

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)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления блока шестерен

Обучающийся

А.Ю. Кудряшов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.А. Козлов

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

В выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы проектирования технологического процесса изготовления блока шестерен.

Цель работы: проектирование технологии изготовления блока шестерен, которая позволит обеспечить выпуск годовой программы изготовления деталей заданного качества и обеспечит минимальные затраты на изготовление.

Во введении обоснована актуальность темы и сформулирована цель работы. В первом разделе работы проведен анализ исходных данных, определен тип производства и его характеристики. На основе этого сформулированы основные задачи работы. Во втором разделе выбран метод получения заготовки, проведено ее проектирование. Проведено экономическое сравнение возможных методов получения заготовок, определены маршруты обработки поверхностей, определены припуски на обработку и характеристики заготовки. Проведено проектирование технологии изготовления и технологических операций. Спроектирован маршрут изготовления детали и план ее изготовления, выбрано технологическое оборудование и средства технологического оснащения, определены режимы выполнения операций и их технологическое нормирование. В третьем разделе предложены технические мероприятия по совершенствованию технологического процесса. Выполнено проектирование клино-плунжерной оправки и токарного резца. Это позволило устранить недостатки соответствующих операций. В четвертом разделе проведен анализ безопасности выполнения спроектированного технологического процесса и предложены мероприятия по устранению выявленных недостатков. В пятом разделе произведена экономическая оценка предлагаемого технологического процесса и технических решений по его совершенствованию. Пояснительная записка включает 67 страниц. Графическая часть состоит из 7 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и постановка задач работы.....	5
1.1 Функции и условия эксплуатации детали.....	5
1.2 Анализ детали на технологичность.....	6
1.3 Определение типа производства и его характеристик.....	8
1.4 Постановка задач.....	10
2 Проектирование технологического процесса.....	11
2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование.....	11
2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали.....	19
2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса.....	21
2.4 Проектирование технологических операций.....	25
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	29
3.1 Проектирование клино-плунжерной оправки.....	29
3.2 Проектирование токарного резца.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	40
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	43
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта.....	44
5 Экономическая эффективность работы.....	46
Заключение.....	51
Список используемых источников.....	52
Приложение А Технологическая документация.....	55
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	65

Введение

Редукторы являются частью привода большинства современных машин и механизмов. Конструктивно большинство редукторов представляют собой достаточно сложное устройство, состоящее из зубчатых или червячных передач. Основное назначение любого редуктора заключается в изменении частоты вращения выходного вала в зависимости от требуемой угловой скорости вращения и передаче крутящего момента от двигателя на исполнительный механизм.

Редуктор, частью которого является рассматриваемый в работе блок шестерен, выполняет роль коробки скоростей универсального сверлильного станка. В современных экономических условиях актуальным является не только производство нового оборудования, но и производство запасных частей для осуществления ремонта имеющегося оборудования. Принципиальным отличием в данном случае является количество производимых деталей. В случае производства запасных частей для ремонта тип производства вероятнее всего сменится с крупносерийного на среднесерийное. Это потребует применения иных технологий производства для обеспечения конкурентоспособной цены. Не менее важным вопросом в таком случае станет и обеспечение качества изготавливаемых изделий. Необходимо разработать такие технологии изготовления изделий, которые позволят при ограниченных производственных возможностях обеспечить изготовление всей производственной программы в установленные сроки. Рассматриваемый блок шестерен является сложной и ответственной деталью, изготовление которого необходимо обеспечить в условиях среднесерийного типа производства.

Из сказанного следует, что целью работы является проектирование технологии изготовления блока шестерен, которая позволит обеспечить выпуск годовой программы изготовления деталей заданного качества и обеспечит минимальные затраты на изготовление.

1 Анализ исходных данных и постановка задач работы

1.1 Функции и условия эксплуатации детали

Блок шестерен промежуточной ступенью в конструкции коробки скоростей универсального сверлильного станка. Функции детали заключаются в изменении частоты вращения валов коробки в зависимости от требуемой угловой скорости вращения и передаче на них крутящего момента.

Работа механизма происходит следующим образом. Вращение воспринимается от ведущего вала посредством боковых поверхностей внутренних шлиц и далее передается шестерням, установленным на ведомом вале через боковые поверхности одного из трех зубчатых венцов блока шестерен. При этом возможно получение трех различных частот вращения. Эксплуатация блока шестерен проходит в корпусе коробки скоростей. Поэтому влияние на деталь таких внешних факторов, как высокие и низкие температуры, повышенная влажность, химически активные вещества, применяемые в составе смазочно-охлаждающих жидкостей, практически исключено. Также в процессе эксплуатации на деталь воздействуют различного рода механические нагрузки. Чаще всего нагрузки носят циклический знакопеременный характер, что обусловлено служебным назначением коробки скоростей станка. Данные нагрузки могут быть ударными и вибрационными, а также комбинированными. Это зависит в первую очередь от метода обработки и режимов резания, реализуемых на станке. Постоянное воздействие данных нагрузок существенно сокращает срок службы детали. Следует отметить, что температурный режим работы детали, а также условия смазки поверхностей оптимальные с точки зрения эксплуатации детали и не способствуют ускоренному износу ее поверхностей. В целом условия эксплуатации блока шестерен можно охарактеризовать как типичные для данного вида деталей.

1.2 Анализ детали на технологичность

Технологичность детали определяется следующими критериями: «технологичность материала, технологичность конструкции детали, технологичность механической обработки» [2].

«Технологичность материала определяется его химическим составом и физико-механическими свойствами» [23]. Блок шестерен изготавливается из стали 12ХНЗА ГОСТ 4543–71. «Химический состав стали: углерод 0,09% – 0,16%, хром 0,6% – 0,9%, никель 3,25% – 3,65%, марганец 2,57% – 3,15%, кремний 0,17% – 0,37%, медь не более 0,3%, сера не более 0,025%, фосфор не более 0,025%. Механические свойства: предел текучести 670 МПа, предел прочности 730 МПа, относительное удлинение 21%, относительное сужение 75%, твердость по шкале Бринелля 230 единиц» [23].

Данные характеристики материала предполагают его хорошую обрабатываемость резанием. Кроме того, данный материал обладает хорошими пластическими свойствами, что определяет выбор метода получения заготовки в пользу методов получения пластическим деформированием, которые являются производительными и позволяют получить достаточно точные заготовки с хорошей внутренней структурой материала, без пор, раковин и других невидимых дефектов.

Технологичность конструкции детали определяется формой и размерами поверхностей, их взаимным расположением, а также количеством точных поверхностей.

Контур детали сформирован поверхностями вращения. Наиболее сложными по форме элементами являются эвольвентные поверхности зубчатых венцов. Все поверхности могут быть получены при помощи типовых методов обработки, таких как точение, фрезерование, сверление, шлифование и так далее. Следует учесть, что операции механической обработки эвольвентных поверхностей могут оказаться достаточно трудоемкими и увеличат конечную стоимость детали.

Размеры поверхностей детали и их взаимное расположение позволяет получать их при помощи стандартных средств технологического оснащения, что существенно снизит стоимость механической обработки.

Для того чтобы выявить точные поверхности и определить их количество необходимо классифицировать поверхности детали по назначению [10]. Эскиз детали с номерами поверхностей приведен на рисунке 1. Приведем классификацию поверхностей данной детали. «Основные конструкторские базы 2, 28; вспомогательные конструкторские базы 4, 39, 40, 41; исполнительные поверхности 3, 31, 36, 38; свободные все оставшиеся поверхности» [10].

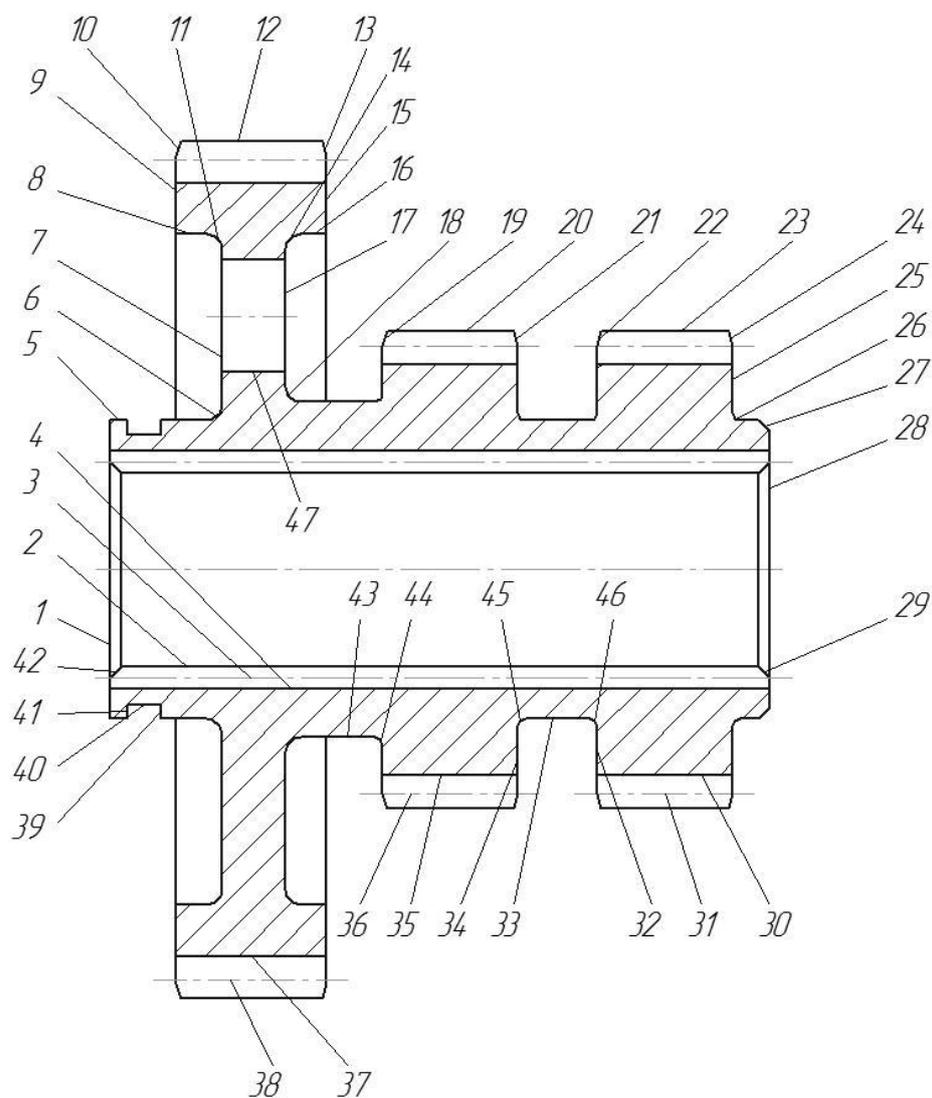


Рисунок 1 – Эскиз блока шестерен

Из приведенной классификации следует, что количество точных ответственных поверхностей, которыми являются исполнительные поверхности, основные конструкторские базы и вспомогательные конструкторские базы, относительно невелико.

Технологичность механической обработки определяется точностью, шероховатостью и твердостью поверхностей детали, а также базированием и возможностью его реализации.

Достижение необходимой твердости поверхности детали может быть достигнуто стандартными методами термической обработки, такими как закалка и отпуск. Точность и шероховатость поверхностей могут быть получены без применения специального оборудования и средств технологического оснащения, что позволяет применять при проектировании стандартные и ранее применяемые технологические решения. Базирование заготовки на операциях механической обработки может быть осуществлено с соблюдением принципов единства и постоянства баз как путем применения естественных, так и созданием искусственных технологических баз на основе типовых схем базирования. Реализация данных схем базирования может быть осуществлена с применением стандартных станочных приспособлений.

Анализ на технологичность позволяет признать рассматриваемую деталь технологичной, так как по всем основным критериям технологичности она имеет удовлетворительные показатели.

1.3 Определение типа производства и его характеристик

«Тип механообрабатывающего производства определяется годовой программой выпуска изделий и его массой» [1]. «При массе детали равной 1,67 кг и годовой программе ее выпуска равной 7000 штук в год тип производства соответствует среднесерийному» [1].

Характеристик среднесерийного типа производства определяем согласно данным [1]:

- «групповая форма организации техпроцесса» [1];
- выпуск деталей партиями;
- предпочтительна последовательная стратегия разработки техпроцесса, допускается циклическая и линейная;
- применимые методы получения заготовок штамповка, прокат или литье в зависимости от свойств материала заготовки и ее формы;
- назначение методов обработки поверхностей исходя из условия обеспечения минимума суммарного коэффициента удельных затрат;
- припуски на обработку назначаются для точных поверхностей расчетно-аналитическим методом, для не ответственных поверхностей статистическим;
- маршрут изготовления детали разрабатывается на основе типовых маршрутов;
- технология изготовления разрабатывается в маршрутном и маршрутно-операционном виде;
- операции проектируются исходя из принципа экстенсивной концентрации переходов;
- «точность обработки достигается методом работы на настроенном оборудовании, на финишных операциях возможно применение систем активного контроля» [1];
- режимы резания назначаются с применением расчетно-аналитических методов и нормативов;
- нормирование выполняется расчетным методом и на основе статистических норм;
- предпочтительно применение универсального оборудования, оснащенного CNC-системами;
- предпочтительно применение универсальных, стандартных и стандартизированных станочных приспособлений, режущих

- инструментов и средств контроля;
- основные производственные рабочие должны обладать высокой квалификацией со средним разрядом от четвертого;
- производственные участки формируются по групповому принципу.

1.4 Постановка задач

Приведенные ранее данные, с учетом цели работы, позволяют сформулировать следующие ее задачи.

В первую очередь необходимо выбрать метод получения заготовки и провести ее проектирование. Для этого проводится экономическое сравнение возможных методов получения заготовок, определяются маршруты обработки поверхностей, определяются припуски на обработку и характеристики заготовки. Далее необходимо провести проектирование технологии изготовления и технологических операций. Для этого проектируется маршрут изготовления детали и план ее изготовления, выбирается технологическое оборудование и средства технологического оснащения, определяются режимы выполнения операций и выполняется их технологическое нормирование. На следующем этапе необходимо предложить технические мероприятия по совершенствованию технологического процесса, что позволит сократить время выполнения соответствующих операций. Затем необходимо провести анализ безопасности выполнения спроектированного технологического процесса и предложить мероприятия по устранению выявленных недостатков. В заключении необходимо произвести экономическую оценку предлагаемого технологического процесса и технических решений по его совершенствованию.

В первом разделе работы проведен анализ исходных данных, определен тип производства и его характеристики. На основе этого, с учетом цели работы, сформулированы ее основные задачи.

2 Проектирование технологического процесса

2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование

Согласно характеристикам типа производства, применимые методы получения заготовок штамповка, прокат или литье в зависимости от свойств материала заготовки и ее формы.

«Материал, используемый для изготовления детали, обладает хорошими пластическими свойствами, что определяет выбор метода получения заготовки в пользу методов получения пластическим деформированием» [11], которые являются производительными и позволяют получить достаточно точные заготовки с хорошей внутренней структурой материала, без пор, раковин и других невидимых дефектов. Исходя из формы детали и данных литературы [3, 8] «для получения заготовки рассматриваемой детали оптимальными являются штамповка на горизонтально-ковочной машине и штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе. Выбор одного из возможных вариантов произведем путем сравнения экономических затрат на получение деталей из данных заготовок по методике» [3].

«Общие затраты определяются по формуле:

$$C_i = C_{zi} + C_{обри}, \quad (1)$$

где C_{zi} – стоимость получения заготовки, руб.;

$C_{обри}$ – стоимость механической обработки, руб.;

i – индекс варианта получения заготовки» [3].

«Стоимость получения заготовки рассчитывается по формуле:

$$C_{zi} = \frac{C_{mi} \cdot M_{zi}}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

где C_{mi} – цена материала за тонну, руб.;

M_{zi} – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$ – коэффициент, определяемый способом получения заготовки;

K_T – коэффициент, определяемый необходимой точностью заготовки;

$K_{сл}$ – коэффициент, определяемый сложностью получения заготовки» [3].

«Расчет массы заготовки выполняется по формуле:

$$M_{zi} = M_d \cdot K_p, \quad (3)$$

где M_d – масса детали, кг;

K_p – коэффициент формы заготовки и способа ее получения» [3].

«Масса детали принимается по чертежу детали. Выполняем расчеты.

$$M_{z1} = 1,67 \cdot 2,3 = 3,82 \text{ кг.}$$

$$M_{z2} = 1,67 \cdot 2,4 = 4,01 \text{ кг}» [3].$$

«Стоимость получения заготовки по формуле (2) равна.

$$C_{z1} = \frac{35000 \cdot 3,82}{1000} \cdot 0,56 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 74,87 \text{ р.}$$

$$C_{z2} = \frac{30500 \cdot 4,01}{1000} \cdot 0,53 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 89,26 \text{ р}» [3].$$

«Стоимость механической обработки рассчитывается по формуле:

$$C_{обри} = \frac{C_{уд} \cdot \left(\frac{1}{K_{имi}} - 1\right) \cdot M_d}{K_o}, \quad (4)$$

где $C_{уд}$ – удельная стоимость обработки, руб./кг;

$K_{имi}$ – коэффициент использования материала;

K_o – коэффициент обрабатываемости материала» [3].

«Коэффициент использования материала рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{им}i} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}}. \quad (5) \gg [3].$$

Выполняем расчеты.

$$K_{\text{им}1} = \frac{1,67}{3,82} = 0,44.$$

$$K_{\text{им}2} = \frac{1,67}{4,01} = 0,42.$$

«Стоимость механической обработки по формуле (4) равна.

$$C_{\text{обр}1} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,44} - 1\right) \cdot 1,67}{0,9} = 94,46 \text{ р.}$$

$$C_{\text{обр}2} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,42} - 1\right) \cdot 1,67}{0,9} = 102,50 \text{ р} \gg [3].$$

Общие затраты по формуле (1) составят.

$$C_1 = 74,87 + 94,46 = 169,33 \text{ р.}$$

$$C_2 = 89,26 + 102,50 = 191,76 \text{ р.}$$

Расчеты показали, что метод получения заготовки штамповкой на горизонтально-ковочной машине имеет лучшие экономические показатели. Следовательно, дальнейшее проектирование заготовки будем производить для данного метода.

Для формирования контура заготовки необходимо определить припуски на обработку поверхностей, предварительно составив маршруты их обработки.

Согласно характеристикам типа производства назначение методов обработки поверхностей производится исходя из условия обеспечения минимума суммарного коэффициента удельных затрат с использованием данных [2]. При назначении маршрутов обработки поверхностей учитывается их форма, точность размеров и шероховатость поверхности. Определенные согласно данной методике маршруты обработки поверхностей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей

Номер поверхности	Шероховатость, мкм	Точность размера	Форма поверхности	Последовательность обработки
1	12,5	12	плоская	точение, закалка
2	1,25	7	цилиндрическая внутренняя	сверление, протягивание, закалка, шлифование, шлифование чистовое
3	3,2	9	плоская	протягивание, закалка
4	12,5	12	цилиндрическая внутренняя	протягивание, закалка
5	12,5	12	цилиндрическая	точение, закалка
6	12,5	12	плоская	точение, закалка
7	12,5	12	плоская	точение, закалка
8	12,5	12	цилиндрическая внутренняя	точение, закалка
9	12,5	12	плоская	точение, закалка
10	12,5	12	коническая	точение чистовое, закалка
11	12,5	12	плоская	точение, закалка
12	12,5	12	цилиндрическая	точение, закалка
13	12,5	12	коническая	точение чистовое, закалка
14	12,5	12	плоская	точение, закалка
15	12,5	12	плоская	точение, закалка
16	12,5	12	цилиндрическая внутренняя	точение, закалка
17	12,5	12	плоская	точение, закалка
18	12,5	12	цилиндрическая внутренняя	точение, закалка
19	12,5	12	коническая	точение чистовое, закалка
20	12,5	12	цилиндрическая	точение, закалка
21	12,5	12	коническая	точение чистовое, закалка
22	12,5	12	коническая	точение чистовое, закалка
23	12,5	12	цилиндрическая	точение, закалка
24	12,5	12	коническая	точение чистовое, закалка
25	12,5	12	плоская	точение, закалка
26	12,5	12	плоская	точение, закалка
27	12,5	12	коническая	точение чистовое, закалка
28	2,5	11	плоская	точение, точение чистовое, закалка, шлифование
29	12,5	12	коническая внутренняя	точение чистовое, закалка
30	12,5	12	цилиндрическая	фрезерование, закалка

Продолжение таблицы 1

Номер поверхности	Шероховатость, мкм	Точность размера	Форма поверхности	Последовательность обработки
31	2,5	8	эвольвента	зубодолбление, шевингование, закалка
32	12,5	12	плоская	точение, закалка
33	12,5	12	цилиндрическая	точение, закалка
34	12,5	12	плоская	точение, закалка
35	12,5	12	цилиндрическая	фрезерование, закалка
36	2,5	8	эвольвента	зубодолбление, шевингование, закалка
37	12,5	12	цилиндрическая	фрезерование, закалка
38	2,5	8	эвольвента	зубофрезерование, шевингование, закалка
39	3,2	10	плоская	точение, точение чистовое, закалка, шлифование
40	3,2	10	цилиндрическая	точение, точение чистовое, закалка, шлифование
41	3,2	10	плоская	точение, точение чистовое, закалка, шлифование
42	12,5	12	коническая внутренняя	точение чистовое, закалка
43	12,5	12	цилиндрическая	точение, закалка
44	12,5	12	плоская	точение, закалка
45	12,5	12	плоская	точение, закалка
46	12,5	12	плоская	точение, закалка
47	12,5	12	цилиндрическая внутренняя	сверление, закалка

По имеющимся маршрутам обработки поверхностей назначаются припуски на обработку. Для точной поверхности диаметром 26 мм с отклонениями (${}^{+0,021}_0$) используется расчетно-аналитический метод [19].

«Значения минимальных припусков по переходам определяется по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (6)$$

где a_{i-1} – глубина дефектного слоя после выполнения предыдущего перехода, мм;

Δ_{i-1} – величина суммарных пространственных отклонений поверхности на предыдущем переходе, мм;

ε_i – величина погрешности установки заготовки на текущем переходе, мм» [19].

Переход сверления отверстия пропускаем, так как оно выполняется в сплошном материале.

$$\ll z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,550 + \sqrt{0,045^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{\text{то}} + \sqrt{\Delta_{\text{то}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,600 + \sqrt{0,018^2 + 0,015^2} = 0,623 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,500 + \sqrt{0,007^2 + 0,010^2} = 0,512 \text{ мм} \gg [19].$$

«Значения максимальных припусков по переходам определяется по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (TD_{i-1} + TD_i), \quad (7)$$

где TD_i – операционный допуск размера текущего перехода, мм;

TD_{i-1} – операционный допуск размера предыдущего перехода, мм» [19].

$$\ll z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,601 + 0,5 \cdot (0,210 + 0,084) = 0,748 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_{\text{то}} + TD_3) = 0,623 + 0,5 \cdot (0,110 + 0,033) = 0,695 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,512 + 0,5 \cdot (0,033 + 0,021) = 0,539 \text{ мм} \gg [19].$$

«Значения средних припусков по переходам определяется по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8) \gg [19]$$

$$\ll z_{\text{ср}2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,748 + 0,601) = 0,675 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3max} + z_{3min}) = 0,5 \cdot (0,695 + 0,623) = 0,659 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4max} + z_{4min}) = 0,5 \cdot (0,539 + 0,512) = 0,526 \text{ мм} \gg [19].$$

«Максимальные операционные размеры рассчитываются с использованием формулы:

$$D_{(i-1)max} = D_{imax} - 2 \cdot z_{imin}. \quad (9) \ll [19]$$

«Минимальные операционные размеры рассчитываются с использованием формулы:

$$D_{(i-1)min} = D_{(i-1)max} - TD_{i-1}. \quad (10) \gg [19]$$

«Средние операционные размеры рассчитываются с использованием формулы:

$$D_{i\text{cp}} = 0,5 \cdot (D_{imax} + D_{imin}). \quad (11) \gg [19]$$

«Максимальный операционный размер для термического перехода рассчитывается по формуле:

$$D_{(i-1)max} = D_{тоmax} \cdot 0,999. \quad (12) \gg [19]$$

Проводим соответствующие расчеты.

$$\ll D_{4max} = 26,021 \text{ мм.}$$

$$D_{4min} = 26,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4cp} = 0,5 \cdot (D_{4max} + D_{4min}) = 0,5 \cdot (26,021 + 26,000) = 26,011 \text{ мм.}$$

$$D_{3max} = D_{4max} - 2 \cdot z_{4min} = 26,021 - 2 \cdot 0,512 = 24,976 \text{ мм.}$$

$$D_{3min} = D_{3max} - TD_3 = 24,976 - 0,033 = 24,943 \text{ мм.}$$

$$D_{3cp} = 0,5 \cdot (D_{3max} + D_{3min}) = 0,5 \cdot (24,976 + 24,943) = 24,960 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{То max}} = D_{3 \text{ max}} - 2 \cdot z_{3 \text{ min}} = 24,943 - 2 \cdot 0,623 = 23,697 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{То min}} = D_{\text{То max}} - TD_3 = 23,697 - 0,110 = 23,587 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{То ср}} = 0,5 \cdot (D_{\text{То max}} + D_{\text{То min}}) = 0,5(23,697 + 23,587) = 23,521 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ max}} = D_{\text{То max}} \cdot 0,999 = 23,587 \cdot 0,999 = 23,563 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ min}} = D_{2 \text{ max}} - TD_2 = 23,563 - 0,084 = 23,479 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (23,563 + 23,479) = 23,521 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ max}} = D_{2 \text{ max}} - 2 \cdot z_{2 \text{ min}} = 23,479 - 2 \cdot 0,601 = 22,277 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ min}} = D_{1 \text{ max}} - TD_1 = 22,277 - 0,210 = 21,857 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (22,277 + 21,857) = 22,067 \text{ мм} \gg$$

[19].

«Значение минимального общего припуска определяется по формуле:

$$2z_{\text{min}} = D_{4 \text{ max}} - D_{1 \text{ min}}. \quad (13) \gg [19]$$

$$2z_{\text{min}} = 26,021 - 21,857 = 4,164 \text{ мм.}$$

«Значение максимального общего припуска определяется по формуле:

$$2z_{\text{max}} = 2z_{\text{min}} + TD_1 + TD_4. \quad (14) \gg [19]$$

$$2z_{\text{max}} = 4,164 + 0,210 + 0,021 = 4,395 \text{ мм.}$$

«Значение среднего общего припуска определяется по формуле:

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (2z_{\text{min}} + 2z_{\text{max}}). \quad (15) \gg [19]$$

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (4,164 + 4,395) = 4,280 \text{ мм.}$$

Аналогичным образом определяются припуски на обработку всех остальных ответственных поверхностей. Для не ответственных поверхностей припуски определяются статистическим методом [22], точность которого приемлема в условиях среднесерийного типа производства. Полученные

величины припусков представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Операционные припуски

Номер поверхности	Название перехода	Минимальное значение припуска, мм	Максимальное значение припуска, мм
1	переход черного точения	1,6	2,805
5	переход черного точения	1,7	2,825
9	переход черного точения	1,9	2,965
12	переход черного точения	2,3	3,575
15	переход черного точения	1,9	3,005
20	переход черного точения	2,0	3,25
23	переход черного точения	2,0	3,25
25	переход черного точения	1,8	2,975
26	переход черного точения	1,7	2,825
28	переход черного точения	1,6	2,805
	переход чистового точения	0,9	1,125
	переход черного шлифования	0,4	0,5
31, 36	переход шевингования	0,5	0,825
38	переход шевингования	0,6	1,075

Параметры заготовки определяются по данным [6]: «допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампов 0,8 мм; допускаемая величина остаточного облоя 1,0 мм; радиус закругления наружных углов поковок 2,5 мм; штамповочные уклоны не более 5°; Концентричность отверстия 1,0 мм» [6].

Полученные значения параметров заготовки, а также допуски на выполнение размеров заготовки, определенные по данным [6] представлены на чертеже заготовки в графической части данной работы.

2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали

Исходя из характеристик среднесерийного типа производства, маршрут изготовления детали разрабатывается на основе типовых маршрутов [1, 2, 10]. Маршрут изготовления детали формируется на основе маршрутов обработки поверхностей. При формировании маршрута изготовления детали

следует учитывать, что в одну операцию объединяются поверхности, имеющие одинаковые методы обработки. «Следует учитывать отношения между поверхностями, то есть их наложение и точность взаимного расположения данных поверхностей. Наложение поверхностей заключается в том, что одна поверхность расположена на другой и не может быть обработана раньше. Точность взаимного расположения поверхностей заключается в том, что сначала обрабатывается базовая поверхность, а только потом поверхности, точность взаимного расположения которых заданы относительно нее» [10].

Сформированный согласно данным рекомендациям маршрут изготовления детали приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Технологический маршрут изготовления детали

Номер операции	Наименование операции	Обрабатываемые поверхности
005	токарная	1, 2, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 39, 40, 41
010	токарная	14, 15, 16, 18, 20, 23, 25, 26, 28, 32, 33, 34, 43, 44, 45, 46
015	сверлильная	47
020	протяжная	2, 3, 4
025	токарная	3, 21, 24, 27, 28, 29
030	токарная	1, 39, 40, 41, 42
035	зубофрезерная	37, 38
040	зубодолбежная	30, 31, 35, 36
045	зубошевинговальная	38
050	зубошевинговальная	31, 36
055	слесарная	
060	термическая	все
065	плоскошлифовальная	28
070	внутришлифовальная	2
075	круглошлифовальная	39, 40, 41
080	внутришлифовальная	2

Затем для каждой операции разрабатываем схему базирования на основе рекомендаций [18]. Базирование заготовки на операциях механической обработки может быть осуществлено с соблюдением принципов единства и постоянства баз как путем применения естественных,

так и созданием искусственных технологических баз на основе типовых схем базирования. Спроектированные теоретические схемы базирования приведены на плане обработки.

Операционные размеры и технические требования на выполнение операций назначаются по методике и данным [18]. На основании полученных данных формируется план изготовления детали, который включает: «название операций, используемое оборудование, операционные эскизы, с указанием на них операционных размеров и схемы базирования, технические требования на выполнение операций» [18]. Результаты проектирования плана изготовления приведены на листе графической части работы. Технология изготовления разрабатывается в маршрутном и маршрутно-операционном виде, то есть в виде маршрутной карты и операционных карт с картами эскизов. Полученная технологическая документация приведена в приложении А данной пояснительной записки.

2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса

Эффективность решения задачи по выбору средств оснащения технологического процесса основана на анализе характеристик типа производства, размеров поверхностей детали и их взаимного расположения, точности и шероховатости поверхностей, реализации принятых схем базирования.

Исходя из характеристик среднесерийного типа производства следует применять универсальное оборудование, оснащенное CNC–системами, универсальные, стандартные и стандартизированные станочные приспособления, режущих инструментов и средств контроля. Применение специальных средств оснащения допустимо, если это позволяет устранить серьезные технические недостатки технологического процесса и повышает его экономическую эффективность.

Размеры поверхностей детали и их взаимное расположение позволяют

получать их при помощи стандартных средств технологического оснащения, что существенно снизит стоимость механической обработки.

Точность и шероховатость поверхностей могут быть получены без применения специального оборудования и средств технологического оснащения, что позволяет применять при проектировании стандартные и ранее применяемые технологические решения.

Реализация принятых схем базирования может быть осуществлена с применением стандартных станочных приспособлений.

Более подробно методика выбора оборудования и средств технологического оснащения приведены в литературе [2].

Модели оборудования, тип и параметры станочных приспособлений, наименование и типоразмеры режущего инструмента и контрольных инструментов и приспособлений, выбранные по справочным данным и каталогам [4, 12, 13, 16, 20, 21], приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Средства оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные приспособления
005 Токарная	токарный HAAS GT10	патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80	резец TNMG 22 04 08-PF GC4225 «Sandvik»; резец TNMX 16 04 04- WF GC4215 «Sandvik»; резец N123G2-0300- 0001-CF GC1125 «Sandvik», сверло 880- D2300C6-04 GC4044 «Sandvik»	штангенциркуль ГОСТ 160-80, нутромер ГОСТ 160-80
010 Токарная	токарный HAAS GT10	оправка кулачковая	резец специальный GS 4225 «Sandvik», резец N123M1- 1100-0008-GM GC4225 «Sandvik», резец N123K2-0714- 0008-GF GC1125	штангенциркуль ГОСТ 160-80

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные приспособления
			«Sandvik», резец N123K2-0714-0008-GF GC1125 «Sandvik»	
005 Токарная	токарный HAAS GT10	патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80	резец TNMG 22 04 08-PF GC4225 «Sandvik»; резец TNMX 16 04 04-WF GC4215 «Sandvik»; резец N123G2-0300-0001-CF GC1125 «Sandvik», сверло 880- D2300C6-04 GC4044 «Sandvik»	штангенциркуль ГОСТ 160-80, нутромер ГОСТ 160-80
010 Токарная	токарный HAAS GT10	оправка кулачковая	резец специальный GS 4225 «Sandvik», резец N123M1-1100-0008-GM GC4225 «Sandvik», резец N123K2-0714-0008-GF GC1125 «Sandvik», резец N123K2-0714-0008-GF GC1125 «Sandvik»	штангенциркуль ГОСТ 160-80
015 Сверлильная	вертикально-сверлильный с ЧПУ HAAS OM 1	оправка цанговая	сверло R840-1500-30-A0A GC1220 «Sandvik»	нутромер ГОСТ 160-80
020 Протяжная	горизонтально-протяжной 7Б56	опора шаровая	протяжка ГОСТ 25969-83	нутромер ГОСТ 160-80, калибры
025 Токарная	токарный HAAS GT10	оправка кулачковая	резец TNMX 16 04 04-WF GC4215 «Sandvik», резец TNMX 16 04 04-WF GC4215 «Sandvik»	штангенциркуль ГОСТ 160-80, калибры
030 Токарная	токарный HAAS GT10	оправка кулачковая	резец TNMX 16 04 04-WF GC4215 «Sandvik», резец TNMX 16 04 04-WF GC4215	штангенциркуль, нутромер ГОСТ 160-80, калибры

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные приспособления
			«Sandvik», резец N123K2-0714-0008-GF GC1125 «Sandvik»	
035 Зубофрезерная	зубофрезерный 53A50	оправка цанговая	фреза ГОСТ 9324-80	шаблон
040 Зубодолбежная	зубодолбежный 5A122	оправка цанговая	долбяк чашечный Ø80 ГОСТ 9323-79	шаблон
045 Зубошевинговальная	зубошевинговальный 5702	оправка цанговая	шевер дисковый Ø180 ГОСТ8570-75	шаблон
050 Зубошевинговальная	зубошевинговальный 5702	оправка цанговая	шевер дисковый Ø180 ГОСТ8570-75	шаблон
055 Слесарная				
060 Термическая				
065 Плоскошлифовальная	плоскошлифовальный 3E711B1	магнитный стол	круг 23A46K5V	скоба рычажная
070 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3K227B	патрон мембранный ГОСТ 16157-70	круг 23A46K7V	скоба рычажная
075 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3M151	оправка цанговая	круг 23A60K4V	скоба рычажная, калибры
080 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3K227B	патрон мембранный ГОСТ 16157-70	круг 24A60K8V	скоба рычажная
085 Моечная	моечная машина			
090 Контрольная				

Приведенные в таблице 4 сведения по выбранным средствам технологического оснащения заносим в технологическую документацию, приведенную в приложении А, в план изготовления и технологические наладки, приведенные в графической части работы, кроме того эти данные используются дальнейшем для проектирования технологических операций.

2.4 Проектирование технологических операций

Технологические операции проектируются на основе разработанного ранее плана изготовления исходя из условия обеспечения принципа экстенсивной концентрации переходов. При проектировании технологических операций следует учитывать, что в условиях среднесерийного производства точность обработки достигается методом работы на настроенном оборудовании, на финишных операциях возможно применение систем активного контроля. Важным вопросом при проектировании операций является определение режимов резания и выполнение нормирования.

Режимы резания в условиях среднесерийного типа производства назначаются с применением расчетно-аналитических методов и нормативов производителя инструментов [13]. Данные методики позволяют получить необходимую точность расчетов. Нормирование выполняется расчетным методом на основе статистических норм [7, 15].

Определим режимы резания на операции технологического процесса.

«Скорость резания для операций лезвийной обработки определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \quad (16)$$

где C_V – постоянная определяемая видом обработки;

K_V – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки;

T – период стойкости инструмента, мин;

t – глубина резания, мм.;

S – подача, мм/об;

m, x, y – показатели степеней, учитывающие условия резания» [7].

«Скорость вращения заготовки на операциях шлифовальной обработки определяется по формуле:

$$V_3 = \frac{C_V \cdot d^{0,5}}{T^{0,6} \cdot t^{0,9} \cdot \beta^{0,9}}, \quad (17)$$

где C_V – постоянная определяемая видом обработки;

d – диаметр заготовки, мм;

T – период стойкости инструмента, мин;

t – глубина резания, мм.;

β – коэффициент подачи» [7].

«Скорость вращения шлифовального круга на операциях шлифовальной обработки определяется по формуле:

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (18)$$

где D_k – диаметр шлифовального круга, мм;

n_k – частота вращения шпинделя по паспорту станка, об/мин» [7].

«Частота вращения шпинделя инструмента или заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (19)$$

где d – диаметр обработки, мм» [7].

«Исходя из технических характеристик оборудования, определяется фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (20)» [7]$$

Далее выполняем нормирование операций технологического процесса.

«Штучно-калькуляционное время на выполнение операций определяется по формуле:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_3}, \quad (21)$$

где $T_{\text{шт}}$ – штучное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{п-з}}$ – подготовительно–заключительное время выполнения операции, мин;

n_3 – размер партии деталей, шт» [15].

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{п}} \quad (22)$$

где T_0 – основное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{в}}$ – вспомогательное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{обс}}$ – время на обслуживание, мин;

$T_{\text{п}}$ – время на личные потребности, мин» [15].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (23)$$

где $L_{\text{р.х.}}$ – длина рабочего хода, мм;

S – подача, мм/об» [15].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (24)$$

где l_1 – длина врезания, мм;

$l_{\text{рез}}$ – длина резания, мм;

l_2 – длина перебега, мм» [15].

Результаты расчетов режимов резания на операции технологического процесса и их нормирование приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин
005	1	0,2	510	1400	1,7
	2	0,05	150	2000	
	3	0,07	210	1600	
010	1	0,35	305	900	1,95
	2	0,25	180	900	
	3	0,1	150	760	
	4	0,1	150	530	
	5	0,1	150	530	
015	1	0,2	24	500	0,65
020	1	–	3,5	–	0,95
025	1	0,15	600	1200	0,18
	2	0,03	280	560	
030	1	0,15	600	1200	0,52
	2	0,15	450	1000	
	3	0,03	280	1200	
035	1	2,1	50	180	3,11
040	1	0,4	24	–	3,43
045	1	0,02	–	290	2,05
050	1	0,02	–	290	3,42
065	1	0,015	10	–	1,61
070	1	0,0015	30	320	1,5
075	1	0,008	35	120	0,47
080	1	0,0015	30	380	1,52

Приведенные в таблице 5 режимы резания на технологические операции и нормы на их выполнение заносим в технологическую документацию, приведенную в приложении А, в план изготовления и технологические наладки, приведенные в графической части работы.

Выполнение данного раздела позволило решить следующие задачи. Выбран метод получения заготовки и проведено ее проектирование. Проведено проектирование технологии изготовления и технологических операций.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование клино-плунжерной оправки

Анализ схем базирования на операциях технологического процесса и реализующих его станочных приспособлений показал, что используемый на токарной операции токарный патрон не отвечает принятой на данной операции схеме базирования приведенной на рисунке 2. Кроме того применяемое приспособление не является механизированным, что приводит к увеличению вспомогательного времени на данной операции.

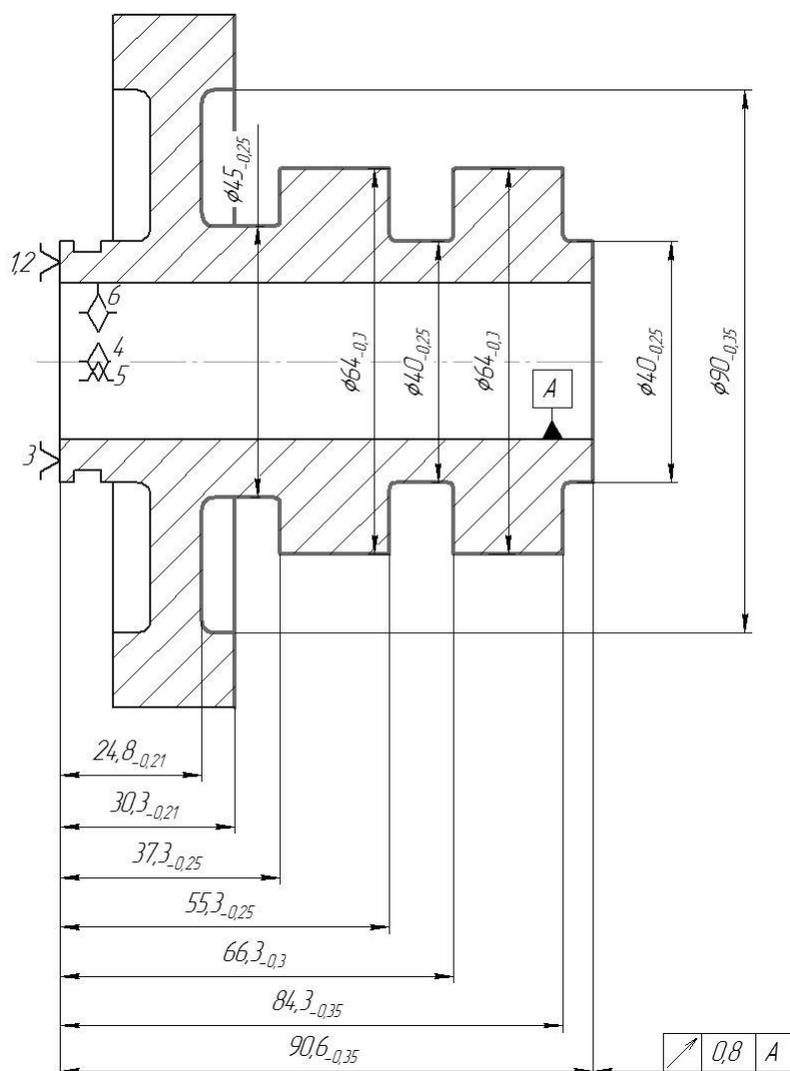


Рисунок 2 – Эскиз токарной операции

С целью устранения данной проблемы спроектируем приспособление с механизированным приводом зажимных элементов, реализующее схему базирования на данной операции. Проектирование будем производить согласно методике [9, 21].

«Основная составляющая силы, возникающей при резании, рассчитываем по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (25)$$

где C_p , x , y , n – коэффициент и показатели степеней, зависящие от конкретных условий обработки;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – фактическая скорость резания, м/мин;

K_p – коэффициент, зависящий от характеристик обрабатываемого материала» [21].

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,35^{0,75} \cdot 305^{-0,15} \cdot 0,9 = 693 \text{ Н.}$$

Для определения усилия зажима составим расчетную схему, приведенную на рисунке 3.

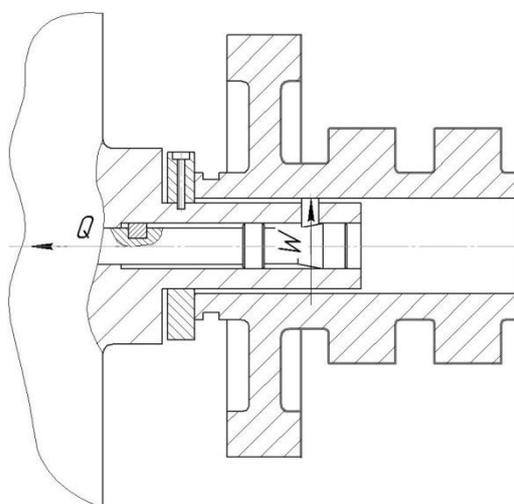


Рисунок 3 – Расчетная схема закрепления заготовки

«Момент от составляющей силы резания P_Z рассчитывается по формуле:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_o}{2}, \quad (26)$$

где d_o – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [9].

«Данный момент уравнивается моментом от силы закрепления, который может быть рассчитан по формуле:

$$M_{3P_Z} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (27)$$

где W – сила закрепления, Н;

f – коэффициент трения поверхностей заготовки и зажимных элементов приспособления;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [9].

Из условия равновесия следует:

$$\ll W = \frac{P_Z \cdot d_o}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (28)$$

где K – коэффициент запаса, учитывающий особенности выполнения операции» [9].

«Данный коэффициент определяется из выражения:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (29)$$

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент, характеризующий состояние обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент, характеризующий увеличение сил резания при затуплении режущего инструмента;

K_3 – коэффициент, характеризующий прерывистость процесса резания;

K_4 – коэффициент, характеризующий стабильность усилия зажима;

K_5 – коэффициент, характеризующий эргономические показатели привода» [9].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,07.$$

Согласно принятой методике проектирования при показателе коэффициента запаса менее 2,5 необходимо его принять равным 2,5.

Тогда искомое усилие должно быть равно.

$$W = \frac{693 \cdot 55}{3 \cdot 0,2 \cdot 40} \cdot 2,5 = 3970 \text{ Н.}$$

Усилие на приводе для клино-плунжерного зажимного механизма рассчитывается по формуле:

$$\ll Q = W \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi), \quad (30)$$

где α – угол плунжера, град;

φ – угол трения плунжера, град» [9].

$$Q = 3970 \cdot \text{tg}(20 + 6,5) = 1980 \text{ Н.}$$

«С целью обеспечения автоматизации процесса закрепления и создания данного усилия в конструкции приспособления предусмотрено применение пневмоцилиндра, диаметр поршня которого рассчитывается по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (31)$$

где d – диаметр штока поршня, мм;

P – давление в пневмосистеме, МПа» [9].

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{1980}{0,4}} = 84 \text{ мм.}$$

Полученное значение диаметра округляем до ближайшего большего стандартного 90 мм, что позволит применить в конструкции приспособления стандартный пневмоцилиндр.

Расчет точности приспособления выполняется на основе размерной схемы приведенной на рисунке 4.

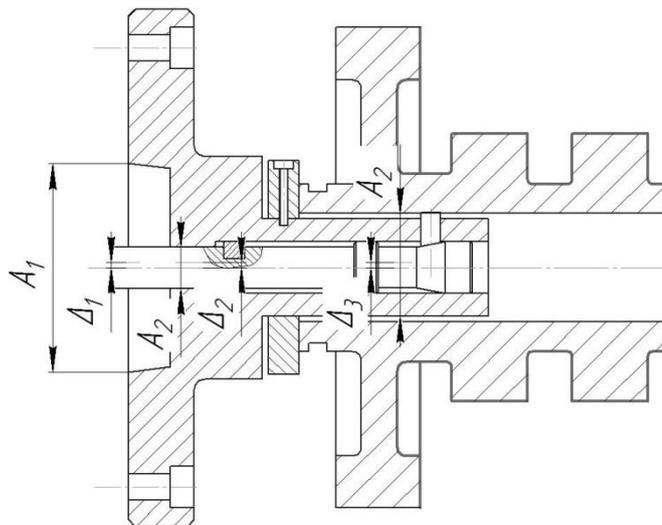


Рисунок 4 – Размерная схема приспособления

«Точность установки заготовки в приспособлении определяется по формуле:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (32)$$

где Δ_1 – погрешность вызванная неперпендикулярностью выходного конца шпинделя, мм;

Δ_2, Δ_3 – погрешность вызванная колебанием зазоров в сопряжениях, мм» [9].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,010^2 + 0,010^2 + 0,006^2} = 0,007 \text{ мм.}$$

«Расчетная точность установки заготовки в приспособлении не должна превышать допустимой точности установки, равной допуску на несоосность обрабатываемой и установочной поверхностей равной 0,008 мм» [9].

Расчеты показали, что спроектированное приспособление отвечает требуемой точности установки в нем заготовки.

Конструкция приспособления подробно приведена на листе графической части работы и в приложении Б.

3.2 Проектирование токарного резца

Токарные операции в данном технологическом процессе составляют значительную его часть. На данных операциях предполагается использовать достаточно дорогостоящий режущий инструмент фирмы «Sandvik». Это позволит в полной мере реализовать технологические возможности применяемого оборудования. С другой стороны при применении данного инструмента в нормальных условиях закладывается стандартная стойкость, что приводит к значительному его расходу. С целью снижения расхода режущего инструмента и увеличения его стойкости возможно несколько вариантов решения данной проблемы. Один из путей заключается в снижении режимов резания, но тогда увеличится время обработки, что неприемлемо. Второй вариант заключается в нанесении на режущую часть разнообразных покрытий, но такое решение достаточно дорогостоящее. Третий вариант решения проблемы заключается в изменении системы охлаждения зоны резания и осуществление подвода смазочно-охлаждающей жидкости непосредственно в зону обработки. Проанализировав существующие варианты технической реализации последнего варианта, принимаем решение проводить проектирование по методике [17].

«Согласно принятой методике проектирования конструктивные параметры резца определяются исходя из площади сечения срезаемого слоя по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (33)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [17].

$$F = 2,0 \cdot 0,35 = 0,7 \text{ мм}^2.$$

«По данному значению площади сечения стружки подбираем все конструктивные параметры резца» [17]. Геометрию режущей части принимаем в соответствии с требованиями обработки и рекомендациям [17].

«Способ крепления пластины к державке принимаем механический через отверстие посредством винта, минимально допустимый диаметр которого определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (34)$$

где Q_1 – сила, действующая на штифт при работе инструмента, Н;

σ_d – допустимое материалом штифта напряжение, МПа» [17].

$$\ll Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (35)$$

где P_{Zmax} – максимальное значение главной составляющей силы резания, Н» [17].

Выполняем расчеты.

$$Q_1 = \frac{164}{0,7} = 235 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 235}{\pi \cdot 650}} = 2,13 \text{ мм.}$$

Для обеспечения подвода смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания выполняем в корпусе резца и в пластинах опорной и режущей специальные каналы, конструкция которых принимается по рекомендациям [17].

Конструктивно резец состоит из державки, на которую установлена

опорная пластина. На опорную пластину устанавливается режущая пластина, которая поджимается к ней при помощи прихвата и винта.

Подробная конструкция резца приведена на чертеже листа графической части работы и в приложении Б.

В третьем разделе работы предложены технические мероприятия по совершенствованию технологического процесса. Для этого выполнено проектирование клино-плунжерной оправки и резца. Проектирование клино-плунжерной оправки позволило решить проблему реализации принятой на данной операции схемы базирования и обеспечить механизацию процесса закрепления. Это позволило снизить вспомогательное время на данной операции и обеспечить стабильности сил закрепления. Проектирование резца позволило увеличить его стойкость, снизить расходы на режущий инструмент и его заточку за счет применения каналов для подвода смазочно-охлаждающей жидкости непосредственно в зону резания.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

В работе рассмотрен технологический процесс изготовления блока шестерен. В процессе изготовления детали выполняются следующие операции: токарные, сверлильная, протяжная, зубофрезерная, зубодолбежная, шлифовальные.

В технологическом процессе используются следующие станки: токарный HAAS GT10, сверлильный HAAS OM 1, горизонтально-протяжной 7Б56, зубофрезерный 53А50, зубодолбежный 5А122, зубошевинговальный 5702, плоскошлифовальный 3Е711В1, внутришлифовальный 3К227В, круглошлифовальный 3М151.

В технологическом процессе используются следующие средства технологического оснащения: патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80, оправка кулачковая, оправка цанговая, опора шаровая, магнитный стол, патрон мембранный ГОСТ 16157-70.

В технологическом процессе используются следующие инструменты: резец TNMG 22 04 08-PF GC4225 «Sandvik», резец TNMX 16 04 04-WF GC4215 «Sandvik», резец N123G2-0300-0001-CF GC1125 «Sandvik», сверло 880- D2300С6-04 GC4044 «Sandvik», протяжка ГОСТ 25969-83, фреза ГОСТ 9324-80, долбяк чашечный ГОСТ 9323-79, шевер дисковый ГОСТ 8570-75, круг 23А46К5V, круг 23А60К4V.

Исполнителями технологического процесса являются операторы станков с числовым программным управлением, станочники широкого профиля, шлифовщики.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Рассмотрим возможные профессиональные риски для основных исполнителей технологического процесса, то есть операторов станков с числовым программным управлением, станочников широкого профиля, шлифовщиков. При проведении идентификации учтем положения ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и Приказа Минтруда № 776н «Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда» [5].

Полученные данные приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Опасности/ риски
станки: токарный НААС GT10, сверлильный НААС ОМ 1, горизонтально-протяжной 7Б56, зубофрезерный 53А50, зубодолбежный 5А122, зубошевинговальный 5702, плоскошлифовальный 3Е711В1, внутришлифовальный 3К227В, круглошлифовальный 3М151	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [5]	«падение с высоты, падение предметов» [5]
	«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [5]	«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от неполадок или повреждения систем управления» [5]
	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [5]	«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [5]

Продолжение таблицы 6

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Опасности/ риски
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [5]	«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [5]
	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [5]	«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств (например потеря равновесия, ослаблении внимания)» [5]
	«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [5]	«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим или сосудистым расстройствам» [5]
	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [5]	«физические перегрузки» [5]
	«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [5]	«контакт с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии, находясь под напряжением (косвенный контакт), неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [5]

Представленные в таблице 6 риски являются наиболее вероятными для основных исполнителей рассматриваемого технологического процесса.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

С целью обеспечения выявленных профессиональных рисков разработаем методы и средства их снижения. При разработке данных мероприятий учтем положения Приказа Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней» [5].

Полученные данные приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«падение с высоты, падение предметов» [5]	«издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда» [5]	использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда
«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания от неполадок или повреждения систем управления» [5]	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [5], «устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [5]	«соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима; применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [5], «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание» [5]

Продолжение таблицы 7

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
		«свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [5]
«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [5]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [5]	«устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты; организация первичного и периодического обучения и инструктажей работников безопасным методам и приемам выполнения работ; использование средств индивидуальной защиты, герметизация технологического оборудования» [5]
«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [5]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [5]	«применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [5]
«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств» [5]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых» [5]	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим» [5]

Продолжение таблицы 7

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
	«в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [5]	«процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [5]
«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим или сосудистым расстройствам» [5]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [5]	«своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик; установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции» [5]
физические перегрузки	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [5]	«проведение инструктажа на рабочем месте; соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха; организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [5]
«контакт с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии, находясь под напряжением	«внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от» [5]	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований» [5]

Продолжение таблицы 7

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
(косвенный контакт), неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [5]	«поражения электрическим током» [5]	«охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [5]

Соблюдение описанных выше мероприятий позволит обеспечить снижение влияния профессиональных рисков на основных исполнителей рассматриваемого технологического процесса.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

С целью обеспечения эффективной системы обеспечения пожарной безопасности при выполнении рассматриваемого технологического процесса проведем классификацию потенциального пожара.

По виду используемого горючего материала класс D пожары, связанные с воспламенением и горением металлов.

Опасные факторы потенциального пожара: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах).

Категория пожароопасности помещения ВЗ помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что

помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б

Определим технические средства обеспечения пожарной безопасности. Первичные средства пожаротушения огнетушители: ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100. Мобильные средства пожаротушения мотопомпа пожарная. Средства пожарной автоматики пожарный извещатель ИП-212-141. Пожарное оборудование пожарный щит класса ЩП-А. Пожарные сигнализация, связь и оповещение оповещатель охранно-пожарный звуковой Маяк-220, программно-аппаратный комплекс «Стрелец-мониторинг». Индивидуальные средства защиты для операторов станков с числовым программным управлением, станочников широкого профиля, шлифовщиков не предусмотрено действующими нормативными документами.

В целях предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, осуществляются следующие мероприятия: разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации, проводится инструктаж по пожарной безопасности. Каждый работник, зафиксировавший негативную ситуацию, которая может привести к возникновению пожаров, обязан уведомить об этом своего непосредственного руководителя работ.

В цехах и складских помещениях имеются огнетушители, иные средства пожаротушения. Помещения оборудованы системами противопожарной сигнализации и автоматического пожаротушения.

4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

К негативным экологическим факторам, возникающим при выполнении рассматриваемого технологического процесса относятся нижеследующие.

Загрязнение гидросферы остатками масла, смазочно-охлаждающих жидкостей, смазочных материалов, частиц абразива и мелкой стружки.

Загрязнение литосферы металлическим ломом, стружкой, промышленным мусором, отработанными маслами и смазочно-охлаждающими жидкостями. Загрязнение атмосферы в виде образования незначительного количества паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли. Количество данных выбросов мало, следовательно, ими можно пренебречь.

Мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, а также основные этапы процедуры по сбору, обезвреживанию, транспортировке, размещению, утилизации промышленных отходов прописаны в ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» [5].

С целью снижения и устранения загрязнения гидросферы применяются технические средства по очистке сточных вод, которые должны соответствовать ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения» [5].

Выполнение раздела позволило идентифицировать профессиональные риски, действующие на работников, разработать организационно-технические мероприятия по снижению выявленных рисков, провести анализ пожарной и экологической безопасности выполнения технологического процесса.

5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел, являющийся завершающим разделом бакалаврской работы. Поэтому его основной целью является экономическое обоснование целесообразности предлагаемых изменений в технологический процесс изготовления детали.

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 5).

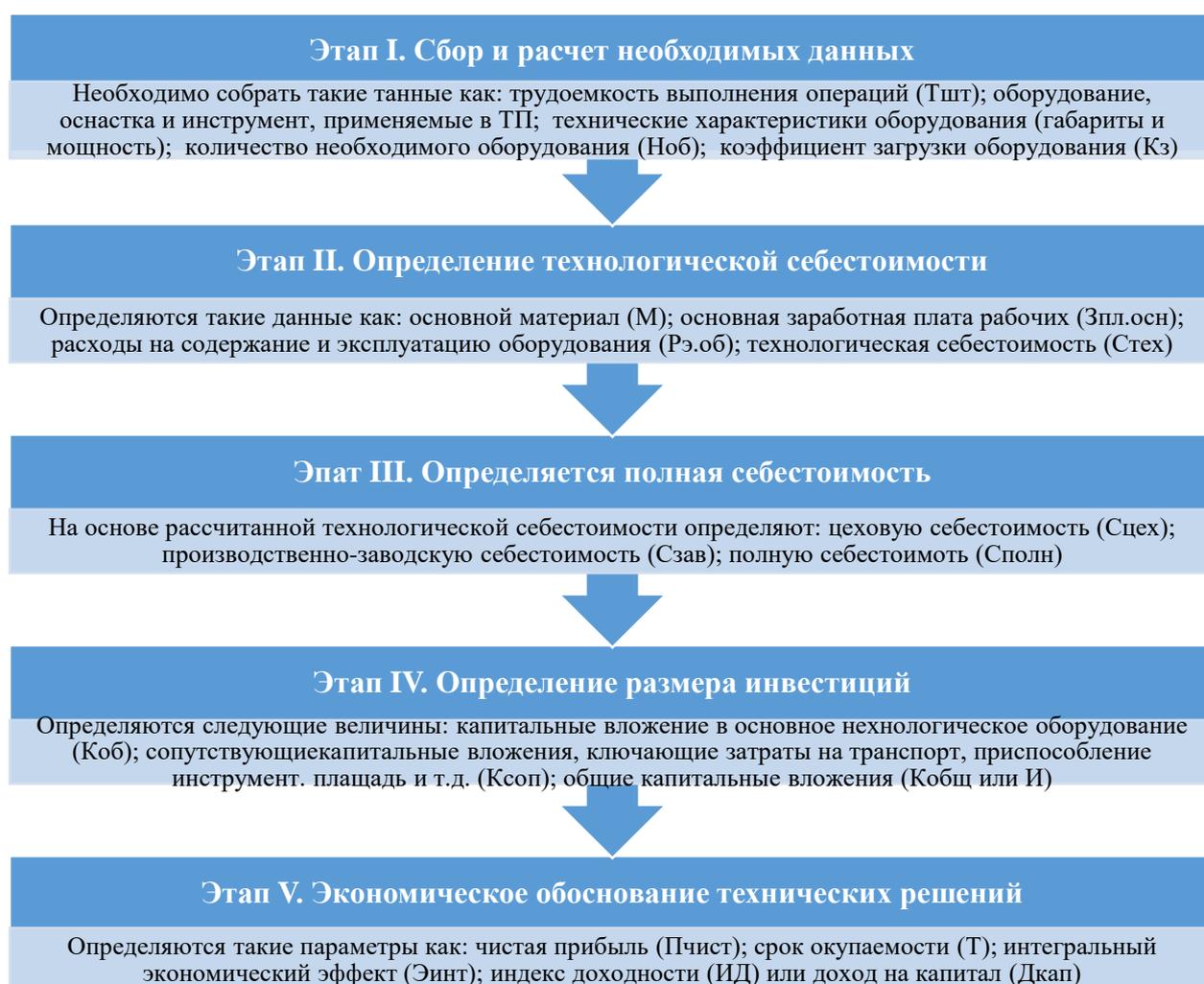


Рисунок 5 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 5, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [14].

Далее согласно описанному алгоритму необходимо провести описание каждого этапа и выполнение соответствующих расчетов.

Этап I. Сбор и расчет необходимых данных. Этот этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 6.

<p align="center">Базовый вариант технологического процесса токарных операций 005 и 010</p>	<p align="center">Проектный вариант технологического процесса токарных операций 005 и 010</p>
<p>•Операция 005:</p> <ul style="list-style-type: none"> •<u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16К20Ф3 •<u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый •<u>Инструмент</u> – резец проходной, Т5К10 •<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 2,44 мин, То = 2,05 мин <p>•Операция 010:</p> <ul style="list-style-type: none"> •<u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16К20Ф3 •<u>Оснастка</u> – оправка кулачковая с ручным зажимом •<u>Инструмент</u> – резец проходной, Т15К6 •<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 2,07 мин, То = 1,42 мин 	<p>•Операция 005:</p> <ul style="list-style-type: none"> •<u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ, НААС GT-10 •<u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый •<u>Инструмент</u> – резец проходной с каналами для СОЖ, GC4425 •<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 1,7 мин, То = 1,31 мин <p>•Операция 010:</p> <ul style="list-style-type: none"> •<u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ, НААС GT-10 •<u>Оснастка</u> – оправка кулачковая с механизированным зажимом •<u>Инструмент</u> – резец проходной с каналами для СОЖ, GC4425 •<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 1,95 мин, То = 1,5 мин

Рисунок 6 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 6, изменениям подвергается модель оборудования и применяемый инструмент. Так как в процессе предложенного технического решения материал и способ получения заготовки не изменены, поэтому в дальнейшем, расчеты, применяемые для определения стоимости материалов, будут исключены. Это связано с тем, что в обоих вариантах расходы на материалы останутся одинаковыми и на конечный результат расчетов влияния не окажут.

Этап II. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Применение необходимой методики, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel, позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов, как по данному этапу, так и по всем последующим.

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 7.

Анализируя рисунок 7 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 19,35%.

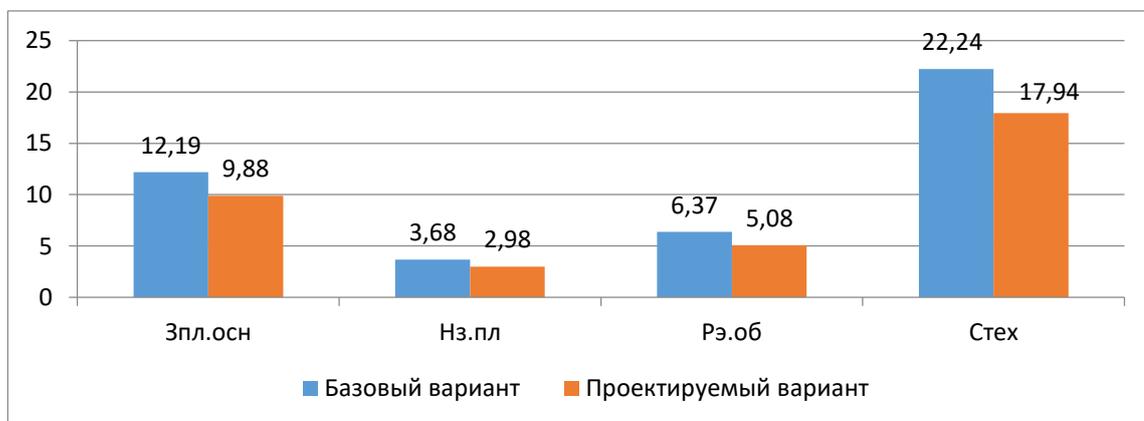


Рисунок 7 – Формирование технологической себестоимости токарных операций 005 и 010 по вариантам, руб.

Этап III. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 8. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать что основой для ее определения является величина технологической себестоимости. Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

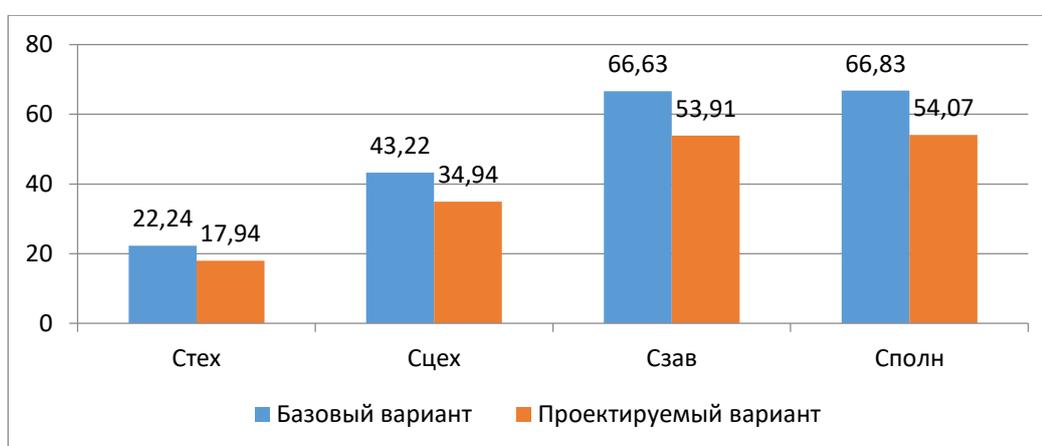


Рисунок 8 – Формирование полной себестоимости токарных операций 005 и 010 по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 8, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость токарных операций 005 и 010 проектируемого процесса уменьшилась на 12,76 рубля, что составляет 19,09%.

Этап IV. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 9.

Как видно из рисунка 9, инвестиции потребуются на: закупку оборудования (K_{OB}); доставку и монтаж оборудования (K_M); проектирование ($Z_{ПР}$), приспособление ($K_{ПР}$), инструмент ($K_{И}$), производственную площадь

($K_{Э.пл}$); корректировку управляющей программы (K_A) и незавершенное производство ($НЗП$). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций (I) составит 318987,92 рубля.

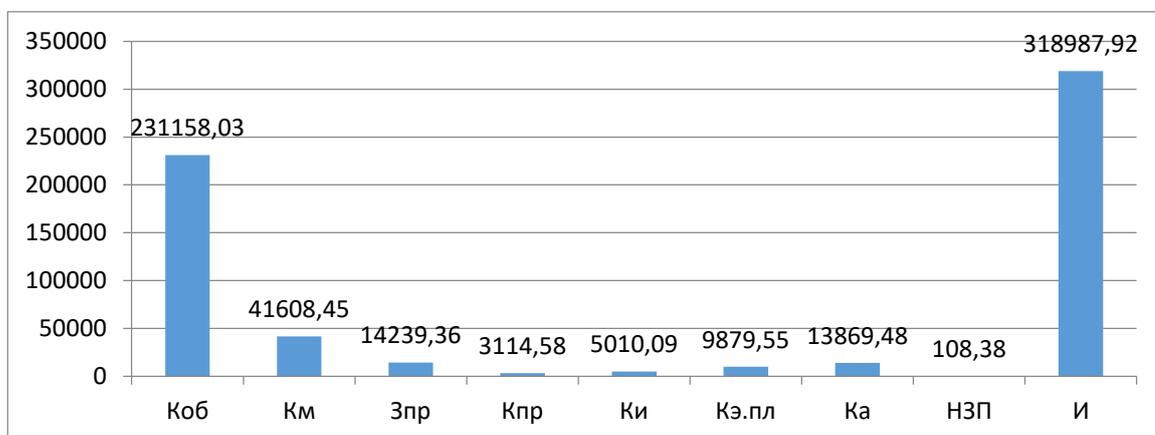


Рисунок 9 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных токарных операции 005 и 010, руб.

Этап V. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых технических решений.

Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 5 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта. Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 43700,74 рубля при сроке окупаемости 5 лет. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

В данном разделе решены задачи экономической оценки предлагаемого технологического процесса и технических решений по его совершенствованию.

Заключение

Актуальность темы данной выпускной квалификационной работы обоснована необходимостью производства запасных частей для уже имеющегося станочного парка.

Цель работы, которая заключается в разработке технологии изготовления блока шестерен, которая позволит изготавливать годовую программу изготовления деталей заданного качества и обеспечит минимальные затраты на изготовление, была достигнута благодаря решению задач, сформулированных на основе анализа исходных данных, и характеристик типа производства.

Технологический блок задач включал в себя выбор метода получения заготовки и ее проектирование. Для этого проведено экономическое сравнение возможных методов получения заготовок, определены маршруты обработки поверхностей, определены припуски на обработку и характеристики заготовки. Также в данном блоке задач проведено проектирование технологии изготовления и технологических операций. Для этого спроектирован маршрут изготовления детали и план ее изготовления, выбрано технологическое оборудование и средства технологического оснащения, определены режимы выполнения операций и их технологическое нормирование. Технические задачи по совершенствованию технологического процесса включали в себя проектирование клино-плунжерной оправки и токарного резца, что позволило сократить время выполнения соответствующих операций. В ходе решения задач обеспечения безопасности на производстве проведен анализ безопасности выполнения спроектированного технологического процесса и предложены мероприятия по устранению выявленных недостатков. Также решены задачи экономической оценки предлагаемого технологического процесса и технических решений по его совершенствованию.

Список используемых источников

1. Балла О.М. Технологии и оборудование современного машиностроения : учебник / О.М. Балла. – Санкт–Петербург : Лань, 2020. – 392 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143241> (дата обращения: 14.04.2022).
2. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра–Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 21.04.2022).
3. Богодухов С.И. Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении: учебник. / С.И. Богодухов, А.Г. Схиртладзе, Р.М. Сулейманов, Е.С. Козик. – Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2009. – 432 с.
4. 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.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : учеб.–метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд–во ТГУ, 2021. – 22 с
6. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990–01–07. – М. : Изд–во стандартов, 1990. – 83 с.
7. Гузеев В. И. Режимы резания для токарных и сверлильно–фрезерно–расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. – 2–е изд. – Москва : Машиностроение, 2007. – 364 с.
8. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие. [Электронный ресурс] / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – Электрон. дан. –

СПб. : БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с.

9. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт–Петербург : Лань, 2015. –320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 25.04.2022).

10.Иванов И.С. Технология машиностроения: учеб. пособие / И.С. Иванов. – 2–е изд., перераб. и доп. – Москва. : ИНФРА–М, 2016. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/504931> (дата обращения: 12.04.2022).

11.Игнаткина В.А. Современные методы металлургии, машиностроения и материаловедения : технология минерального сырья : лабораторный практикум / В.А. Игнаткина, В.А. Бочаров. – Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. – 66 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1245421> (дата обращения: 18.04.2022).

12.Каталог продукции «haascnc». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.int.haascnc.com> (дата обращения: 14.04.2022).

13.Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 14.04.2022).

14.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: 04.05.2022).

15.Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3–е изд., стер. – Санкт–Петербург : Лань, 2019. –216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 21.04.2022).

16.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: 15.04.2022).

17. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 256 с. – ISBN 978-5-8114-1632-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 28.04.2022).

18. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва». – ТГУ. – Тольятти : ТГУ, 2013. – 51 с.

19. 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.

20. 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.

21. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 2 / А.Г. Схиртладзе, С.Н. Григорьев, В.П. Борискин. – 4-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 517 с.

22. Харламов Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. [Электронный ресурс] / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2013. – 256 с.

23. Химический состав и физико-механические свойства стали 12ХНЗА [Электронный ресурс]. – https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/12ХНЗА? (дата обращения: 29.03.2022).

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
0 19	Точить последовательно поверхности 14, 15, 16, 18, 20, 23, 25, 26, 28, 32, 33, 34, 43, 44, 45, 46 в														
0 20	размер $\phi 90_{-0,35}$, $\phi 45_{-0,25}$, $\phi 64_{-0,3}$, $\phi 40_{-0,25}$, 24,8 _{0,21} , 30,3 _{0,21} , 37,3 _{0,25} , 55,3 _{0,25} , 66,3 _{0,3} , 84,3 _{0,35} , 90,6 _{0,35} .														
T 21	396190 Оправка клино-плунжерная; 392104 Резец токарный контурный специальный GC4225 "Sandvic";														
T 22	392134 Резец токарный канавочный N123M1-1100-0008-GM GC4225 "Sandvik"; 392134 Резец токарный														
T 23	канавочный N123K2-0714-0008-GF GC1125 "Sandvik"; 392134 Резец токарный канавочный N123K2-0714-														
T 24	0008-GF GC1125 "Sandvik"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.														
25															
A 26	XX XX XX 015 4120 Сверлильная														
Б 27	381210 Сверлильный с ЧПУ HAAS OM-13 17335 422 1P 1 1 1 800 1 0,65														
0 28	Сверлить поверхность 47 в размер $\phi 15^{+0,16}$														
T 29	396190 Оправка цанговая; 391213 Свело $\phi 15$ R840-1500-30-A0A GC1220 Sandvik; 394253 Нутромер НМ														
T 30	ГОСТ 160-80.														
31															
A 32	XX XX XX 020 4180 Протяжная														
Б 33	381210 Горизонтально-протяжной 7656 3 16458 422 1P 1 1 1 800 1 0,95														
0 34	Нарезать шлицы поверхности 2, 3, 4 в размер $\phi 252^{+0,084}$, $\phi 32^{+0,25}$, 4 _{0,03}														
T 35	3396190 Опора шаровая; 392331 Протяжка шлицевая Р9 ГОСТ25969-83; 394253 Нутромер НМ ГОСТ														
T 36	160-80; 393400 Калибр.														
37															
A 38	XX XX XX 025 4110 Токарная														
Б 39	381101 Токарный HAAS GT-10 3 18217 312 1P 1 1 1 800 1 0,18														
0 40	Точить последовательно поверхности 3, 21, 24, 27, 28, 29 в размер 88,4 _{0,11} , 83 _{0,35} , 54 _{0,25} , 29 _{0,21} .														
0 41	$0,5^{+0,1}$ x $15^{+0,1}$														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
T 69	396190 Оправка кулачковая; 392104 Резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic";														
T 70	392152 Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic";														
T 71	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80, 393400 Калибр.														
72															
A 73	XX XX XX 030 4110 Токарная														
Б 74	381101 Токарный HAAS GT-10 3 18217 312 1P 1 1 1 800 1 0,52														
О 75	Точить последовательно поверхности 1, 39, 40, 41, 42 в размер $\phi 36,4_{0,10}$, $88,4_{0,11}$, $81_{0,35}$, $4,5_{0,018}$,														
О 76	$79_{0,3}$, $52_{0,2}$, $23_{0,24}$, $0,5^{+0,01}$ x15 ⁺ .														
T 77	396190 Оправка кулачковая; 392104 Резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic";														
T 78	392152 Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215 "Sandvic"; 392134 Резец токарный														
T 79	канавочный N123K2-0714-0008-GF GC1125 "Sandvik", 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80,														
T 80	393400 Калибр.														
81															
A 82	XX XX XX 035 4153 Зубофрезерная														
Б 83	381527 Зубофрезерный 53A50 3 12287 312 1P 1 1 1 800 1 3,11														
О 84	Нарезать зубья поверхности 37, 38 m=2,5, z=44, 10 степень точности.														
T 85	396190 Оправка цанговая; 391802 Фреза червячная ГОСТ 9324-80 Р9К10; 393400 Шаблон.														
86															
A 87	XX XX XX 040 4152 Зубодолбежная														
Б 88	381571 Зубодолбежный 5121 3 12287 312 1P 1 1 1 800 1 3,43														
О 89	Нарезать зубья поверхности 30, 31, 35, 36 m=2, z=30, 10 степень точности.														
T 90	396190 Оправка цанговая; 392413 Долбяк чашечный $\phi 80$ ГОСТ 9323-79 Р6МБ; 393400 Шаблон.														
91															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпаз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпаз	Тшт
А 94	XX XX XX	045	4157	Зубошевигвальная												
Б 95	381574	Зубошевигвальный 5А702Г 3 12287					312	1Р	1	1	1	800	1			2,05
О 96	Шевиговать зцбья повехности 38 т=2,5, z=44, 7 степень точности															
Т 97	396190 Оправка цанговая; 391810 Шевер дисковый φ180 ГОСТ8570-75 Р18; 393610 Шаблон.															
98																
А 99	XX XX XX	050	4157	Зубошевигвальная												
Б 100	381574	Зубошевигвальный 5А702Г 3 12287					312	1Р	1	1	1	800	1			3,42
О 101	Шевиговать зцбья повехности 31, 36 т=2, z=30, 7 степень точности															
Т 102	396190 Оправка цанговая; 391810 Шевер дисковый φ180 ГОСТ8570-75 Р18; 393610 Шаблон.															
103																
А 104	XX XX XX	055	0190	Слесарная												
105																
А 106	XX XX XX	060		Термическая												
107																
А 108	XX XX XX	065	4133	Плоскошлифовальная												
Б 109	381313	Плоскошлифовальный 3Е711В1 3 18873					312	1Р	1	1	1	800	1			1,61
О 110	Шлифовать поверхность 28 в размер 88 _{0,022} .															
Т 111	396161 Плита магнитная; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная.															
112																
А 113	XX XX XX	070	4132	Внутришлифовальная												
Б 114	381312	Внутришлифовальный 3К227В 3 18873					312	1Р	1	1	1	800	1			1,5
О 115	Шлифовать поверхность 2 в размер φ23,563 _{0,022} .															
Т 116	396190 Патрон мембранный ГОСТ 16157-70; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная.															
МК																

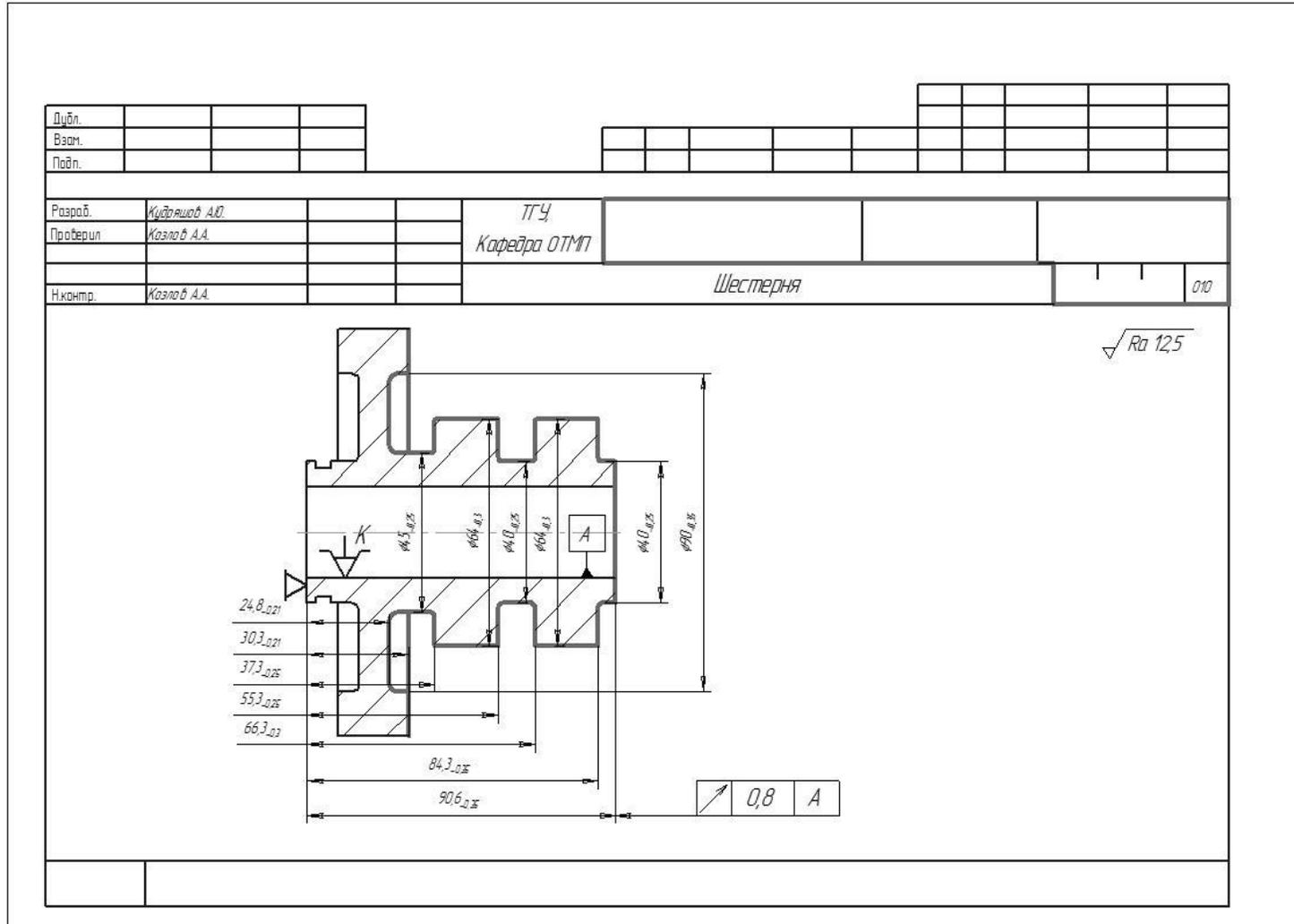
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа												
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тлоз	Тшт	
А 117	XX	XX	XX	075	4131	Круглошлифовальная												
Б 118	381311	Круглошлифовальный	ЗМ151	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1					0,47	
О 119	Шлифовать поверхности 39, 40, 41 в размер $\phi 36_{-0,1}^{+0,04}$, $4,5_{-0,04}^{+0,08}$, $81_{-0,25}^{+0,04}$.																	
Т 120	396190 Оправка цанговая; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная; 393610 Калибр.																	
121																		
А 122	XX	XX	XX	080	4132	Внутришлифовальная												
Б 123	381312	Внутришлифовальный	ЗК227В	3	18873	312	1Р	1	1	1	800	1					1,52	
О 124	Шлифовать поверхность 2 в размер $\phi 26_{-0,021}^{+0,021}$.																	
Т 125	396190 Патрон мембранный ГОСТ 16157-70; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная.																	
126																		
А 127	XX	XX	XX	085	Моющая.													
128																		
А 129	XX	XX	XX	090	Контрольная.													
130																		
131																		
132																		
133																		
134																		
135																		
136																		
137																		
138																		
139																		
МК																		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.116-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Кудряшов А.Ю.			ТГУ									
Проверил	Козлов А.А.			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов А.А.			Шестерня						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МЦ	Профиль и размеры			МЭ	КОИД		
Токарная		Сталь 19ХНЗА ГОСТ 4543-71		НВ 245	166	167	#5187x208,94			3,62	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		та	тв	тгв	тшт	СОЖ					
HAAS GT10				134			1,95	Ужиднал-1					
			пи	о	и	в	л	т	и	с	п	в	
01	1. Установить заготовку												
Т ₀₂	396190 Оправка клино-плунжерная; 392104 Резец токарный контурный специальный GC4225 "Sandvic";												
Т ₀₃	392134 Резец токарный канавочный N123M1-1100-0008-GM GC4225 "Sandvik"; 392134 Резец токарный												
Т ₀₄	канавочный N123K2-0714-0008-GF GC1125 "Sandvik"; 392134 Резец токарный канавочный N123K2-0714-												
Т ₀₅	0008-GF GC1125 "Sandvik"												
06	2. Точить последовательно поверхности и торцы выдерживая размеры согласно эскиза												
P ₀₇			1				2,0		0,35	900	305		
P ₀₈			2				11		0,25	900	180		
P ₀₉			3				7,0		0,10	760	150		
P ₁₀			4				7,0		0,10	530	150		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 3.116-82				Форм 1	
Дубл.															
Взам.															
Подп.															
Разраб.	Кудряшов А.Ю.			ТГУ											
Проверил	Козлов А.А.			Кафедра ОТМП											
Нконтр.	Козлов А.А.			Шестерня							Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД			
Токарная		Сталь 19ХНЗА ГОСТ 4543-71			НВ 245	166	167	#5187x208,94			3,62	1			
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			то	тв	тгв	тшт	созж						
HAAS GT10					134			195	Ужиднал-1						
		пи	о или в	l	f	i	s	п	v						
P _{т1}		1			1,0		0,15	530	150						
12	5. Открепить, снять деталь с приспособления, сложить на тележку.														
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2186-82										Форм 1		
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Разраб.	Кудряшов А.Ю.			ТГУ								
Проверил	Козлов А.А.			Кафедра ОТМП								
Исполн.	Козлов А.А.			Шестерня					Щек	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЭ	КОИД	
Протяжная		Сталь 19ХН3А ГОСТ 4543-71		НВ 245	166	167	#5187х208,94			0,95	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	ть	тве	тшт	СОЖ				
7556				0,43			4,17	Украина-1				
			пи	о или в	L	t	i	s	п	v		
01	1. Установить заготовку											
Т 02	3396190 Опора шаровая; 392331 Протяжка шлицевая Р9 ГОСТ25969-83											
0 03	2. Протянуть шлицевое отверстие выдерживая размеры согласно эскиза.											
Р 04		1				3,4					3,5	
05	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.											
06												
07												
08												
09												
10												

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.				
									Формат	Зона	Лист		
						<u>Документация</u>							
					A1	22.БР.ОТМП.303.65.00.000СБ	Сборочный чертеж						
						<u>Детали</u>							
					A3	1	22.БР.ОТМП.303.65.00.001	Корпус	1				
					A4	2	22.БР.ОТМП.303.65.00.002	Корпус муфты	1				
					A4	3	22.БР.ОТМП.303.65.00.003	Корпус привода	1				
					A4	4	22.БР.ОТМП.303.65.00.004	Плунжер	1				
					A2	5	22.БР.ОТМП.303.65.00.005	Крышка привода	1				
					A3	6	22.БР.ОТМП.303.65.00.006	Неподвижный корпус	1				
					A3	7	22.БР.ОТМП.303.65.00.007	Поршень	1				
					A4	8	22.БР.ОТМП.303.65.00.008	Стопор	1				
					A3	9	22.БР.ОТМП.303.65.00.009	Шток	1				
					A2	10	22.БР.ОТМП.303.65.00.010	Упор	1				
					A3	11	22.БР.ОТМП.303.65.00.011	Шток	1				
							<u>Стандартные изделия</u>						
						12	Винт М8х30 ГОСТ 17475-80	6					
						13	Винт М8х20 ГОСТ 17475-80	6					
						14	Гайка М14х1,5 ГОСТ 5927-70	2					
					22.БР.ОТМП.303.65.00.000								
					Оправка клиноплунжерная					Лист	Лист	Листов	
					ТГУ, ТМдп-17028					1	2		
					Копировал					Формат А4			

