем ряд припусков - 3. Определяем литейные допуски и припуски на сторону для 3 ряда припусков.

Для высоты основания тисков размером  $28_{-0,033}$  (h8) рассчитываем припуски аналитическим методом. Так как размер обрабатывается с двух сторон, одна из которых шлифуется, припуск назначается на обе стороны. Намечаем технологические переходы на обработку:

- фрезерование, h10, Ra 6,3, припуск  $2z_1$ , длина  $L_1$ ;
- шлифование, h8, Ra 1,25, припуск  $z_2$ , длина  $L_2$ .

Принимаем допуски по переходам:

- на заготовку-отливку класса точности 7Т размером от 25 до 40 мм  $IT_{заг} = 700$  мкм [5];
- после фрезерования, 10 квалитет  $IT_1 = 84$  мкм;
- после шлифования, 8 квалитет,  $IT_2 = 33$  мкм.

Минимальные припуски на переход при обработке противоположных поверхностей рассчитываются по формуле:

$$2Z_{\min.} = 2((Rz + h)_{i-1} + \Delta_{Si-1} + e_i); \quad (3)$$

где  $Rz_{i-1}$  - высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

$h_{i-1}$  - глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе;

$\Delta_{Si-1}$  - суммарное отклонение расположения поверхности;

$e_i$  - погрешность установки на выполняемом переходе.

Качество поверхности отливки при литье стали в песчаные формы, изготовленные по металлическим моделям  $Rz + h = 300$  мкм [11, с. 182]. Суммарное отклонение расположения поверхности для элементов типа плит при литье в песчаные формы 2,5 мкм на 1 мм, то есть  $\Delta_{заг} = 2,5 \cdot 28 = 70$  мкм [11, с. 183]. Погрешность установки при установке в приспособление с пневматическим приводом заготовки, полученной путем литья в песчаные формы  $e_{заг} = 70$  мкм [11, с. 182, таб. 14]. Таким образом, по формуле 3:

$$2Z_{1\min.} = 2 \cdot (300 + 70 + 70) = 880 \text{ мкм} = 0,88 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск определяется путем прибавления к минимальному припуску разности допусков на выполняемую и предыдущую операцию:

$$2Z_{1\max.} = 2Z_{1\min} + IT_{заг} - IT_1; \quad (4)$$

$$2Z_{1\max.} = 880 + 700 - 84 = 1496 \text{ мкм} = 1,496 \text{ мм.}$$

Минимальный припуск на шлифование определяется по данным фрезерования по формуле (3). Погрешность установки  $e = 0$ , т.к. измерительная и технологическая базы совпадают. Припуск на шлифование рассчитывается на одну сторону, т.к. только она подвергается шлифовке.  $R_z = 32 \text{ мкм}$ ,  $h = 32 \text{ мкм}$  [11, с. 185, таб 10]. Отклонение расположения поверхности (остаточное отклонение) определяется по формуле [11, с. 189]:

$$\Delta_1 = \Delta_{Sз} \cdot K_y; \quad (5)$$

где  $\Delta_{Sа}$  – суммарное отклонение расположения поверхности;

$K_y = 0,05$  - коэффициент уточнения для отливки после однократной обработки, [11, с. 190, таб 29].

$$\Delta_1 = 70 \cdot 0,05 = 3,5 \text{ мкм.}$$

Таким образом:

$$Z_{2\min.} = Rz_1 + h_1 + \Delta_1 = 32 + 32 + 3,5 = 67,5 \text{ мкм} \approx 0,068 \text{ мм.}$$

По формуле (4):

$$Z_{2\max.} = Z_{2\min} + IT_1 - IT_2 = 67,5 + 84 - 33 = 118,5 \text{ мкм} \approx 0,119 \text{ мм.}$$

Минимальный припуск на размер 28h8:

$$27,967 + 0,88 + 0,068 = 28,915 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на размер 28h8:

$$28 + 1,496 + 0,119 = 29,615 \text{ мм.}$$

С учетом предельных отклонений, данный размер у заготовки примет

вид:  $29^{+0,615}_{-0,085}$ .

Все отверстия необходимо сделать глухими, чтобы избежать использования приливов и утолщений. По полученным данным проектируем чертеж заготовки (рисунок 3).

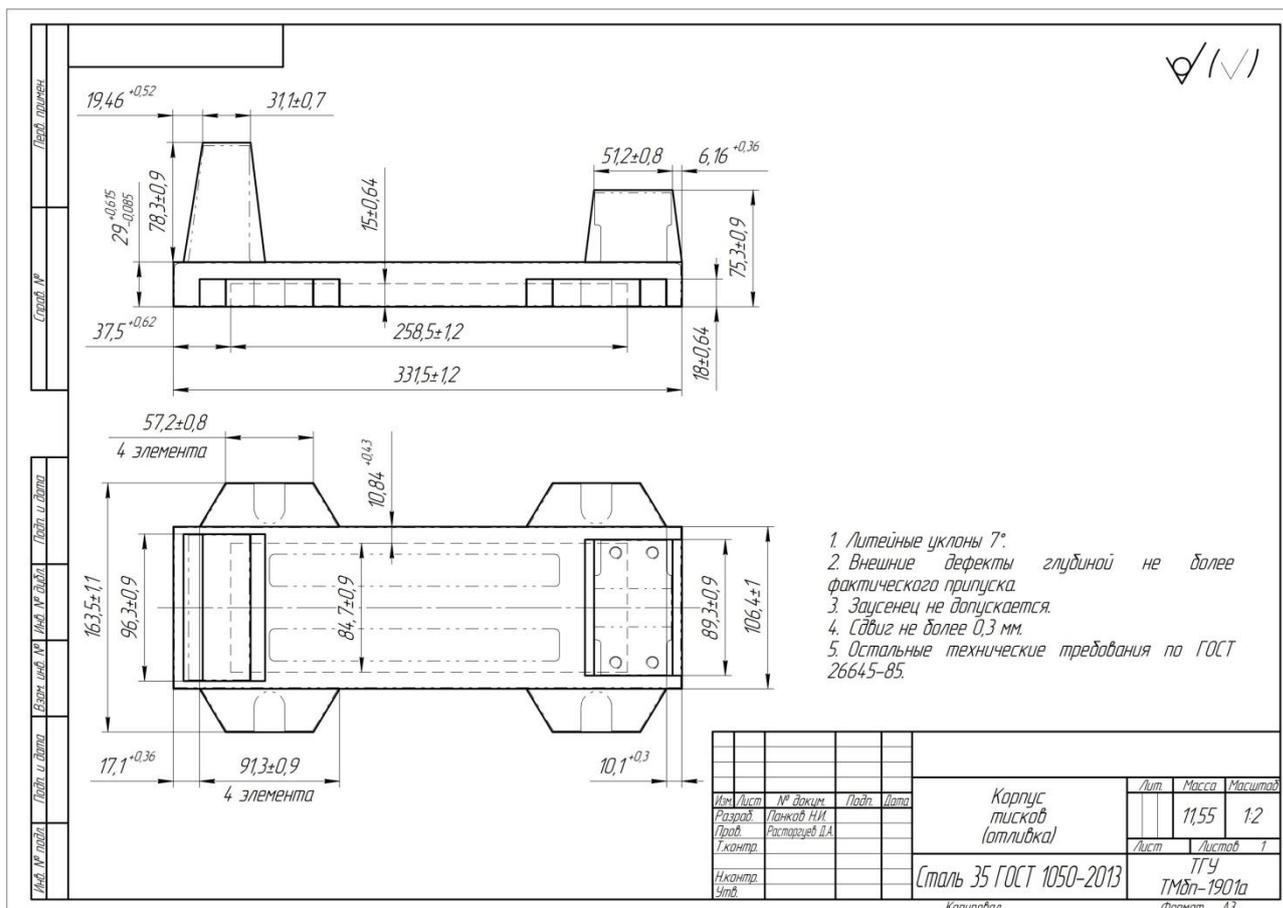


Рисунок 3 – Заготовка корпуса тисков

Заготовку данного корпуса можно получить без использования стержней, что существенно упростит и удешевит её получение.

После получения заготовку необходимо подвергнуть пескоструйной обработке, для удаления дефектов литья, таких как неровности, остатки формовочной смеси и т.д. Она позволит улучшить качество поверхности

отливки, подготовить её к дальнейшей обработке, а также удалить загрязнения и оксидные плёнки.

## **2.5 Разработка технологического маршрута и плана изготовления**

### **2.5.1 Разработка технологического маршрута**

При изготовлении деталей типа «корпус» к технологическому процессу предъявляются определенные требования, от которых зависит дальнейшее качество готовых изделий. Среди них правильность формы и точность взаимного расположения основных баз деталей. Таким требованиям отвечает типовой технологический процесс для обработки деталей типа «корпус». Переработав и изменив часть операций, применительно к данной детали, можно получить следующий технологический процесс:

Операция 005 Вертикально-фрезерная с ЧПУ. Обработка за один установ. Переход 1 – обработка верхних плоскостей детали на левой и правой платформах. Переход 2 – сверление отверстий на правой платформе, на которые будут устанавливаться пальцы.

Операция 010 Вертикально-фрезерная с ЧПУ. Обработка за один установ. Обработка нижней части детали, фрезерование боковых частей проушин и крепежных отверстий в них.

Операция 015 Вертикально-фрезерная с ЧПУ. Переход 1 – обработка за один установ. Обработка верхней части детали – получение формы неподвижной части, к которой будет крепиться губка, площадки под ходовой винт и двух длинных сторон основания. Переход 2 – получение направляющих на основании.

Операция 020 Вертикально-фрезерная с ЧПУ. Обработка за один установ. Обработка верхней части проушин и коротких сторон основания.

Операция 025 Сверлильная с ЧПУ. Обработка за один установ. Переход 1 – рассверливание отверстий, которые в последующем будут использованы под резьбовые соединения для крепежных элементов на площадке под ходовой винт. Переход 2 – нарезание резьбы в полученных отверстиях. Переход 3 – получение отверстий под крепление губок. Переход 4 – нарезание резьбы в полученных отверстиях. Переход 5 – сверление отверстия под ходовой винт, операцию надо выполнять при закрепленной крышке ходового винта.

Операция 030 Плоскошлифовальная с ЧПУ. Обработка за один установ. Шлифование внутренней площадки корпуса.

Операция 035 Контрольная. Контроль заданных параметров.

Маршрутные и операционные карты представлены в приложениях А и Б. Требование по шероховатости и точности не очень высоки, поэтому лезвийную обработку каждой поверхности можно выполнять за одну операцию. Большинство операций является фрезерными, что положительно скажется на экономической и технологической составляющих производственного процесса, ввиду отсутствия необходимости использования большого количества разнообразного оборудования.

### **2.5.2 Разработка схем базирования**

Схема базирования – это план, на котором изображено размещение детали при обработке на станке. Схемы базирования для каждой операции изображены ниже (рисунки 4, 5, 6 и 7).

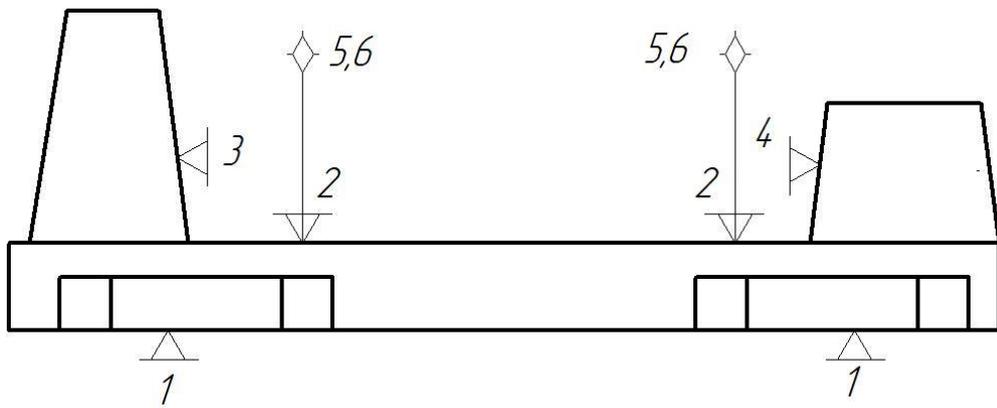


Рисунок 4 – Базирование на операции 005

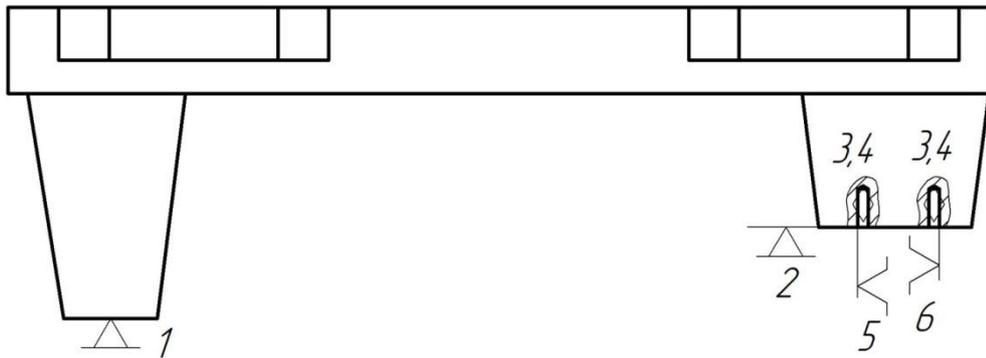


Рисунок 5 – Базирование на операции 010

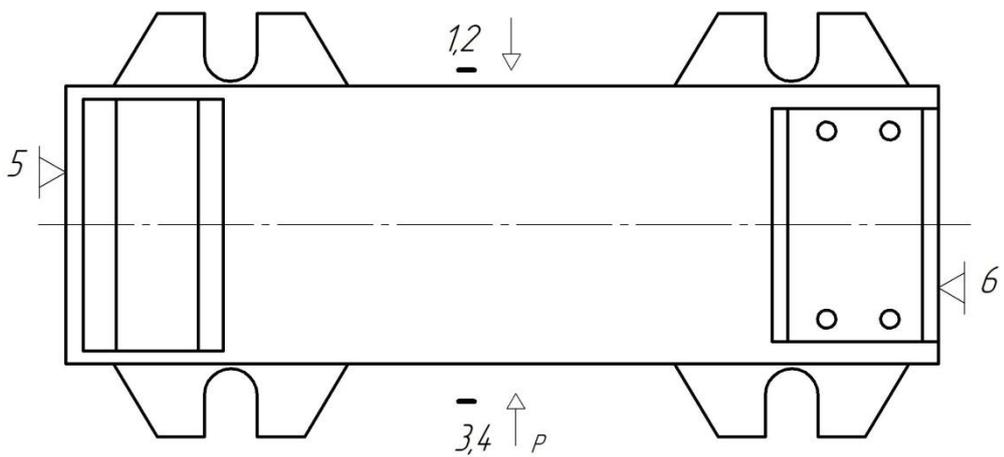


Рисунок 6 – Базирование на операции 020

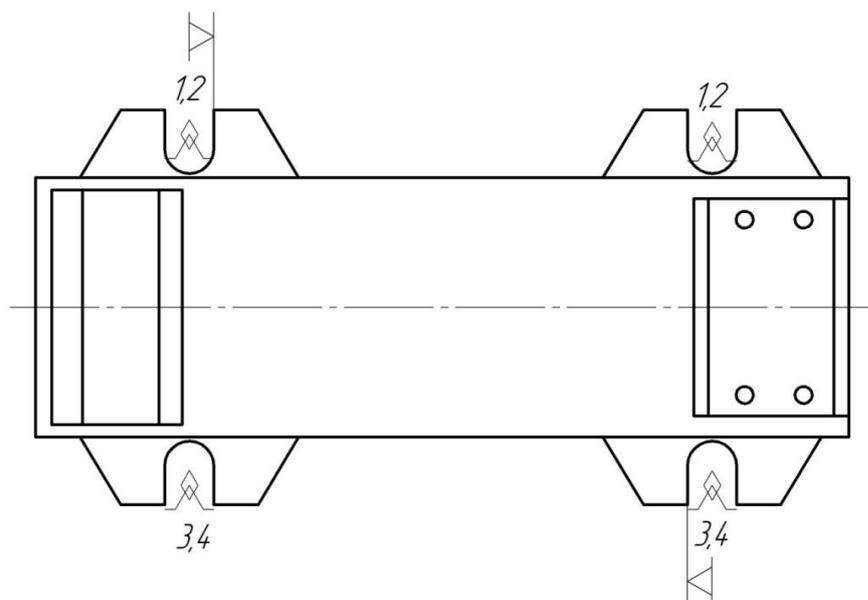


Рисунок 7 – Базирование на остальных операциях

## 2.6 Выбор средств технологического оснащения

Выбор средств технологического оснащения заключается в подборе оборудования, инструментов и оснастки. При выборе СТО учитывается множество факторов, включая объем производства, материал заготовки требования к точности и т.д. Средства технологического оснащения указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Выбор СТО

№ наименования операции	Наименование, модель оборудования	Наименование станочного приспособления	Наименование и размер инструмента, марка материала, № стандарта или чертежа	Наименование и типоразмер измерительного средства, № стандарта или чертежа
005 Вертикально-фрезерная с ЧПУ	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13ПФ3	Прихваты, болты, гайки, подставки	Фреза торцовая T15K6 ГОСТ 26595-2014, сверло P6M5 ГОСТ 10903-77	Калибр-пробка ПР-НЕ ГОСТ 14810-69

Продолжение таблицы 3

№ наименования операции	Наименование, модель оборудования	Наименование станочного приспособления	Наименование и размер инструмента, марка материала, № стандарта или чертежа	Наименование и типоразмер измерительного средства, № стандарта или
010 Вертикально-фрезерная с ЧПУ	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13ПФ3	Пальцы установочные срезанные ГОСТ 12210-66	Фреза торцовая Т15К6 ГОСТ 26595-2014, фреза концевая Р6М5 ГОСТ 32831-2014	Калибр-пробка ПР-НЕ ГОСТ 18360-93
015 Вертикально-фрезерная с ЧПУ	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13ПФ3	Болты, гайки	Фреза торцовая Т15К6 ГОСТ 26595-2014, фреза концевая двухперая ГОСТ 16225-81	Калибр-скобы ГОСТ 18360-93, калибр пазовый ГОСТ 24121-80, шаблон
020 Вертикально-фрезерная с ЧПУ	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13ПФ3	Тиски станочные, упоры	Фреза торцовая Т15К6 ГОСТ 26595-2014,	Калибр-скоба ГОСТ 18360-93
025 Сверлильная с ЧПУ	Обработывающий центр с ЧПУ КВС ПТ-5	Болты, гайки	Сверла Р6М5 ГОСТ 10903-77, сверло-зенкер Р6М6, метчик Р6М5 ГОСТ 3266-81	Калибр-пробка резьбовая ГОСТ 8724-81
030 Плоскошлифовальная с ЧПУ	Плоско-профилешлифовальный станок с ЧПУ SMG4080PF3	Болты, гайки	Шлифовальный круг 1 150X20X32 А F20 L 5 В ГОСТ 52781-2007	Калибр-скоба ГОСТ 18360-93

Все указанные в таблице 3 средства технического оснащения являются доступными для приобретения и ремонта в современных условиях санкционного давления, что положительно скажется на экономической целесообразности их применения.

## 2.7 Проектирование технологических операций

### 2.7.1 Расчет режимов резания

Расчет производится на операцию 005 Вертикально-фрезерная с ЧПУ аналитическим методом по литературе [10]. На данной операции обработка происходит за 2 перехода. Для начала произведем расчет для фрезерования. Исходные данные: инструмент - фреза торцевая насадная с механическим креплением четырехгранных пластин твердого сплава  $d = 16$  мм,  $D = 40$  мм, материал сменных пластин - Т15К6.,  $z = 10$ , станок - вертикально-фрезерный с ЧПУ мод. 6Р13ПФ3, жесткость системы СПИД – жесткая, точность обработки – IT10-IT14, шероховатость - Ra 6,3, глубина резания  $t = 0,5$  мм, ширина фрезерования  $B = 40$  мм.

Скорость резания  $v$ , м/мин, определяется по формуле [10]:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V; \quad (6)$$

где  $C_V = 332$ ,  $q = 0,2$ ,  $m = 0,2$ ,  $x = 0,1$ ,  $y = 0,4$ ,  $u = 0,2$ ,  $p = 0$  – коэффициенты [10];

$D$  – диаметр фрезы, мм;

$T = 240$  – стойкость инструмента, мин;

$t$  – глубина резания, мм;

$S_z = 0,2$  – подача на зуб, мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерования, мм;

$z = 10$  – число зубьев фрезы;

$K_V$  – поправочный коэффициент, который определяется по формуле:

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV}, \quad (7)$$

где  $K_{nV} = 0,9$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности [10];

$K_{uV} = 1$  – коэффициент, зависящий от материала инструмента [10, с. 263];

$K_{mV}$  – коэффициент, который определяется по формуле:

$$K_{mV} = K_G \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^n = 1 \cdot \left( \frac{750}{580} \right)^1 = 1,29, \quad (8)$$

где  $K_G = 1$  – коэффициент, зависящий от группы стали [10, с. 262];

$\sigma_s = 580$  – предел прочности стали 35 [19];

$n = 1$  – для углеродистой стали, обрабатываемой твердосплавным инструментом [10].

Таким образом, по формуле 7:

$$K_V = 1,29 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,16.$$

Следовательно:

$$V = \frac{332 \cdot 40^{0,2} \cdot 1,16}{240^{0,2} \cdot 0,5^{0,1} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 40^{0,2} \cdot 10^0} = \frac{332 \cdot 2,09 \cdot 1,16}{2,88 \cdot 0,93 \cdot 0,53 \cdot 2,09 \cdot 1} = 262,82 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя находим по формуле [10, с. 280]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (9)$$

$$n = \frac{262820}{125,6} = 2088 \text{ об/мин.}$$

На станке с ЧПУ двигатель не ограничен параметрами коробки скоростей, но для удобства расчетов выбираем ближайшее стандартное значение оборотов для станка 6Р13П равное  $n = 2000$  об/мин. Для дальнейших расчетов будем использовать его. Далее вычисляем окружную силу по формуле:

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

где  $C_p = 825$ ,  $x = 1$ ,  $y = 0,75$ ,  $u = 1,1$ ,  $q = 1,3$ ,  $w = 0,2$  – коэффициенты [11];

$K_{mp}$  – поправочный коэффициент, который рассчитывается по формуле:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^n, \quad (11)$$

где  $n = 0,75$  [6].

$$K_{mp} = \left(\frac{580}{750}\right)^{0,75} = 0,82.$$

Таким образом:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,5^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 40^{1,1} \cdot 5}{40^{1,3} \cdot 2088^{0,2}} = 734,09 \text{ Н.}$$

Производим расчет для сверления. Исходные данные: инструмент – сверло из быстрорежущей стали Р6М5  $D = 6$  мм, станок - вертикально-фрезерный с ЧПУ мод. 6Р13ПФ3, жесткость системы СПИД – жесткая, точность обработки – IT12, шероховатость - Ra 6,3, глубина резания  $t = 0,5D = 3$ мм.

Скорость резания  $v$ , м/мин, определяется по формуле [10, с. 276]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v; \quad (12)$$

где  $C_v = 7$ ,  $q = 0,4$ ,  $m = 0,2$ ,  $y = 0,7$  – коэффициенты [10, с. 278];

$D$  – диаметр сверла, мм;

$T = 25$  – стойкость инструмента, мин;

$S = 0,15$  – подача, мм/мин;

$K_v$  – поправочный коэффициент, который определяется по формуле:

$$K_v = K_{mV} \cdot K_{uV} \cdot K_{IV}, \quad (13)$$

где  $K_{IV} = 1$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления [10, с. 280];

$K_{uV} = 1$  – коэффициент, зависящий от материала инструмента [10, с. 263];

$K_{mV} = 1,29$  – коэффициент (см. формулу (8)).

Следовательно:

$$V = \frac{7 \cdot 6^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} \cdot 1,29 = \frac{7 \cdot 2,05}{1,9 \cdot 0,27} \cdot 1,29 = 36,08 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя находим по формуле (9).

$$n = \frac{1000 \cdot 36,08}{3,14 \cdot 6} = 1915 \text{ об/мин.}$$

На станке с ЧПУ двигатель не ограничен параметрами коробки скоростей, но для удобства расчетов выбираем ближайшее стандартное значение оборотов для станка 6Р13П равное  $n = 2000$  об/мин. Для дальнейших расчетов будем использовать его. Далее вычисляем осевую силу по формуле [10, с. 280]:

$$P_o = 10C_p \cdot D^q \cdot s_o^y K_p, \quad (14)$$

где  $C_p = 68$ ,  $q = 1$ ,  $y = 0,7$  – коэффициенты [10, с. 281];

$D$  – диаметр сверла, мм;

$S_o = 0,15$  – подача, мм/мин;

$K_p = K_{Mp}$  – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, вычисляемый по формуле [10, с. 264]:

$$K_{Mp} = \left(\frac{750}{\sigma_s}\right)^n, \quad (15)$$

где  $\sigma_s = 580$  – предел прочности стали 35 [19];

$n = 0,75$  – показатель степени, при определении осевой силы [10, с. 264].

$$K_{Mp} = \left(\frac{750}{580}\right)^{0,75} = 1,21.$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 6^1 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1,21 = 19,24 \text{ Н.}$$

На оставшиеся операции расчет режимов резания будет осуществляться по нормативам с помощью литературы [16, п. 1].

Операция 010 Вертикально-фрезерная с ЧПУ: Подача  $s_z = 0,2$  мм/зуб. Скорость резания  $V = 260$  м/мин.

Операция 015 Вертикально-фрезерная с ЧПУ. Подача  $s_z = 0,2$  мм/зуб. Скорость резания  $V = 260$  м/мин. Подача при фрезеровании пазов  $s_{z2} = 0,2$  мм/зуб. Скорость резания  $V_I = 60$  м/мин.

Операция 020 Вертикально-фрезерная с ЧПУ. Подача  $s_{z1} = 0,2$  мм/зуб. Скорость резания  $V_I = 260$  м/мин.

Операция 025 Сверлильная с ЧПУ. Подача при рассверливании вертикальных отверстий  $s_1 = 0,2$  мм/об, подача при сверлении горизонтальных отверстий  $s_2 = 0,15$  мм/об, подача при нарезании резьбы  $s_3 = 0,1$  мм/об. Скорость резания при рассверливании  $V_I = 40$  м/мин, скорость резания при сверлении  $V_2 = 35$  м/мин. Скорость резания при нарезании резьбы  $V_3 = 20$  м/мин.

Операция 030 Плоскошлифовальная с ЧПУ. Подача  $s = 0,25$  мм/мин. Скорость резания  $V = 30$  м/с.

### 2.7.2 Нормирование технологического процесса

Нормирование будет производиться путем определения времени на выполнение каждой операции расчетно-аналитическим методом. При среднесерийном производстве вычисляется штучно-калькуляционная время по формуле [2, с. 101]:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-з}}{n} + T_{шт}, \quad (16)$$

где  $T_{n-з}$  – подготовительно-заключительное время, мин;

$n$  – количество деталей в настроенной партии;

$T_{шт}$  – штучное время, которое рассчитывается по формуле [2, с. 101]:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{об} + T_{от}, \quad (17)$$

где  $T_o$  – основное время, мин;

$T_v$  – вспомогательное время, мин;

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

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

Вспомогательное время рассчитывается по формуле [2, с. 101]:

$$T_v = T_{y.c} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из}, \quad (18)$$

где  $T_{y.c}$  – время на установку и снятие детали, мин;

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

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

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

Время на организационное обслуживание рассчитывается при шлифовании в среднесерийном производстве по формуле [2, с. 101]:

$$T_{об} = T_{mex} + T_{opz}, \quad (19)$$

где  $T_{mex}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{opz}$  – время на закрепление и открепление детали, мин.

Производим нормирование для каждой операции:

Операция 005 Вертикально-фрезерная с ЧПУ. Основное время при фрезеровании рассчитывается по формуле [12, с. 76]:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{s_M}; \quad (20)$$

где  $L_{p.x.}$  – длина рабочего хода;

$s_M$  – минутная подача, рассчитывается по формуле [12, с. 74]:

$$s_M = s_z \cdot z_u \cdot n, \quad (21)$$

где  $z_u$  – число зубьев;

$n$  – число оборотов станка.

$$s_M = 0,2 \cdot 10 \cdot 2000 = 4000 \text{ м/мин.}$$

Длина рабочего хода вычисляется по формуле [12, с. 73]:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + L_{дон}, \quad (22)$$

где  $L_{рез} = 190$  – длина резания, мм;

$y = 4$  – длина подвода и врезания инструмента, мм;

$L_{дон} = 250$  – дополнительная длина хода, мм.

Таким образом:

$$L_{p.x.} = 190 + 4 + 250 = 444 \text{ мм.}$$

$$T_{o1} = \frac{444}{4000} = 0,111 \approx 0,11 \text{ мин}$$

Основное время при сверлении рассчитывается по формуле [12, с. 105]:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{ns_o}. \quad (23)$$

Длина рабочего хода вычисляется по формуле (22).

$$L_{p.x.} = 72 + 8 + 0 = 80 \text{ мм.}$$

$$T_{o2} = \frac{80}{2000 \cdot 0,15} = 0,27 \text{ мин.}$$

Общее основное время операции складывается из времени на фрезерование и сверление.

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} = 0,11 + 0,27 = 0,38 \text{ мин.}$$

Данные для расчета вспомогательного времени выбираем по литературе [2, п. 5]. Расчет ведется по формуле (18):

$$T_{o1} = 0,26 + 0,05 + 0,15 = 0,46 \text{ мин.}$$

Для расчета сверлильного перехода используется та же формула, исключая время на установку и закрепление детали, поэтому:

$$T_{e2} = 0,17 + 0,11 = 0,28 \text{ мин.}$$

$$T_e = T_{e1} + T_{e2} = 0,46 + 0,28 = 0,74 \text{ мин.}$$

В среднесерийном производстве сумма  $T_{об}$  и  $T_{от}$  определяется по формуле [2, с. 102]:

$$T_{об.от} = \frac{T_{оп.} \cdot П_{от.об.}}{100}; \quad (24)$$

где  $T_{оп.} = T_o + T_e$  – оперативное время, мин;

$П_{от.об.} = 8$  – затраты времени на отдых в процентном соотношении.

$$T_{об.от} = \frac{(0,38 + 0,74) \cdot 8}{100} = 0,09 \text{ мин.}$$

$$T_{ум} = 0,38 + 0,74 + 0,09 = 1,21 \text{ мин.}$$

Подготовительно – заключительное время при обработке на станках с ЧПУ состоит из затрат времени на ознакомление с документами и осмотр заготовки – 4 мин., на инструктаж мастера – 2 мин., на установку рабочих органов станка или зажимного приспособления – 4 мин., на установку программы – 2 мин. Принимаем  $T_{n-3} = 12$  мин [13].

Количество деталей в партии определяется по формуле:

$$n = \frac{N \cdot a}{F_{\delta}}; \quad (25)$$

где  $N$  – годовая программа выпуска;

$a$  – количество дней, на которые рассчитан необходимый запас деталей на складе, принимаем  $a = 6$  дней;

$F_{\delta} = 248$  – количество рабочих дней в году.

$$n = \frac{10000 \cdot 6}{248} = 241,94 \approx 242.$$

Таким образом по формуле (16):

$$T_{ш-к} = \frac{12}{242} + 1,21 = 1,26 \text{ мин.}$$

Операция 010 Вертикально-фрезерная с ЧПУ.

$$L_{p.x.} = 2062 + 10 + 200 = 2272 \text{ мм.}$$

$$s_M = 0,2 \cdot 10 \cdot 2000 = 4000 \text{ м/мин.}$$

$$T_o = \frac{2272}{4000} = 0,568 \approx 0,57 \text{ мин.}$$

$$T_e = 0,14 + 0,05 + 0,15 = 0,34 \text{ мин.}$$

$$T_{об.ом} = \frac{(0,57 + 0,34) \cdot 8}{100} = 0,07 \text{ мин.}$$

$$T_{ум} = 0,57 + 0,34 + 0,07 = 0,98 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к} = \frac{12}{242} + 0,98 = 1,03 \text{ мин.}$$

Операция 015 Вертикально-фрезерная с ЧПУ.

$$L_{p.x.1} = 1875 + 8 + 220 = 2103 \text{ мм.}$$

$$s_{M1} = 0,2 \cdot 10 \cdot 2000 = 4000 \text{ м/мин.}$$

$$T_{o1} = \frac{2103}{4000} = 0,53 \text{ мин.}$$

$$T_{e1} = 0,14 + 0,05 + 0,15 = 0,34 \text{ мин.}$$

$$T_{об.ом1} = \frac{(0,53 + 0,34) \cdot 8}{100} = 0,07 \text{ мин.}$$

$$T_{ум1} = 0,53 + 0,34 + 0,07 = 0,94 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к1} = \frac{12}{242} + 0,94 = 0,99 \text{ мин.}$$

$$L_{p.x.2} = 1512 + 4 + 21 = 1537 \text{ мм.}$$

$$s_{M2} = 0,2 \cdot 2 \cdot 3000 = 1200 \text{ м/мин.}$$

$$T_{o2} = \frac{1537}{1200} = 1,28 \text{ мин.}$$

$$T_{г2} = 0,05 + 0,15 = 0,2 \text{ мин.}$$

$$T_{об.ом2} = \frac{(1,28 + 0,2) \cdot 8}{100} = 0,12 \text{ мин.}$$

$$T_{шт2} = 1,28 + 0,2 + 0,12 = 1,6 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к2} = \frac{12}{242} + 1,6 = 1,65 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к} = 0,99 + 1,65 = 2,64 \text{ мин.}$$

Операция 020 Вертикально-фрезерная с ЧПУ.

$$L_{p.x.} = 550 + 10 + 200 = 760 \text{ мм.}$$

$$s_M = 0,2 \cdot 10 \cdot 2000 = 4000 \text{ м/мин.}$$

$$T_o = \frac{760}{4000} = 0,19 \text{ мин.}$$

$$T_g = 0,14 + 0,05 + 0,15 = 0,34 \text{ мин.}$$

$$T_{об.ом} = \frac{(0,19 + 0,34) \cdot 8}{100} = 0,04 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0,19 + 0,34 + 0,04 = 0,57 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к} = \frac{12}{242} + 0,57 = 0,62 \text{ мин.}$$

Операция 025 Сверлильная с ЧПУ.

$$L_{p.x1.} = 72 + 8 + 120 = 200 \text{ мм.}$$

$$T_{o1} = \frac{200}{1600 \cdot 0,2} = 0,63 \text{ мин.}$$

$$T_{e1} = 0,14 + 0,17 + 0,11 = 0,42 \text{ мин.}$$

$$T_{об.ом1} = \frac{(0,63 + 0,42) \cdot 8}{100} = 0,08 \text{ мин.}$$

$$T_{ум1} = 0,63 + 0,42 + 0,08 = 1,13 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к1} = \frac{12}{242} + 1,13 = 1,18 \text{ мин.}$$

$$L_{p.x2} = 102 + 6 + 74 = 182 \text{ мм.}$$

$$T_{o2} = \frac{182}{1400 \cdot 0,15} = 0,87 \text{ мин.}$$

$$T_{e2} = 0,05 + 0,15 = 0,2 \text{ мин.}$$

$$T_{об.ом2} = \frac{(0,87 + 0,2) \cdot 8}{100} = 0,09 \text{ мин.}$$

$$T_{ум2} = 0,87 + 0,2 + 0,09 = 1,16 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к2} = \frac{12}{242} + 1,16 = 1,21 \text{ мин.}$$

Длина рабочего хода при нарезании резьбы вычисляется по формуле [12, с. 161]:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y, \quad (26)$$

$$L_{p.x.3} = 102 + 12 = 114.$$

Основное время при резбонарезании рассчитывается по формуле [12, с. 161]:

$$T_o = \frac{2L_{p.x.}}{Sn}, \quad (27)$$

где  $S$  – шаг резьбы.

$$T_{o3} = \frac{2 \cdot 114}{1,25 \cdot 400} = 0,46 \text{ мин.}$$

$$T_{e3} = 0,05 + 0,15 = 0,2 \text{ мин.}$$

$$T_{об.от3} = \frac{(0,46 + 0,2) \cdot 8}{100} = 0,05 \text{ мин.}$$

$$T_{ит3} = 0,46 + 0,2 + 0,05 = 0,71 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к3} = \frac{12}{242} + 0,71 = 0,76 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к} = 1,18 + 1,21 + 0,76 = 3,15 \text{ мин.}$$

Операция 030 Плоскошлифовальная с ЧПУ.

Основное время при плоском шлифовании рассчитывается по формуле [12, с. 200]:

$$T_o = \left( T_{ep} + \frac{a - a_{вых.}}{S} + T_{вых} \right) \frac{1}{q}, \quad (28)$$

где  $T_{ep} = 0,05$  – время врезания, мин [13, с. 200];

$a = 0,07$  – припуск на сторону, мм;

$a_{вых} = 0,03$  – слой, снимаемый при выхаживании, мм [12, с. 202];

$S$  – подача, мм/мин;

$T_{вых} = 0,2$  – время выхаживания, мин [12, с. 202];

$q = 1$  – количество одновременно обрабатываемых деталей.

$$T_o = (0,05 + \frac{0,07 - 0,03}{0,25} + 0,2) \frac{1}{1} = 0,41 \text{ мин.}$$

$$T_e = 0,14 + 0,05 + 0,15 = 0,34 \text{ мин.}$$

$$T_{об} = 1,4 + 0,01 = 1,41 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0,41 + 0,34 + 1,41 + 0,06 = 2,22 \text{ мин.}$$

$$T_{шт-к2} = \frac{12}{242} + 2,22 = 2,22 \text{ мин.}$$

#### Вывод по разделу

В разделе подобрана стратегия обработки. Выбран метод получения заготовки с расчетом припуска и проектированием чертежа. Разработан маршрут обработки детали с выбором СТО, расчетом режимов резания и нормированием времени на каждую операцию.

### 3 Проектирование станочного приспособления

В качестве объекта проектирования выбрано станочное приспособление – тиски с пневматическим приводом, используемые при закреплении заготовки на операции 020. Пневмопривод позволяет автоматически зажимать и разжимать заготовку до и после обработки соответственно при помощи подачи сжатого воздуха. Проектирование приспособления начинаем с расчета режимов резания.

#### 3.1. Расчет режимов резания

Расчет производится на операцию 020 Вертикально-фрезерная с ЧПУ аналитическим методом по литературе [6]. Исходные данные: инструмент - фреза торцевая насадная с механическим креплением четырехгранных пластин твердого сплава  $d = 16$  мм,  $D = 40$  мм, материал сменных пластин - Т15К6.,  $z = 10$ , станок - вертикально-фрезерный с ЧПУ мод. 6Р13ПФ3, жесткость системы СПИД – жесткая, точность обработки – IT14, шероховатость - Ra 6,3, глубина резания равна  $t = 0,5$  мм, ширина фрезерования  $B = 40$  мм.

Скорость резания  $V$ , м/мин, определяется по формуле (6). Поправочный коэффициент  $K_V$  определяется по формуле (7). Коэффициент  $K_{mV}$  определяется по формуле (8). Таким образом:

$$K_{mV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{580}\right)^1 = 1,29.$$

$$K_V = 1,29 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,16.$$

Следовательно:

$$V = \frac{332 \cdot 40^{0,2} \cdot 1,16}{240^{0,2} \cdot 0,5^{0,1} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 40^{0,2} \cdot 10^0} = \frac{332 \cdot 2,09 \cdot 1,16}{2,88 \cdot 0,93 \cdot 0,53 \cdot 2,09 \cdot 1} = 262,82 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя находим по формуле (9):

$$n = \frac{262820}{125,6} = 2088 \text{ об/мин.}$$

Выбираем ближайшее стандартное значение оборотов для станка 6Р13П равное  $n = 2000$  об/мин. Для дальнейших расчетов будем использовать его. Далее вычисляем окружную силу по формуле (10). Поправочный коэффициент  $K_{mp}$  рассчитывается по формуле (11).

$$K_{mp} = \left(\frac{580}{750}\right)^{0,75} = 0,82.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,5^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 40^{1,1} \cdot 5}{40^{1,3} \cdot 2088^{0,2}} = 734,09 \text{ Н.}$$

### 3.2 Определение теоретического усилия зажима

На данной операции фреза двигается вдоль длинных сторон заготовки за которые происходит зажатие губками тисков, значит, сила резания и сила зажима действуют во взаимно перпендикулярных направлениях. Поэтому для расчета усилия зажима выбираем схема в к рисунку III.I [1 с. 33]. При этой схеме суммарное усилие зажима рассчитывается по формуле [1 с. 34]:

$$W_{\text{сум}} = KP_z \cdot (f_1 + f_2), \quad (29)$$

где  $f_1 = f_2 = 0,3$  – коэффициенты трения между установочными зажимами для необработанной поверхности;

$K$  – нормативный коэффициент запаса, который определяется по формуле [1 с. 32]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (30)$$

где  $K_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1 = 1,2$  – коэффициент, зависящий от вида поверхности, в данном случае для черновой [12];

$K_2 = 1,7$  – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при затуплении инструмента (черновая обработка стали) [12];

$K_3 = 1,2$  – коэффициент, учитывающий прерывистость поверхностей при фрезеровании [12];

$K_4 = 1$  – коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима для Пневматического привода [12];

$K_5 = 1$  – коэффициент, учитывающий эргономику зажима [12].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 3,67.$$

Таким образом, по формуле (29):

$$W_{\text{сум}} = 3,67 \cdot 734,09 \cdot (0,3 + 0,3) = 1616,47 \text{ Н}$$

Усилие на штоке пневмоцилиндра рассчитывается по формуле [1, с. 152]:

$$Q = K_1 \cdot \left(1 + \frac{a \cdot \mu_1}{h}\right) \cdot \frac{l_1}{l} \cdot W_{\text{сум}} = 726,44 \text{ Н}, \quad (31)$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в приспособлении, по [1, с. 153] принимаем  $K_1 = 1,05$ ;

$a = 28$  – вылет подвижной губки от середины ее опоры до центра приложения силы зажима, мм;

$\mu_1 = 0,15$  – коэффициент трения между направляющей поверхностью губки и пазом [1, с. 153];

$h = 60$  – длина направляющей части кулачка, мм;

$l = 80$  и  $l_1 = 32$  – длины плечей рычага, мм.

$$Q = 1,05 \cdot \left(1 + \frac{28 \cdot 0,15}{60}\right) \cdot \frac{32}{80} \cdot 1616,47 = 726,44 \text{ Н}.$$

### 3.3. Определение фактического усилия на штоке пневмопривода

Для выбранной схемы приспособления зажим осуществляется при поступлении сжатого воздуха в верхнюю (штоковую) полость пневмоцилиндра. Для определения усилия на штоке в данном случае используется формула [1, с. 79]:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (32)$$

где  $D = 8$  – диаметр поршня пневмоцилиндра, см;

$d = 2,5$  – диаметр штока пневмоцилиндра, см;

$p = 4$  – рабочее давление в пневмоцилиндре, кгс/см<sup>2</sup>;

$\eta = 0,9$  – КПД пневмосистемы [1, с. 79].

$$Q = \frac{3,14}{4} \cdot (8^2 - 2,5^2) \cdot 4 \cdot 0,9 = 163,2 \text{ кгс} \approx 1600,45 \text{ Н.}$$

$$1600,45 \text{ Н} > 726,44 \text{ Н}$$

Таким образом, условие безопасного закрепления детали выполняется.

### 3.4. Расчет на прочность

В тисках имеется рычаг, передающий усилие от пневмоцилиндра на подвижную губку и далее на зажимную призму. Расчет на прочность производится по наиболее опасному сечению рычага из стали 40Х. В данном случае это прямоугольное сечение с размерами 12\*14 мм.

Рычаг работает на изгиб. Расчет на прочность при изгибе производится по формуле [8, с. 197]:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma], \quad (33)$$

где  $\sigma_{mzx}$  – напряжение, возникаемое в опасном сечении бруса, кгс/см<sup>2</sup>;  
 $M_{max}$  – максимальный изгибающий момент, кгс·см;  
 $W$  – осевой момент сопротивления сечения, см<sup>3</sup>;  
 $[\sigma]$  – допустимое нормальное напряжение, кгс/см<sup>2</sup>, определяемое по формуле [8, с. 42]:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{пред}}{[n]}, \quad (34)$$

где  $\sigma_{пред} = 5300$  – предельно допустимое напряжение для закаленной стали 40Х при изгибе, кгс/см<sup>2</sup> [16];  
 $[n] = 1,5$  – коэффициент запаса.

$$[\sigma] = \frac{5300}{1,5} = 3533,33 \text{ кгс/см}^2.$$

Максимальный изгибающий момент рассчитывается по формуле:

$$M_{max} = Q \cdot l. \quad (35)$$

$$M_{max} = 163,2 \cdot 8 = 1305,6 \text{ кгс} \cdot \text{см}.$$

Осевой момент сопротивления для прямоугольника относительно нейтральной оси определяется по формуле [8, с. 93]:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}. \quad (36)$$

где  $b = 1,2$  и  $h = 1,4$  – размеры сечения под нагрузкой, см.

$$W = \frac{1,2 \cdot 1,4^2}{6} = 0,39 \text{ см}^3.$$

Таким образом, формуле (33):

$$\sigma_{\max} = \frac{1305,6}{0,39} = 3347,69 \leq 3533,33.$$

Условие выполняется. По полученным данным проектируем чертеж приспособления и спецификацию, которая представлена в приложении В.

Вывод по разделу

В данном разделе разработано станочное приспособление – тиски с пневмоприводом, которые используются при закреплении заготовки. Для разработки потребовалось рассчитать режимы резания и усилие зажима, а также подобрать пневматический цилиндр, ориентируясь на фактическое усилие. Также был выполнен расчет на прочность рычага – наиболее уязвимой детали в конструкции тисков и спроектирован сборочный чертеж всего приспособления.

#### 4 Расчет измерительного инструмента

Для расчета инструмента выбрана калибр-пробка резьбовая, используемая для контроля требуемых параметров резьбы отверстий, полученных на операции 025. Контроль производится путем вкручивания поочередно двух сторон калибр-пробки в резьбовое отверстие. При соблюдении технических требований во время изготовления одна сторона пробки (ПР) должна закрутиться по резьбе, а вторая (НЕ) – нет.

Проектируем калибр-пробку для контроля резьбовых отверстий М8 – 7Н/7h6h. По ГОСТ 8724 – 81 для номинального значения наружного диаметра резьбы  $d = D = 8$  мм выбираем шаг резьбы  $P = 1,25$ . Для проходной (ПР) части калибр-пробки наибольший предельный наружный диаметр рассчитывается по формуле [18]:

$$d_{\max\text{ПР}} = D + EI_D + Z_{PL} + T_{PL}, \quad (37)$$

где  $EI_D = 0$  – нижнее отклонение наружного диаметра внутренней резьбы, мм [3, таб. 1];

$Z_{PL} = 0,024$  – расстояние от середины поля допуска резьбового проходного калибра-пробки до проходного нижнего предела среднего диаметра внутренней резьбы, мм [4, таб. 5];

$T_{PL} = 0,018$  – допуск наружного диаметра резьбового проходного и непроходного калибров-пробок [4, таб. 5].

$$d_{\max\text{ПР}} = 8 + 0 + 0,024 + 0,018 = 8,042 \text{ мм.}$$

Предельный средний диаметр рассчитывается по формуле [18]:

$$d_{2\max\text{ПР}} = D_2 + EI_{D2} + Z_{PL} + \frac{T_{PL}}{2}, \quad (38)$$

где  $D_2 = 7,188$  – средний диаметр резьбового отверстия, мм;

$EI_{D2} = 0$  – нижнее отклонение среднего диаметра внутренней резьбы, мм [3, таб. 1];

$Z_{PL} = 0,016$  мм [4, таб. 5];

$T_{PL} = 0,014$  – допуск среднего диаметра резьбового проходного и непроходного калибров-пробок, мм.

$$d_{2\max PP} = 7,188 + 0 + 0,016 + 0,007 = 7,211 \text{ мм.}$$

Предельный внутренний диаметр рассчитывается по формуле [18]:

$$d_{1\max PP} = D_1 + EI_{D2} + Z_{PL} - \frac{H}{6}, \quad (39)$$

где  $D_1 = 6,466$  – внутренний диаметр резьбового отверстия, мм;

$Z_{PL} = 0,024$  мм [4, таб. 5];

$H = 1,2$  – высота исходного треугольника резьбы, мм.

$$d_{1\max PP} = 6,466 + 0 + 0,024 - 0,2 = 6,29 \text{ мм.}$$

Определяем допуски на изготовление проходной части калибр-пробки. Для предельного диаметра допуск равен  $2 \cdot T_{PL} = 2 \cdot 0,018 = 0,036$  мм. Для среднего диаметра величина допуска равняется  $T_{PL} = 0,014$  мм.

Размер среднего диаметра изношенной проходной части (ПП-И) калибр-пробки рассчитывается по формуле:

$$d_{2PP-I} = D_2 + EI_{D2} + Z_{PL} - W_{GO}, \quad (40)$$

где  $W_{GO} = 0,021$  – среднедопустимый износ резьбовой проходной калибр-пробки [4, таб. 5], мм.

$$d_{2PP-I} = 7,188 + 0 + 0,016 - 0,021 = 7,183 \text{ мм.}$$

Для непроходной (НЕ) части калибр-пробки наибольший предельный наружный диаметр рассчитывается по формуле [19]:

$$d_{\max HE} = D_2 + ES_{D2} + 2F_1 + \frac{T_{PL}}{2} + T_{PL}, \quad (41)$$

где  $ES_{D2} = 0,02$  – верхнее отклонение среднего диаметра резьбы, мм [3, таб. 1];

$F_1 = 0,125$  – расстояние между линией среднего диаметра и вершиной укороченного профиля резьбы для шага 1,25 мм, мм [4, таб. 2].

$$d_{\max HE} = 7,188 + 0,02 + 0,25 + 0,009 + 0,018 = 7,485 \text{ мм},$$

Предельный средний диаметр для непроходной части калибр-пробки рассчитывается по формуле [18]:

$$d_{2\max HE} = D_2 + ES_{D2} + T_{PL}, \quad (42)$$

$$d_{2\max HE} = 7,188 + 0,02 + 0,018 = 7,226 \text{ мм}.$$

Предельный внутренний диаметр непроходной части рассчитывается по формуле [18]:

$$d_{1\max IP} = D_1 + EI_{D1} - \frac{H}{6}, \quad (43)$$

где  $EI_{D1} = 0$  – нижнее отклонение внутреннего диаметра внутренней резьбы, мм [3, таб. 1].

$$d_{1\max IP} = 6,466 + 0 - 0,2 = 6,266 \text{ мм}.$$

Допуски на изготовление непроходной части калибр-пробки аналогичны значениям допуска проходной. Размер среднего диаметра изношенной непроходной части (НЕ-И) калибр-пробки рассчитывается по формуле:

$$d_{2HE-II} = D_2 + ES_{D2} + \frac{T_{PL}}{2} - W_{NG}, \quad (44)$$

где  $W_{nG} = 0,019$  – среднедопустимый износ резьбовой непроходной калибр-пробки [12, таб. 5], мм.

$$d_{2HE-II} = 7,188 + 0,02 + 0,009 - 0,019 = 7,198 \text{ мм.}$$

По полученным данным проектируем чертеж резьбовой калибр-пробки.

Вывод по разделу

В разделе рассчитаны параметры измерительного инструмента – резьбовой калибр-пробки, используемой для контроля параметров резьбовых отверстий. По результатам расчетов был спроектирован чертеж инструмента.

## **5 Безопасность и экологичность технического объекта**

### **5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта**

Объектом проектирования данной ВКР является деталь «Корпус тисков». Изготовление детали происходит путем лезвийной и абразивной обработки заготовки из стали 35, полученной методом литья. Никакие химические и термические виды обработок при изготовлении рассматриваемой детали не применяются. Перед поступлением в цех обработки отливка проходит контроль на предприятии-изготовителе. После окончания обработки деталь проходит выходной контроль.

### **5.2 Идентификация профессиональных рисков**

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 к опасным и вредным производственным факторам, обладающим психофизического воздействия на организм в предложенной технологии изготовления детали «Корпус тисков» можно отнести динамические физические перегрузки, связанные с массой поднимаемой детали при установке на станок. Масса заготовки 11,55 кг, что является существенной нагрузкой, однако при массе детали до 16 кг наличие транспортно-загрузочных средств не является обязательным. А также нервно-психические перегрузки, связанные с нагрузкой на слуховой аппарат, т. к. работа технологического оборудования сопровождается значительным уровнем шума. К опасным и вредным производственным факторам, обладающим свойствами физического воздействия на организм человека можно отнести подвижные элементы производственного оборудования (фрезы, сверла, фрезерные столы и т.д.).

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

Для снижения вышеуказанных рисков, связанных с физическим воздействием применяются СИЗ в виде специальной одежды, обуви и защитных очков. На производственном оборудовании применяются защитные экраны для исключения вылета стружки и пыли на рабочего. Все присутствующие в производственном помещении люди, в особенности операторы производственного оборудования, должны проходить инструктаж по технике безопасности. В целях снижения психофизиологического воздействия необходимы перерывы в работе, а также организация рабочего места с достаточным уровнем освещения и вентиляции. Для перемещения деталей по цеху должны использоваться специальные тележки, минимизирующие ручной труд.

### **5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

Пожарная опасность в производственном помещении при реализации вышеуказанного техпроцесса будет соответствовать классу Е. Основным фактором пожарной опасности может стать неисправность электропроводки. При пожаре это может привести к разрушению оборудования посредством выноса напряжения на токопроводящие части. В случае тушения пожара может оказывать вредное воздействие огнетушащие средства. Производственный цех должен быть оборудован огнетушителями, пожарными гидрантами с напорными рукавами, системами оповещения при пожаре. Все работники цеха должны проходить инструктаж по пожарной безопасности.

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

Представленная технология изготовления с точки зрения воздействия на окружающую среду содержит следующие опасные факторы. Воздействие на воздушную среду заключается в возможном выделении в атмосферу мелкой абразивной пыли. Вредное воздействие на сточные воды заключается в возможном попадании масел и СОЖ, используемых при обработке и обслуживании оборудования. В состав СОЖ могут входить щелочь, полигликоли, асидол и другие токсичные вещества, при попадании которых в окружающую среду возможен серьезный экологический ущерб. Воздействие на литосферу возможно путем попадания ветоши, которая может использоваться для сухой протирки деталей и станков. Для снижения влияния вредных факторов на воздушную и водную среду можно использовать фильтрационные системы, а для снижения вредных факторов на литосферу - утилизацию полученных отходов.

### **Вывод по разделу**

В разделе проанализированы основные этапы технологии изготовления детали. С помощью анализа выявлены опасные и вредные производственные факторы, указаны меры по предотвращению и минимизации их воздействия. Также рассмотрен производственный процесс с точки зрения пожарной безопасности и вредного воздействия на окружающую среду.

## 6 Экономическая эффективность работы

Основной экономический эффект от работы достигается за счет автоматизации производственных процессов. Численность основных рабочих на производстве определяется для каждой операции по формуле [7, с. 107]:

$$R_{осн} = \frac{T_{год}}{F_{др} \cdot K_{\epsilon}}, \quad (45)$$

где  $T_{год}$  – трудоемкость годовой программы, мин;

$F_{др} = 1979$  – действительный годовой фонд рабочего времени в 2024 году, час;

$K_{\epsilon} = 1,2$  – коэффициент выполнения норм выработки.

Расчетные ведомости количества рабочих при базовом и разработанном техпроцессе представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Ведомость численности основных рабочих при разработанном техпроцессе

Операция	Наименование операции	Трудоемкость операции, мин	Расчетное количество рабочих	Принятое количество рабочих
005	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	1,26	5,31	6
010	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	1,03	4,34	5
015	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	2,64	11,12	12
020	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	0,83	3,5	4
025	Сверлильная с ЧПУ	2,77	11,66	12
030	Плоскошлифовальная с ЧПУ	2,22	9,35	10

Таблица 5 – Ведомость численности основных рабочих при базовом техпроцессе

Операция	Наименование операции	Трудоемкость операции, мин	Расчетное количество рабочих	Принятое количество рабочих
005	Вертикально-фрезерная	1,92	8,08	9
010	Вертикально-фрезерная	1,74	7,33	8
015	Вертикально-фрезерная	3	12,63	13
020	Вертикально-фрезерная	1,28	5,39	6
025	Сверлильная	1,75	7,37	8
030	Сверлильная	1,61	10,99	11
035	Плоскошлифовальная	2,64	11,12	12

Рассчитаем годовой зарплатный фонд основных рабочих, исходя из требуемых разрядов и средней ставке сдельной оплаты труда [2]. Данные занесем в таблицы 6 и 7.

Таблица 6 – Фонд заработной платы основных рабочих при разработанном техпроцессе

Профессия	Количество человек	Требуемый разряд	Тарифная ставка, руб./час	Фонд заработной платы в месяц, руб
Оператор фрезерного станка с ЧПУ	27	3	250	1080000
Оператор обрабатывающего центра	4	3	312	200000
Оператор плоскошлифовального станка с ЧПУ	10	3	281	450000

Таблица 7 – Фонд заработной платы основных рабочих при базовом техпроцессе

Профессия	Количество человек	Требуемый разряд	Тарифная ставка, руб./час	Фонд заработной платы в месяц, руб
Фрезеровщик	36	4	281	1620000
Сверловщик	19	4	262	760000
Шлифовщик	12	4	262	480000

Фонд дополнительной заработной платы составляет 14% от основного, премиальной - 20%. Вместе с фондом заработной платы они составляют фонд оплаты труда. Отчисления во внебюджетные фонды по каждой категории работающих граждан рассчитываются в процентном соотношении от итогового фонда оплаты труда и составляют 30% от него. По этим данным составляем таблицы 8 и 9.

Таблица 8 – Годовой фонд заработной платы при разработанном техпроцессе

Профессия	Фонд заработной платы месячный, руб	Фонд заработной платы дополнительный, руб	Фонд заработной платы премиальный, руб	Отчисления во внебюджетные фонды, руб	Итого, руб
Оператор фрезерного станка с ЧПУ	1080000	151200	216000	434160	1881360
Оператор обрабатывающего центра	200000	28000	40000	80040	348400
Оператор плоскошлифовального станка с ЧПУ	450000	63000	90000	180900	783900
Итого:					3013660

Таблица 9 – Годовой фонд заработной платы при базовом техпроцессе

Профессия	Фонд заработной платы в месяц, руб	Фонд заработной платы дополнительный, руб	Фонд заработной платы премиальный, руб	Отчисления во внебюджетные фонды, руб	Итого, руб
Фрезеровщик	1620000	226800	324000	651240	2822040
Сверловщик	760000	106400	152000	305520	1323920
Шлифовщик	480000	67200	96000	192960	836160
Итого:					4982120

Таким образом месячный экономический эффект от предложенного техпроцесса составит:  $4982120 - 3013660 = 1968460$  рублей. А годовой эффект  $1968460 \cdot 12 = 23621520$  рублей.

Вывод по разделу

В разделе рассчитан экономический эффект от внедрения разработанного технологического процесса в сравнении с базовым.

## Заключение

Машиностроения играет ключевую роль в различных отраслях промышленности. Постоянное совершенствование процессов проектирования, изготовления и эксплуатации машин и оборудования является необходимым условием для повышения их надежности, эффективности и конкурентоспособности на рынке. Таким образом, развитие технологий машиностроения не только способствует развитию научных знаний, но и прямо влияет на развитие промышленного производства в целом. Развитие промышленного производства неизменно влечет за собой экономический рост государства и повышает занятость населения, а также укрепляет продовольственную безопасность и технологическую независимость, что особенно актуально в рамках современной геополитической обстановки.

Одним из ключевых направлений современного машиностроения является внедрение современных материалов и технологий, которые позволяют создавать более легкие, прочные и эргономичные конструкции. Исследование и оптимизация процессов производства и обработки деталей и узлов машин также имеет большое значение для повышения качества и надежности готовой продукции.

Выполнение данной работы основывалось на вышеуказанных тезисах, благодаря чему был разработан технологический процесс с учетом требований автоматизации и санкционной устойчивости, диктуемых современными реалиями. Выбранные маршрут, оборудование и средства технологического оснащения позволяют достичь заданных параметров детали, а также экономической эффективности, исходя из заданной производственной программы путем автоматизации, унификации и использования наиболее экономически доступных станочных приспособлений и инструмента.

## Список используемой литературы

1. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб.пособие для учащихся техникумов.- 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа 1980.-240 с. ил.
2. Вакансии в Тольятти URL: [https://togliatti.hh.ru/?hhtmFrom=vacancy\\_search\\_list](https://togliatti.hh.ru/?hhtmFrom=vacancy_search_list) (дата обращения 16.06.2024).
3. Горбацевич А.Ф. Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание стереотипное. Перепечатка с 4-го издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007.
4. ГОСТ 16093-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором. «Издательство стандартов». Москва. 1981 год.
5. ГОСТ 24997-2004. Калибры для метрической резьбы. Допуски. «Стандартинформ». Москва. 2005 год.
6. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. ИПК «Издательство стандартов». Москва. 2002 год.
7. Данилевский В.В. Технология машиностроения: Учебник для техникумов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М., Высш. шк., 1984. – 416 с., ил.
8. Методическое пособие по выполнению курсовой и экономической части дипломной работы по дисциплине «Экономика отрасли» для специальности 151001 «Технология машиностроения». Тольятти 2005 год.
9. М.И. Любошиц, Г.М. Ицкович. Справочник по сопротивлению материалов. «Высшая школа». Минск 1969 г.
10. Прайс-лист на литейное производство URL: <https://metalweb.ru/obrabotka749/supply/okrug1058/> (дата обращения 13.04.2024).
11. Расторгуев, Д.А. Проектирование технологических операций:

электронное учебно-методическое пособие / Д.А. Расторгуев. –Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. –140 с.

12. Расчет сил закрепления заготовок URL: [https://osntm.shmontazh.ru/zashim\\_sil.html](https://osntm.shmontazh.ru/zashim_sil.html) (дата обращения 05.05.2024).

13. Расчет технической нормы времени URL: [https://studopedia.ru/12\\_25961\\_raschet-tehnicheskoy-normi-vremeni.html](https://studopedia.ru/12_25961_raschet-tehnicheskoy-normi-vremeni.html) (дата обращения 15.06.2024).

14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т 1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.

15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т 2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.

16. Стали: допускаемые напряжения и механические свойства материалов URL: [https://razvitie-pu.ru/?page\\_id=4121](https://razvitie-pu.ru/?page_id=4121) (дата обращения 16.05.2024).

17. Стружка, лом цены компании «Главчермет» URL: <https://glavchermet.ru/статьи/506-стружка-лом-цена.html> (дата обращения 13.04.2024).

18. Формулы для расчета резьбовых калибров URL: <https://studfile.net/preview/5947333/page:15/> (дата обращения 15.05.2024).

19. Характеристики стали 35 URL: [https://metatorg.ru/marki-stali-i-splavy/stal\\_konstrukcionnaya/stal\\_konstruksionnaya\\_uglerodistaya\\_kachestvennaya/stal\\_konstruksionnaya\\_uglerodistaya\\_kachestvennaya\\_35/](https://metatorg.ru/marki-stali-i-splavy/stal_konstrukcionnaya/stal_konstruksionnaya_uglerodistaya_kachestvennaya/stal_konstruksionnaya_uglerodistaya_kachestvennaya_35/) (дата обращения 13.04.2024).

20. Ю.В. Барановский. Режимы резания металлов. Справочник. Изд. 3-е, переработанное и дополненное. М., «Машиностроение». 1972 г.

# Приложение А

## Маршрутные карты

ГОСТ 3.1118-82 форма 1																		
Дубл.																		
Взам.																		
Подп.																		
Разраб.	Ланков Н.И.			ТГУ ар. ТМБн-1901а			24ВКР.ОТМП.141.10											
	Расторгуев Д.А.																	
И контр.р.				Корпус тисков														
М01	Сл. альб. 35 ГОСТ 1050-2013																	
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код заст.	Профиль и размеры			КД	МЗ						
	XXXX	кз	8.09	1	11.55	0.7	41121X	331,5x163,5			1	11.55						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа										
Б				Код, наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КСИД	ЕН	СП	Кит.	Тпа	Тшт.	
А 01	XX	XX	XX	005	4234 Вертикально-фрезерная с ЧПУ			Инструкция по технике безопасности и ИОТ №6										
Б 02	381024	XXXX			Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13PF3			2	15292	311	1P	1	1	1	40	1	12	1,21
03																		
А 04	XX	XX	XX	010	4234 Вертикально-фрезерная с ЧПУ			Инструкция по технике безопасности и ИОТ №6										
Б 05	381024	XXXX			Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13PF3			2	15292	311	1P	1	1	1	40	1	12	0,98
06																		
А 07	XX	XX	XX	015	4234 Вертикально-фрезерная с ЧПУ			Инструкция по технике безопасности и ИОТ №6										
Б 08	381024	XXXX			Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13PF3			2	15292	311	1P	1	1	1	40	1	12	2,54
09																		
А 10	XX	XX	XX	020	4234 Вертикально-фрезерная с ЧПУ			Инструкция по технике безопасности и ИОТ №6										
Б 11	381024	XXXX			Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13PF3			2	15292	311	1P	1	1	1	40	1	12	0,57
12																		
13																		
МК	Маршрутная карта																	

Рисунок А. 1 – Маршрутная карта, стр. 1

ГОСТ 3.1118-82 форма 1б																		
Дубл.																		
Взам.																		
Подп.																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа										
Б				Код, наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КСИД	ЕН	СП	Кит.	Тпа	Тшт.	
К/М				Наименование детали, изделия или материала			Обозначение код											
А 01	XX	XX	XX	025	4232 Сверлильная с ЧПУ			Инструкция по технике безопасности и ИОТ №6										
Б 02	381009	XXXX			Обрабатывающий центр с ЧПУ КВС ПТ 5			2	15292	311	1P	1	1	1	40	1	12	2,56
03																		
А 04	XX	XX	XX	030	4236 Плоскошлифовальная с ЧПУ			Инструкция по технике безопасности и ИОТ №6										
Б 05	381025	XXXX			Плоско-профишлифовальный с ЧПУ SMG4080PF3			2	15292	311	1P	1	1	1	40	1	12	2,22
06																		
А 07	035 Конь рольная																	
08																		
09																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
МК	Маршрутная карта																	

Рисунок А. 2 – Маршрутная карта, стр. 2

## Приложение Б

### Операционные карты

ГОСТ 3.1404-86 форма 3											
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
Разраб.	Ганков Н.И.			ТГУ ТМбп-1901а	24.ВКР.ОТМП.141.10						
Проверил	Расторгуев Д.А.										
Н.контр.	Корпус тисков										005
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Вертикально-фрезерная с ЧПУ		Сталь 35 ГОСТ 1050-2013		163 НВ	кг	8,09	230x162			11,55	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тз	Тпз	Тшт.	СОЖ			
Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Р13П03		xxxx		0,38	0,74	12	1,21	5%-я эмульсия			
Р	А	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V		
01					мм	мм	-	мм/об	об/мин	м/мин	
T 02	396100 xxxx Прихваты передвижные ГОСТ 4735-69 с подтавками										
O 03	396100 xxxx Болты с гайками ГОСТ 7798-70										
O 04	1. Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 1,2,3										
T 05	391831 xxxx Фреза торцовая Т15К6 «40 ГОСТ 26595-2014										
P 06					90	0,5	1	2	2000	262,8	
O 07	2. Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 4,5,6										
T 08	391831 xxxx Фреза торцовая Т15К6 «40 ГОСТ 26595-2014										
P 09					100	0,5	1	2	2000	262,8	
O 10	3. Сверлить поверхность, выдерживая размер 7,8,9,10										
T 11	381210 xxxx Сверло спиральное Р6М5 «6 ГОСТ 10903-77										
T 12	393110 xxxx Калибр-пробка гладкая двусторонняя «6 ПР-НЕ ГОСТ 14810-69										
P 13					72	3	1	0,15	2000	36,08	
<b>OK</b>		Операционная карта									

Рисунок Б. 1 – Операционная карта операции 005

ГОСТ 3.1404-86 форма 3											
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
Разраб.	Ганков Н.И.			ТГУ ТМбп-1901а	24.ВКР.ОТМП.141.10						
Проверил	Расторгуев Д.А.										
Н.контр.	Корпус тисков										010
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
Вертикально-фрезерная с ЧПУ		Сталь 35 ГОСТ 1050-2013		163 НВ	кг	8,09	230x162			11,55	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тз	Тпз	Тшт.	СОЖ			
Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Р13П03		xxxx		0,57	0,34	12	0,98	5%-я эмульсия			
Р	А	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V		
01					мм	мм	-	мм/об	об/мин	м/мин	
T 02	396100 xxxx Болты с гайками ГОСТ 7798-70										
O 03	1. Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 1,2,3,4,5,6,7,8										
T 04	391831 xxxx Фреза торцовая Т15К6 «40 ГОСТ 26595-2014										
P 05					1998	0,5	1	2	2000	260	
O 06	2. Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 9,10,11										
T 07	391822 xxxx Фреза концевая Р6М5 «20 ГОСТ 32831-2014										
T 08	393110 xxxx Калибр-пробка гладкая двусторонняя «20 ПР-НЕ ГОСТ 14810-69										
P 09					64	17	9	2	2800	180	
10											
11											
12											
13											
<b>OK</b>		Операционная карта									

Рисунок Б. 2 – Операционная карта операции 010

## Продолжение приложения Б

ГОСТ 3.1404-86 форма 3												
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
												3
Разраб.	Панков Н.И.			ТГУ ТМбп-1901а	24.ВКР.ОТМП.141.10							
Проверил	Растворуев Д.А.											
Н.контр.	Корпус тисков										015	
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД	
Вертикально-фрезерная с ЧПУ		Сталь 35 ГОСТ 1050-2013		163 НВ	к2	8,09	230x162			11,55	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз	Тшт.		СОЖ			
Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Р13ПФ3		xxxx		1,81	0,54	12	2,54		5%-я эмульсия			
Р	А		ПИ	Д или В	L	t	l	S	n	V		
01	мм мм - мм/об об/мин м/мин											
T 02	396100 xxxx Болты с гайками ГОСТ 7798-70											
O 03	1. Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13											
T 04	391831 xxxx Фреза торцовая Т15К6 ø40 ГОСТ 26595-2014											
P 05	1875 0,5 1 2 2000 260											
O 06	2. Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 14,15,16											
T 07	391822 xxxx Фреза концевая двухперая Р6М5 ø6 ГОСТ 16225-81											
T 08	393120 xxxx Калибр-скоба 105 ПР-НЕ ГОСТ 18362-93											
T 09	393120 xxxx Калибр-скоба 74 ПР-НЕ ГОСТ 18362-93											
T 10	393180 xxxx Калибр пазовый ПР-НЕ ГОСТ 24121-80											
T 11	393610 xxxx Шаблон специальный для контроля параллельности											
P 12	1537 12 2 2 3000 60											
13												
<b>OK</b>	Операционная карта											

Рисунок Б. 3 – Операционная карта операции 015

ГОСТ 3.1404-86 форма 3												
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
												4
Разраб.	Панков Н.И.			ТГУ ТМбп-1901а	24.ВКР.ОТМП.141.10							
Проверил	Растворуев Д.А.											
Н.контр.	Корпус тисков										020	
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД	
Вертикально-фрезерная с ЧПУ		Сталь 35 ГОСТ 1050-2013		163 НВ	к2	8,09	230x162			11,55	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз	Тшт.		СОЖ			
Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Р13ПФ3		xxxx		0,19	0,34	12	0,57		5%-я эмульсия			
Р	А		ПИ	Д или В	L	t	l	S	n	V		
01	мм мм - мм/об об/мин м/мин											
T 02	396131 xxxx Тиски пневматические специальные											
T 03	396100 xxxx Упоры фрезерные											
T 04	1. Фрезеровать поверхность, выдерживая размер 1											
O 05	391831 xxxx Фреза торцовая Т15К6 ø40 ГОСТ 26595-2014											
T 06	360 0,5 1 2 2000 260											
P 07	2. Фрезеровать поверхность, выдерживая размер 2											
08	391831 xxxx Фреза торцовая Т15К6 ø40 ГОСТ 26595-2014											
09	393120 xxxx Калибр-скоба 330 ПР-НЕ ГОСТ 18362-93											
10	190 0,5 1 2 2000 260											
11												
12												
13												
<b>OK</b>	Операционная карта											

Рисунок Б. 4 – Операционная карта операции 020

## Продолжение приложения Б

ГОСТ 3.1404-86 форма 3											
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
5											
Разраб.	Панков Н.И.			ТГУ ТМ0п-1901а	24.ВКР.ОТМП.141.10						
Проверил	Распорзубеев Д.А.			Корпус тисков						025	
Н. контр.											
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Сверлильная с ЧПУ		Сталь 35 ГОСТ 1050-2013		163 НВ	к2	8.09	230x162		11.55	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тс	Тль	Тшт.	СОЖ			
Обрабатывающий центр с ЧПУ КВС ПТ-5		XXXX		1,96	0,81	12	3,00	5%-я эмульсия			
Р	А	П	И	Д или В	L	t	i	S	n	V	
01											
T 02	396100 XXXX Болты с гайками ГОСТ 7798-70										
O 03	1. Рассверлить поверхность, выдерживая размеры 1,2,3,4										
T 04	391241 XXXX Сверло-зенкер комбинированное специальное Р6М5 эВ										
P 05					72	1	1	0,2	1600	40	
O 06	2. Сверлить поверхность, выдерживая размеры 5,6,7										
T 07	391241 XXXX Сверло-зенкер комбинированное специальное Р6М5 эВ										
P 08					52	4	1	0,15	1400	35	
O 09	3. Сверлить поверхность, выдерживая размер 8										
T 10	381210 XXXX Сверло спиральное Р6М5 э25 ГОСТ 10903-77										
P 11					50	12,5	1	0,15	1400	35	
O 12	4. Обработать поверхность, выдерживая размеры 2,3,4,9										
T 13	391391 XXXX Метчик машинный Р6М5 эВ ГОСТ 3266-81										
<b>OK</b>		Операционная карта									

Рисунок Б. 5 – Операционная карта операции 025

ГОСТ 3.1404-86 форма 3										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
6										
MЧ00.09.00.01										
025										
Р	А	П	И	Д или В	L	t	i	S	n	V
P 14					56	0,86	1	0,1	400	20
O 15	5. Обработать поверхность, выдерживая размеры 6,7,10									
T 16	391391 XXXX Метчик машинный Р6М5 эВ ГОСТ 3266-81									
T 17	393140 XXXX Калибр-пробка резьбовая эВ ПР-НЕ ГОСТ 8724-81									
P 18					46	0,86	1	0,1	400	20
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
<b>OK</b>		Операционная карта								

Рисунок Б. 6 – Продолжение операционной карта операции 025



## Приложение В

### Спецификация к станочному приспособлению

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
<i>Сборочный чертеж</i>						
<i>Сборочные единицы</i>						
<i>Детали</i>						
<i>Плита</i>						
<i>Основание</i>						
<i>Корпус поворотный</i>						
<i>Планка</i>						
<i>Подвижная гудка</i>						
<i>Нагудник</i>						
<i>Нагудник</i>						
<i>Нагудник</i>						
<i>Крышка</i>						
<i>Неподвижная гудка</i>						
<i>Крышка</i>						
<i>Рычаг</i>						
<b>24.ВКР.ОТМП.14.160.00.000 СБ</b>						
<b>ТУСКИ</b>						
<b>пневматические</b>						
<b>ТГУ</b>						
<b>ТМДп-1901а</b>						
<i>Копировал</i>						
<i>Формат А4</i>						

Рисунок В. 1 – Спецификация, лист 1

