

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных
производств

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления червяка привода
поворотного стола сборочной линии

Студент(ка)	<u>А.А. Иванов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.А. Козлов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

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

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Иванов Александр Андреевич. Технологический процесс изготовления червяка привода поворотного стола сборочной линии. Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства». ТГУ, Тольятти, 2019 г.

Выпускная работа посвящена проектированию эффективного технологического процесса изготовления червяка привода поворотного стола сборочной линии. Для достижения этой цели работа разделена на пять основных разделов, которые связаны между собой логически. В первом разделе проведен анализ имеющихся данных, по результатам которого сформулированы основные задачи для каждого последующего раздела. Второй раздел посвящен решению задачи проектирования технологической части работы. Третий раздел посвящен рассмотрению возможности улучшения технологического процесса. Для этого проводится проектирование специальной оснастки и режущего инструмента. Четвертый раздел посвящен анализу безопасности при внедрении данного техпроцесса в производство. Пятый раздел посвящен анализу экономического эффекта от внедрения техпроцесса.

Пояснительная записка состоит из 67 страниц, 15 таблиц, 4 рисунка. Графическая часть состоит из 7 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Технологичность детали.....	6
1.3 Анализ параметров техпроцесса.....	7
1.4 Задачи работы.....	8
2 Разработка технологической части работы.....	10
2.1 Обоснование выбора заготовки.....	10
2.2 Проектирование заготовки.....	13
2.3 Проектирование маршрута изготовления детали.....	19
2.4 Выбор средств оснащения техпроцесса.....	20
2.5 Определение режимов резания.....	26
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	28
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	28
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	36
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	36
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	42
4.6 Заключение по разделу.....	44
5 Экономическая эффективность работы.....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	53

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Технологическое оборудование современного массового производства предусматривает высокую степень его механизации и автоматизации. Одна из сложнейших технических задач это автоматизация сборочных процессов. Успешное ее решение позволяет существенно сократить время сборочных операций и уменьшить количество брака за счет уменьшения доли участия человека непосредственно в процессе сборки. Рассматриваемый в данной червяк является деталью привода поворотного стола сборочной линии, который призван решить проблему автоматизации смены положения изделий при сборке. У данного оборудования повышенные требования к точности и надежности его узлов, агрегатов и деталей, входящих в их состав. Выполнение данных требований может быть обеспечено только технологией их изготовления. Еще одним требованием к технологии изготовления червяка является обеспечение выпуска годовой программы при условии обеспечения минимума затрат. Цель данной работы заключается в проектировании такого технологического процесса изготовления червяка привода поворотного стола сборочной линии, который позволит выполнить все требования предъявляемые к нему.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Основным служебным назначением, рассматриваемого червяка привода поворотного стола сборочной линии является восприятие от электропривода и передача крутящего момента на исполнительное червячное колесо поворотного механизма, что достигается за счет наличия шпоночного паза, выполненного на крайней шейке червяка. Крутящий момент поступает на червяк от электродвигателя через соединительную муфту.

В поворотном механизме привода поворотного стола сборочной линии червяк устанавливается на подшипники, которые устанавливаются в корпус. Такое конструкторское решение позволяет ограничить влияние внешней среды на червяк, за исключением поверхности, которая контактирует с соединительной муфтой. Состояние данной поверхности во многом зависит от условий эксплуатации поворотного стола и культуры производства. Следует отметить, что в процессе эксплуатации возникают достаточно серьезные ударные нагрузки, связанные со служебным назначением поворотного стола.

1.2 Технологичность детали

Для оценки червяка на технологичность в первую очередь необходимо оценить характеристики материала, из которого изготавливается деталь. Химический состав стали 40Х ГОСТ 4543-71, согласно данным [1]: С 0,36-0,44%, Cr 0,7-1,1%, Si 0,17-0,37, Mn 0,5-0,8, S до 0,03, P до 0,03, Cu до 0,3. Временное сопротивление разрыву данного материала составляет $\sigma_B = 690$ МПа.

Данный химический состав обеспечивает хорошие условия для термообработки. Механические свойства обеспечивают следующие показатели обрабатываемости резанием $K_O = 0,95$ для твердосплавного инструмента, $K_O = 0,85$ для быстрорежущего инструмента. Такие показатели являются хорошими при обработке легированных сталей.

Заготовку для получения детали можно получать различными методами. Наиболее целесообразно в данном случае применить штамповку или литье, т.к. годовая программа выпуска деталей составляет 6000 штук в год и форма детали достаточно сложная. Форма заготовок в случае применения для их получения штамповки или литья достаточно простая и не требует специальной оснастки и инструмента. Однако окончательный выбор в пользу одного из методов можно сделать только после экономического сравнения этих методов.

Конструктивные особенности детали позволяют применить для ее получения типовой технологический процесс с его последующей доработкой. Следует учесть в конструкции детали червячного винта, что приведет к включению в техпроцесс дополнительных операций механической обработки. Характеристики поверхностей детали заданы таким образом, что механической обработке необходимо подвергнуть все поверхности.

При механической обработке особое внимание следует уделить базированию детали. В данном случае за черновые базы лучше всего принять основные конструкторские базы, а за чистовые базы, специально подготовленные для этих целей центровые отверстия. Такое решение является стандартным для деталей данного типа.

1.3 Анализ параметров техпроцесса

Проведение анализа параметров техпроцесса основано на знании типа производства [2]. Для его определения нужно знать годовую программу (6000 штук в год) и массу детали (0,98 кг). В данном случае тип производства среднесерийный.

Исходя из типа производства, определяем параметры техпроцесса [3].

Для среднесерийного типа производства характерна групповая форма техпроцесса, в связи с этим детали изготавливаются партиями, размер которых рассчитывается заранее.

Получение заготовок производится различными методами. Основными являются методы пластического деформирования и литья, за исключением

специальных методов ввиду их высокой стоимости. Выбор конкретного метода получения заготовки производится исходя из ряда факторов, основные из которых это материал, форма заготовки и экономическая эффективность.

Технологический процесс проектируется на основе типового с последующей его модификации с учетом конструктивных особенностей детали. Выбор методов обработки поверхностей производится из условия обеспечения минимальной суммы удельных затрат. Результатом проектирования техпроцесса должны стать маршрутные и частично операционные карты.

Проектирование технологических операций производится исходя из того, что применяется в основном универсальное оборудование и оснащенное числовым управлением, поэтому обработка ведется на заранее настроенном оборудовании. Для этого необходимо соблюдать принципы базирования и достаточно точно определить припуски. В большинстве случаев для решения этой задачи достаточно применения статистического метода определения припусков, но для точных поверхностей возможно применение расчетного метода. Структура операций – экстенсивная концентрация операций. Для большинства операций характерно применение универсальных и стандартизированных приспособлений и режущего инструмента, но при поведении соответствующего экономического обоснования возможно применение специальных средств оснащения. Режимы резания и нормирование операций механической обработки определяются с применением статистических данных.

1.4 Задачи работы

Исходя из анализа исходных данных, в ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы необходимо решить ряд задач:

- 1) обосновать выбор одного из возможных методов получения заготовки для рассматриваемой детали. Затем необходимо спроектировать данную заготовку;

2) определить структуру технологического процесса и провести его проектирование, включая определение припусков под обработку, расчет режимов резания, а также выбор оборудования и средств технологического оснащения. По результатам данного этапа необходимо оформить основную технологическую документацию и сделать выводы об операциях, которые нуждаются в дальнейшем совершенствовании;

3) все операции, которые необходимо усовершенствовать нужно проанализировать и изменить путем проектирования специальных средств оснащения;

4) полученный технологический процесс необходимо рассмотреть с точки зрения безопасности его выполнения, т.к. он подвергается модернизации и не является типовым;

5) определить экономическую эффективность проектируемого техпроцесса с учетом проведенной технической модернизации.

Решению данных задач будут посвящены все дальнейшие разделы данной работы.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Обоснование выбора заготовки

Как показал анализ исходных данных, в качестве метода получения заготовки целесообразно применять литье или штамповку. Исходя из формы детали и марки материала, в данном случае наиболее применимы методы получения заготовки [4] штамповкой на горизонтально-ковочной машине и литьем в кокиль. Проведение выбора одного из этих двух методов проводится на основе экономического анализа общих затрат C_i [5].

$$C_i = C_{3i} + C_{OBR,i}, \quad (2.1)$$

где C_{3i} – стоимость получения одной заготовки, руб;

$C_{OBR,i}$ – стоимость механической обработки одной заготовки, руб.

$$C_{3i} = \frac{Ц_{M,i} \cdot M_{3i}}{1000} K_{СП} \cdot K_T \cdot K_{СЛ}, \quad (2.2)$$

где $Ц_{M,i}$ – стоимость тонны металла, руб;

M_{3i} – вес заготовки, кг;

$K_{СП}$, K_T , $K_{СЛ}$ – коэффициенты, учитывающие технологические особенности детали.

Для определения массы заготовки необходимо определить массу детали.

$$M_{\delta} = \frac{\pi}{4} (d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + d_3^2 l_3 + d_4^2 l_4 + d_5^2 l_5) \rho, \quad (2.3)$$

где d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 – диаметры шеек детали, мм;

l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 – длина шеек детали, мм;

ρ – плотность стали, кг/мм³.

$$M_{\partial} = \frac{\pi}{4} (6,0^2 \cdot 4,0 + 3,0^2 \cdot 1,9 + 2,5^2 \cdot 1,35 + 2,4^2 \cdot 3,85 + 2,0^2 \cdot 3,8) \cdot 0,00786 = 0,98 \text{ кг.}$$

Исходя из массы детали, определяем массу штампованной заготовки.

$$M_{31} = 0,785 \cdot (d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + d_3^2 l_3 + d_4^2 l_4) \cdot K_{шт} \cdot \rho, \quad (2.4)$$

где d_1, d_2, d_3, d_4 – диаметры шеек штамповки, мм;

l_1, l_2, l_3, l_4 – длина шеек штамповки, мм;

$K_{шт}$ – коэффициент, учитывающий особенности технологии получения штамповки.

$$M_{31} = \frac{\pi}{4} (6,3^2 \cdot 4,22 + 3,2^2 \cdot 1,93 + 2,78^2 \cdot 5,2 + 2,28^2 \cdot 3,79) \cdot 0,00786 = 1,26$$

кг.

Масса заготовки полученной методом литья:

$$M_{32} = 0,785 \cdot (d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + d_3^2 l_3 + d_4^2 l_4) \cdot K_{л} \cdot \rho, \quad (2.5)$$

где d_1, d_2, d_3, d_4 – диаметры шеек отливки, мм;

l_1, l_2, l_3, l_4 – длина шеек отливки, мм;

$K_{л}$ – коэффициент, учитывающий особенности технологии получения отливки.

$$M_{32} = \frac{\pi}{4} (6,36^2 \cdot 4,36 + 3,28^2 \cdot 1,9 + 2,82^2 \cdot 5,2 + 2,32^2 \cdot 3,88) \cdot 0,00786 = 1,42$$

кг.

$$C_{31} = \frac{20000 \cdot 1,26 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1}{1000} = 20,66 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{20000 \cdot 1,42 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1,2}{1000} = 27,95 \text{ руб.}$$

Стоимость механической обработки одной заготовки:

$$C_{\text{ОБР},i} = \frac{C_{\text{уд}} \left(\frac{1}{K_{\text{ИМ},i}} - 1 \right) M_{\text{Д}}}{K_{\text{О}}}, \quad (2.6)$$

где $C_{\text{уд}}$ – стоимость удаления 1 кг стружки, руб/кг;

$K_{\text{О}}$ – коэффициент обрабатываемости стали;

$K_{\text{ИМ}}$ – коэффициент использования.

$$K_{\text{ИМ},i} = \frac{M_{\text{Д}}}{M_3}. \quad (2.7)$$

$$K_{\text{ИМ}1} = \frac{0,98}{1,26} = 0,78.$$

$$K_{\text{ИМ}2} = \frac{0,5}{1,42} = 0,69.$$

$$C_{\text{ОБР}1} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,78} - 1 \right) \cdot 0,98}{0,85} = 13,01 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ОБР}2} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,69} - 1 \right) \cdot 0,98}{0,85} = 20,72 \text{ руб.}$$

Общие затраты:

$$C_1 = 20,66 + 13,01 = 33,67 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 27,95 + 20,72 = 48,67 \text{ руб.}$$

Расчеты показали, что минимум затрат обеспечивает метод получения заготовки горячей штамповкой.

2.2 Проектирование заготовки

Заготовка проектируется в несколько этапов. Сначала определяется маршрут обработки для каждой поверхности. Далее в соответствии с выбранным маршрутом определяются припуски на механическую обработку для каждого технологического перехода, и производится их суммирование. На заключительном этапе определяются характеристики заготовки, определяются напуски, места разъемов формы, отклонения формы и расположения поверхностей, формируется контур заготовки. Далее производится проектирование заготовки в соответствии с данным алгоритмом.

Для определения маршрутов обработки поверхностей каждой поверхности присвоим свой собственный номер на эскизе детали (рисунок 2.1).

Маршруты формируем исходя из качественных характеристик поверхностей. Учитываем, что деталь подвергается термообработке, поэтому введение в технологический процесс операции термической обработки обязательно. В результате получаем следующие маршруты обработки поверхностей на основе данных [6, 7].

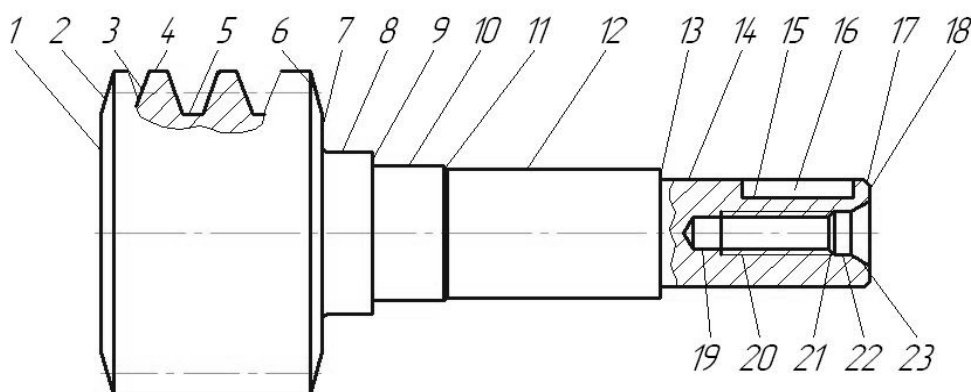


Рисунок 2.1 – Эскиз детали

Поверхности 1, 5, 18 имеют качество точности 14 и шероховатость 12,5 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: фрезерование и термическая обработка.

Поверхности 2, 6, 17 имеют качество точности 14 и шероховатость 12,5 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: точение чистовое и термическая обработка.

Поверхность 3 имеет степень точности 7 и шероховатость 2,5 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: фрезерование черновое и чистовое, термическая обработка и шлифование.

Поверхность 4 имеет качество точности 11 и шероховатость 2,5 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование.

Поверхности 7, 8, 11, 12 имеют качество точности 14 и шероховатость 12,5 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: точение и термическая обработка.

Поверхности 9, 13 имеют качество точности 14 и шероховатость 2,5 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование.

Поверхности 10, 14 имеют качество точности 6 и шероховатость 1,25 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое.

Поверхность 15 имеет качество точности 10 и шероховатость 6,3 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: фрезерование и термическая обработка.

Поверхность 16 имеет качество точности 9 и шероховатость 2,5 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: фрезерование и термическая обработка.

Поверхности 19, 21, 22 имеют качество точности 14 и шероховатость 12,5 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: сверление и термическая обработка.

Поверхность 20 имеет качество точности 10 и шероховатость 6,3 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: резбонарезание и термическая обработка.

Поверхность 23 имеет квалитет точности 8 и шероховатость 1,25 мкм, что соответствует следующему маршруту обработки: сверление, термическая обработка и шлифование.

Этап расчета припусков выполняется для каждой поверхности детали. В данном случае применимы два различных подхода. Первый заключается в том, что расчет ведется детально при помощи эмпирических формул и соответствующих данных [8]. Второй заключается в том, что припуск определяется на основе статистических данных и операционных допусков. Расчет по первому методу выполняется для самых точных поверхностей, что уменьшит вероятность появления брака при выполнении операционных размеров [9]. Применим данный подход для расчета припусков на обработку поверхности диаметром $25k6\begin{pmatrix} -0,020 \\ -0,033 \end{pmatrix}$.

Расчет минимального значения припуска производится исходя из знания дефектного слоя от предыдущей обработки a , пространственных отклонений от предыдущей обработки Δ и погрешности установки заготовки на данном переходе ε .

$$z_{i\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (2.8)$$

$$z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,3 + \sqrt{0,3^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,045^2 + 0,025^2} = 0,252 \text{ мм.}$$

$$z_{3\min} = a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,03^2 + 0,012^2} = 0,263 \text{ мм.}$$

$$z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,15 + \sqrt{0,007^2 + 0,012^2} = 0,164 \text{ мм.}$$

Расчет максимального припуска производится исходя из знания допусков на текущем Td_i и предыдущем переходах Td_{i-1} .

$$z_{i\max} = z_{i\min} + 0,5 \cdot \sqrt{Td_{i-1} + Td_i}. \quad (2.9)$$

$$z_{1\max} = z_{1\min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5 \cdot (0,9 + 0,25) = 1,176 \text{ мм.}$$

$$z_{2\max} = z_{2\min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,252 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,10) = 0,427 \text{ мм.}$$

$$z_{3\max} = z_{3\min} + 0,5 \cdot (Td_{TO} + Td_3) = 0,263 + 0,5 \cdot (0,160 + 0,062) = 0,374 \text{ мм.}$$

$$z_{4\max} = z_{4\min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,164 + 0,5 \cdot (0,062 + 0,013) = 0,20 \text{ мм.}$$

Для расчета настроечных размеров рассчитываем значения средних припусков:

$$z_{icp} = \frac{z_{i\max} + z_{i\min}}{2}. \quad (2.10)$$

$$z_{1cp} = \frac{z_{1\max} + z_{1\min}}{2} = \frac{0,601 + 1,176}{2} = 0,889 \text{ мм.}$$

$$z_{2cp} = \frac{z_{2\max} + z_{2\min}}{2} = \frac{0,252 + 0,427}{2} = 0,340 \text{ мм.}$$

$$z_{3cp} = \frac{z_{3\max} + z_{3\min}}{2} = \frac{0,263 + 0,374}{2} = 0,319 \text{ мм.}$$

$$z_{4cp} = \frac{z_{4\max} + z_{4\min}}{2} = \frac{0,164 + 0,202}{2} = 0,18 \text{ мм.}$$

Далее рассчитываем операционные размеры исходя из определенных ранее припусков:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i\min} + 2 \cdot z_{i\min}, \quad (2.11)$$

$$d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + Td_{i-1}, \quad (2.12)$$

$$d_{icc} = \frac{d_{i\max} + d_{i\min}}{2}. \quad (2.13)$$

Необходимо учесть, что для термического перехода минимальный размер будет рассчитываться по формуле:

$$d_{(TO-1)\min} = d_{(i-1)\min} \cdot 0,999. \quad (2.14)$$

$$d_{4\min} = 25,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4\max} = 25,015 \text{ мм.}$$

$$d_{3\min} = 25,002 + 2 \cdot 0,164 = 25,33 \text{ мм.}$$

$$d_{3\max} = 25,33 + 0,062 = 25,392 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\min} = 25,33 + 2 \cdot 0,263 = 25,856 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\max} = 25,856 + 0,160 = 26,016 \text{ мм.}$$

$$d_{2\min} = 25,856 \cdot 0,999 = 25,830 \text{ мм.}$$

$$d_{2\max} = 25,830 + 0,100 = 25,930 \text{ мм.}$$

$$d_{1\min} = 25,930 + 2 \cdot 0,252 = 26,434 \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = 26,434 + 0,250 = 26,684 \text{ мм.}$$

$$d_{0\min} = 26,684 + 2 \cdot 0,601 = 27,886 \text{ мм.}$$

$$d_{0\max} = 27,886 + 0,9 = 28,786 \text{ мм.}$$

$$d_{cp0} = \left(d_{0\min} + d_{0\max} \right) / 2 = \left(27,886 + 28,786 \right) / 2 = 28,336 \text{ мм.}$$

$$d_{cp1} = \left(d_{1\min} + d_{1\max} \right) / 2 = \left(26,434 + 26,684 \right) / 2 = 26,559 \text{ мм.}$$

$$d_{cp2} = \left(d_{2\min} + d_{2\max} \right) / 2 = \left(25,830 + 25,930 \right) / 2 = 25,880 \text{ мм.}$$

$$d_{cpTO} = \left(d_{TO\min} + d_{TO\max} \right) / 2 = \left(25,856 + 26,016 \right) / 2 = 25,936 \text{ мм.}$$

$$d_{cp3} = \left(d_{3\min} + d_{3\max} \right) / 2 = \left(25,33 + 25,392 \right) / 2 = 25,361 \text{ мм.}$$

$$d_{cp4} = \left(d_{4\min} + d_{4\max} \right) / 2 = \left(25,002 + 25,015 \right) / 2 = 25,0085 \text{ мм.}$$

Расчет общих припусков на обработку поверхности:

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{5\max}, \quad (2.15)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_5, \quad (2.16)$$

$$2Z_{cp} = \left(2Z_{\min} + 2Z_{\max} \right) / 2, \quad (2.17)$$

$$2Z_{\min} = 27,886 - 25,012 = 2,874 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max} = 2,874 + 0,9 + 0,013 = 3,787 \text{ мм.}$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \cdot (0,874 + 3,787) = 3,3305 \text{ мм.}$$

Припуски на обработку оставшихся поверхностей определяются по второму методу расчета припусков с применением статистических данных (таблица 2.1). В таблице каждому номеру перехода соответствует метод обработки поверхности определенный ранее.

Таблица 2.1 - Припуски на обработку

Номер поверхности	Номер и наименование перехода	Z_{\min} , мм	Z_{\max} , мм
1, 18	1 фрезерный	1,2	1,945
3	1 фрезерный	1,3	1,47
	2 шлифование	0,4	0,49
4	1 токарный	1,7	2,5
	2 токарный	0,3	0,58
	3 шлифовальный	0,5	0,65
9	1 токарный	1,8	2,525
	2 токарный	0,8	0,975
	3 шлифовальный	0,4	0,5
13	1 токарный	1,8	2,525
	2 токарный	0,8	0,975
	3 шлифовальный	0,4	0,5
14	1 токарный	1,7	2,505
	2 токарный	0,3	0,447
	3 шлифовальный	0,6	0,659
	4 шлифовальный	0,06	0,083

Остальные данные необходимые для проектирования заготовки, такие как степень точности, группа сложности, группа стали, исходный индекс,

допуски на размеры, точностные характеристики и другие параметры, принимаются по данным [10] и отражаются на чертеже заготовки.

2.3 Проектирование маршрута изготовления детали

Маршрут изготовления детали формируется на основе типовых технологических маршрутов [11] и полученных ранее данных о методах обработки для каждой поверхности. Следует учесть особенности конфигурации детали. Для удобства использования представим полученный маршрут в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 - Технологический маршрут

Номер операции	Название операции	Номера обрабатываемых поверхностей
005	Фрезерноцентровальная	1, 18, 23, 24
010	Токарная	2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
015	Токарная	4, 9, 10, 13, 14
020	Сверлильная	20
025	Фрезерная	15, 16
030	Резьбофрезерная	3, 5
035	Резьбофрезерная	3, 5
040	Термическая	все
045	Центрошлифовальная	23, 24
050	Торцекруглошлифовальная	9, 10, 13, 14
055	Круглошлифовальная	4
060	Червячно-шлифовальная	3
065	Круглошлифовальная	10, 14
070	Моечная	все
075	Контрольная	все

Спроектированный маршрут обработки является основой для проектирования технологического процесса изготовления детали. Также следует учесть, что необходимо обеспечить минимальную погрешность обработки, что достигается соблюдением основных принципов базирования и разработкой рациональных схем базирования [12]. Для рассматриваемой детали наиболее целесообразно на всех операциях с образующими движениями вращения заготовки использовать центровые отверстия, а для остальных операций шейки и торцы детали. Более подробно результаты проектирования техпроцесса отражены в графической части работы.

2.4 Выбор средств оснащения техпроцесса

Средства оснащения технологического процесса выбираются исходя из следующих факторов: тип производства, конструктивных особенностей изготавливаемой детали, ее массу и материал, структуру операции, требуемую производительность, используемые технологические базы, качество обрабатываемых поверхностей, а также ряд экономических характеристик. Модели, марки и технические характеристики средств оснащения выбираем по данным [13, 14, 15, 16, 17] и заносим в таблицы 2.3-2.6.

Таблица 2.3 – Станочное оборудование

Операция	Обрабатываемые поверхности	Оборудование
1	2	3
005 Фрезерно-центровальная	1, 18, 23, 24	Фрезерно-центровальный МР-78
010 Токарная	2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	Токарно-винторезный станок 16К20Ф3 с ЧПУ
015 Токарная	4, 9, 10, 13, 14	Токарно-винторезный станок 16К20Ф3 с ЧПУ

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3
020 Сверлильная	20	Вертикально-сверлильный 2Н135
025 Фрезерная	15, 16	Вертикально-фрезерный 6Р12
030 Резьбофрезерная	3, 5	Резьбофрезерный 5Б65
035 Резьбофрезерная	3, 5	Резьбофрезерный 5Б65
040 Термическая	все	Печь термическая
045 Центрошлифовальная	23, 24	Центрошлифовальный 3922
050 Торцекруглошлифовальная	9, 10, 13, 14	Торцекруглошлифовальный станок 3Т160.
055 Круглошлифовальная	4	Круглошлифовальный 3А151
060 Червячно- шлифовальная	3	Червячно-шлифовальный станок 5К881
065 Круглошлифовальная	10, 14	Круглошлифовальный 3А151
070 Моечная	все	Моечная машина
075 Контрольная	все	Контрольный стол

Таблица 2.4 – Станочные приспособления

Операция	Элементы для установки	Название приспособления
1	2	3
005 Фрезерно- центровальная	Призмы установочные, осевой упор	Приспособление специальное (тиски самоцентрирующие)
010 Токарная	Центр вращающийся	Патрон

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
	ГОСТ 8742-75	трехкулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80
015 Токарная	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71
020 Сверлильная	Призмы установочные, осевой упор	Приспособление специальное (тиски самоцентрирующие)
025 Фрезерная	Призмы установочные, осевой упор	Приспособление специальное (тиски)
030 Резьбофрезерная	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71
035 Резьбофрезерная	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71
045 Центрошлифовальная	Центр неподвижный ГОСТ 8742-75	Тиски самоцентри- рующие
050 Торцекруглошлифовальная	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8742-75 алмазная гребенка для правки круга
055 Круглошлифовальная	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8742-75 алмазная

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
		гребенка для правки круга
060 Червячношлифовальная	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8742-75
065 Круглошлифовальная	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр неподвижный ГОСТ 8742-75 алмазная гребенка для правки круга

Таблица 2.5 – Инструмент

Операция	Марка материала	Инструмент
1	2	3
005 Фрезерно- центровальная	P6M5, T5K10	Центровочное сверло R4 ГОСТ 14034-74, сверло специальное, фрезы торцовые Ø80 ГОСТ 1695- 80
010 Токарная	T5K10	Резец для контурного точения специальный
015 Токарная	T30K4, T5K10	Резец контурный специальный, резец канавочный ГОСТ 18879- 73

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3
020 Сверлильная	P6M5	Метчик М8 ГОСТ 13854-72
025 Фрезерная	P6M5	Фреза концевая ГОСТ17025-71
030 Резьбофрезерная	P18	Фреза специальная
035 Резьбофрезерная	P18	Фреза специальная
045 Центрошлифовальная	Электрокорунд белый	Головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ2447-82
050 Торцекруглошлифовальная	Электрокорунд белый	Шлифовальный круг 3 750x50x305 24A90K5V5 35 м/с 1А ГОСТ 52781-2007
055 Круглошлифовальная	Электрокорунд белый	Круг шлифовальный 1 150x10x60 24A60K7V 35 м/с 1А специальный
060 Червячно- шлифовальная	Электрокорунд белый	Круг шлифовальный 4 25A80CM5 V 35 м/с 1А ГОСТ 52781-2007
065 Круглошлифовальная	Электрокорунд белый	Круг шлифовальный 1 150x10x60 24A60K7V 35 м/с 1А ГОСТ 52781-2007

Таблица 2.6 – Контрольные приборы и приспособления

Операция	Точность контроля	Средства контроля
1	2	3
005 Фрезерно-центровальная	12	Штангенциркули ШЦ-III-400-0,1, ШЦ-I-150-0.1 ГОСТ 166-80, микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78,
010 Токарная	12	Штангенциркули ШЦ-III-400-0,1, ШЦ-I-150-0,1 ГОСТ 166-80, микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78, скоба рычажная, калибры
015 Токарная	10	Штангенциркули ШЦ-III-400-0.1, ШЦ-I-150-0.1 ГОСТ 166-80, микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78, скоба рычажная
020 Сверлильная	10	Пробки для контроля резьбы М8.
025 Фрезерная	8	Пробки
030 Резьбофрезерная	10	Шаблоны для комплексного контроля червяка
035 Резьбофрезерная	8	Шаблоны для комплексного контроля червяка
045 Центрошлифовальная	8	Калибры.
050 Торцекруглошлифовальная	8	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78, скобы шаблон для контроля радиуса
055 Круглошлифовальная	8	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78
060 Червячно-шлифовальная	8	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3
		78, скобы, шаблон для контроля радиуса.
065 Круглошлифовальная	6	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78

2.5 Определение режимов резания

Выполнение данного этапа заключается в определении следующих параметров технологических операций: подача S_o , скорость резания V , частота вращения шпинделя n , основное время выполнения операции T_o , штучное время выполнения операции $T_{шт}$.

Определение этих параметров производится согласно расчетной методике [18] или статистической методике [19].

В первом случае расчеты получаются достаточно точными и не требуют значительной корректировки при внедрении в производство, но требуют значительных затрат времени на их проведение, поэтому применяются только для ответственных операций.

Второй метод достаточно простой и не требует значительных временных затрат, но менее точный. Как правило, данный метод используется для хорошо изученных технологических операций, имеющих большое количество статистических данных. Результаты проведения данных расчетов представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Режимы резания технологических операций

Номер операции	Установ	S_o , мм/об	V , м/мин	n , об/мин	T_o , мин	$T_{шт}$, мин
005		0,15	46,4	250	0,6	1,4
010	А	0,5	119	630	0,54	2,02
	Б	0,5	119	630		
015	А	0,42	122	1200	0,36	1,8
	Б	0,42	122	1200		
020		1,5	3,2	125	0,29	1,09
025		0,2	6	320	0,33	1,13
030		0,06	23	125	0,53	1,33
035		0,04	26	125	0,8	1,6
045		0,55	15	300	0,18	0,96
050		0,009	26	300	0,61	1,41
055		0,008	30	368	0,76	1,56
060		0,01	12	300	0,57	1,37
065		0,001	30	300	1,03	1,83

Расчеты режимов резания отражаются в соответствующей технологической документации, а также при проектировании отдельных технологических операций.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

Проведем проектирование станочного приспособления для 005 фрезерно-центральной операции. В типовом технологическом процессе основным недостатком данной операции является время на ее выполнение, что обусловлено применяемым приспособлением с отсутствием механизированного привода. Проектирование приспособления выполним по методике [20] для реализации операционного эскиза представленного на рисунке 3.1.

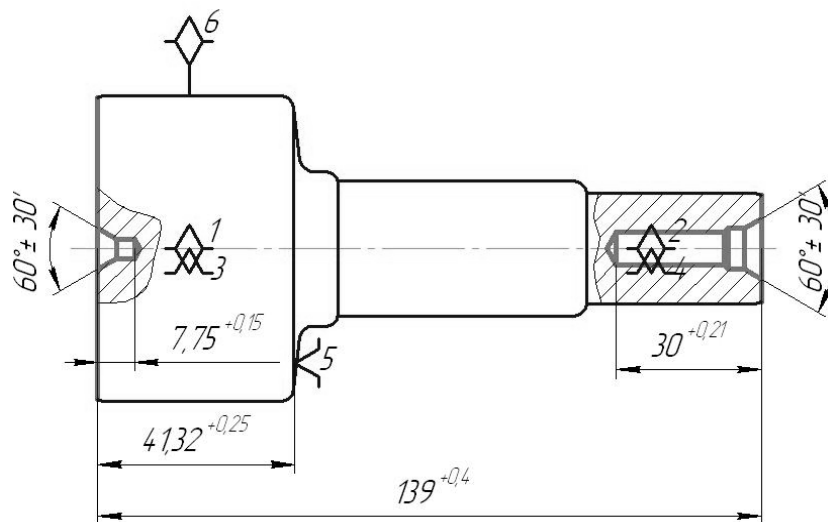


Рисунок 3.1 – Эскиз операции

Расчет приспособления начинаем с определения сил резания.

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^\omega Z}{D^q n^w} K_{\mu pz}, \quad (3.1)$$

где C_p , x , y , W , q , ω , $K_{\mu pz}$ – показатели, которые учитывают реальные условия обработки;

t – глубина обработки, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина торцевой поверхности, мм;

Z – число зубьев фрезы;

D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения фрезы, об/мин.

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 1,2^{0,95} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 60^{1,1} \cdot 12}{80^{1,1} \cdot 1} \cdot 0,94 = 5242 \text{ Н.}$$

$$P_y = \langle 0,85 \dots 0,95 \rangle P_z, \quad (3.2)$$

$$P_h = 0,4 \cdot P_z, \quad (3.3)$$

$$P_v = 0,9 \cdot P_z. \quad (3.4)$$

$$P_y = \langle 0,85 \dots 0,95 \rangle 5242 = 4456 \text{ Н.}$$

$$P_h = 0,4 \cdot 5242 = 1783 \text{ Н.}$$

$$P_v = 0,9 \cdot 5242 = 4010 \text{ Н.}$$

Для сверлильного перехода рассчитываем момент и осевую силу:

$$M_{KP} = 10 C_u D^{qu} S^{yu} K_p, \quad (3.5)$$

где C_u , qu , yu , K_p – показатели, характеризующие условия обработки;

D – диаметр сверления, мм;

S – подача, мм/об.

$$P_0 = 10 C_p D^{qp} S^{yp} K_p, \quad (3.6)$$

где C_p , q_p , u_p , K_p – показатели, характеризующие условия обработки.

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16^{2,0} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 1 = 7450 \text{ Н мм.}$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 0,06^{0,7} \cdot 1 = 1328 \text{ Н.}$$

Согласно составленной схеме действующих на заготовку в процессе обработки системы сил (рис. 3.2) определяем ее составляющие.

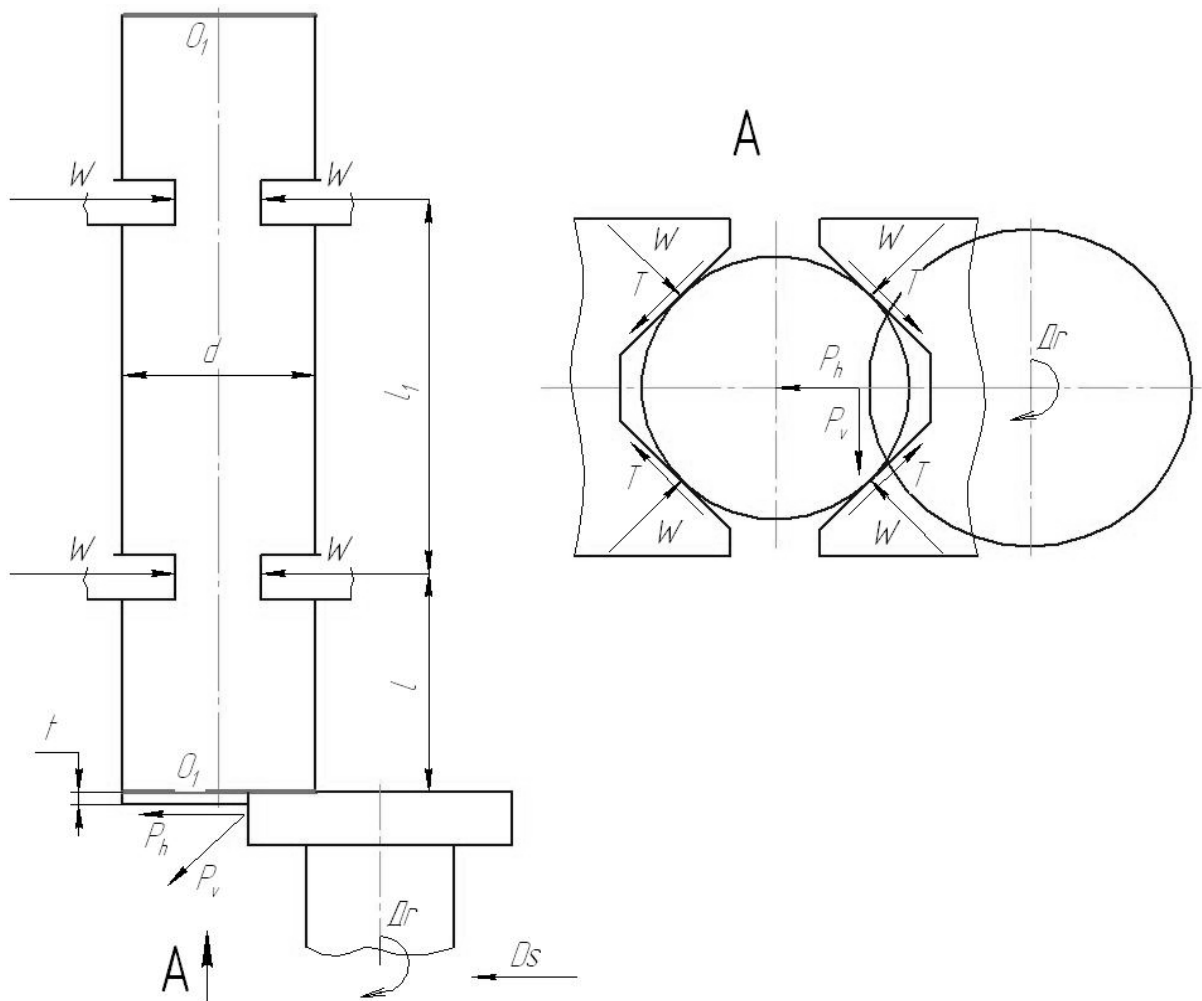


Рисунок 3.2 - Схема действующих на заготовку в процессе обработки системы сил

$$M_p = P_h \cdot l, \quad (3.7)$$

где l – расстояние от торца заготовки до середины губки, мм.

$$M_3 = W \cdot l_1, \quad (3.8)$$

где l_1 – расстояние между губками, мм.

Отсюда выводим искомое усилие:

$$W = \frac{K \cdot P_h \cdot l}{l_1}, \quad (3.9)$$

где K – коэффициент, характеризующий условия обработки.

$$W = \frac{2,2 \cdot 1783 \cdot 30}{160} = 736 \text{ Н.}$$

Аналогично выводим формулу для составляющей силы резания P_v .

$$M_p = \frac{P_v \cdot d_0}{2}, \quad (3.10)$$

где d_0 – диаметр обработки, мм.

$$M_3 = 4 \cdot W \cdot f \cdot d_3, \quad (3.11)$$

где d_3 – диаметр закрепления, мм.

$$W = \frac{K \cdot P_v \cdot d_0}{8 \cdot f \cdot d_3} \quad (3.12)$$

где f – коэффициент трения.

$$W'' = \frac{2,2 \cdot 4010 \cdot 38}{8 \cdot 0,16 \cdot 35} = 7482 \text{ Н.}$$

Усилие с учетом угла призмы:

$$W = \frac{W''}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (3.13)$$

где α – угол призмы, град.

$$W = \frac{7482}{\sin 45^\circ} = 10538 \text{ Н.}$$

К основанию призмы должно быть приложено усилие:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (3.14)$$

где l , H - определяются путем прочерчивания призмы.

$$W_1 = \frac{10538}{1 - \frac{3 \cdot 60}{75} \cdot 0,1} = 12621 \text{ Н.}$$

К основанию призмы должно быть приложено усилие:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3l}{H} f_1} \quad (3.14)$$

где l , H - определяются путем прочерчивания призмы.

$$W_1 = \frac{10538}{1 - \frac{3 \cdot 60}{75} \cdot 0,1} = 12621 \text{ Н.}$$

Усилие на ползушках должно составлять:

$$Q = 2 \cdot W_1 / i, \quad (3.15)$$

где i – передаточное отношение механизма зажима.

$$Q = 2 \cdot 12621 / 2 = 12621 \text{ Н.}$$

Для создания усилия применим гидравлический привод. Расчет данного привода заключается в определении диаметра поршня гидроцилиндра:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P_r}}, \quad (3.16)$$

где P_r – давление в системе, МПа.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{12621}{2,5}} = 80,28 \text{ мм.}$$

Ближайшее стандартное значение поршня составляет 82 мм.

Точность приспособления должна удовлетворять условию:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T1} \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_H^2 + (K_{T2} \omega)^2}, \quad (3.17)$$

где T – допуск выполняемого размера, мм;

K_T – коэффициенты, характеризующие отклонение от закона нормального распределения;

ε_{σ} , ε_3 , ε_y , ε_H – погрешности, возникающие при обработке, мм;

ω – точность обработки, мм.

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq 0,3 - \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,038^2 + 0,1^2 + (0,6 \cdot 0,12)^2} = 0,172 \approx 0,17 \text{ мм.}$$

Исходя из полученных данных назначаем точность составляющих размерной цепи: $l_1 = 25h9 = 25_{-0,042}$ мм; $l_2 = 50h8 = 40_{-0,015}$ мм, $E_h = 0,05$ мм.

3.2 Проектирование режущего инструмента

С целью совершенствования токарных операций обработки проведем проектирование соответствующего резца, который решит главную проблему при обработке данной стали – появление сливной стружки. Для этого будем использовать методику [21].

В качестве материала режущей пластины выбираем твердый сплав Т30К4. Геометрия режущей пластины выбирается исходя из требуемой точности обработки и шероховатости. В качестве крепления режущей пластины к державке принимаем механический способ крепления.

Для определения параметров резца необходимо определить сечение срезаемого слоя:

$$F = t \cdot S . \quad (3.18)$$

где t – глубина резания, мм;

s – подача, мм/об.

$$F = 0,58 \cdot 0,42 = 0,25 \text{ мм}^2.$$

Данному сечению соответствуют следующие параметры: рабочая высота резца 25 мм; сечение державки резца 20x25 мм; длина резца 140 мм.

Для крепления режущей пластины к державке используем систему крепления винтом через клин, путем прижима к опорному штифту [22]. В данной системе ключевым элементом является винт. Определим его минимально возможный диаметр:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_0}}, \quad (3.19)$$

где Q_1 – сила, действующая на винт, Н;

σ_0 – допускаемое напряжение, МПа.

Величина Q_1 определяется из соотношения:

$$P_{z \max} = 0,7 \cdot Q_1, \quad (3.20)$$

где $P_{z \max}$ – максимальная сила резания на операции, Н.

$$Q_1 = \frac{P_{z \max}}{0,7}. \quad (3.21)$$

$$Q_1 = \frac{840}{0,7} = 1200 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1200}{3,14 \cdot 650}} = 1,53 \text{ мм.}$$

Минимально возможный диаметр винта 1,53 мм. В данном случае из конструктивных соображений удобно принять диаметр винта 4 мм, что обеспечит необходимые прочностные характеристики.

Для решения проблемы появления сливной стружки будем использовать на режущей пластине уступа, спрофилированного по данным [22], который позволит получить дополнительную деформацию стружки. Конструкция резца представлена на чертеже режущего инструмента.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

В таблице 4.1 представлены характеристики рассматриваемого технологического процесса изготовления червяка привода поворотного стола сборочной линии, определенные согласно методике [23].

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Технологический процесс изготовления червяка привода поворотного стола сборочной линии	Токарная операция	Оператор станков с числовым управлением	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16K20Ф3	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71,
	Фрезерная операция	Фрезеровщик	Станок вертикально-фрезерный 6P12	смазочно-охлаждающая жидкость

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификацию профессиональных рисков, возникающих в ходе выполнения технологического процесса, проводим с использованием

рекомендаций [23] и оформляем в виде таблицы 4.2.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	2	3
Токарная операция, фрезерная операция	Подвижные части производственного оборудования	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, станок вертикально-фрезерный 6Р12, станочные приспособления, режущие инструменты, контрольные приспособления
	Острые кромки, заусенцы на оборудовании, инструменте	Заготовки, режущие инструменты
	Повышенный уровень общей вибрации	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, станок вертикально-фрезерный 6Р12, станочные приспособления, режущие инструменты
	Повышенный уровень шума	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, станок вертикально-фрезерный 6Р12, станочные приспособления, режущие инструменты
	Электрический ток	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, станок вертикально-фрезерный 6Р12
	Повышенный уровень теплового излучения	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, станок вертикально-фрезерный 6Р12, станочные

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
		приспособления, режущие инструменты
	Повышенная загрязненность воздуха рабочей зоны	Смазочно-охлаждающая жидкость
	Недостаточная освещённость	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, станок вертикально-фрезерный 6Р12

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Согласно принятой методике [23] для устранения или снижения влияния на работников профессиональных рисков разрабатываем соответствующие мероприятия по их снижению и оформляем в виде таблицы 4.3.

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего
1	2	3
Подвижные части производственного оборудования	Инструктажи по охране труда, системы автоматического выключения, ограждения, предупреждающая разметка	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, ботинки кожаные с защитным подноском, очки

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
		защитные, каска защитная, подшлемник под каску, рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Острые кромки, заусенцы на оборудовании, инструменте	Инструктажи по охране труда, изменение настройки обработки, применение специального режущего инструмента, введение в техпроцесс дополнительной слесарной обработки	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Повышенный уровень общей вибрации	Инструктажи по охране труда, применение массивных фундаментов для вибронегруженного оборудования	Коврик виброгасящий
Повышенный уровень шума	Инструктажи по охране труда, применение технических средств снижения уровня шума (экраны, глушители, изоляция источников шума звукопоглощающими материалами и кожухами)	Вкладыши противошумные многоцветные
Электрический ток	Инструктажи по охране труда, заземление и зануление электрооборудования, изоляция и ограждение электрооборудования, автоматическое аварийное отключение электрооборудования	Диэлектрический коврик
Повышенный уровень теплового излучения	Инструктажи по охране труда, применение смазочно-охлаждающей жидкости, тепловые экраны, ограждение, специальная разметка	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, ботинки

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
		кожаные с защитным подноском, очки защитные, рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Повышенная загрязненность воздуха рабочей зоны	Инструктажи по охране труда, местная вентиляция, ограждение рабочей зоны станков	Средство защиты органов дыхания противоаэрозольное
Недостаточная освещённость	Инструктажи по охране труда, применение дополнительного местного освещения	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

С целью обеспечения пожарной безопасности технологического процесса проводим идентификацию классов и опасных факторов пожара (таблица 4.4) и разработку мероприятий по обеспечению пожарной безопасности (таблицы 4.5, 4.6).

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Участок изготовления червяка привода поворотного	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, станок вертикально-	Класс пожара В (пожары горючих жидкостей	Повышенная температура в источнике пожара, тепловой поток,	Осколки и обломки оборудования и зданий, появление

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
стола сборочной линии	фрезерный БР12, станочные приспособления, режущие инструменты	или плавящихся твердых веществ и материалов)	пламя, искры, повышенная концентрация токсичных веществ, пониженная концентрация кислорода в воздухе, снижение видимости	высокого напряжения на токопроводящих частях станков, воздействие огнетушащих средств

Таблица 4.5 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротуше ния	Стационар ные установки системы пожаротуш ения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудов ание	Средства индивидуал ьной защиты и спасения людей при пожаре
Огнетушители, ящики с песком, пожарные краны	Пожарные автомобили и пожарные лестницы	Системы пенного пожаротуш ения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией, приборы приемно- контрольные	Разветвле ния для рукавов и пожарные рукава	Респиратор, противогаз, самоспасате ли, пожарные веревки и карабины

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Технологический процесс изготовления червяка привода поворотного стола сборочной линии	Создание добровольной пожарной охраны, инструктаж и обучение правилам пожарной безопасности на участке, обучение действиям при возникновении пожара и эвакуации, использование наглядной агитации	Использование пожарной сигнализации и извещателей, противопожарные инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Экологическая безопасность технологического процесса обеспечивается путем определения его негативного воздействия на окружающую среду (таблица 4.7) и разработки мероприятий по его устранению (таблица 4.8).

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Технологический процесс изготовления червяка привода поворотного стола сборочной линии	Станок токарно-винторезный с ЧПУ 16К20Ф3, станок вертикально-фрезерный 6Р12, станочные приспособления, режущие инструменты	Металлическая пыль, смазочно-охлаждающая жидкость во взвешенном состоянии	Металлические и абразивные частицы, нефтепродукты, технические жидкости	Стружка и лом металлов, шлак, пыль, нефтепродукты, технические жидкости

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления червяка привода поворотного стола сборочной линии
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование для очистки воздуха автоматической очистки воздуха и рукавных фильтров
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Использование замкнутого цикла использования воды и многоступенчатой системы очистки
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Использование регламентированных процедур по охране окружающей среды и экологии

4.6 Заключение по разделу

Результатом выполнения раздела является анализ техпроцесса изготовления червяка привода поворотного стола сборочной линии, направленный на выявление опасных и вредных производственных факторов, а также разработку мер по их снижению. Кроме того, в данном разделе разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и мероприятия по сохранению экологии и окружающей среды.

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Основные изменения технологического процесса изготовления детали «Червяк» коснулись операций:

- 010 и 015 токарных, здесь заменили резцы проходные Т5К10 на резцы проходные с накладным стружколомом Т5К10. Данное совершенствование привело к уменьшению основного времени примерно на 48% по обеим операциям.

Учитывая описанные изменения, по методике «Расчета капитальных вложений в основное технологическое оборудование» [24], определим капитальные вложения в проектируемый вариант технологического процесса, которые будут учитывать:

- затраты на проектирование совершенствований технологического процесса,
- затраты на инструменты для операций 010 и 015,
- объем незавершенного производства, т.к. на операциях применяется оборудование с числовым программным управлением.

Сложив полученные величины, будут определены общие капитальные вложения, равные сумме 58451,04 рублей, которые предназначены только для выполнения заданной программы выпуска детали «Червяк» в объеме 6000 штук.

Для проведения экономического сравнения описанных вариантов, также, необходимо определить себестоимость изготовления детали «Червяк» по описанным операциям, с применением методики «Расчет технологической себестоимости изменяющихся по вариантам операций» [24]. Обычно технологическая себестоимость складывается из четырех показателей:

- затрат на основной материал (M),
- основной заработной платы ($Z_{пл.осн}$),
- начислений на заработную плату ($H_{з.пл}$),
- и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ($P_{э.об}$).

Однако, если в ходе совершенствования технологического процесса, изменения не касаются метода получения заготовки, то величиной затрат на основной материал можно пренебречь, т.к. ее значение не оказывает влияние на уровень отклонений в технологической себестоимости. Значения, входящих в технологическую себестоимость величин, без учета затрат на основной материал, представлены на рисунке 5.1.

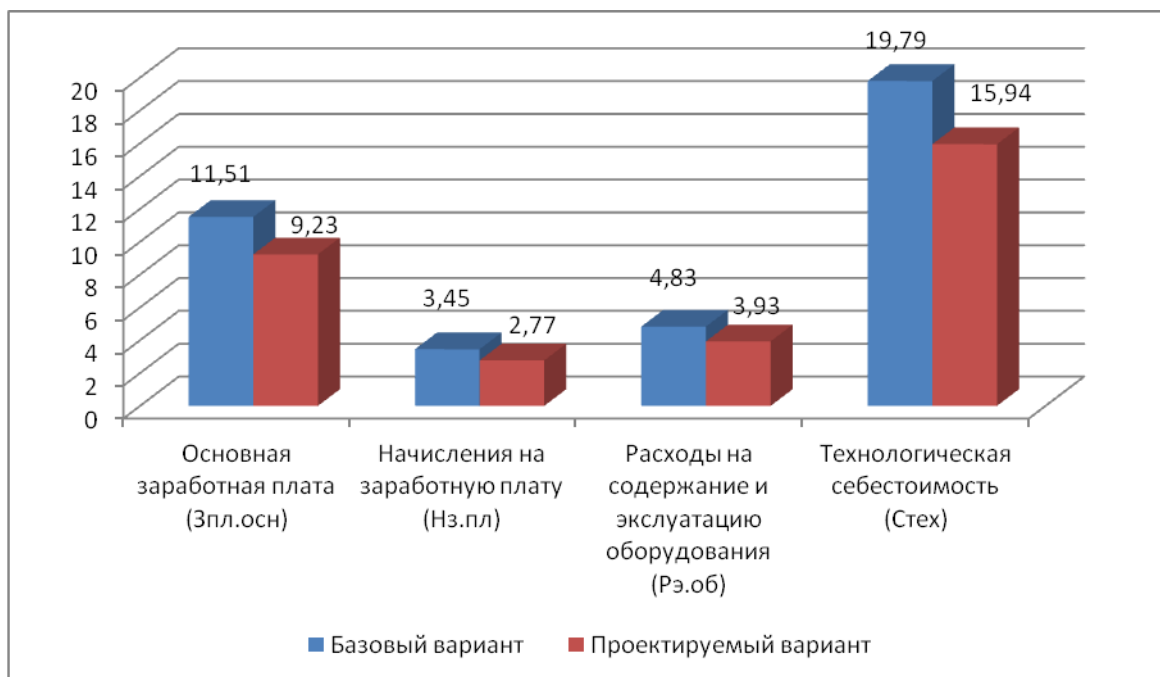


Рисунок 5.1 – Технологическая себестоимость детали «Червяк», по изменяющимся операциям, и ее составные элементы, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что по всем параметрам в проектируемом варианте произошло уменьшение, в среднем примерно на 19,4%. Эти изменения привели к снижению всей технологической себестоимости на 3,85 рублей, что составило 19,5%.

Знание величины технологической себестоимости, необходимо для определения величин:

- цеховой себестоимости;

- заводской или производственной себестоимости;
- полной себестоимости детали по сравниваемым операциям.

Для определения всех указанных величин используется методика «Калькуляция себестоимости обработки» [24], благодаря которой полная себестоимость ($C_{полн}$) по базовому варианту составляет 61,87 рублей, а по проектируемому – 49,7 рублей. Полученные значения, также свидетельствуют о снижении рассчитываемых величин. Разница между сравниваемыми вариантами составляет 12,17 рублей с единицы изделия или 19,7%. Однако при сравнении изменений величин технологической и полной себестоимости, изменение последней увеличилось, это может быть связано с тем, что на определенном этапе произошло уменьшение управленческих расходов.

Далее, учитывая методику «Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта» [24], рассчитаем ряд основополагающих экономических показателей, таких как:

- чистая прибыль ($P_{чист}$), которая составит 58416 рублей;
- срок окупаемости ($T_{ок}$), который составит 2 года;
- чистый дисконтируемый доход ($ЧДД$), величина которого равна 13050,14 рублей.

Последний из представленных показателей, позволяет сделать окончательное заключение об экономической целесообразности проектируемого варианта технологического процесса. Если $ЧДД > 0$, то проект считается эффективным и его рекомендуется внедрять, если $ЧДД < 0$, то проект не эффективен и деньги рекомендуют вкладывать в банк. Предложенные совершенствования технологического процесса изготовления детали «Червяк» позволяют получить положительную величину чистого дисконтируемого дохода, что делает его экономически эффективным, поэтому после вложения денежных средств в совершенствование технологического процесса, предприятие получит прибыль в размере 1,22 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения квалификационной работы была достигнута ее цель, которая заключается в проектировании такого технологического процесса изготовления червяка привода поворотного стола сборочной линии, который позволит выполнить все технические требования, предъявляемые к нему при условии обеспечения экономических показателей.

Для достижения цели были решены ряд задач:

1) обоснован выбор одного из возможных методов получения заготовки для рассматриваемой детали, проведено проектирование данной заготовки,

2) определена структура технологического процесса и проведено его проектирование, включая определение припусков под обработку, расчет режимов резания, а также выбор оборудования и средств технологического оснащения, оформлена основная технологическая документация и сделаны выводы об операциях, которые нуждаются в дальнейшем совершенствовании,

3) все операции, которые необходимо усовершенствовать проанализированы и изменены путем проектирования специальных средств оснащения,

4) полученный технологический процесс рассмотрен с точки зрения безопасности его выполнения, т.к. он подвергся модернизации и не является типовым,

5) определена экономическая эффективность проектируемого техпроцесса с учетом проведенной технической модернизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – URL: <https://prompriem.ru/stati/stal-40x.html> (дата обращения: 04.05.2019).
2. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 295 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545566> (дата обращения: 05.05.2019).
3. Пухаренко, Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. - Санкт-Петербург. : Лань, 2018. - 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 15.05.2019).
4. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. - 2-е изд. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. - 330 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/505001> (дата обращения: 15.05.2019).
5. Меринов, В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. - гриф МО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. - 263 с.
6. Маталин, А.А. Технология машиностроения : учеб. Для студ. Вузов, обуч. По спец. 151001 напр. «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. Производства» / А.А. Маталин. – Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. – СПб. : Лань, 2010. – 512 с.
7. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 18.05.2019).

8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 910 с.

9. Зубарев, Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. - 256 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/72581> (дата обращения: 20.05.2019).

10. Схиртладзе, А.Г. Проектирование и производство заготовок : учеб. для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, А.В. Макаров. – 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2009. – 447 с.

11. Сысоев, С.К. Технология машиностроения: Проектирование технол. процессов: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломир. специалистов "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. - 349 с.

12. Расторгуев, Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 23.05.2019).

13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 941 с.

14. Мещерякова, В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 26.05.2019).

15. Клепиков, В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М,

2017. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 26.05.2019).

16. Боровский, Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. - 2-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение, 2007. - 463 с.

17. Пелевин, В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 26.05.2019).

18. Солоненко, В.Г. Резание металлов и режущие инструменты: учеб. пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. - 416 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/549074> (дата обращения: 28.05.2019).

19. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учеб. пособие / В.М. Кишуров [и др.]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург. : Лань, 2018. - 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/102222> (дата обращения: 28.05.2019).

20. Схиртладзе, А.Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 8 / А.Г. Схиртладзе, С. Н. Григорьев, В. П. Борискин. – Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 361 с.

21. Клименков, С.С. Проектирование заготовок в машиностроении: практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. - 269 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/37101> (дата обращения: 28.05.2019).

22. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки : [монография] / Ю.Н. Кузнецов [и др.]. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 476 с.

23. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-

метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 30.05.2019).

24. Краснопевцева, И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 04.06.2019).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежам

Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инв. № инв.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
																<u>Документация</u>		
												A1		19.БР.ОТМП.674.65.00.000СБ	Сборочный чертеж			
																<u>Детали</u>		
												A2	1	19.БР.ОТМП.674.65.00.001	Втулка	1		
												A4	2	19.БР.ОТМП.674.65.00.002	Корпус	1		
												A4	3	19.БР.ОТМП.674.65.00.003	Корпус гидроцилиндра	1		
												A3	4	19.БР.ОТМП.674.65.00.004	Крышка	1		
												A4	5	19.БР.ОТМП.674.65.00.005	Палец ромбический	6		
												A3	6	19.БР.ОТМП.674.65.00.006	Пластики	4		
												A3	7	19.БР.ОТМП.674.65.00.007	Подставка	2		
												A3	8	19.БР.ОТМП.674.65.00.008	Ползушка	2		
												A3	9	19.БР.ОТМП.674.65.00.009	Поршень	1		
												A3	10	19.БР.ОТМП.674.65.00.010	Призма	2		
												A3	11	19.БР.ОТМП.674.65.00.011	Рычаг	2		
												A4	12	19.БР.ОТМП.674.65.00.012	Упор	1		
												A4	13	19.БР.ОТМП.674.65.00.013	Шпонка	2		
												A3	14	19.БР.ОТМП.674.65.00.014	Шток	1		
																<u>Стандартные изделия</u>		
													15		Винт М6х15 ГОСТ 1172-68	6		
													16		Винт М6х25 ГОСТ 11725-68	2		
19.БР.ОТМП.674.65.00.000																		
Приспособление станочное																		
										Лит.			Лист			Листов		
													1			2		
										ТГУ, ИМ, гр. МСбд-1433а								
										Формат А4								

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17		Винт М8х20 ГОСТ 17475-80	4	
		18		Винт М8х25 ГОСТ 17476-84	12	
		19		Винт М8х35 ГОСТ 17475-80	1	
		20		Гайка стопорная ГОСТ 11871-78	1	
		21		Уплотнительное кольцо ГОСТ 1567-70	1	
		22		Уплотнительное кольцо ГОСТ 1567-64	2	
		23		Уплотнительное кольцо ГОСТ 1567-68	3	
		24		Шайба ГОСТ 7019-04	1	

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

19.БР.ОТМП.674.65.00.000

Лист
2

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание						
						<u>Документация</u>								
		A2			19.БР.ОТМП.674.70.00.000СБ	Сборочный чертеж								
						<u>Детали</u>								
Справ. №	A3	1			19.БР.ОТМП.674.70.00.001	Вставка стингера	1							
	A4	2			19.БР.ОТМП.674.70.00.002	Державка резца	1							
	A4	3			19.БР.ОТМП.674.70.00.003	Штифт цилиндрический	1							
						<u>Стандартные изделия</u>								
			4			Винт зажимной ГОСТ 17475-80	1							
			5			Клин ГОСТ 19084-80	1							
			6			Пластина опорная ГОСТ 19046-80	1							
		7			Пластина режущая ГОСТ 19046-80	1								
Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата								
Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата								
Инв. № подл.		Изм. / лист		№ док.м.		Подп.		Дата						
		Разрад. Иванов												
		Проб. Козлов												
		Н.контр. Егоров												
		Утв. Логинов												
19.БР.ОТМП.674.70.00.000						Лит.			Лист			Листов		
Резец												1		
проходной												ТГУ, ИМ, гр. МСбд-1433а		
Копировал												Формат А4		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Маршрутные карты

Дирл.														
Взам.														
Подп.														

ТГУ Кафедра ОТМП

Червяк

№01 *Сталь 40Х ГОСТ 4543-71*

Разработал	Иванов	Проверил	Козлов	Утвердил	Логинов	Н. контр.	Егоров										
Код	12	ЕВ	166	МД	0,98кз	ЕН	1	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	24	Профиль и размеры	φ63x14,14	КД	1	МЗ	1,26кз

А	Б	Обозначение документа													
Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тлоз	Тшт
				Код, наименование оборудования											

XX XX XX 000 Заготовительная

Горизонтально кобочная машина

XX XX XX 005 Фрезерно-центральная

381631 Фрезерно-центральный МР-78 3 17845 312 1Р 1 1 1200 1 1,4

Фрезеровать торцы: пов. 1, 18 в размер 139±0,18, сверлить отверстия: пов. 19, 23, 24 в размер

φ6^{-0,18}, 32^{-0,21}; φ4^{-0,18}; φ8^{-0,18}.

396131 Тиски машинные специальные; 391801 Фреза торцовая ГОСТ 1695-80 Т5К10; 391267 Сверло

Р6М5; 3961267 Сверло центробочное ГОСТ 14952-80 Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.

XX XX XX 010 4110 Токарная

381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1200 1 2,02

Точить последовательно поверхность и торцы: Установ А пов. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 φ22,378^{+0,21};

φ24^{-0,21}; φ26,684^{-0,21}; φ30^{-0,21}; 37,9^{+0,25}; 50,2^{+0,25}; 62,5^{+0,3}; 102,2^{+0,3}; Установ Б 2, 4 φ62,46^{-0,30}; 136,9^{-0,30};

МК

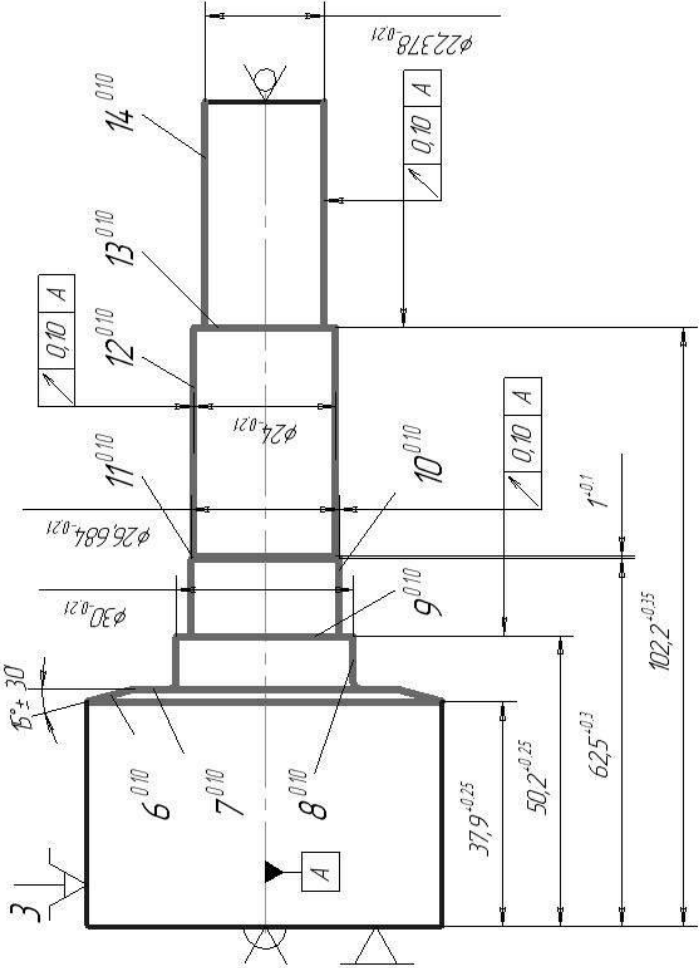
ПРИЛОЖЕНИЕ В
Операционные карты

Ділл.					
Взам.					
Підп.					

Разроб.		ТГУ,	
Проверил		Кафедра ОТМП	
Н.контр.			Червяк
			БР 010

Установ А

\sqrt{Ra} 12,5

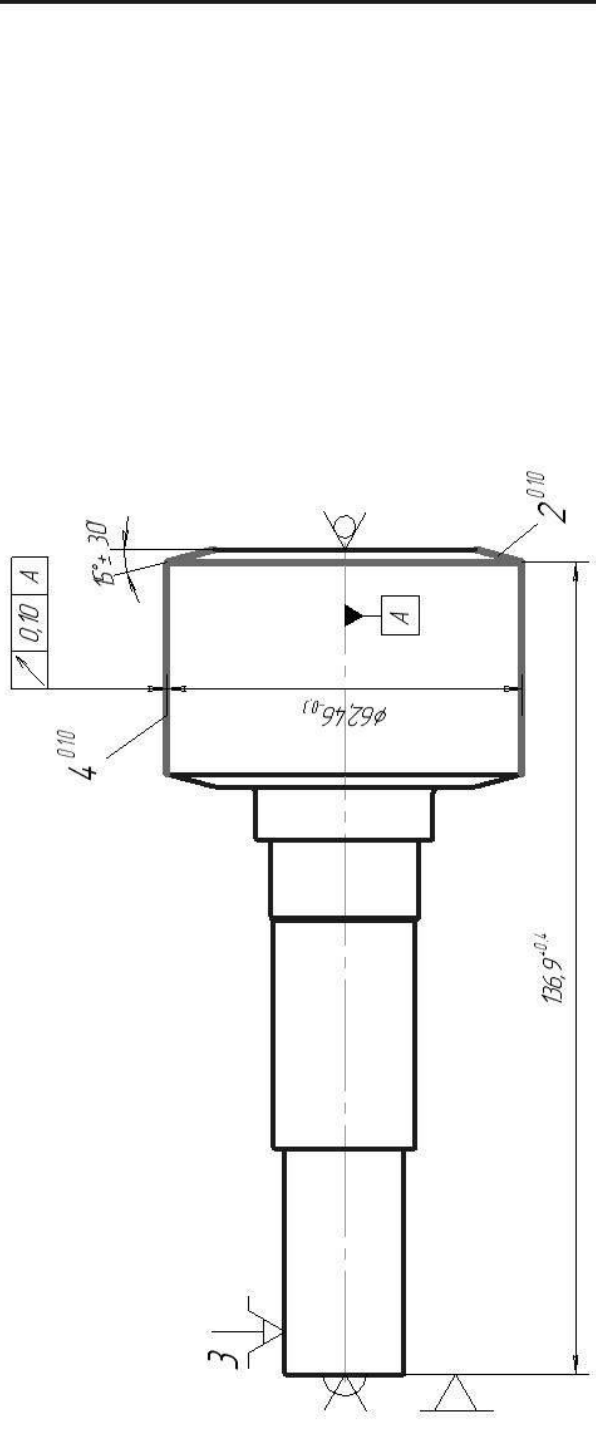


Дцбл.													
Взам.													
Подп.													

Разроб.													
Проверил													
Н.контр.													
	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов	Иванов
	Козлов	Козлов	Козлов	Козлов	Козлов	Козлов	Козлов	Козлов	Козлов	Козлов	Козлов	Козлов	Козлов

Червяк

Установ Б



Дцл.				
Взм.				
Подп.				

Разраб.	Иванов	ТГУ, Кафедра ОТПП	Червяк	БП	065
Проверил	Козлов				
Н.контр.	Егоров				

$\nabla Ra 1.25$

