

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 шнека экструдера

Обучающийся

В.А. Сутягин

(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

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологического процесса изготовления шнека экструдера. Актуальность выбранной темы обосновывается изменением производственных условий при переходе с крупносерийного на среднесерийный тип производства. Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка такого технологического процесса изготовления шнека экструдера, который в условиях среднесерийного типа производства обеспечит выпуск заданного количества деталей с минимальными затратами при условии обеспечения необходимого качества изготовления в установленные сроки.

Работа состоит из пояснительной записки объем, которой составляет 63 страницы и графической части, состоящей из 7 листов формата А1.

Пояснительная записка включает введение, пять основных разделов, заключение и приложения. Введение посвящено обоснованию актуальности темы работы и формулировки ее задачи. В первом разделе рассматриваются исходные данные работы. В частности, функциональное назначение детали и условия эксплуатации, анализ технологичности, характеристики типа производства. На основе этого формулируются задачи работы. Второй раздел содержит решение комплекса технологических задач. Среди них рассматриваются выбор метода получения заготовки и ее проектирование, проектирование маршрута и плана изготовления детали, выбор средств оснащения технологического процесса, проектирование технологических операций. В третьем разделе решаются технические задачи, направленные на совершенствование технологии путем проектирования специальных средств оснащения. Четвертый раздел направлен на решение задач, связанных с обеспечением производственной, экологической и пожарной безопасности. В пятом разделе приведены результаты расчета экономических показателей спроектированного техпроцесса.

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.....	9
2 Проектирование технологического процесса.....	10
2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование.....	10
2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали.....	18
2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса.....	19
2.4 Проектирование технологических операций.....	22
Таблица 4 – Режимы резания и нормирование.....	23
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	25
3.1 Проектирование самоцентрирующих тисков.....	25
3.2 Проектирование шлифовального круга.....	31
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	33
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	33
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	35
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	38
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта.....	40
5 Экономическая эффективность работы.....	41
Заключение.....	46
Список используемых источников.....	47
Приложение А Технологическая документация.....	50
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	61

Введение

Массовое использование изделий из пластиков привело к бурному развитию технологии экструзии. Оборудование, реализующее данную технологию разнообразное по конструкции. Наибольшее распространение получили шнековые экструдеры. Это объясняется простотой их конструкции, дешевизной и высоким быстродействием, что особенно важно в случае применения экструдера для массового производства. Основным элементом конструкции экструдера является шнек.

Рассматриваемый в данной работе цилиндрический шнек является разновидностью шнеков, используемых в экструдерах. Цилиндрический шнек отличается простотой конструкции, но при этом требователен к качеству изготовления поверхностей и изготавливается из дорогостоящего материала, поэтому технология его изготовления должна обеспечить минимальные затраты с целью обеспечения конкурентоспособности данной продукции на рынке. Другой особенностью, которую необходимо будет учесть при проектировании технологии изготовления детали, является относительно небольшой годовой объем выпуска, который составляет 5000 штук в год. Большинство типовых технологических процессов рассчитаны на значительные объемы выпуска изделий, что снижает их экономическую эффективность в заданных условиях. Поэтому при проектировании технологии изготовления шнека необходимо будет пересмотреть ряд операций типовых технологических процессов, учесть современные тенденции в проектировании в условиях различных типов производств.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка такого технологического процесса изготовления шнека экструдера, который в условиях среднесерийного типа производства обеспечит выпуск заданного количества деталей с минимальными затратами при условии обеспечения необходимого качества изготовления в установленные сроки.

1 Анализ исходных данных и постановка задач работы

1.1 Функции и условия эксплуатации детали

Шнек применяется для захвата гранулированного пластика и перемещения его вдоль материального цилиндра через зоны нагрева и формовки к выходной фильере. Шнек представляет собой тело вращения со сложной конфигурацией наружных поверхностей в виде винта Архимеда, что обусловлено функциональным назначением детали и принципами работы экструдера.

Шнек устанавливается в корпусе материального цилиндра, поэтому воздействие внешней окружающей среды минимально. Наиболее вероятно воздействие температур, но, как правило, работа производится в производственных корпусах, где колебания температуры окружающей среды незначительны и существенного влияния оказать не могут.

Условия работы шнека обусловлены физическими принципами процесса экструзии. Пластификация пластика происходит посредством нагрева от внешнего источника тепла и за счет сил трения, возникающих при его контакте с поверхностью шнека. Следовательно, шнек в процессе работы подвержен воздействию повышенных температур и сил трения. Для удаления воздуха из расплава пластика необходимо уменьшить его объем, что достигается уменьшением объема витков шнека, вследствие чего увеличивается давление, действующее на шнек. В процессе работы шнек вращается. Данное вращение, как правило, происходит с незначительной частотой и строго в одном направлении, что не оказывает существенного воздействия на его опорные поверхности. Отметим, что в процессе эксплуатации все вышеперечисленные факторы воздействуют комплексно.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что шнек является ответственной деталью, работающей в сложных условиях. Следовательно, при проектировании технологии его изготовления следует добиваться выполнения всех требований к точности изготовления и характеристикам

поверхностей, которые заложены конструктором.

1.2 Анализ детали на технологичность

Оценка технологичности детали производится по нескольким критериям: технологичность материала, технологичность конструкции детали, технологичность изготовления [5].

Оценка технологичности материала основана на знании его химического состава и механических свойств. Деталь изготавливается из стали 38Х2МЮА ГОСТ 4543–71. «Химический состав: углерод от 0,35% до 0,42%, хром от 1,35% до 1,65%, марганец от 0,3% до 0,6%, алюминий от 0,7% до 1,1%, кремний от 0,2% до 0,45%, никель до 0,3%, сера до 0,025%, фосфор 0,025%, медь до 0,3%» [24]. «Механические свойства: предел прочности 980 МПа, предел текучести 835 МПа, относительное удлинение 14%, относительное сужение 50%» [24].

Приведенные характеристики материала детали позволяют сделать следующие выводы. Материал полностью отвечает служебному назначению детали, так как обладает хорошими антифрикционными свойствами и механическими характеристиками. С точки зрения лезвийной обработки данные характеристики материала являются приемлемыми, так как коэффициент обрабатываемости составляет 0,8 и для достижения высокой точности обработки не требуется применения дорогостоящей обработки. При назначении метода получения заготовки следует учитывать, что данный материал обладает хорошими пластическими свойствами.

Оценка технологичности конструкции детали определяется несколькими факторами. Во–первых, это конфигурация поверхностей детали, а во–вторых, это точность данных поверхностей и соответствие данной точности их служебному назначению. Конфигурацию поверхностей детали можно охарактеризовать как сложную. Это объясняется наличием винта Архимеда с канавками переменной глубины и шага. Данный элемент с точки зрения его получения является не технологичными, так как требуют большого

количества переходов механической обработки и трудоемкий в получении. Однако, данные элементы являются важными для выполнения детали ее служебного назначения и не может быть удалены из конструкции или заменены на другие более технологичные элементы.

Оценка точности поверхностей детали и соответствие данной точности их служебному назначению основана на классификации поверхностей по служебному назначению [19]. На рисунке 1 представлен эскиз детали и пронумерованы все ее поверхности. «В соответствии с принятой методикой, основными конструкторскими базами являются поверхности 6, 11, вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности 4, 21, исполнительными поверхностями 7, 8, 9, 10, 12, 13, все оставшиеся поверхности являются свободными» [19]. Из классификации следует, что точность поверхностей отвечает их служебному назначению и ее изменение не целесообразно.

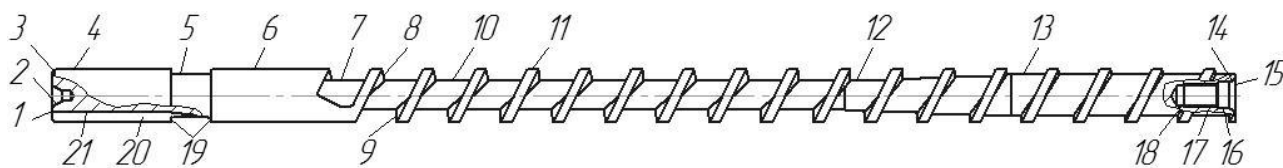


Рисунок – 1 Эскиз шнека

Оценка технологичности изготовления определяется заготовкой и применимыми методами обработки для получения заданных параметров детали. Заготовка может быть получена отрезкой из проката или методами штамповки, что определяется свойствами материала детали. Данные методы позволяют получать поверхности достаточно близкие по конфигурации к готовой детали, что актуально в случае рассматриваемой детали. Недостаток метода получения заготовки отрезкой из проката заключается в увеличенных напусках, а также невысокой точности размеров заготовки и их взаимного расположения.

Заданные контуры заготовки могут быть получены стандартными

методами обработки. Учитывая точность поверхностей детали и ее материал, для обработки могут быть применены методы лезвийной обработки и шлифования, что существенно сократит стоимость изготовления.

1.3 Определение типа производства и его характеристик

«Тип производства определим по годовой программе выпуска и массе детали. При годовой программе выпуска деталей 5000 штук и массе 2,08 кг, тип производства соответствует среднесерийному» [9].

С целью определения дальнейшего направления проектирования определим основные характеристики среднесерийного типа производства. Для этого проанализируем данные литературы [9]:

- технологический процесс проектируется на основе типовых технологических процессов путем их модификации в зависимости от конструктивных особенностей детали в виде маршрутно-операционной технологии;
- форма организации техпроцесса групповая с выпуском изделий повторяющимися партиями;
- припуски на обработку определяются для поверхностей, являющихся точными расчетно-аналитическим методом, припуски на обработку не ответственных поверхностей назначаются с использованием статистических таблиц;
- проектирование операций производится с учетом обеспечения основных принципов базирования;
- режимы резания назначаются с применением статистических данных и эмпирических формул;
- нормирование выполняется расчетным методом по технологическому процессу;
- точность обработки достигается методом работы на настроенном оборудовании;

- используется оборудование, обеспечивающее максимальную гибкость и возможность быстрой переналадки на выпуск новых деталей;
- средства технологического оснащения применяются универсальные, стандартизированные и стандартные;
- применение специальных средств технологического оснащения допускается в случае технической необходимости.

1.4 Постановка задач

Анализ функций и условий эксплуатации детали, а также анализ детали на технологичность позволяют сформулировать следующие задачи работы, решение которых необходимо для достижения цели работы.

Необходимо решить комплекс технологических задач. Среди них, выбор метода получения заготовки и ее проектирование, проектирование маршрута и плана изготовления детали, выбор средств оснащения технологического процесса, проектирование технологических операций. Необходимо решить технические задачи, направленные на совершенствование технологии путем проектирования специальных средств оснащения. Далее, необходимо решить задачи, связанные с обеспечением производственной, экологической и пожарной безопасности. Так же необходимо произвести расчеты экономических показателей спроектированного техпроцесса.

Выполнение данного раздела позволило достичь следующих результатов. Проведен анализ функций и условий эксплуатации детали, а также анализ на технологичность. Это позволило сформулировать задачи выпускной квалификационной работы.

2 Проектирование технологического процесса

2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование

Оценка технологичности заготовки показала, заготовка может быть получена отрезкой из проката или методами штамповки, что определяется свойствами материала детали. Данные методы позволяют получать поверхности достаточно близкие по конфигурации к готовой детали, что актуально в случае рассматриваемой детали. Недостаток метода получения заготовки отрезкой из проката заключается в увеличенных напусках, а также невысокой точности размеров заготовки и их взаимного расположения.

Выбор одного из возможных методов получения производим на основе сравнения технологической себестоимости изготовления детали из заготовок, полученных различными методами по методике [4]:

$$\ll C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} \cdot (Q - q) - C_{ОТХ} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где $C_{ЗАГ}$ – удельная стоимость заготовки, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

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

q – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$ – цена стружки, руб» [4].

«Удельная стоимость штамповки определяется по формуле:

$$C_{ЗАГ} = C_{ШТ} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{П}, \quad (2)$$

где $C_{ШТ}$ – базовая стоимость получения штамповок, руб.;

h_T – коэффициент точности штамповки;

h_C – коэффициент группы сложности штамповки;

h_B – коэффициент массы штамповки;

h_M – коэффициент марки материала штамповки;

h_{Π} – коэффициент программы выпуска» [4].

$$C_{ЗАГ} = 40,252 \cdot 1,00 \cdot 0,84 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 27,05 \text{ руб.}$$

«Стоимость получения одного кг заготовок получаемых отрезкой из проката рассчитывается по формуле:

$$C_{ЗАГ} = C_{ПР} \cdot h_{\Phi}, \quad (3)$$

где $C_{ПР}$ – базовая стоимость проката, руб.;

h_{Φ} – коэффициент формы» [4].

$$C_{ЗАГ} = 14,14 \cdot 1,0 = 14,14 \text{ руб.}$$

«Масса заготовки определяется выражением:

$$Q = q \cdot K_P, \quad (4)$$

где K_P – коэффициент, учитывающий особенности метода получения заготовки и ее формы» [4].

Масса детали задана на чертеже графической части работы. Зная ее, определяем массу заготовок, получаемых различными методами.

$$Q_1 = 0,79 \cdot 2,48 = 1,96 \text{ кг. – масса заготовки получаемой штамповкой.}$$

$$Q_2 = 0,79 \cdot 1,77 = 1,4 \text{ кг. – масса заготовки получаемой из проката.}$$

«Удельная стоимость механической обработки определяется по формуле:

$$C_{МЕХ} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (5)$$

где C_C – приведенные затраты на снятие 1 кг стружки, руб.;

C_K – приведенные капитальные вложения на 1 кг стружки, руб.;

E_H – коэффициент эффективности капитальных вложений» [4].

$$C_{МЕХ} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ р.}$$

Далее рассчитываем технологические себестоимости изготовления детали из заготовок, полученных различными методами.

$$C_{T1} = 27,05 \cdot 1,96 + 4,6 \cdot (1,96 - 0,79) - 1,4 \cdot (1,96 - 0,79) = 55,95 \text{ р.}$$

$$C_{T2} = 14,14 \cdot 1,94 + 4,6 \cdot (1,94 - 0,79) - 1,4 \cdot (1,94 - 0,79) = 30,57 \text{ р.}$$

Расчеты показали, что для данной детали наиболее эффективным методом получения заготовки является отрезка из проката.

Следующим этапом проектирования заготовки является определение припусков на обработку. Любая из известных методик определения припусков предполагает наличие предварительно определенного маршрута обработки поверхности. Формирование маршрутов производится с использованием методики и данных [1] с учетом свойств материала детали, формы, требуемой точности и качества обработки поверхностей исходя. Оптимальным считается маршрут обработки, который обеспечивает минимум суммарных удельных затрат на ее получение. Результаты формирования маршрутов обработки поверхностей приведены ниже.

Характеристики поверхностей 1, 15: плоская, точность 12 квалитет, параметр шероховатости R_a 12,5 мкм. Маршрут обработки данных поверхностей: фрезерование, закалка.

Характеристики поверхностей 2, 14: конус внутренний, точность 10 квалитет, параметр шероховатости R_a 1,25 мкм. Маршрут обработки данных поверхностей: сверление, закалка, черновое шлифование.

Характеристики поверхности 3: конус, точность 12 квалитет, параметр шероховатости R_a 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: чистовое точение, закалка.

Характеристики поверхности 4: конус внутренний, точность 7 квалитет, параметр шероховатости R_a 1,25 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: черновое точение, чистовое точение, закалка, черновое шлифование, чистовое шлифование.

Характеристики поверхности 5: цилиндр, точность 12 квалитет, параметр шероховатости R_a 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: черновое точение, закалка.

Характеристики поверхностей 6, 11: цилиндр, точность 8 квалитет, параметр шероховатости Ra 0,32 мкм. Маршрут обработки данных поверхностей: черновое точение, чистовое точение, закалка, черновое шлифование, чистовое шлифование, полирование.

Характеристики поверхностей 7, 12: цилиндр, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 0,32 мкм. Маршрут обработки данных поверхностей: черновое фрезерование, чистовое фрезерование, закалка, черновое шлифование, чистовое шлифование, полирование.

Характеристики поверхностей 8, 9: винтовая поверхность, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 0,32 мкм. Маршрут обработки данных поверхностей: черновое фрезерование, чистовое фрезерование, закалка, черновое шлифование, чистовое шлифование, полирование.

Характеристики поверхности 10: цилиндр, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 0,32 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: черновое фрезерование, чистовое фрезерование, закалка, черновое шлифование, чистовое шлифование, полирование.

Характеристики поверхности 13: цилиндр, точность 10 квалитет, параметр шероховатости Ra 0,32 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: черновое фрезерование, чистовое фрезерование, закалка, черновое шлифование, чистовое шлифование, полирование.

Характеристики поверхностей 16, 18: цилиндр внутренний, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данных поверхностей: сверление, закалка.

Характеристики поверхности 17: резьба, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: резьбонарезание, закалка.

Характеристики поверхности 19: плоскость, точность 12 квалитет, параметр шероховатости Ra 12,5 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: черновое точение, закалка.

Характеристики поверхности 20: плоскость внутренняя, точность 9 квалитет, параметр шероховатости Ra 3,2 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: черновое фрезерование, закалка.

Характеристики поверхности 21: плоскость внутренняя, точность 9 квалитет, параметр шероховатости Ra 3,2 мкм. Маршрут обработки данной поверхности: черновое фрезерование, закалка.

По известным маршрутам обработки поверхностей можно определить припуски на их обработку. Припуски на обработку для поверхностей, являющихся точными, определяются расчетно-аналитическим методом, что объясняется необходимостью обеспечить максимальную точность обработки [2]. Припуски на обработку не ответственных поверхностей назначаются с использованием статистических таблиц [21].

Выполняем расчет для поверхности диаметром $22f7\begin{matrix} -0,020 \\ -0,041 \end{matrix}$.

«Минимальный припуск определяется из выражения:

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

где a – глубина дефектного слоя, мм;

Δ – суммарные пространственные отклонения, мм;

ε – погрешность установки заготовки в приспособлении, мм;

i – текущий переход;

$i - 1$ – предыдущий переход» [21].

$$\ll z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,3 + \sqrt{0,225^2 + 0,025^2} = 0,526 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,053^2 + 0,025^2} = 0,259 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{\text{ТО}} + \sqrt{\Delta_{\text{ТО}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,033^2 + 0,012^2} = 0,285 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,09 + \sqrt{0,009^2 + 0,012^2} = 0,165 \text{ мм.} \gg [21].$$

«Максимальный припуск определяется из выражения:

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

где Td_{i-1} – операционный допуск на предыдущем переходе, мм.;

Td_i – операционный допуск на текущем переходе, мм» [21].

$$\begin{aligned} z_{1\ max} &= z_{1\ min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,526 + 0,5 \cdot (0,9 + 0,21) = \\ &= 1,078\ \text{мм}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{2\ max} &= z_{2\ min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,259 + 0,5 \cdot (0,21 + 0,084) = \\ &= 0,406\ \text{мм}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{3\ max} &= z_{3\ min} + 0,5 \cdot (Td_{\text{ТО}} + Td_3) = 0,285 + 0,5 \cdot (0,13 + 0,033) = \\ &= 0,367\ \text{мм}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{4\ max} &= z_{4\ min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,165 + 0,5 \cdot (0,033 + 0,021) = \\ &= 0,192\ \text{мм.} \end{aligned} \quad [21].$$

«Средний припуск определяется из выражения:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i\ max} + z_{i\ min}). \quad (8) \quad [21]$$

$$z_{\text{ср}1} = 0,5 \cdot (z_{1\ max} + z_{1\ min}) = 0,5 \cdot (1,078 + 0,526) = 0,802\ \text{мм}.$$

$$z_{\text{ср}2} = 0,5 \cdot (z_{2\ max} + z_{2\ min}) = 0,5 \cdot (0,406 + 0,259) = 0,333\ \text{мм}.$$

$$z_{\text{ср}3} = 0,5 \cdot (z_{3\ max} + z_{3\ min}) = 0,5 \cdot (0,367 + 0,285) = 0,326\ \text{мм}.$$

$$z_{\text{ср}4} = 0,5 \cdot (z_{4\ max} + z_{4\ min}) = 0,5 \cdot (0,192 + 0,165) = 0,178\ \text{мм} \quad [21].$$

Операционные размеры определяются с использованием выражений.

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)\ min} = d_{i\ min} + 2 \cdot z_{i\ min}. \quad (9) \quad [21]$$

«Для перехода предшествующего термическому переходу минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(\text{ТО}-1)\ min} = d_{(i-1)\ min} \cdot 0,999. \quad (10) \quad [21]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (11) \gg [21]$$

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$d_{i\text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{i\text{ max}} + d_{i\text{ min}}). \quad (12) \gg [21]$$

$$\ll d_{4min} = 21,959 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 21,980 \text{ мм.}$$

$$d_{4\text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (21,980 + 21,959) = 21,970 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 21,959 + 2 \cdot 0,165 = 22,289 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 22,289 + 0,033 = 22,322 \text{ мм.}$$

$$d_{3\text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (22,322 + 22,289) = 22,924 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO min}} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 22,289 + 2 \cdot 0,285 = 22,859 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO max}} = d_{\text{TO min}} + Td_{\text{TO}} = 22,859 + 0,033 = 22,322 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO cp}} = 0,5 \cdot (d_{\text{TO max}} + d_{\text{TO min}}) = 0,5(22,989 + 22,859) = 22,924 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{\text{TO min}} \cdot 0,999 = 22,859 \cdot 0,999 = 22,836 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 22,836 + 0,084 = 22,920 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (22,920 + 22,836) = 22,878 \text{ мм.}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 22,836 + 2 \cdot 0,259 = 23,354 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 23,354 + 0,210 = 23,564 \text{ мм.}$$

$$d_{1\text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (23,564 + 23,354) = 23,459 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 23,354 + 2 \cdot 0,526 = 24,616 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 24,616 + 0,9 = 25,516 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{ cp}} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(25,516 + 24,616) = 25,066 \text{ мм} \gg [21].$$

«Значение минимального общего припуска определяется по формуле:

$$2z_{min} = d_{0\text{ min}} - d_{4\text{ max}}. \quad (13) \gg [21]$$

$$2z_{min} = 25,516 - 21,98 = 3,536 \text{ мм.}$$

«Значение максимального общего припуска определяется по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (14) \gg [21]$$

$$2z_{max} = 3,536 + 0,9 + 0,021 = 4,457 \text{ мм.}$$

«Значение среднего общего припуска определяется по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (15) \gg [21]$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,536 + 4,457) = 3,997 \text{ мм.}$$

Определение припусков остальных поверхностей производится с использованием второго метода их определения. В соответствии с данной методикой минимальные статистические значения припусков определяются по таблицам [15], максимальные по формуле (7). В таблице 1 приведены результаты.

Таблица 1 – Припуски на обработку

Номер поверхности	Переход	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
2	1	2,5	3,515
7	1	0,25	0,43
	2	0,05	0,23
	3	0,005	0,185
8	1	1,2	1,32
	2	0,6	0,72
	3	0,008	0,128
9	1	1,2	1,32
	2	0,6	0,72
	3	0,008	0,128
10	1	1,2	1,32
	2	0,6	0,72
	3	0,008	0,128
12	1	0,25	0,43
	2	0,05	0,23
	3	0,005	0,185
13	1	0,25	0,43
	2	0,05	0,23
	3	0,005	0,185
15	1	2,5	3,515

Далее определяем характеристики заготовки, такие как, технологические напуски и допуски на размеры [4]. Далее путем прибавления припусков и напусков получаем требуемый диаметр проката. В данном случае принимаем прокат круглого сечения диаметром 25 мм нормальной точности.

2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали

Исходя из типа производства, технологический маршрут изготовления детали проектируется на основе типовых технологических процессов [8, 18] путем их модификации в зависимости от конструктивных особенностей детали. Маршрут изготовления формируется путем объединения в операции поверхностей с одинаковыми методами обработки. Количество и содержание операций формируется с учетом разработанных ранее маршрутов изготовления поверхностей, а также принципов концентрации переходов. Следует учитывать, что операция может состоять из нескольких установов. Это влияет на дальнейший выбор оборудования и средств технологического оснащения. С учетом высказанных рекомендаций формируем технологический маршрут изготовления в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Технологический маршрут изготовления подшипника

Номер операции	Наименование операции	Номера обрабатываемых поверхностей
005	Центровально-подрезная	1, 2, 14, 15
010	Токарная	4, 11, 19
015	Сверлильная	17, 18
020	Фрезерная	20, 21
025	Токарная	4, 11
030	Фрезерная	7, 8, 9, 10, 12, 13
035	Термическая	все
040	Правильная	в зависимости от результатов контроля
045	Центрошлифовальная	2, 14
050	Круглошлифовальная	6, 11
055	Круглошлифовальная	4
060	Круглошлифовальная	6, 11
065	Круглошлифовальная	4

Продолжение таблицы 2

Номер операция	Наименование операции	Номера обрабатываемых поверхностей
070	Шлифовальная	7, 8, 9, 10, 12, 13
075	Полировальная	6, 11
080	Полировальная	7, 8, 9, 10, 12, 13
085	Моечная	все
090	Контрольная	все

Приведенный в таблице 2 маршрут изготовления детали является основой для проектирования плана изготовления и маршрутной карты технологического процесса, представленной в приложении А.

План изготовления оформляется в виде графического документа по рекомендациям [20] и включает в себя все операции технологического процесса с указанием операционных эскизов, схем базирования, операционных размеров и технических требований на выполнение операций. Операционные эскизы должны отражать содержание операций с учетом используемых на операции установов. Схемы базирования необходимо разработать, основываясь на принципах единства и постоянства баз, а также рекомендаций [20]. Операционные размеры назначаются исходя из принятой на операции схемы базирования и средств оснащения их реализующих. Технические требования на выполнения операций зависят от характеристик оборудования и назначаются с применением рекомендаций [20]. План изготовления детали приведен в графической части работы.

2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса

Выбор средств оснащения технологического процесса задача многовариантная. Процедура выбора средств оснащения технологического процесса включает в себя выбор оборудования, станочных приспособлений, металлорежущего инструмента и средств контроля. Для упрощения решения данной задачи учтем особенности типа производства, которые заключаются в следующем. Используется оборудование, обеспечивающее максимальную

гибкость и возможность быстрой переналадки на выпуск новых деталей. Средства технологического оснащения применяются универсальные, стандартизированные и стандартные. Применение специальных средств технологического оснащения допускается в случае технической необходимости или возможности получения за счет этого экономического эффекта.

Кроме этого необходимо учесть, что используемое оборудование и средства технологического оснащения должны обеспечивать заданную точность обработки и реализацию схемы обработки. Режущий инструмент должен иметь необходимую стойкость, иметь возможность быстрой смены и обеспечивать быструю переналадку оборудования. Станочные приспособления в первую очередь должны реализовывать заданную схему базирования, обладать необходимым быстродействием, обеспечивать необходимое усилие закрепления и точность установки. Средства контроля должны обеспечить необходимую точность контрольных операций, контроль всех требуемых параметров и получение параметров контроля в том виде, который обеспечит использование информации для оценки хода технологического процесса.

Выбор моделей, наименований и типоразмеров средств оснащения технологического процесса будем производить с использованием рекомендаций [3, 10, 11, 12, 14, 16, 22].

Результаты выбора приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Выбор средств оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Инструменты	Станочные приспособления	Средства контроля
005 Центровально– подрезная	фрезерно- центровальный MP-75M	пластина твердосплавная ГОСТ 19052-80 T5K10, сверло центровальное 2317007 ГОСТ 14952-75 P6M5	тиски самоцентрирую щие специальные	штангенцирку ль ГОСТ166- 89, калибр

Продолжение таблицы 3

Операция	Оборудование	Инструменты	Станочные приспособления	Средства контроля
010 Токарная	токарно-винторезный 16К20Ф3	резец контурный ГОСТ18879-73 Т5К10	патрон трехкулачковый ГОСТ2675-80	штангенциркуль ГОСТ166-89
015 Сверлильная	сверлильный 2Н125Ф2	сверло Ø9,5 ГОСТ4010-77 Р6М5, метчик М10 ГОСТ3266-81 Р6М5	тиски самоцентрирующие специальные	калибр
020 Фрезерная	горизонтально-фрезерный 6Т82Г	фреза дисковая Ø80 ГОСТ 3964-69 Р6М5	тиски самоцентрирующие специальные	штангенциркуль ГОСТ166-89, калибр
025 Токарная	токарно-винторезный 16К20Ф3	резец контурный ГОСТ18879-73 Т30К4	патрон трехкулачковый ГОСТ2675-80	штангенциркуль ГОСТ166-89
030 Фрезерная	обрабатывающий центр HAAS DS-30SSY	фреза концевая R216.24-10050BCC16P GC1640 Sandvik, фреза концевая R216.53-08040RAL15G GC1620 Sandvik	патрон двухкулачковый ГОСТ24351-80	калибры
035 Термическая	печь			
040 Правильная	пресс правильный			
045 Центрошлифовальная	центрошлифовальный 3922	головка АГК ГОСТ2447-82	тиски самоцентрирующие специальные	калибры
050 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3А151	круг 1-500x45x305 23А46М8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	патрон поводковый ГОСТ2571-71	микрометр ГОСТ6507-90
055 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3А151	круг 1-500x45x305 23А46М8V30м/с1А ГОСТ52781-2007	патрон поводковый по ГОСТ2571-71	микрометр ГОСТ6507-90
060 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3А151	круг 1-500x45x305 24А60К7V35м/с1А	патрон ГОСТ2571-71	микрометр ГОСТ6507-90
065 Круглошлифов	круглошлифовальный 3А151	круг 1-500x45x305	патрон ГОСТ2571-71	микрометр ГОСТ6507-90

Продолжение таблицы 3

Операция	Оборудование	Инструменты	Станочные приспособления	Средства контроля
альная		24А60К7V35м/с1 А		
070 Шлифовальная	шлифовальный с ЧПУ LUREN LWT-2080	круг специальный 24А60К7V35м/с1 А	патрон двухкулачковый ГОСТ24351-80	калибры
075 Полировальная	полировальный 3890	лента полировальная Р400 ГОСТ 3647-2004	патрон ГОСТ2571-71	микрометр ГОСТ6507-90
080 Полировальная	ленточно-полировальный с ЧПУ IBS Sigma	лента полировальная Р400 ГОСТ 3647-2004	патрон двухкулачковый ГОСТ24351-80	калибры
085 Моечная	моечная машина			
090 Контрольная	контрольный стол			

Выбор средств оснащения технологического процесса является основой для проектирования технологических операций, так как определяет содержание операций, режимы выполнения операций и методы достижения точности. Полученные данные заносятся в технологическую документацию. В данном случае с учетом типа производства это маршрутная карта (приложение А), операционные карты на наиболее сложные и ответственные операции (приложение А). Кроме того результаты используются для проектирования технологических наладок на операции технологического процесса, представленные в графической части работы.

2.4 Проектирование технологических операций

Проектирование технологических операций включает в себя установление схемы выполнения операции, определение операционных размеров, назначение режимов резания и нормирование операций.

Проектирование операций производится с учетом обеспечения основных принципов базирования. Режимы резания назначаются с

применением статистических данных и эмпирических формул. Нормирование выполняется расчетным методом по технологическому процессу.

В ходе определения средств технологического обеспечения было принято решение использовать инструмент фирмы «Sandvik». В связи с этим режимы резания при проектировании операции 030 фрезерной также будем определять по каталогу данной фирмы [11], что позволит в полной мере использовать все преимущества применения данного инструмента.

Нормирование выполним в соответствии с принятыми рекомендациями по методике [17].

«Определение основного времени выполняется по формуле:

$$t_o = \sum t_{oi}, \quad (16)$$

где t_{oi} – основное время выполнения перехода обработки поверхности, мин» [17].

«Основное время выполнения перехода обработки поверхности определяется по формуле:

$$t_o = \frac{(L+l) \cdot i}{s \cdot n}, \quad (17)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности, мм.;

l – длина перебега и врезания, мм.;

i – количество рабочих ходов» [17].

Таблица 4 – Режимы резания и нормирование

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005	1	0,05	23	1600	10	0,13
	2	0,05	126	1600		
010	1	0,3	110	1600	435	0,91
	2	0,3	110	1600	70	0,15

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
015	1	0,15	34	1000	27	0,18
	2	1,5	9	250	24	0,07
020	1	0,1	90	360	52	0,12
025	1	0,15	110	1600	435	1,81
	2	0,15	110	1600	52	0,22
030	1	0,025	85	2700	792	2,93
	2	0,02	100	3980	1188	3,73
045	1	0,55	15	300	0,8	0,18
050	1	0,02	30	320	435	1,71
055	1	0,02	30	320	52	0,2
060	1	0,009	35	250	435	3,13
065	1	0,009	35	250	52	0,38
070	1	0,010	35	320	395	4,58
075	1		60	100	435	1,85
080	1		60	100	395	4,25

Окончательным результатом проектирования технологических операций является маршрутная карта (приложение А), операционные карты (приложение А), а также технологические наладки, приведенные в графической части работы.

В данном разделе решен комплекс технологических задач. Среди них, выбор метода получения заготовки и ее проектирование, проектирование маршрута и плана изготовления детали, выбор средств оснащения технологического процесса и проектирование технологических операций.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование самоцентрирующих тисков

Анализ ее структуры центrovально-подрезной операции показал, что один из путей снижения времени ее выполнения заключается в снижении вспомогательного времени за счет применения механизированного станочного приспособления. Стандартные механизированные станочные приспособления, способные реализовать теоретическую схему базирования отсутствуют, поэтому необходимо спроектировать специальное приспособление. Исходя из принятой схемы базирования на операции, приведенной на рисунке 2 и данных [7] принимаем тиски с рычажным зажимным механизмом. Для проектирования будем использовать методику и данные [7, 12].

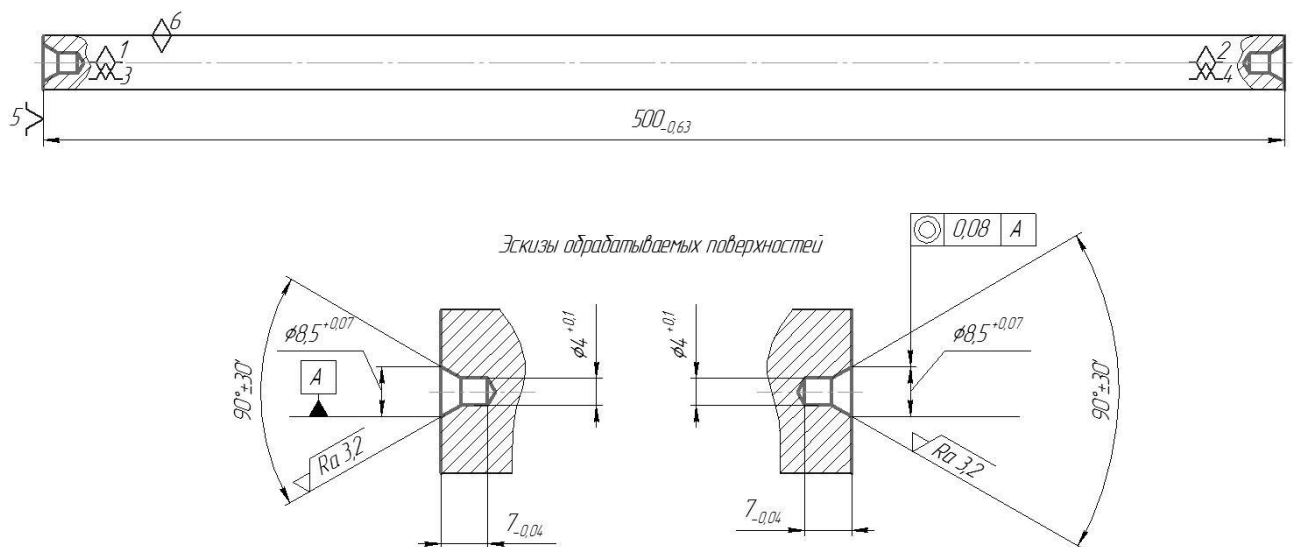


Рисунок 2 – Эскиз центrovально-подрезной операции

Исходные данные необходимые для проектирования принимаем из пункта 2 данной работы.

Методика расчета усилия закрепления основана на уравнивании моментов сил резания и закрепления. Из условия равенства данных моментов

выводится уравнение для определения искомого усилия закрепления. Для решения этой задачи необходимо определить силы резания, возникающие на данной операции.

«Силы резания при подрезании определяются по формуле:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (18)$$

где C_p , x , y , n – коэффициент и показатели степеней, характеризующие фактические условия выполнения операции;

t – глубина резания, мм;

S – подача инструмента, мм/об;

V – скорость резания, м/мин;

K_p – коэффициент условий обработки» [7].

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 8,5^{1,0} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 126^0 \cdot 0,89 = 1600 \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 125 \cdot 8,5^{0,9} \cdot 0,05^{0,6} \cdot 126^0 \cdot 0,89 = 1266 \text{ Н.}$$

$$P_x = 10 \cdot 67 \cdot 8,5^{1,2} \cdot 0,05^{0,65} \cdot 126^0 \cdot 0,89 = 1110 \text{ Н.}$$

При сверлении необходимо определить крутящий момент и осевую силу.

«Крутящий момент рассчитывается по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (19)$$

где C_m , q , y , K_p – поправочные коэффициенты и показатели степеней, которые учитывают условия проведения операции;

D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

S – продольная подача, мм/об» [7].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,345 \cdot 4,5^{2,0} \cdot 0,05^{0,8} \cdot 1,0 = 0,636 \text{ Н·м.}$$

«Осевая сила рассчитывается по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (20)$$

где C_p – поправочный коэффициент, который учитывает условия

проведения операции» [7].

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 4,5^{1,0} \cdot 0,05^{0,7} \cdot 1,0 = 376 \text{ Н.}$$

На переходе подрезания торца силы резания больше, поэтому дальнейшие расчеты ведем по данному переходу.

«Момент от составляющей силы резания P_Z определяется по формуле:

$$M_P = P_Z \cdot l, \quad (21)$$

где l – плечо приложения силы, мм» [7].

«Момент сил закрепления:

$$M_3 = W \cdot l_1, \quad (22)$$

где l_1 – плечо приложения силы закрепления, мм» [7].

Из условия равенства уравнений (21) и (22) выводим уравнение для определения усилия закрепления:

$$\ll W = \frac{P_Z \cdot l}{l_1} \cdot K, \quad (23)$$

где K – коэффициент, который учитывает фактические условия выполнения операции» [7].

$$W = \frac{1856 \cdot 10}{60} \cdot 2,2 = 681 \text{ Н.}$$

«Момент от составляющей силы резания P_Y определяется по формуле:

$$M_P = \frac{P_Y \cdot d_0}{2}, \quad (24)$$

где d_0 – обрабатываемый диаметр, мм» [7].

«Момент сил закрепления:

$$M_3 = 4 \cdot W \cdot f \cdot d_3, \quad (25)$$

где f – коэффициент трения на поверхности контакта зажимных элементов приспособления и технологической базы;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [7].

Из условия равенства уравнений (24) и (25) выводим уравнение для определения усилия закрепления:

$$\ll W = \frac{P_Y \cdot d_0}{8 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (26)$$

где K – коэффициент, который учитывает фактические условия выполнения операции» [7].

$$W = \frac{1266 \cdot 25}{8 \cdot 0,16 \cdot 25} \cdot 2,2 = 2176 \text{ Н.}$$

Из двух полученных значений усилия закрепления расчет ведем по наибольшему усилию, которое составляет 2176 Н.

«Расчетное усилие закрепления следует скорректировать исходя из формы зажимных элементов приспособления. В данном случае это призматические губки, поэтому усилие рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{изм}} = \frac{W}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (27)$$

где α – угол призм, град» [7].

$$W_{\text{изм}} = \frac{2176}{\sin 45^\circ} = 3078 \text{ Н.}$$

«Усилие с учетом трения в направляющих призм в процессе работы, учитывается формулой:

$$W_1 = \frac{W_{\text{изм}}}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (28)$$

где l – вылет призмы, мм;

H – длина направляющих призмы, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих призмы» [7].

$$W_1 = \frac{3078}{1 - \frac{3 \cdot 60}{75} \cdot 0,1} = 4050 \text{ Н.}$$

Исходя из принятой схемы базирования, проектируемое приспособление должно обеспечивать центрирование заготовки. Конструктивно это реализуется применением двух ползушек, тогда усилие на приводе с учетом особенностей рычажного зажимного механизма определяется по формуле:

$$\ll Q = \frac{2 \cdot W_1}{i}, \quad (29)$$

где i – отношение плеч» [7].

$$Q = \frac{2 \cdot 4050}{1,8} = 4500 \text{ Н.}$$

Механизацию процесса закрепления и создание усилия на приводе обеспечивает гидравлический привод. Основной элемент привода, создающий требуемое усилие – поршень, диаметр которого определяется по формуле:

$$\ll D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (30)$$

где d – диаметр штока, мм;

P – давление масла в гидросистеме, МПа» [12].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 4500}{2,5} + 25^2} = 56 \text{ мм.}$$

Согласно принятой методике проектирования, полученное значение следует округлить до ближайшего большего стандартного, что позволит использовать в конструкции приспособления стандартные гидроцилиндры

для создания требуемого усилия закрепления. В данном случае этот диаметр составляет 60 мм.

Точность проектируемого приспособления зависит от точности изготовления его элементов, которая определяется исходя из обеспечения условия:

$$\langle \varepsilon_{\text{пр}} \leq T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2}, \quad (31)$$

где T – допуск обрабатываемого размера, мм;

K_T – коэффициент поля рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

K_{T1} – коэффициент уменьшения погрешности базирования при работе на настроенном оборудовании;

ε_6 – погрешность базирования, мм;

ε_3 – погрешность закрепления, мм;

ε_y – погрешность установки, мм;

$\varepsilon_{\text{и}}$ – погрешность от износа установочных элементов, мм;

K_{T2} – коэффициент, учитывающий вклад погрешности обработки в суммарную погрешность;

ω – экономически эффективная точность обработки, мм» [12].

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

Точность звеньев назначается в зависимости от принятого метода обеспечения точности. Наиболее простым вариантом является метод равных допусков.

Приспособление представляет собой тиски, состоящие из ползушек, призм и корпуса, в который устанавливается рычажный зажимной механизм, приводимый в движение штоком гидроцилиндра, создающего усилие закрепления.

Принцип работы приспособления основан на преобразовании давления масла в механическую энергию. Подача масла в гидроцилиндр осуществляется через каналы. Конструкция спроектированных тисков приведена на листе графической части работы и в приложении Б.

3.2 Проектирование шлифовального круга

Анализ базового технологического процесса позволил выявить следующий его недостаток. На шлифовальной операции используется соответствующий требуемой точности обработки режущий инструмент. Однако, данный режущий инструмент является дорогостоящим, а стойкость его относительно невелика, что существенно удорожает данную операцию. Основной причиной этого является повышенная температура в зоне резания. Кроме снижения стойкости режущего инструмента повышенная температура может привести к появлению прижогов на обрабатываемой поверхности, что недопустимо. Проведя анализ имеющихся решений [3, 23], приходим к выводу, что наиболее эффективным путем решения данной проблемы будет применение конструкции круга реализующей прерывистое резание с одновременным подводом смазочно-охлаждающей жидкости непосредственно в зону резания. Спроектируем специальный режущий инструмент для шлифовальной операции. Проектирование производится по методике [23].

Принимаем следующие характеристики круга. «В качестве материала режущих зерен шлифовального круга выбираем белый электрокорунд с размером зерна 60. Твердость круга К, что соответствует средней степени твердости. Номер структуры 7. Связка V керамическая» [3].

Конструктивно реализация прерывистого шлифования предлагается обеспечить путем выполнения круга из сегментов, образующих пазы. Сегменты предлагается расположить под углом к режущей плоскости, что обеспечит безударное их вхождение в зону обработки. Оптимальным количеством сегментов, исходя из условий обработки и диаметра круга, будет

12 штук. Крепление сегментов к корпусу круга выполняется при помощи винтов. С целью обеспечения подвода смазочно-охлаждающей жидкости непосредственно в зону резания винты выполняются с полостями, которые являются каналами. Кроме того с целью увеличения стойкости круга предлагается пропитать режущие сегменты раствором мочевино-формальдегидной смолы и воды.

Круг данной конструкции имеет стойкость на 30% больше стандартного и пониженное на 15% количество прижогов.

Конструкция круга представлена на листе графической части работы и в спецификации приложения Б.

В данном разделе решены технические задачи, направленные на совершенствование технологии путем проектирования специальных средств оснащения для центровально-подрезной и шлифовальной операций.

Проектирование механизированного станочного приспособления позволило добиться снижения вспомогательного времени на центровально-подрезной операции.

Проектирование специального шлифовального круга позволило увеличить его стойкость и снизить количество брака из-за появления прижогов на обрабатываемых поверхностях.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

В работе рассмотрен технологический процесс изготовления шнека экструдера. В процессе изготовления детали выполняются следующие операции: центровально–подрезная, токарная, сверлильная, фрезерная, шлифовальная, полировальная и другие. Полный перечень операций приведен в таблице 2. В технологическом процессе участвуют операторы станков. Полный перечень оборудования, приспособлений и инструментов представлен в таблице 3.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Согласно приказа Минтруда № 776н «методы оценки уровня профессиональных рисков определяются работодателем с учетом характера своей деятельности и сложности выполняемых операций» [6].

В таблице 5 проведена идентификация профессиональных рисков, действующих на операторов станков.

Таблица 5 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
фрезерно-центровальный МР-75М, токарно-винторезный 16К20Ф3, сверлильный 2Н125Ф2, горизонтально-фрезерный 6Т82Г, обрабатывающий центр HAAS DS-30SSY, центрошлифовальный 3922, круглошлифовальный 3А151, ЧПУ LUREN LWT-2080, полировальный 3890,	«груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту» [6]	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [6]
	«транспортное средство, в том числе погрузчик» [6]	«движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [6]

Продолжение таблицы 5

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
ленточно-полировальный с ЧПУ IBS Sigma	«подвижные части машин и механизмов» [6]	«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [6]
	«воздействие на кожные покровы смазочных масел» [6]	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [6]
	материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [6]
	«повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [6]	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [6]
	«воздействие общей вибрации» [6]	«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [6]
	«физические перегрузки» [6]	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [6]
	«электрический ток» [6]	«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [6]

Таким образом, можно сделать вывод, что операторы станков подвергаются воздействию опасных и вредных производственных факторов физического, химического и психофизиологического воздействия, что приводит к возникновению соответствующих профессиональных рисков.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Разработаем методы и средства снижения профессиональных рисков на основе 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» (таблица 6).

Таблица 6 - Методы и средства снижения профессиональных рисков

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказ Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	«издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда» [6]	использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда
транспортное средство, в том числе погрузчик	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [6]	«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» [6]
подвижные части машин и механизмов	устройство ограждений элементов	использование блокировочных устройств,

Продолжение таблицы 6

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказ Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
	«производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [6]	«применение средств индивидуальной защиты, специальных рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [6]
воздействие на кожные покровы смазочных масел	«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» [6]	«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» [6]
материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	«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» [6]	«применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [6]
повышенный уровень шума	обеспечение работников,	применение

Продолжение таблицы 6

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
и другие неблагоприятные характеристики шума	«занятым 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» [6]	«звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [6]
воздействие общей вибрации (колебания всего тела, передающиеся с рабочего места).	«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» [6]	«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» [6]
физические перегрузки	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [6]	«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» [6]

Приведенные в таблице 6 мероприятия выполнены на основе действующих нормативных документов и позволяют эффективно снизить профессиональные риски, воздействующие на работников, выполняющих технологический процесс изготовления шнека экструдера.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Характеристика производственного корпуса по пожароопасности представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика производственного корпуса

Характеристика	Показатель
категория по взрыво и пожаробезопасности	пожароопасное
степень огнестойкости зданий и сооружений	из несгораемых
класс помещения в зависимости от окружающей среды	сухое
класс помещения по степени опасности поражения электрическим током	с повышенной опасностью

По виду горючего материала возможные пожары относятся к классу D пожары, связанные с воспламенением и горением металлов. Учтем это при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса.

«К основным опасным факторам возможного пожара в данном случае относятся: 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). К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся: образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования,

произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества; вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; негативные термохимические воздействия, используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей» [6].

В таблице 8 представлены средства обеспечения пожарной безопасности. Индивидуальные средства защиты для операторов станков не предусмотрено действующими нормативными документами.

Таблица 8 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
огнетушители: – ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100.	мотопомпа пожарная Shibaura	пожарный извещатель ИП-212-141	пожарный щит класса ЩП-А	оповещатель охранно-пожарный звуковой Маяк-220, программно-аппаратный комплекс «Стрелец-мониторинг»

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

Основными негативными факторами, оказывающими антропогенное воздействие при выполнении технологического процесса, в данном случае являются выбросы в сточные воды и выбросы в землю. Выбросы в атмосферу при выполнении данного технологического процесса проявляются в виде образования незначительного количества паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли, поэтому данными выбросами можно пренебречь.

Сточные воды, образующиеся вследствие выполнения технологического процесса, включают в свой состав масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и мелкой стружки. В качестве отходов, попадание которых возможно в землю, образуются металлический лом, стружка, мусор промышленный, обработанные масла и смазочно-охлаждающие жидкости.

ГОСТ Р 53692–2009 определяет основные этапы процедуры по сбору, обезвреживанию, транспортировке, размещению, утилизации опасных промышленных отходов [6]. В случае аварийной ситуации для работников и населения, находящегося в пределах воздействия вредных химических веществ необходимо применение средств индивидуальной защиты органов дыхания. В целом «возможные причины возникновения и развития аварийных ситуаций условно можно разделить на три группы: отказы оборудования, ошибочные действия работников, внешние воздействия природного и техногенного характера» [6].

В разделе проведен анализ профессиональных рисков, воздействующих на работников, выполняющих технологический процесс изготовления шнека экструдера, представлены мероприятия по снижению рисков, выполненные на основе действующих нормативных документов, проведен анализ пожарной и экологической безопасности техпроцесса.

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 3).

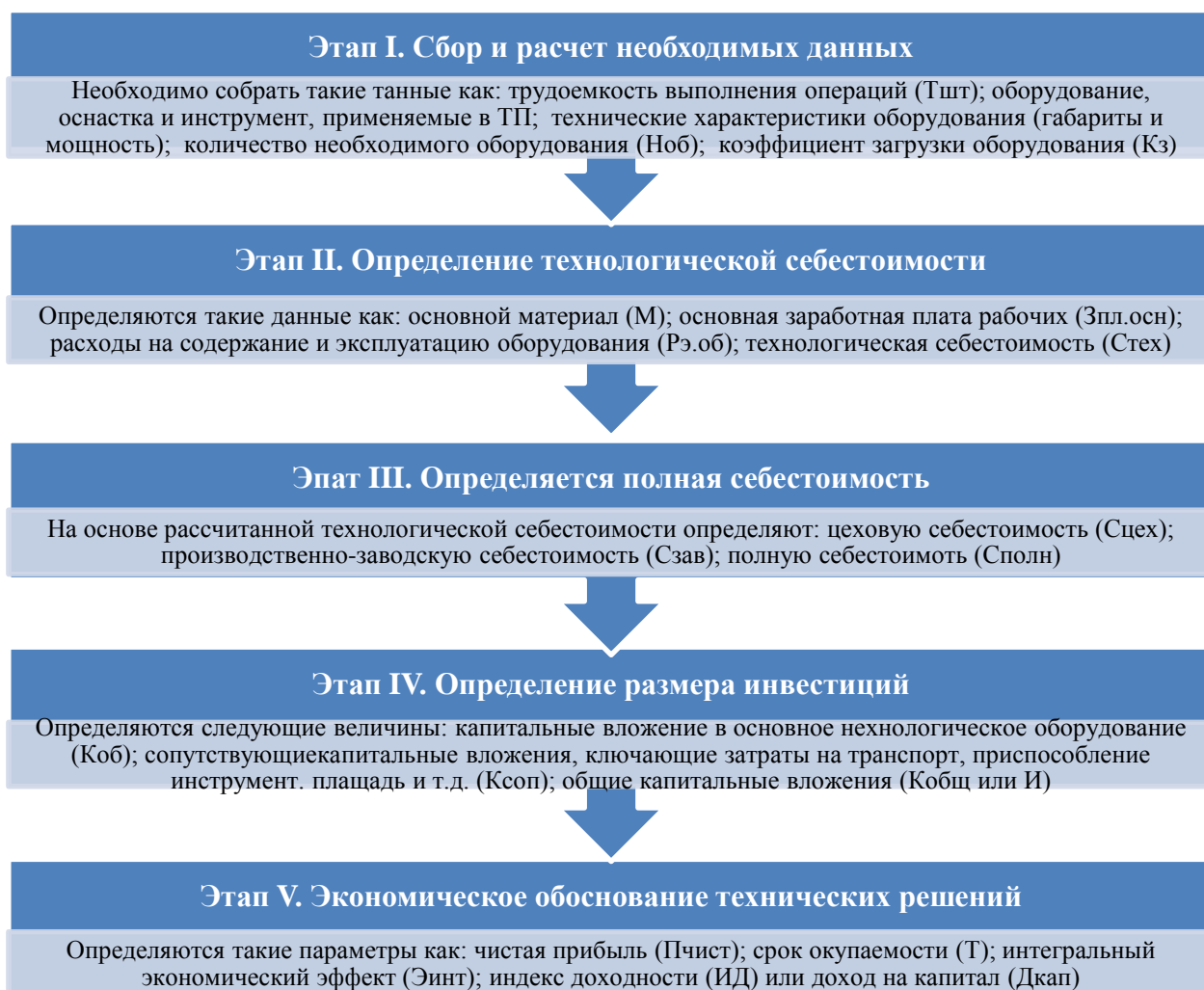


Рисунок 3 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 3, 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 [13].

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 4.

<p align="center">Базовый вариант технологического процесса 005 и 060 операций</p>	<p align="center">Проектный вариант технологического процесса 005 и 060 операций</p>
<p>•Операция 005:</p> <ul style="list-style-type: none"> •<u>Оборудование</u> – центровально-подрезной станок, модель МР-75М •<u>Оснастка</u> – тиски ручные. •<u>Инструмент</u>: платина Т5К10; сверло центровочное Р6М5. •<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 1,54 мин, То = 0,13 мин <p>•Операция 060:</p> <ul style="list-style-type: none"> •<u>Оборудование</u> – круглошлифовальный станок, модель 3А151 •<u>Оснастка</u> – центра ГОСТ 8740-75, патрон поводковый ГОСТ 2571-71. •<u>Инструмент</u> – круг шлифовальный, 24А60К7V. •<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 5,24 мин, То = 4,46 мин 	<p>•Операция 005:</p> <ul style="list-style-type: none"> •<u>Оборудование</u> – центровально-подрезной станок, модель МР-75М •<u>Оснастка</u> – тиски механизированные. •<u>Инструмент</u>: платина Т5К10; сверло центровочное Р6М5. •<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 0,85 мин, То = 0,13 мин <p>•Операция 060:</p> <ul style="list-style-type: none"> •<u>Оборудование</u> – круглошлифовальный станок, модель 3А151 •<u>Оснастка</u> – центра ГОСТ 8740-75, патрон поводковый ГОСТ 2571-71. •<u>Инструмент</u> – круг шлифовальный с канавками и внутренним подводом СОЖ, 24А60К7V. •<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 3,91 мин, То = 3,13 мин

Рисунок 4 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 4, 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 5.

Анализируя рисунок 5 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 23,95%.

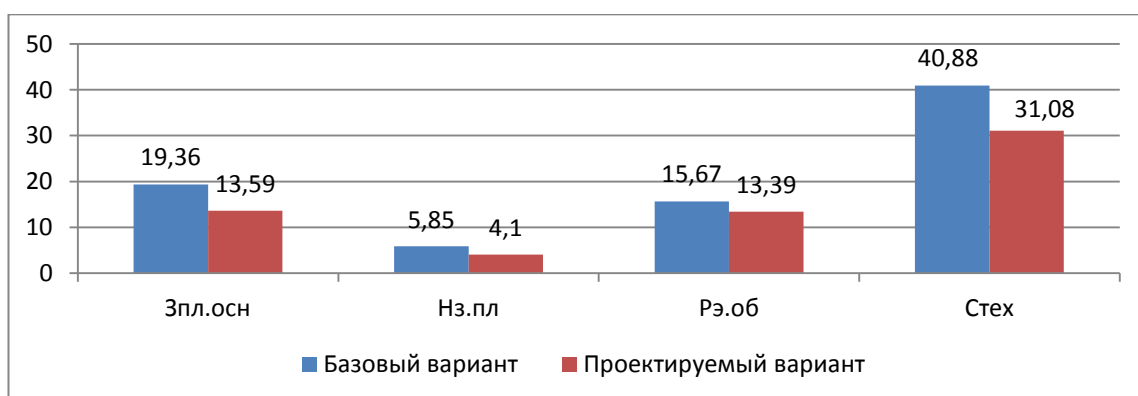


Рисунок 5 – Формирование технологической себестоимости 005 и 060 операций по вариантам, руб.

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 6. 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.

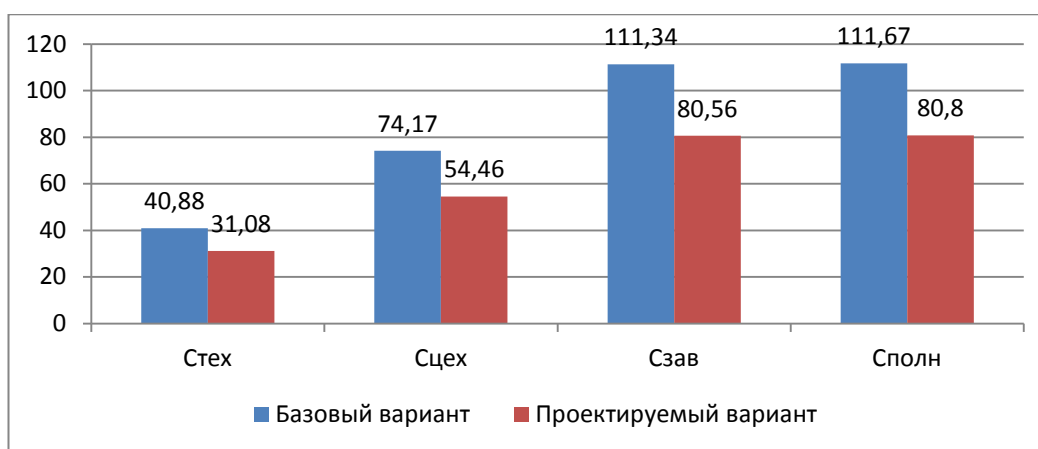


Рисунок 6 – Формирование полной себестоимости 005 и 060 операций по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 6, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость 005 и 060 операций проектируемого процесса уменьшилась на 30,87 рубля, что составляет 27,64%.

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 7.

Как видно из рисунка 7, инвестиции потребуются на: проектирование ($Z_{ПР}$), приспособление ($K_{ПР}$) и инструмент ($K_{И}$). Учитывая размеры

перечисленных параметров, общий объем инвестиций (I) составит 84358,4 рублей.

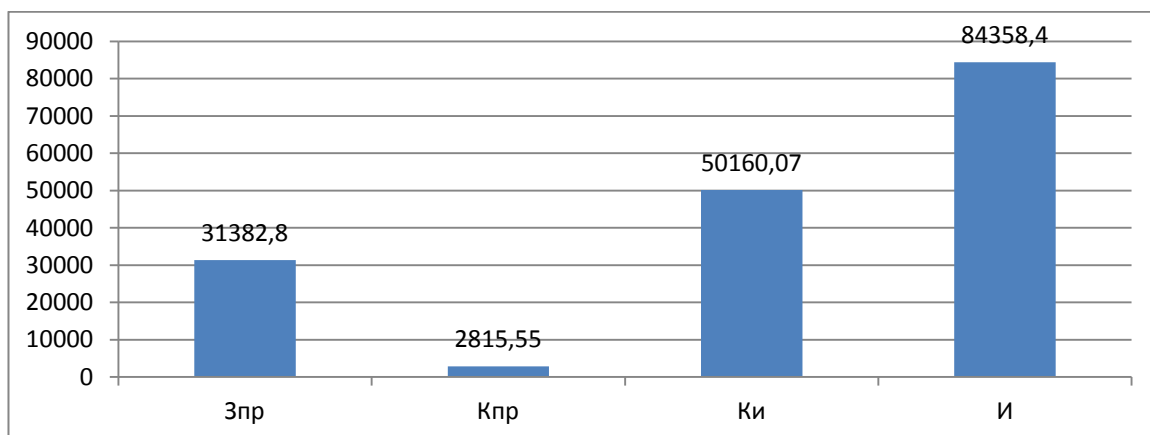


Рисунок 7 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных 005 и 060 операций, руб.

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 3 (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 12391,4 рубля при 2 годах окупаемости инвестиций. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

В данном разделе приведены результаты расчета экономических показателей спроектированного техпроцесса.

Заключение

Результатом выполнения данной выпускной квалификационной работы является технологический процесс изготовления шнека экструдера, который обеспечит выпуск заданного количества деталей с минимальными затратами при условии обеспечения необходимого качества изготовления в установленные сроки в условиях среднесерийного типа производства.

В ходе работы был произведен анализ функций и условий эксплуатации детали, а также анализ детали на технологичность. В результате были выявлены основные эксплуатационные и конструктивные особенности детали, определен тип производства и его основные характеристики, что позволило сформулировать основные задачи работы, которые в дальнейшем были успешно решены.

В ходе решения технологических задач были произведены выбор метода получения заготовки и ее проектирование, проектирование маршрута и плана изготовления детали, выбор средств оснащения технологического процесса и проектирование технологических операций. Следует отметить, что в ходе решения данных задач применялись типовые решения. Такой подход соответствует среднесерийному типу производства и позволяет получить более качественные технологические решения.

Решение технических задач, направленных на совершенствование технологии путем проектирования специальных средств оснащения для центровально-подрезной и шлифовальной операций, позволили повысить их техническую эффективность.

Затем решены задачи, связанные с обеспечением производственной, экологической и пожарной безопасности при выполнении спроектированного технологического процесса.

В заключении произведены расчеты экономических показателей спроектированного техпроцесса, отражающие результаты проектирования и предлагаемых технических изменений.

Список используемых источников

1. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения : учебник / А.М. Антимонов. – 2–е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 176 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143717> (дата обращения: 11.03.2022).

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: 15.03.2022).

3. 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.

4. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно–методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. – 203 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 08.03.2022).

5. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.

6. 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.

7. 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: 29.03.2022).

8. Зубарев Ю.М. Технология автоматизированного машиностроения. Проектирование и разработка технологических процессов : учебное пособие для вузов / Ю.М. Зубарев, А.В. Приемышев, В.Г. Юрьев. – 2–е изд., стер. –

Санкт–Петербург : Лань, 2021. –312 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/156390> (дата обращения: 20.03.2022).

9. 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: 05.03.2022).

10.Каталог продукции «haascnc». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.int.haascnc.com> (дата обращения: 18.05.2022).

11.Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 18.05.2022).

12.Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА–М, 2019. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 28.04.2022).

13.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: 06.05.2022).

14.Макаров В.Ф. Выбор абразивных инструментов и режимов резания для высокоэффективного шлифования заготовок : учебное пособие / В.Ф. Макаров. – Пермь : ПНИПУ, 2011. – 231 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160502> (дата обращения: 15.03.2022).

15.Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5–е изд., стер. – Санкт–Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 18.03.2022).

16. Мещерякова В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. – Москва : ИНФРА–М , 2017. – 336 с.

17.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: 29.03.2022).

18. Основы технологии машиностроения: учебник / В. В. Клепиков [и др.]. – Москва : ИНФРА–М, 2017. – 295 с.

19. 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: 05.03.2022).

20. 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: 18.03.2022).

21. 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.

22. 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.

23. Стратиевский И. Х. Абразивная обработка: справочник / И. Х. Стратиевский, В. Г. Юрьев, Ю. М. Зубарев. – Москва : Машиностроение, 2012. – 352 с.

24. Химический состав и физико–механические свойства стали 38Х2МЮА [Электронный ресурс]. – URL: https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stj/38x2mya? (дата обращения: 06.03.2022).

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

<i>Диз.</i>																
<i>Взам.</i>																
<i>Подп.</i>																
<i>Разработал</i>	<i>Сутягин</i>					ТГУ кафедра ОТМП										
<i>Проверил</i>	<i>Козлов</i>															
<i>Утвердил</i>	<i>Логинов</i>					<i>Шнек</i>										
<i>Н. контр.</i>	<i>Козлов</i>															
М01	<i>Сталь 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71</i>															
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. раск.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	МЭ			
		166	0,79	1		0,41	095002	φ25x506				1	194			
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
А03	XX	XX	XX	000	<i>Заготовительная</i>											
Б04	<i>Ленточно-пильный 8Б450Д</i>															
05																
А06	XX	XX	XX	005	<i>4269 Центральна-подрезная</i>											
Б07	38	163	1		<i>Центральна-подрезной МР-75МЗ 17845 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,85</i>											
Q 08	<i>Обработать поверхности 1, 2, 14, 15 в размер φ4_{0,07}, 500_{0,63}.</i>															
Т 09	<i>396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 392104 Пластина твердосплавная ГОСТ19052-80 Т5К10;</i>															
Т 10	<i>391267 Сверло центровачное А4 ГОСТ14952-80 Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ166-89;</i>															
Т 11	<i>393400 Калибры.</i>															
12																
А 13	XX	XX	XX	010	<i>4110 Токарная</i>											
Б 14	38	110	1		<i>Токарный 16К20Ф3 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 1,76</i>											
Q 15	<i>Точить Установ А поверхность 11 в размер φ23,564_{0,24}; Установ Б поверхности 4, 5, 19 в размер</i>															
Q 16	<i>φ23,564_{0,24}; φ18_{0,18}; 428_{0,63}; 445_{0,63}.</i>															
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	Кит
Т 19	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 392101 Резец контурный														
Т 20	Т5К10 ГОСТ18879-73; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ166-89.														
21															
А 22	XX XX XX 015 4120 Сверлильная														
Б 23	381210 Сверлильный с ЧПУ 2Н125Ф2 3 17335 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,94														
О 24	Сверлить, нарезать резьбу поверхность 10 в размер М10 ^{+0,07} , 58,5 ^{+0,3} , 478 ^{+0,3} , 475 ^{+0,3} .														
Т 25	396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 391213 Сверло ϕ 9,5 ГОСТ4010-77 Р6М5; 391311 Метчик														
Т 26	М10 ГОСТ3266-81 Р6М5; 393400 Калибры.														
27															
А 28	XX XX XX 020 4262 Фрезерная														
Б 29	381631 Горизонтально-фрезерный 6Т82Г 3 18632 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,73														
О 30	Фрезеровать поверхности 20, 21 в размеры 7 _{0,1} , 8 ^{+0,036} , R40 _{0,1} .														
Т 31	396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 391833 Фреза дисковая Р6М5 ϕ 80 ГОСТ 3964-69 Р6М5;														
Т 32	391833 Фреза дисковая Р6М5 ϕ 80 ГОСТ 3964-69 Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ166-89;														
Т 33	393400 Калибры.														
34															
А 35	XX XX XX 025 4110 Токарная														
Б 36	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 2,54														
О 37	Точить Установка поверхность 11 в размер ϕ 22,92 _{0,08} ; УстановкаБ поверхность 4 в размер ϕ 22,92 _{0,08} .														
Т 38	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 392101 Резец контурный														
Т 39	Т30К4 ГОСТ18879-73; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ166-89.														
40															
А 41	XX XX XX 030 4260 Фрезерная														
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	Кит
Б 42					381210 Фрезерный с ЧПУ HaasDS-30SSY 3	17335	422	1Р	1	1	1	1200	1		8,33
О 43					Фрезеровать поверхности 7, 8, 9, 10, 12, 13 в размеры $\phi 13,696_{0,18}$, $\phi 18,33_{0,07}$, 400 _{0,57} , 330 _{0,57} , 102 _{0,14}										
О 44					17415 _{0,18} , 5,696 _{0,12} , 6,696 _{0,12} , 7,696 _{0,12}										
Т 45					396100 Патрон 2-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392841 Центр ГОСТ 8740-75; 391822 Фреза концевая										
Т 46					R216.24-10050BCC16P GC1640 Sandvik; 391822 Фреза концевая R216.53-0804ORAL 15G GC1620 Sandvik;										
Т 47					393400 Калибры.										
48															
А 49					XX XX XX 035 Термическая										
50															
А 51					XX XX XX 040 Правильная										
52															
А 53					XX XX XX 045 4142 Центрошлифовальная										
Б 54					381317 Центрошлифовальный 3922	3	18873	422	1Р	1	1	1200	1		0,88
О 55					Шлифовать поверхности 2, 14 в размер $\phi 4,5^{+0,011}$										
Т 56					396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 397120 Головка шлифовальный АГК ГОСТ 2447-82;										
Т 57					393120 Калибры.										
58															
А 59					XX XX XX 050 4131 Круглошлифовальная										
Б 60					381311 Круглошлифовальный 3А151А	3	18873	422	1Р	1	1	1200	1		2,14
О 61					Шлифовать поверхности 6, 11 в размеры $\phi 22,322_{0,033}$										
Т 62					396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 39810 Круг шлифовальный										
Т 63					1-500x45x305 23A46M8V 30M/c1A ГОСТ 52781-2007; 393413 Микрометр МР-50 ГОСТ 6507-90.										
64															
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	Кит	Тпрз	Тшт				
А 65					XX XX XX 055 4131 Круглошлифовальная																
Б 66					381311 Круглошлифовальный 3А151А	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1						0,9	
О 67					Шлифовать поверхность 4 в размер $\phi 22,322_{0,033}$.																
Т 68					396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 39810 Круг шлифовальный																
Т 69					1-500x45x305 23А46М8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007; 393413 Микрометр МР-50 ГОСТ 6507-90.																
70																					
А 71					XX XX XX 060 4131 Круглошлифовальная																
Б 72					381311 Круглошлифовальный 3А151А	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1							3,91
О 73					Шлифовать поверхности 6, 11 в размеры $\phi 21,98_{0,021}$.																
Т 74					396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 39810 Круг шлифовальный																
Т 75					1-500x45x305 24А60К7V 35м/с1А ГОСТ52781-2007; 393413 Микрометр МР-50 ГОСТ 6507-90.																
76																					
А 77					XX XX XX 065 4131 Круглошлифовальная																
Б 78					381311 Круглошлифовальный 3А151А	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1							1,1
О 79					Шлифовать поверхность 4 в размер $\phi 21,98_{0,021}$.																
Т 80					396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 39810 Круг шлифовальный																
Т 81					1-500x45x305 24А60К7V 35м/с1А ГОСТ52781-2007; 393413 Микрометр МР-50 ГОСТ 6507-90.																
82																					
А 83					XX XX XX 070 4131 Шлифовальная																
Б 84					381311 Шлифовальный LUREN LWT-2080	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1							5,73
О 85					Шлифовать поверхности 7, 8, 9, 10, 12, 13 в размеры $\phi 13,326_{0,10}$, $\phi 17,96_{0,07}$, 400 _{0,57} , 330 _{0,57} , 102 _{0,14}.}																
О 86					17,185 _{0,10} , 4,256 _{0,12} , 5,256 _{0,12} , 6,256 _{0,12} .																
Т 87					396100 Патрон 2-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392841 Центр ГОСТ 8740-75; 39810 Круг шлифовальный																
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	Кит
Т 88	<i>специальный 24А60К7V 35м/с1А ГОСТ52781-2007; 393400 Калибры.</i>														
89															
А 90	<i>XX XX XX 075 4191 Полировальная</i>														
Б 91	<i>381337 Полировальный ДШ-99 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 2,31</i>														
О 92	<i>Полировать поверхности 6, 11 в размер $\phi 21,98_{0,024}$.</i>														
Т 93	<i>396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 397110 Лента полировальная</i>														
Т 94	<i>Р400 ГОСТ 3647-2004; 393413 Микрометр МР-50 ГОСТ 6507-90.</i>														
95															
А 96	<i>XX XX XX 080 4191 Полировальная</i>														
Б 97	<i>381337 Полировальный с XGE IBS Sigma 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 5,31</i>														
О 98	<i>Полировать поверхности 7, 8, 9, 10, 12, 13 в размеры $\phi 12_{0,18}$, $\phi 17,5_{0,07}$, $400_{0,57}$, $330_{0,57}$, $102_{0,14}$,</i>														
О 99	<i>$17_{0,18}$, $4_{0,12}$, $5_{0,12}$, $6_{0,12}$.</i>														
Т 100	<i>396100 Патрон 2-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392841 Центр ГОСТ 8740-75; 397110 Лента</i>														
Т 101	<i>полировальная Р400 ГОСТ 3647-2004; 393400 Калибры.</i>														
102															
А 103	<i>XX XX XX 085 Моющая</i>														
104															
А 105	<i>XX XX XX 090 Контрольная</i>														
106															
107															
108															
109															
110															
МК															

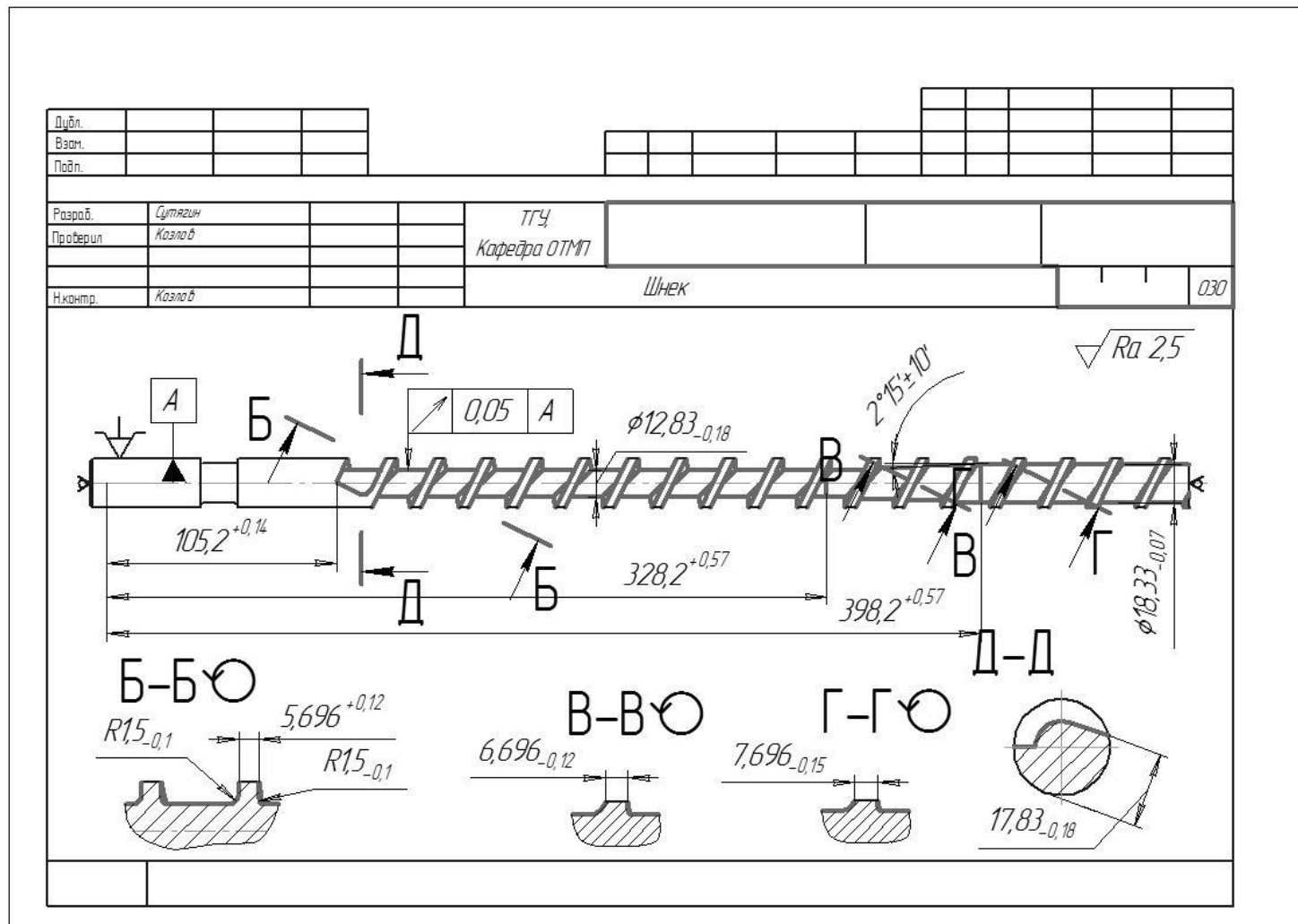
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 3.118-82		Форм 1		
Дубл.														
Взам.														
Подп.														
Разраб.	Сутягин			ТГУ										
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП										
Н.контр.	Козлов				Шнек					Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	005
Наименование операции		Материал			Твердость	EB	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
Центрально-подрезная		Сталь 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71			НВ 160	166	0,79	φ25х506			1,94	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			Т _а	Т _б	Т _в	Т _{шт}	СОЖ					
MP-75M					0,13			0,85	Ужинол-1					
		п	и	л	и	в	л	т	и	с	п	в		
01	1. Установить заготовку													
Т ₀₂	396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 392104 Пластина твердосплавная ГОСТ 19052-80 Т5К10													
Т ₀₃	391267 Сверло центровочное А4 ГОСТ 14952-80 Р6М5.													
04	2. Обработать поверхности выдерживая размеры согласно эскиза													
Р ₀₅		1					4,25		0,05	1600	126			
06	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.													
07														
08														
09														
10														
11														

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



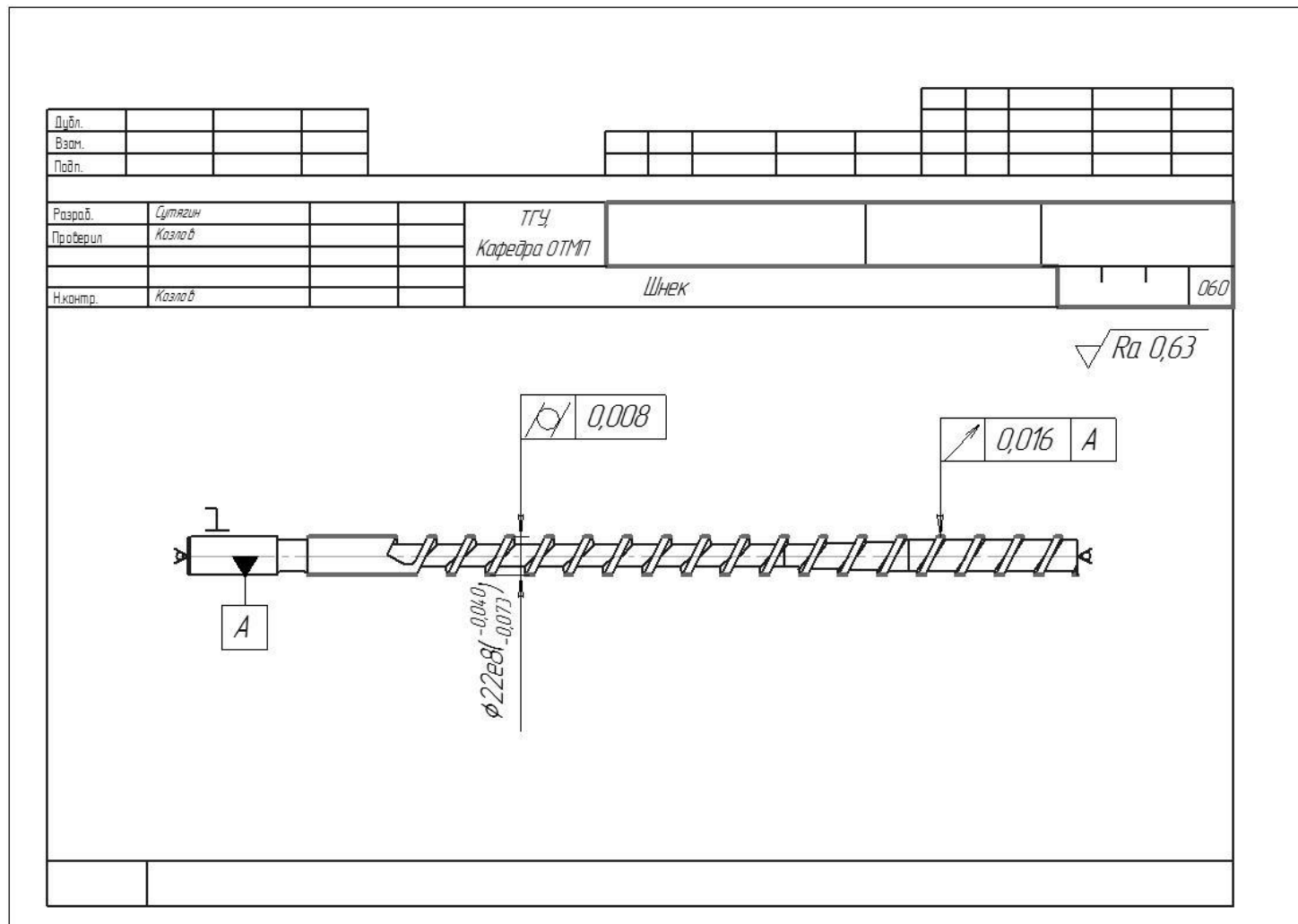
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 2.118-82		Форм 1		
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
Разраб.	Сутягин			ТГУ										
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП										
Н.контр.	Козлов				Шнек					Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	030
Наименование операции		Материал			Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			M3	КОИД		
Фрезерная		Сталь 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71			НВ 160	166	0,79	φ25х506			1,94	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			Тa	Тb	Твz	Тшт	СОЖ					
Haas DS-30SSY					6,66			8,33	Ужидол-1					
			пи	о или в	L	f	i	s	п	v				
01	1. Установить заготовку													
T ₀₂	396100 Патрон 2-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392841 Центр ГОСТ 8740-79; 391822 Фреза концевая													
T ₀₃	R216.24-10050BCC16P GC1640 Sandvik; 391822 Фреза концевая R216.53-0804 ORAL 15G GC1620 Sandvik.													
04	2. Фрезеровать поверхности выдерживая размеры согласно эскиза													
P ₀₅		1					4,6		0,025	2700	100			
P ₀₆		2					0,3		0,02	3980	85			
07	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.													
08														
09														
10														
11														

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 2.118-82		Форм 1		
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
Разраб.	Сутягин			ТГУ										
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП										
Н.контр.	Козлов				Шнек					Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	060
Наименование операции		Материал			Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			M3	КОИД		
Шлифовальная		Сталь 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71			HВ 160	166	0,79	φ25х506			1,94	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			Тa	Тb	Твz	Тшт	СОЖ					
ЗА 151А					3,13			3,91	Ужидол-1					
			пи	о или в	l	f	i	s	п	v				
01	1. Установить заготовку													
Т.02	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392841 Центр ГОСТ 8742-75; 39810 Круг шлифовальный													
Т.03	1-500х45х305 24А60К7V 35м/с1А ГОСТ 52781-2007.													
04	2. Фрезеровать поверхности выдерживая размеры согласно эскиза													
Р.05	1 0,009 250 35													
06	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.													
07														
08														
09														
10														
11														

