

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 рулевой рейки

Обучающийся

Н.С. Родионов

(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 рулевой рейки. Данная тема является актуальной, что объясняется изменением производственных условий при переходе с крупносерийного на среднесерийный тип производства. Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка такого технологического процесса изготовления рулевой рейки, 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 66 страниц и графической части, состоящей из 7 листов формата А 1.

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. Такие как, 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	11
2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование.....	11
2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали.....	17
2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса	19
2.4 Проектирование технологических операций.....	23
3 Проектирование специальных средств оснащения	27
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	27
3.2 Проектирование червячной фрезы.....	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта	36
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков	36
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	41
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта.....	43
Заключение	49
Список используемых источников.....	50
Приложение А Технологическая документация.....	53
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	65

Введение

Рулевое управление современных автомобилей представляет собой сложный механизм, в основу которого чаще всего положена реечная передача. Это объясняется рядом преимуществ такого механизма. Он обладает высоким быстродействием, что объясняется небольшим количеством, входящим в него элементов и точек их сопряжения. Вес механизма относительно небольшой, что положительно влияет на эксплуатационные характеристики. Ремонтопригодность узла достаточно высока, что объясняется простотой его конструкции. Реечный механизм обеспечивает хорошую управляемость автомобиля, что непосредственно влияет на безопасность движения. Рассматриваемая в данной работе рейка является частью рулевого механизма. Рейка достаточно простая по конструкции, но при этом требовательна к качеству изготовления поверхностей, 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. Большинство типовых технологических процессов рассчитаны на гораздо большие объемы выпуска изделий, что снижает их экономическую эффективность в заданных условиях. Поэтому при проектировании технологии изготовления рейки 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 рулевой рейки, 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

«Рулевая рейка применяется в рулевом механизме автомобиля для преобразования вращательного движения шестерни, установленной на рулевой вал в поступательное движение, передаваемое на рулевые тяги» [5].

Рейка эксплуатируется в корпусе механизма, поэтому воздействие внешней окружающей среды минимально. Наиболее вероятно воздействие колебания температуры окружающей среды. В случае если рейка будет работать в условиях пониженных или повышенных температур это может привести к ее преждевременному износу и выходу из строя. Нагрузки, возникающие при эксплуатации, как правило, являются расчетными и не оказывают серьезного влияния на состояние рейки в пределах установленного срока эксплуатации. Однако, условия эксплуатации могут сильно отличаться в зависимости от состояния дорожного покрытия по которому перемещается автомобиль. Нагрузки, возникающие при этом, также могут существенно отличаться по природе своего происхождения, величине и направлению приложения. В том числе возможно воздействие вибрационных нагрузок различных частот и ударных нагрузок. «Конструктивные особенности рулевого механизма могут привести к увеличению теплового зазора или нарушению стопорения болтов тяг. В результате чего может возрасти момент сопротивления вращению выше допустимого, и как следствие этого произойдет разрушение зубьев рейки и выходу ее из строя» [5]. В наихудшем случае на рейку могут воздействовать сразу несколько указанных выше негативных факторов.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что рейка 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 50. «Химический состав: углерод от 0,47% до 0,55%, кремний 0,17% до 0,37%, марганец 0,5% до 0,8%, медь не более 0,25%, мышьяк не более 0,08%, никель не более 0,25%, сера не более 0,04%, фосфор не более 0,035%, хром не более 0,25%» [22]. «Механические свойства: предел прочности 800 МПа, предел текучести 550 МПа, относительное удлинение 55%, относительное сужение 18%, твердость 230 НВ» [22]. Приведенные характеристики материала детали позволяют сделать следующие выводы. Материал полностью отвечает служебному назначению детали, так как обладает соответствующими механическими характеристиками. С точки зрения механической обработки данные характеристики материала являются приемлемыми, и для достижения высокой точности обработки не требуется применения дорогостоящих специальных методов обработки. При назначении метода получения заготовки следует учитывать, что данный материал хорошо подвергается пластической деформации.

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 зубьев, лысок, вдоль поверхности зубьев, выполненных под углом, а также радиальных отверстий. Данные элементы с точки зрения их получения

являются не технологичными, так как требуют большого количества переходов механической обработки и трудоемки в получении. Однако, данные элементы являются важными для выполнения детали ее служебного назначения и не могут быть удалены из конструкции или заменены на другие более технологичные.

Оценка точности поверхностей детали и соответствие данной точности их служебному назначению основана на классификации поверхностей по служебному назначению [15]. На рисунке 1 представлен эскиз детали и пронумерованы все ее поверхности. «В соответствии с принятой методикой, основными конструкторскими базами являются поверхности 5, 6, вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности 10, 11, 12, 19, 20, исполнительными поверхностями 18, 19, 20, все оставшиеся поверхности являются свободными» [15]. Из классификации следует, что точность поверхностей отвечает их служебному назначению и ее изменение не целесообразно.

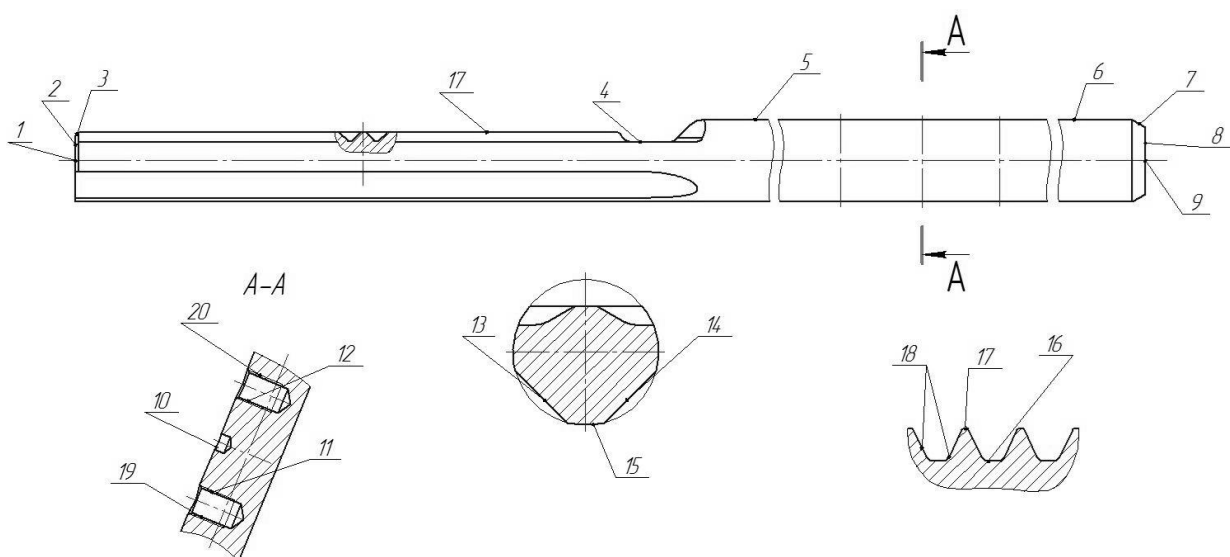


Рисунок 1. – Эскиз рейки

Оценка технологичности изготовления определяется заготовкой и применимыми методами обработки для получения заданных параметров

детали. Заготовка может быть получена различными методами штамповки или отрезкой из проката, что определяется свойствами материала детали. «Метод штамповки позволяет получать поверхности сложной формы и достаточно близкие по конфигурации к готовой детали» [8], что актуально в случае рассматриваемой детали. Недостаток данного метода получения заготовки заключается в увеличенных припусках на обработку и 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 и шлифовальной обработки, что существенно сократит стоимость изготовления.

Предлагаемые методы обработки могут быть реализованы на стандартном оборудовании с применением стандартных средств технологического оснащения.

Из проведенного анализа технологичности детали можно сделать вывод, что деталь отвечает всем основным критериям технологичности и не требует доработки конструкции.

1.3 Определение типа производства и его характеристик

«Тип производства определим по годовой программе выпуска и массе детали» [21]. «При годовой программе выпуска деталей 5000 штук и массе 2,3 кг, тип производства соответствует среднесерийному» [21].

С целью определения дальнейшего направления проектирования определим основные характеристики среднесерийного типа производства. Для этого проанализируем данные литературы [21]:

- технологический процесс проектируется на основе типовых технологических процессов путем их модификации в зависимости от конструктивных особенностей детали в виде маршрутно-операционной технологии. При этом методы обработки

поверхностей выбираются по коэффициентам удельных затрат. Форма организации техпроцесса групповая с выпуском изделий повторяющимися партиями;

- припуски на обработку определяются для поверхностей являющихся точными расчетно-аналитическим методом, что объясняется необходимостью обеспечить максимальную точность обработки. 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;
- применяются специальных средств технологического оснащения допускается в случае технической необходимости или возможности получения за счет этого экономического эффекта.

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.

Во-первых, «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» [5].

Во-вторых, необходимо решить технические задачи, направленные на совершенствование технологии путем проектирования специальных средств оснащения.

В-третьих, необходимо решить задачи, связанные с обеспечением производственной, экологической и пожарной безопасности.

В-четвертых, необходимо произвести расчеты экономических показателей спроектированного техпроцесса.

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

2 Проектирование технологического процесса

2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование

Анализ материала детали показал, что данный материал хорошо подвергается пластической деформации. Это следует учитывать при назначении метода получения заготовки. Из этого следует, что заготовку рассматриваемой детали необходимо получать методами штамповки или из проката. В данном случае эти методы позволяют получать поверхности сложной формы и достаточно близкие по конфигурации к готовой детали, что актуально в случае рассматриваемой детали. Недостаток метода получения заготовки отрезкой из проката заключается в увеличенных напусках на обработку и 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 [8]:

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

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» [8].

«Стоимость получения одного кг заготовок получаемых штамповкой рассчитывается 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 штамповки, руб.;

h_T – коэффициент точности штамповки;

h_C – коэффициент группы сложности штамповки;

h_B – коэффициент массы штамповки;

h_M – коэффициент марки материала штамповки;

h_{II} – коэффициент программы выпуска» [8].

$$C_{ЗАГ} = 27,03 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 20,8 \text{ руб.}$$

«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» [8].

$$C_{ЗАГ} = 18,45 \cdot 1,0 = 18,45 \text{ руб.}$$

«Масса заготовки с достаточной для стадии проектирования точностью может быть определена по формуле:

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

где K_P – коэффициент, учитывающий особенности метода получения заготовки и ее формы» [8].

$$Q = 2,3 \cdot 1,35 = 3,11 \text{ кг – масса заготовки получаемой штамповкой.}$$

$$Q = 2,3 \cdot 1,45 = 3,34 \text{ кг – масса заготовки получаемой из проката.}$$

«Стоимость механической обработки рассчитывается 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» [8].

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

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

$$C_T = 20,8 \cdot 3,11 + 4,6 \cdot (3,11 - 2,3) - 1,4 \cdot (3,11 - 2,3) = 67,28 \text{ р.}$$

$$C_T = 18,45 \cdot 3,34 + 4,6 \cdot (3,34 - 2,3) - 1,4 \cdot (3,34 - 2,3) = 64,95 \text{ р.}$$

Расчеты показали, что для данной детали наиболее эффективным методом получения заготовки является метод отрезкой 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 [6] с учетом свойств материала детали, формы, требуемой точности и качества обработки поверхностей. Оптимальным считается маршрут обработки, который обеспечивает минимум суммарных удельных затрат на ее получение. Результаты формирования маршрутов обработки поверхностей приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Выбор методов обработки поверхностей

Номер поверхности	Метод обработки	Точность размеров, квалитет IT	Шероховатость поверхности Ra, мкм
1	сверление	IT7	2,5
2	фрезерование	IT8	3,2
3	точение черновое	IT12	10
4	фрезерование	IT12	10
5	точение черновое	IT8	3,2
6	точение черновое	IT12	10
	точение чистовое	IT9	6,3
	шлифовальная черновая	IT7	2,5
	шлифование чистовое	IT6	0,63
7	точение черновое	IT12	10
8	фрезерование	IT8	3,2
9	сверление	IT7	2,5
10	сверление	IT12	12,5
11	сверление	IT12	12,5

Продолжение таблицы 1

Номер поверхности	Метод обработки	Точность размеров, квалитет IT	Шероховатость поверхности Ra, мкм
	зенкерование	IT8	3,2
12	сверление	IT12	12,5
	зенкерование	IT8	3,2
13	фрезерование черновое	IT12	10
	фрезерование чистовое	IT9	5
	шлифовальная черновая	IT7	2,5
	шлифовальная чистовая	IT6	0,8
14	фрезерование черновое	IT12	10
	фрезерование чистовое	IT9	5
	шлифовальная черновая	IT7	2,5
	шлифовальная чистовая	IT6	0,8
15	точение черновое	IT12	10
16	фрезерование	IT12	10
17	зубофрезерование	IT9	6,3
	зубошлифование черновое	IT7	2,5
	зубошлифование чистовое	IT6	0,63
18	резьбонарезание	IT12	12,5
19	резьбонарезание	IT12	12,5

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 [19]. Припуски на обработку не ответственных поверхностей назначаются с использованием статистических таблиц [11].

Выполняем расчет для поверхности диаметром $26^{(+0,052)}$.

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

где a – величина дефектного слоя, мм;

Δ – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

ε – величина погрешности установки заготовки, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [19].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (7)$$

где Rz – среднеарифметическая величина микронеровностей профиля поверхностного слоя, мм;

h – глубина дефектного слоя, образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [19].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (8)$$

где Td – поле допуска выполняемого размера, мм» [19].

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (9)$$

где Td_i – поле допуска выполняемого размера, мм;

Td_{i-1} – поле допуска выполняемого размера на предыдущем переходе, мм» [19].

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{срi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (10)» [19]$$

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{i min} + 2 \cdot z_{i min}. \quad (11)» [19]$$

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

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1) min} \cdot 0,999. \quad (12)» [19]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + T d_{i-1}. \quad (13)» [19]$$

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$d_{i ср} = 0,5 \cdot (d_{i max} + d_{i min}). \quad (14)» [19]$$

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета припусков и операционных размеров

Переход	Квалитет	Допуск, мм	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм	Средний припуск, мм	Номинальный диаметр, мм
точение черновое	12	1,1	1,23	1,46	1,35	27,77 _{-0,21}
точение чистовое	9	0,021	0,4	0,66	0,53	26,66 _{-0,052}
шлифование черновое	7	0,052	0,82	0,51	0,58	26,1 _{-0,021}
шлифование чистовое	6	0,21	0,64	0,07	0,14	26 ^{+0,052}

В соответствии с характеристиками типа производства припуски для обработки остальных поверхностей с целью снижения трудоемкости

определяются на основе статистических данных [11]. Суть методики состоит в определении минимального припуска на основе усредненных данных, а максимального припуска путем расчета по формуле (9). Данный подход позволяет обеспечить приемлемую точность расчетов в заданных условиях проектирования. Полученные результаты приведены на чертеже заготовки в графической части работы.

В соответствии с методикой проектирования с применением данных [8] определяем технические характеристики заготовки. Исходя из полученных значений, в качестве заготовки принимаем прокат нормальной точности диаметром 30 мм с допусками $(\begin{smallmatrix} +0,4 \\ -0,7 \end{smallmatrix})$. Размер длины заготовки назначается исходя из предполагаемого метода нарезания проката с учетом напусков на отрезку, и составляет 615 мм.

2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали

Исходя из типа производства, технологический маршрут изготовления детали проектируется на основе типовых технологических процессов [5, 11, 21] 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 рейки (таблица 3).

Таблица 3 – Технологический маршрут изготовления рейки

Операция	Содержание операции	Точность размеров, качество IT	Шероховатость поверхности Ra, мкм
000 Заготовительная	отрезка	12	12,5
005 Центровально-подрезная	подрезать торцы 2, 8	8	3,2
	сверлить центровые отверстия 1, 9	7	2,5
010 Токарная (черновая)	установ 1 точить поверхность 3, 5, 15, установ 2 точить поверхность 6, 7	12	10
015 Токарная (чистовая)	точить поверхность 6	9	6,3
020 Фрезерная	переход 1 фрезеровать поверхность под зубья	12	10
	переход 2 фрезеровать поверхность 4	12	10
	переход 3 сверлить поверхность 10	12	12,5
	переход 4 сверлить поверхности 19, 20	8	3,2
	переход 5 зенкеровать поверхности 19, 20	7	2,5
	переход 6 резьбонарезание поверхности 11, 12	–	–
025 Фрезерная (черновая)	фрезеровать «V»-профиль 13, 14	12	10
030 Фрезерная (чистовая)	фрезеровать «V»-профиль 13, 14	9	5
035 Зубофрезерная	нарезать зубья, поверхность 16, 18	9	6,3
040 Термическая	калить наружные поверхности		
045 Центрошлифовальная	шлифовать центровые отверстия 1, 11	6	0,8
050 Правка	править поверхности по результатам контроля	–	–
055 Шлифовальная (черновая)	шлифовать поверхность 6	7	2,5
060 Шлифовальная (черновая)	шлифовать поверхность 13, 14	7	2,5
065 Зубошлифовальная (черновая)	шлифовать поверхность 18	7	2,5
070 Шлифовальная (чистовая)	шлифовать поверхность 6	6	0,63
075 Шлифовальная (чистовая)	шлифовать поверхность 13, 14	6	0,8
080 Зубошлифовальная (чистовая)	шлифовать поверхность 18	6	0,63

Приведенный в таблице 3 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 [17] 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 [17]. 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 [17]. 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 [2], [7], [9], [13], [18], [20].

Результаты выбора приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Выбор средств оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Инструменты	Средства контроля
000 Заготовительная				
005 Центровально- подрезная	«фрезерно- центровальный станок МР-75М» [18]	«приспособление специальное» [20]	«пластина 03124.7.2.4.15.04 .5.1 ГОСТ 19052-80 Т5К10, сверло центровальное 4 мм ГОСТ 14952- 75 Р6М5» [7]	«штангенци- ркуль 240- 710-0,05 ГОСТ 166- 80» [13]
010 Токарная (черновая)	«токарно- винторезный станок Б16Д25» [18]	патрон токарный трехкулачковый 7100-011 ГОСТ 2675-80, центр вращающийся ГОСТ 8742-75, резцедержатель	резец проходной прямой 2100- 0401, угол в плане φ 60°, с пластинами из твердого сплава ГОСТ 18878-73,	штангенцир- куль 250- 0,05 ГОСТ 166-80, скобы индикаторн ые СИ ГОСТ

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Инструменты	Средства контроля
		прямоугольного сечения ГОСТ 16675–80	форма пластины по ГОСТ 25396–82, материал пластины Т5К10	11098–75
015 Токарная (чистовая)	«токарно–винторезный станок Б16Д25» [18]	«патрон токарный трехкулачковый 7100–011 ГОСТ 2675–80, центр вращающийся ГОСТ 8742–75, резцедержатель прямоугольного сечения ГОСТ 16675–80» [20]	«резец проходной прямой 2100–0401, угол в плане $\varphi=60^\circ$, с пластинами из твердого сплава ГОСТ 18878–73, форма пластины по ГОСТ 25396–82» [7]	«штангенциркуль 250–0,05 ГОСТ 166–80, скобы индикаторные СИ ГОСТ 11098–75» [13]
020 Фрезерная	«фрезерный станок с ЧПУ 2204ВМФ4» [18]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 2675–80, оправка для концевой фрезы 6220–0191 ГОСТ 25827–93, втулка переходная для крепления инструмента с коническим хвостовиком 6100–0141 ГОСТ 28119–89» [20]	«фреза концевая 30 2235–0109 ГОСТ 17026–71 Р6М5, фреза концевая 28 2235–0109 ГОСТ 17026–71 Р6М5, сверло 7 2300–0187 ГОСТ 10903–77 Р6М5, сверло 9 2300–0203 ГОСТ 10903–77 Р6М5, зенкер с коническим хвостовиком 9,6 ГОСТ 3231–71 Р6М5, фреза твердосплавная монолитная» [7]	«скоба СИ 50 ГОСТ 11098–75 ШЦ–1–01–150 ГОСТ 166–89, калибр для метрической резьбы ГОСТ 18465–73» [13]
025 Фрезерная (черновая)	«фрезерный станок с ЧПУ 2204ВМФ4» [18]	патрон трехкулачковый 2675–80,	фреза цельная концевая 28 2235–0109 Р6М5	скоба СИ 50 ГОСТ 11098–75

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Инструменты	Средства контроля
		оправка для концевой фрезы 6220–0191 ГОСТ 25827–93	ГОСТ 17025–71	
030 Фрезерная (чистовая)	«фрезерный станок с ЧПУ 2204ВМФ4» [18]	«патрон трехкулачковый 2675–80, оправка для концевой фрезы 6220–0191 ГОСТ 25827–93» [20]	«фреза цельная концевая 28 2235–0109 Р6М5 ГОСТ 17025–71» [7]	«скоба СИ 50 ГОСТ 11098–75» [13]
035 Фрезерная	«зубофрезерный станок с ЧПУ 53В80» [18]	«приспособление зажимное, оправка для червячной фрезы 6240–0021 ГОСТ 20507–75» [20]	«фреза червячная 190 мм, для нарезания зубьев Р6М5Ф3» [7]	«скоба СИ 50 ГОСТ 11098–75» [13]
040 Термическая	–	–	–	–
045 Центрошлифовальная	«центрошлифовальный станок ZSM 5100» [18]	«приспособление специальное» [20]	«шлифовальная головка ГОСТ 2447–82» [7]	«калибры» [13]
050 Правка	пресс	–	–	–
055 Шлифовальная (черновая)	«шлифовальный станок 3У131М» [18]	«патрон поводковый 6155–0051 ГОСТ 20505–75» [20]	«шлифовальный круг 1–200×20×32 14А36Н7В5 63м/с2 ГОСТ 2424–08» [7]	«микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507–90, шаблон» [13]
060 Шлифовальная (черновая)	«шлифовальный станок с ЧПУ МЕ 200» [18]	«патрон поводковый 6155–0051 ГОСТ 20505–75» [20]	«шлифовальный круг 1–200×20×32 14А36Н7В5 63м/с2 ГОСТ 2424–08» [7]	«микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507–90, шаблон» [13]
065 Зубошлифовальная (черновая)	«зубошлифовальный станок с ЧПУ УК–7332» [18]	«приспособление специальное ГОСТ 12196–66» [20]	«шлифовальный круг 2–150×20×32 25А60Н7В5 ГОСТ 2424–08» [7]	«микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507–90, шаблон» [13]
070 Шлифовальная (чистовая)	«шлифовальный станок 3У131М» [18]	«патрон поводковый 6155–0051 ГОСТ 20505–75» [20]	«шлифовальный круг 1–200×20×32 14А36Н7В5 ГОСТ 2424–08» [7]	«микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507–90, шаблон» [13]
075 Шлифовальная	шлифовальный станок с ЧПУ	патрон поводковый	Шлифовальный круг 1–150×20×32	микрометр МК Ц75

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Инструменты	Средства контроля
(чистовая)	ME 200	6155–0051 ГОСТ 20505–75	14A36N7V5 63м/с2 ГОСТ 2424–08	ГОСТ 6507–90, шаблон
080 Зубошлифовальная (чистовая)	«зубошлифовальный станок с ЧПУ УК–7332» [18]	«приспособление специальное» [20]	«шлифовальный круг 2–150×20×32 25A60N7V5 35м/с1 ГОСТ2424–08» [7]	«микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507–90, шаблон» [13]
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.

Результаты определения структуры операций и технологических переходов, разработанные на основе рекомендаций [16], представлены в графической части работы на листах плана изготовления детали и технологических наладках.

Режимы резания на выполнение технологических операций и их нормирование выполняются с использованием расчетного метода и статистических данных [12].

«Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (15)$$

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» [12].

«Исходя из полученного значения, определяется частота вращения шпинделя инструмента или заготовки по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (16)$$

где d – диаметр обработки, мм» [12].

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

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (17)» [12]$$

«Выполнение нормирования технологических операций заключается в определении штучно-калькуляционного времени на их выполнение по формуле:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_3}, \quad (18)$$

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» [12].

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{п}} \quad (19)$$

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» [12].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (20)$$

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

S – подача, мм/об» [12].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (21)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

$l_{\text{рез}}$ – длина резания, мм.;

l_2 – длина перебега, мм» [12].

Остальные составляющие формулы (19) определяются по нормативным данным [12].

Окончательным результатом проектирования технологических операций является маршрутная карта (таблица А.1 приложения А), операционные карты (таблица А.1 приложения 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 на основе определения режимов резания на выполнение технологических операций и их нормирования.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

Анализируя результаты нормирования технологического процесса, приходим к выводу, что лимитирующей является зубофрезерная операция. Анализ ее структуры 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 закрепления на операции, приведенной на рисунке 2 и данных [1] принимаем рычажный зажимной механизм. Для проектирования будем использовать методику и данные [1], [4].

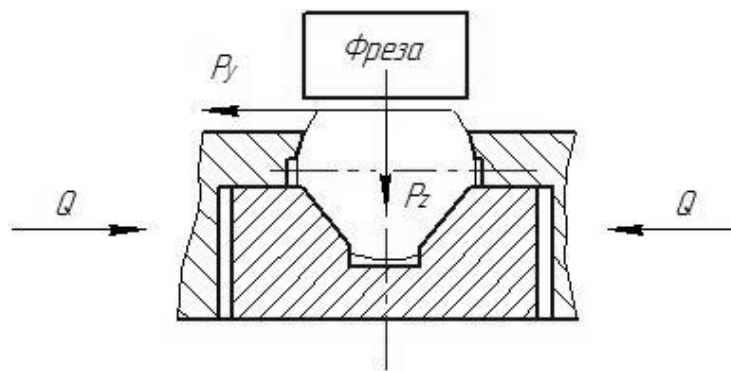


Рисунок 2 – Схема закрепления

«Основная составляющая силы резания при фрезеровании определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{u \cdot z}}{D^g \cdot n^w} k_{\text{мп}}, \quad (22)$$

где: C_p, x, y, u, g, w – коэффициенты и показатели степеней, которые учитывают особенности обработки данного материала;

t – глубина резания, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина фрезерования, мм;

z – число зубьев фрезы;

D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения фрезы, об/мин;

k_{mp} – коэффициент, который учитывает влияние механических характеристик обрабатываемого материала» [1].

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 8,2^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 21^{1,0} \cdot 2,0}{10^{1,1} \cdot 860^0} \cdot 1,02 = 1703 \text{ Н.}$$

$$P_z = 1703 \text{ Н.}$$

«Составляющая силы резания P_h определяется по формуле:

$$P_h = 0,8 \cdot P_z, \quad (23)$$

где P_z – главная составляющая силы резания, Н» [1].

«Составляющая силы резания P_v определяется по формуле:

$$P_v = 0,7 \cdot P_z. \quad (24) \gg [1]$$

Тогда получим.

$$P_h = 0,8 \cdot 1703 = 1363 \text{ Н.}$$

$$P_v = 0,7 \cdot 1703 = 1192 \text{ Н.}$$

«Усилие зажима определяем из условия равновесия силы закрепления и составляющей силы резания P_h :

$$W = \frac{P_h}{f+2 \cdot f_1} \cdot K, \quad (25)$$

где K – коэффициент, который учитывает фактические условия выполнения операции;

f, f_1 – коэффициенты трения в местах приложения усилия и на призмах» [1].

«Коэффициента, который учитывает фактические условия выполнения операции, определяется из выражения:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (26)$$

где: « K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент влияния неровностей обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент состояния режущего инструмента;

K_3 – коэффициент изменения сил резания;

K_4 – коэффициент колебания усилия на приводе;

K_5 – коэффициент эргономических характеристик зажимного механизма;

K_6 – коэффициент, учитывающий моменты, поворачивающие заготовку» [1].

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,51.$$

$$W = \frac{1363}{0,14+2 \cdot 1,41} \cdot 3,51 = 2590 \text{ Н.}$$

«Усилие зажима определяем из условия равновесия силы закрепления и составляющей силы резания P_v :

$$W = \frac{P_v \cdot D_\phi}{f \cdot l_1 + f_1 \cdot l_2 + f_1 \cdot l_3} \cdot K, \quad (27)$$

где D_ϕ – диаметр фрезы, мм;

l_1 – расстояние от оси фрезы до оси приложения усилия прижима, мм;

l_2, l_3 – расстояния от оси фрезы до осей установочных призм, мм» [1].

$$W = \frac{1192 \cdot 190}{0,14 \cdot 65 + 1,41 \cdot 78 + 1,41 \cdot 78} \cdot 3,51 = 3470 \text{ Н.}$$

Дальнейшие расчеты ведем по наибольшей величине усилия зажима.

В соответствии с условием обеспечения механизации процесса закрепления, полученное значение усилия закрепления создается силовым приводом. При этом следует учесть, что усилие, создаваемое силовым приводом, отличается от расчетного усилия закрепления, так как в конструкции используется зажимной механизм.

«Величина усилия на приводе для рычажного зажимного механизма определяется по формуле:

$$Q = \frac{W}{i_c}, \quad (28)$$

где i_c – передаточное отношение зажимного механизма» [4].

Передаточное отношение зажимного механизма определяется по формуле:

$$i_c = \frac{A}{B}, \quad (29)$$

где А, В – длина плеч рычага, мм» [4].

$$i_c = \frac{40}{30} = 1,33.$$

$$Q = \frac{3470}{1,33} = 2609 \text{ Н.}$$

Механизацию процесса закрепления и создание усилия на приводе обеспечивает гидравлический привод. Основным элементом привода, создающий требуемое усилие – поршень, диаметр которого определяется по

формуле:

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

где d – диаметр штока, мм;

P – давление масла в гидросистеме, МПа» [4].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 2609}{5,0} + 30^2} = 39,5 \text{ мм.}$$

«Согласно принятой методике проектирования, полученное значение следует округлить до ближайшего большего стандартного» [4], что позволит использовать в конструкции приспособления стандартные гидроцилиндры для создания требуемого усилия закрепления. В данном случае этот диаметр составляет 40 мм.

Методика определения погрешности установки заготовки в спроектированном приспособлении основана на построении его размерной схемы, по которой составляется размерная цепь и уравнение для определения погрешности.

«Уравнение для определения погрешности установки заготовки:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (31)$$

где Δ_1, Δ_3 – погрешности, возникающие вследствие неточности изготовления размеров, мм;

$\Delta_2, \Delta_4, \Delta_6$ – погрешности равные колебанию размеров, мм;

Δ_5 – погрешность из-за неточности изготовления угла между плечами рычага, мм» [4].

$$\begin{aligned} \varepsilon_y &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt{0,013^2 + 0,018^2 + 0,008^2 + 0,026^2 + 0,022^2 + 0,520^2} = \\ &= 0,260 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Оценка точности приспособления производится путем ее сравнения с

наибольшей допустимой точностью установки в данном приспособлении, которая в данном случае составляет 0,5 мм, то есть условие выполняется и приспособление имеет требуемую точность установки.

Приспособление состоит из плавающей призмы и губок при помощи которых выполняется закрепление заготовки. Для создания усилия используются гидроцилиндры и рычажный зажимной механизм, состоящий из рычагов, соединенных с ними ползунов с установленными на них губками. Для обеспечения заданного угла наклона зубьев рейки приспособление устанавливается на поворотном столе станка. Конструкция спроектированного приспособления приведена на листе графической части работы и в таблице Б.1 приложения Б.

3.2 Проектирование червячной фрезы

Анализ базового технологического процесса позволил выявить следующий его недостаток. На фрезерной операции для нарезания рейки необходимо использовать специальную червячную фрезу, которую необходимо спроектировать. Проектирование производится по методике [14]. Исходные данные необходимые для проектирования принимаем из пункта 2 данной работы. В качестве материала фрезы выбираем быстрорежущую сталь Р6М5Ф3 [14].

Шаг по нормали определяется по формуле:

$$t_u = \pi \cdot m, \quad (32)$$

где m – нормальный модуль, мм.

$$t_u = \pi \cdot 2 = 6,2832 \text{ мм.}$$

Расчетная толщина зуба по нормали:

$$S_u = t_u - (S_{д1} + \Delta S), \quad (33)$$

где $S_{д1}$ – толщина зуба на делительной окружности по нормали, мм;

ΔS – припуск на обработку, мм.

$$S_u = 6,2832 - (3,1416 + 0,097) = 3,0446 \text{ мм.}$$

Определение высоты зуба фрезы производится по формуле:

$$h_u = h + c, \quad (34)$$

где h – высота нарезаемого зуба, мм;

c – радиальный зазор, мм.

$$h_u = 4,5 + 1 = 5,5 \text{ мм.}$$

Диаметр фрезы принимаем равным 190 мм.

Определение числа зубьев фрезы производится по формуле:

$$z_u = 1,3 \cdot \frac{360}{\varphi}, \quad (35)$$

где φ – угловой шаг зубьев фрезы, град.

Угловой шаг зубьев фрезы определяется из выражения:

$$\cos \varphi = \frac{D_{bu} - 2 \cdot h_u}{D_{bu}}, \quad (36)$$

где D_{bu} – диаметр фрезы, мм.

Проводим соответствующие расчеты.

$$\cos \varphi = \frac{190 - 2 \cdot 5,5}{190} = 0,942.$$

$$\varphi = 19,609^\circ.$$

$$z_u = 1,3 \cdot \frac{360}{19,609^\circ} = 24,87.$$

Округляем количество зубьев фрезы до 25.

Для обеспечения затылования фрезы определяем падение затылка по

формуле:

$$K = \frac{\pi \cdot D_{bu}}{z_u} \cdot \operatorname{tg} \alpha_B, \quad (37)$$

где α_B – задний угол, град.

$$K = \frac{\pi \cdot 190}{24} \cdot \operatorname{tg} 10 = 4,38 \text{ мм.}$$

Принимаем падение затылка равным 4 мм.

Для обеспечения дополнительного затылования фрезы определяем падение затылка по формуле:

$$K_1 = 1,25 \cdot K. \quad (38)$$

$$K_1 = 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ мм.}$$

Величина канавки определяется по формуле:

$$H = h_u \cdot \frac{K+K_1}{2} + 1,5. \quad (39)$$

$$H = 5,5 \cdot \frac{4+5}{2} + 1,5 = 11,5 \text{ мм.}$$

Радиус на основании канавки определяется по формуле:

$$\rho_K = \frac{\pi \cdot (D_{bu} - 2 \cdot H)}{10 \cdot z_u}. \quad (40)$$

$$\rho_K = \frac{\pi \cdot (190 - 2 \cdot 11,5)}{10 \cdot 25} = 2,19 \text{ мм.}$$

Принимаем радиус на основании канавки равным 2 мм.

Определение диаметра начальной окружности производится по формуле:

$$d_{bu} = D_{bu} - h_u - 0,1 \cdot K. \quad (41)$$

$$d_{bu} = 190 - 5,5 - 0,1 \cdot 4 = 184,1 \text{ мм.}$$

Для определения угла подъема витков фрезы на начальной окружности используется выражение:

$$\sin \omega = \frac{m \cdot a}{d_{bu}}, \quad (42)$$

где a – число заходов фрезы.

Проводим соответствующие расчеты.

$$\sin \omega = \frac{2 \cdot 1}{184,1} = 0,011.$$

$$\omega = 0,63^\circ.$$

Осевой шаг между витками определяется по формуле:

$$t_{oc} = \frac{t_u}{\cos \omega}. \quad (43)$$

$$t_{oc} = \frac{6,2832}{\cos 0,63^\circ} = 6,2835 \text{ мм.}$$

Исходя из характеристик нарезаемого зубчатого венца, выбираем правое направление наклона стружечных винтовых канавок фрезы.

Шаг канавки по оси определяется по формуле:

$$T = t_{oc} \cdot \operatorname{ctg}^2 \omega. \quad (44)$$

$$T = 6,2835 \cdot \operatorname{ctg}^2 0,63^\circ = 51967,37 \text{ мм.}$$

Исходя из характеристик нарезаемого зубчатого венца, выбираем правое направление наклона стружечных винтовых канавок фрезы.

Конструкция фрезы представлена на листе графической части работы.

В данном разделе решены технические задачи, направленные на совершенствование технологии путем проектирования специальных средств оснащения для фрезерной операции.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

В работе рассмотрен технологический процесс изготовления рулевой рейки. В процессе изготовления детали выполняются следующие операции: центровально-подрезная, токарная, шлифовальная, фрезерная и другие. Полный перечень операций приведен в таблице 3. В технологическом процессе участвуют операторы станков. Полный перечень оборудования, приспособлений и инструментов представлен в таблице 4.

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» [3].

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 станок МР–75М, токарно–винторезный станок Б16Д25, фрезерный станок с ЧПУ 2204ВМФ4, зубофрезерный станок 53В80, центрошлифовальный станок ZSM 5100, шлифовальный станок 3У131М, шлифовальный станок с ЧПУ ME 200,	«груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту» [3]	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [3]
	«транспортное средство, в том числе погрузчик» [3]	«движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [3]

Продолжение таблицы 5

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
зубошлифовальный станок с ЧПУ УК-7332	«подвижные части машин и механизмов» [3]	«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [3]
	«воздействие на кожные покровы смазочных масел» [3]	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [3]
	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» [3]
	«повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [3]	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [3]
	«воздействие общей вибрации» [3]	«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [3]
	«физические перегрузки» [3]	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [3]
	«электрический ток» [3]	«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действием которого попадает работающий» [3]

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» [3]	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» [3]	«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» [3]
подвижные части машин и	устройство ограждений	использование

Продолжение таблицы 6

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказ Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
механизмов	«элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [3]	«блокировочных устройств, 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» [3]
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» [3]	«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» [3]
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 условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [3]	«применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [3]

Продолжение таблицы 6

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума	«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» [3]	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [3]
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» [3]	«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» [3]
физические перегрузки	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [3]	«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» [3]

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

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 негорючих
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» [3].

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, отработанные масла и смазочно-охлаждающие жидкости.

ГОСТ Р 53692–2009 определяет основные этапы процедуры по сбору, обезвреживанию, транспортировке, размещению, утилизации опасных промышленных отходов [3]. 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» [3].

В разделе проведен анализ профессиональных рисков, воздействующих на работников, выполняющих технологический процесс изготовления рулевой рейки, 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).

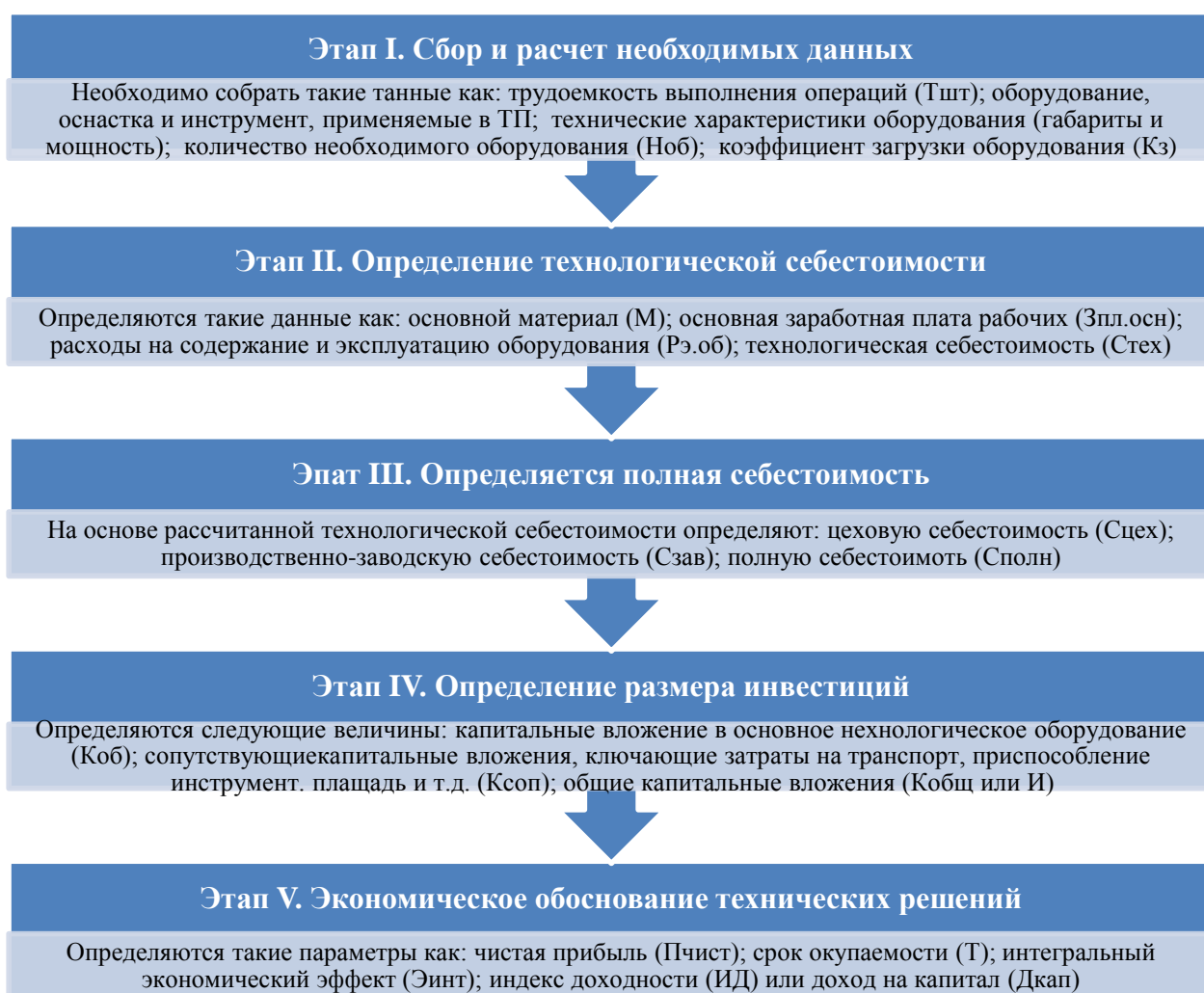


Рисунок 3 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

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 [10].

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.

Базовый вариант технологического процесса 020 и 035 операций	Проектный вариант технологического процесса 020 и 035 операций
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Операция 020 (переход б):</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Оборудование</u> – вертикально-фрезерный станок, модель 6P13 • <u>Оснастка</u> – УСП • <u>Инструмент</u> – мечник • <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 1,424 мин, То = 0,234 мин • <u>Операция 035 (штамповка зубчатого профиля):</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Оборудование</u> – пресс • <u>Оснастка</u> – штамп • <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 1,061 мин, То = 0,59 мин 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Операция 020 (переход б):</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Оборудование</u> – вертикально-фрезерный станок с ЧПУ, модель 2204ВМФ4 • <u>Оснастка</u> – 3-хулачковый патрон, центр вращающийся • <u>Инструмент</u> – фреза • <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 1,125 мин, То = 0,194 мин • <u>Операция 035 (нарезка зубьев):</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Оборудование</u> – фрезерный станок с ЧПУ, модель 53В80 • <u>Оснастка</u> – гидравлические тески • <u>Инструмент</u> – червячная фреза • <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 0,976 мин, То = 0,48 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.

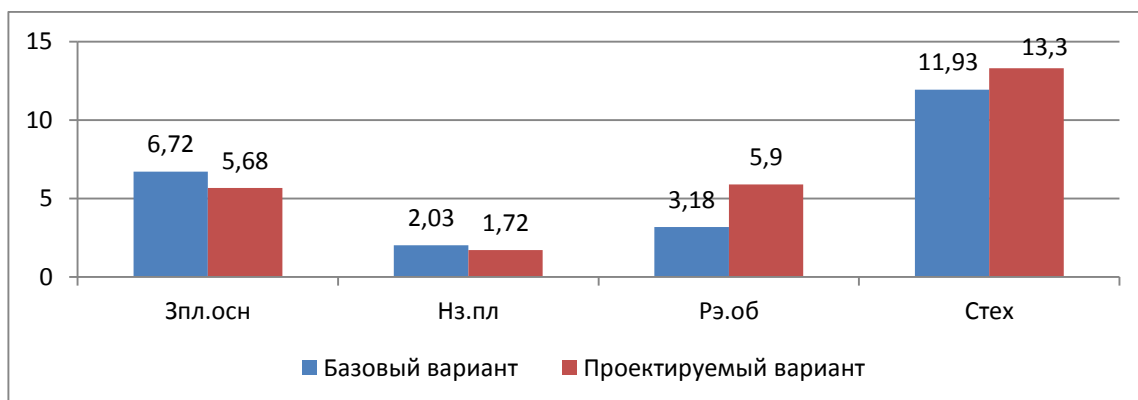


Рисунок 5 – Формирование технологической себестоимости 020 и 035 операций по вариантам, руб.

Анализируя рисунок 5 можно сделать вывод о том, что два параметра в проектируемом варианте снижаются. Но один показатель имеет тенденцию к увеличению, что, в конечном счете, привели к увеличению технологической себестоимости, соответственно в проектном варианте технологическая

себестоимость выше на 11,5%.

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.

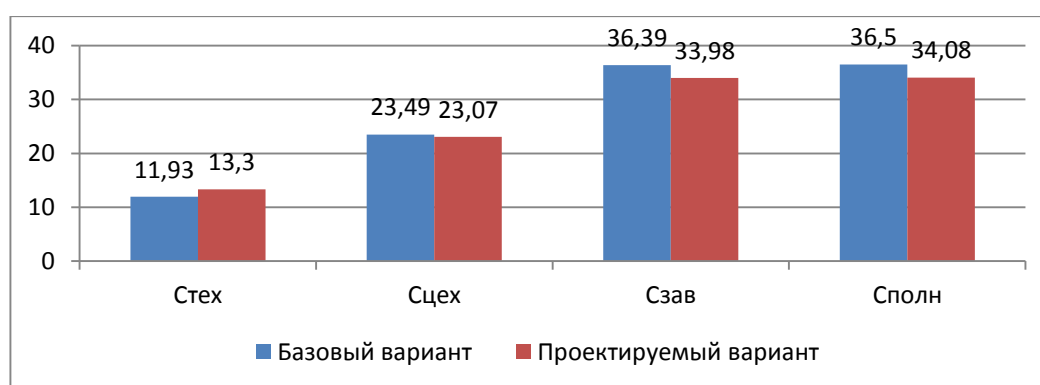


Рисунок 6 – Формирование полной себестоимости 020 и 035 операций по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 6, не смотря на то, что технологическая себестоимость базового варианта ниже, все остальные значения в проектируемом варианте, имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость 020 и 035 операций проектируемого процесса уменьшилась на 2,42 рубля, что составляет 6,63%.

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: закупку оборудования (K_{OB}), его доставку (K_M), производственную площадь ($K_{Э.пл}$), проектирование ($Z_{пр}$), приспособление

(K_{IP}), корректировку управляющей программы (K_A), инструмент (K_{II}) и незавершенное производство ($HЗП$). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций (I) составит 112510,06 рублей.

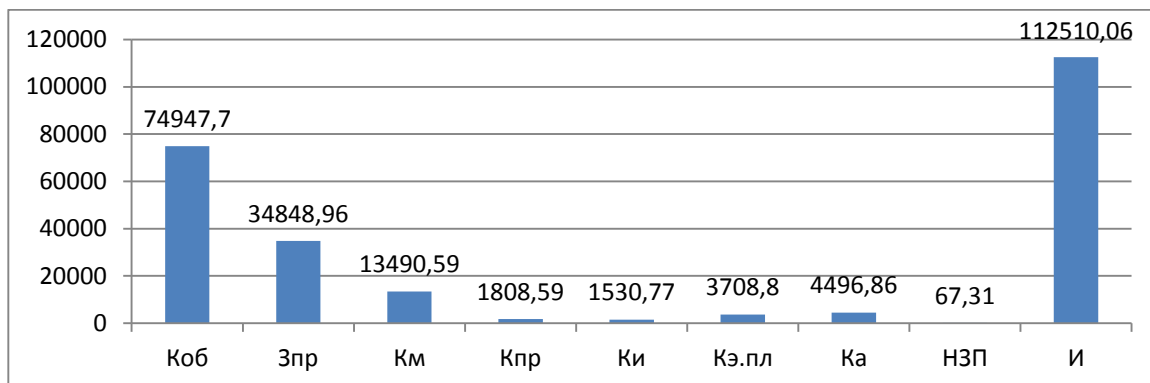


Рисунок 7 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных 020 и 035 операций, руб.

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 5860,55 рубля при 5-тилетнем сроке окупаемости инвестиций. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

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

Заключение

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

На первом этапе выполнения 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.

Решение комплекса технологических задач включало в себя 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 для решения данных задач применялись типовые решения. Такой подход соответствует среднесерийному типу производства и позволяет получить более качественные технологические решения.

Решены технические задачи, направленные на совершенствование технологии путем проектирования специальных средств оснащения для фрезерной операций. Это позволило повысить эффективность фрезерования.

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. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4–е изд., стер. – Санкт–Петербург : Лань, 2021. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166346> (дата обращения: 28.04.2022).
2. 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.
3. 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
4. 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: 28.04.2022).
5. Иванов А.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие / А.С. Иванов, П.А. Давыденко, Н.П. Шамов. – М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА–М, 2014. – 276 с
6. 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).
7. 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: 18.04.2022).
8. Клименков С.С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум. – Минск : Новое знание, 2013. – 269 с.
9. Кожевников Д.В. Режущий инструмент / Д.В. Кожевников, В.А.

Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев. – Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2014. – 520 с.

10.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: 08.05.2022).

11.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: 15.04.2022).

12.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: 23.04.2022).

13.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: 24.04.2022).

14.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: 25.04.2022).

15.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: 08.04.2022).

16.Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций

[Электронный ресурс] : электрон. учеб.–метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин–т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр–ва". – Тольятти : ТГУ, 2015. – 140 с.

17.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: 17.04.2022).

18.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.

19.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.

20.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.

21.Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА–М, 2017. – 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 06.04.2021).

22.Химический состав и физико–механические свойства стали 50 [Электронный ресурс]. – URL: https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/50? (дата обращения: 26.03.2022).

Приложение А
Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Дробь:															
Взам.															
Подп.															
Разработ	Родионов Н.С.														
Провер.	Козлов А.А.						ТГУ, кафедра ОТМП						10140.001		
Н. контр.	Козлов А.А.														
Т. контр.							Рулевая рейка								
Учт.	Лозинков Н.Ю.														
М01	Сталь 50 ГОСТ 1050-74														
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	Ким	Код загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ				
М02	32	166	2,3	1		0,7	32	φ30x614,9		1	2,8				
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код и наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код и наименование оборудования				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К. шт.	Т. пз.	Т. шт.
А03	XX	XX	XX	000	4280 Заготовительная										
Б04	381765 Фрезерно-отрезной станок 8А66					2	16937	422	1	1Р	1			3	1,68
005	Отрезать заготовку выдерживая размер φ 30 ^{+0,1} _{-0,1} , l=614,9														
06															
А07	XX	XX	XX	005	4268 Центральна-подрезная										
Б08	381631 Фрезерно-центральный станок МР-75М					2	18632	422	1	1Р	1			18	1,5
009	Фрезеровать торец 2 и 8 выдерживая размер 612,5 ±0,5; сверлить отверстия 1 и 9 выдерживая размер φ4 ^{+0,15}														
Т10	396171 Приспособление специальное станочное; 392104 пластина 03124.7.2.4.15.04.5.1 ГОСТ 19052-80 Т5К10; 391303 сверло														
Т11	центральный φ4мм ГОСТ 14.952-75 Р6М5; 393311 штангенциркуль ЩЦ-3-240-710-0,05 ГОСТ 166-89;														
12															
А13	XX	XX	XX	010	4110 Токарная черновая (Установ А,Б)										
Б14	381160 Токарно-винторезный станок Б16Д25					2	18217	422	1	1Р	1			6	0,967
015	Установ А: точить поверхность 15 выдерживая размер 27,27±0,21, l=347,5 ^{+0,15} , снять фаску 3; установ Б: точить поверхность 6														
016	выдерживая размер 27,27±0,21, l= 265 ^{+0,3}														

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Дробь																
Взвеш.																
Подп.																
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код и наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код и наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К. шт.	Т. пз.	Т. шт.
T16	396110	Патрон токарный трехручачковый 7100-0019	ГОСТ 2675-80; 392871	центр вращающийся	ГОСТ 8742-75; 392101	резец										
T17	проходной прямой 2100-0401	ГОСТ 18878-73	с пластинами из твердого сплава Т5К10	ГОСТ 25396-82; 393311	ШЦ-2-250-0,05	ГОСТ 166-80										
18																
A19	XX	XX	XX	015	4110	Токарная чистовая										
B20	381160	Токарно-винторезный станок Б16Д25	2	18217	422	1	1Р								6	1235
O21	Точить поверхность 6 выдерживая размер 26,66±0,052, l=265 ^{-0,05} , снять фаску 7															
T22	396110	Патрон токарный трехручачковый 7100-0019	ГОСТ 2675-80; 392871	центр вращающийся	ГОСТ 8742-75; 392101	резец										
T23	проходной прямой 2100-0401	ГОСТ 18878-73	с пластинами из твердого сплава Т5К10	ГОСТ 25396-82; 393311	ШЦ-2-250-0,05	ГОСТ 166-80										
24																
A25	XX	XX	XX	020	4260	Фрезерная с ЧПУ										
B26	381611	Фрезерный станок с ЧПУ 2204ВМФ4	2	18632	422	1	1Р								8	2,417
O27	Фрезеровать поверхность 17 выдерживая размер 174,5±0,5; фрезеровать поверхность 4 выдерживая размер 21,15±0,1; сверлить отв. 10															
O28	выдерживая размер $\phi 7^{+0,05}$ на глубину 4,5мм; сверлить отв. 11, 12 выдерживая размер $\phi 10^{+0,027}$ на глубину 20мм; зенкеровать отв. 11, 12															
O29	выдерживая размер $\phi 10,6^{+0,025}$ на глубину 20мм; нарезать резьбу М12 в отв. 11, 12.															
T30	392810	патрон трехручачковый	ГОСТ 2675-80; XXXXXX	древка для концевой фрезы	6220-0191	ГОСТ 25827-93; втулка переходная										
T31	6100-0141	ГОСТ 28119-89; 392812	патрон резьбанарезной	6161-0101	ГОСТ 21938-76; 391820	фреза концевая $\phi 30$ мм	2235-0109	ГОСТ								
T32	17026-71	Р6М5; 391820	фреза концевая $\phi 22$ мм	2240-0452	ГОСТ 17026-71	Р6М5; 391267	сверло спиральное $\phi 7$ мм	2300-0187	ГОСТ							
T33	10903-77	Р6М5; 391267	сверло спиральное $\phi 9$ мм	2300-0203	ГОСТ 10903-77	Р6М5; 391610	зенкер $\phi 9,6$ мм	ГОСТ 3231-71; 391818	фреза							
T34	твердосплавная монолитная М12 ВКЗ 2640-0120															
	ГОСТ 7930-72; 393311 ШЦ-1-01-150															
	ГОСТ 166-89															
35																
МК2																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Дробь																
Взвеш.																
Подп.																
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код и наименование операции	Обозначение документа							К. шт.	Т. пз.	Т. шт.	
Б	Код и наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП			
A36	XX	XX	XX	025	4260 Фрезерная черновая											
B37	381611	Фрезерный станок с ЧПУ 2204ВМФ4				2	18632	422	1	1Р				5	1149	
O38	Фрезеровать поверхности 13, 14 выдерживая размер 11,95±0,1															
T39	392810 патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80; XXXXXX оправка для концевой фрезы 6220-0191 ГОСТ 25827-93; фреза концевая															
T40	φ30мм 2235-0109 ГОСТ17026-71 Р6М5; 393120 скоба СИ 50 ГОСТ 11098-75															
41																
A42	XX	XX	XX	030	4260 Фрезерная чистовая											
B43	381611	Фрезерный станок с ЧПУ 2204ВМФ4				2	18632	422	1	1Р				5	1514	
O44	Фрезеровать поверхности 13, 14 выдерживая размер 11,25±0,1															
T45	392810 патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80; XXXXXX оправка для концевой фрезы 6220-0191 ГОСТ 25827-93; фреза концевая															
T46	φ30мм 2235-0109 ГОСТ17026-71 Р6М5; 393120 скоба СИ 50 ГОСТ 11098-75															
47																
A48	XX	XX	XX	035	4153 Зубофрезерная											
B49	381572	Фрезерный станок с ЧПУ 53В80				2	12287	422	1	1Р				3	0,976	
O50	Нарезать зубья (поверхности 16, 18) выдерживая размер 6,14 ^{+0,09} _{-0,05}															
T51	396131 приспособление зажимное специальное; XXXXXX оправка для червячной фрезы 6240-0021 ГОСТ 20507-75; фреза червячная															
T52	φ190 мм Р6М5Ф3; 393120 скоба СИ 50 ГОСТ 11098-75															
53																
A54	XX	XX	XX	040	5130 ТО											
55																
МКЗ																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Дробь																		
Взвеш.																		
Подп.																		
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код и наименование операции	Обозначение документа							К. шт.	Т. пз.	Т. шт.			
Б	Код и наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП					
A56	XX	XX	XX	045	XXXX Центр-шлифовальная													
B57	381839	Центрошлифовальный станок ZSM 5100				2	18873	422	1	1P					7	0,072		
O58	Шлифовать центровые отверстия 1, 9 выдерживая размеры согласно КЭ																	
T59	396171	Приспособление специальное станочное; 397717 шлифовальная головка $\phi 4$ мм ГОСТ2447-72																
60																		
A61				050	XXXX Правка													
B62																		
63																		
A64	XX	XX	XX	055	4131 Шлифовальная черновая	2	18873	422	1	1P					7	1,527		
B65	381311	Шлифовальный станок 3У131М																
O66	Шлифовать поверхность 6 выдерживая размер 26,091 _{±0,01}																	
T67	396114	Патрон поводковый с неподвижным центром 6155-0051 ГОСТ 20505-75; 397130 шлифовальный круг 1-150x20x32 14A36N7V5																
T68	63м/с2	ГОСТ 2424-08; 3934.10 микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90; шаблон																
69																		
A70	XX	XX	XX	060	4133 Шлифовальная черновая													
B71	381313	Шлифовальный станок с ЧПУ ME 200				2	18873	422	1	1P					7	1,368		
O72	Шлифовать поверхности 13, 14 выдерживая размер 11,25±0,1																	
T73	396114	Патрон поводковый с неподвижным центром 6155-0051 ГОСТ 20505-75; 397130 шлифовальный круг 1-150x20x32 14AM36PF5B																
T74	63м/с2	ГОСТ 2424-08; 3934.10 микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90; шаблон																
75																		
МК4																		

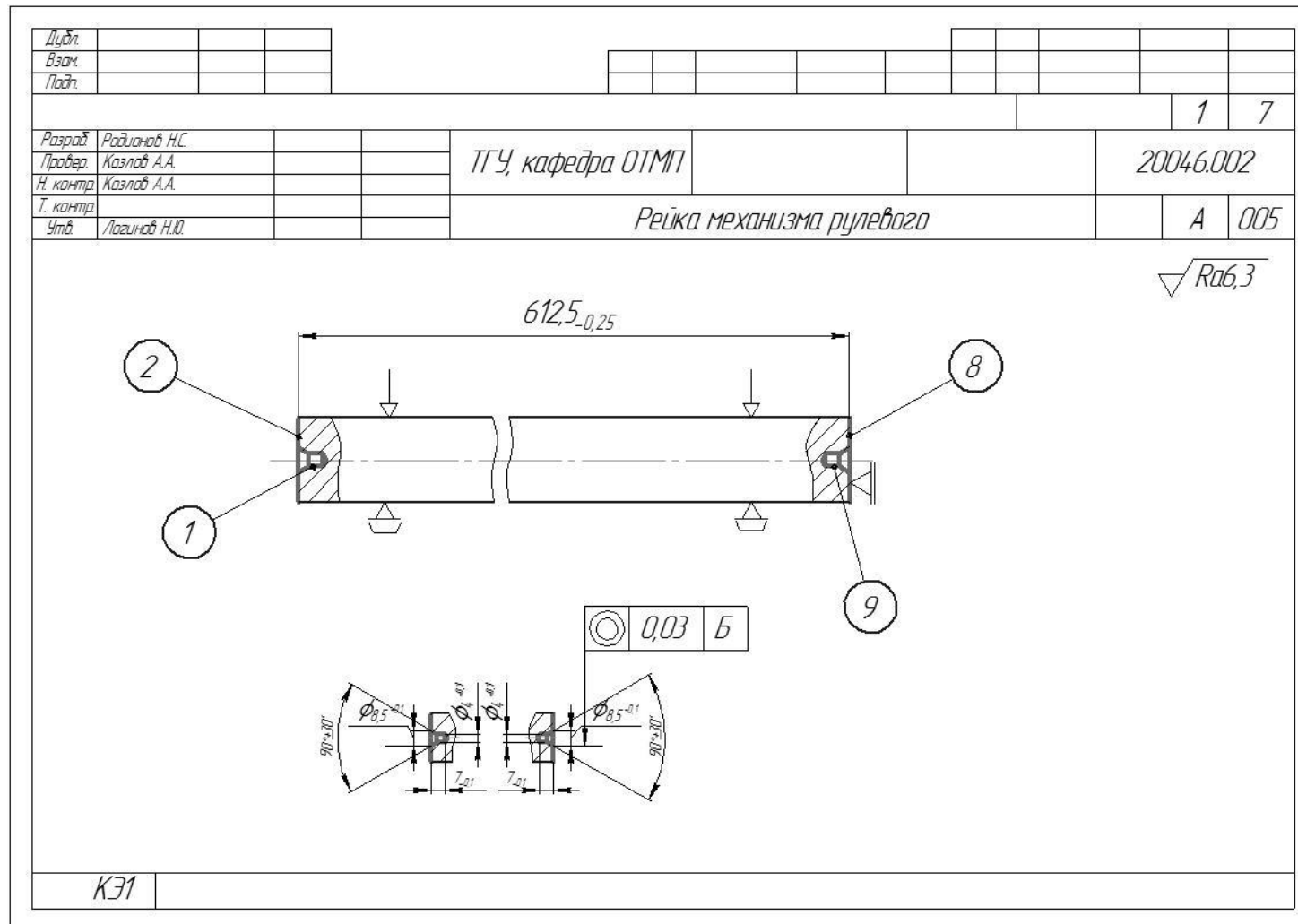
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Дл.	Взм.	Подп.															
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код и наименование операции	Обозначение документа							К. шт.	Т. пз.	Т. шт.		
Б	Код и наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП				
A76	XX	XX	XX	065	4151 Зубошлифовальная черновая												
B77	381567	Зубошлифовальный станок с ЧПУ УЖ-7332				2	12290	422	1	1Р						7	0,072
O78	Шлифовать зубчатую поверхность выдерживая размер 5,85 ^{-0,018}																
T79	396171 приспособление специальное; 397710 шлифовальный круг фасонный ГОСТ 22775-77; 394270 микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90																
70																	
A71	XX	XX	XX	070	4131 Шлифовальная чистовая												
B72	381311	Шлифовальный станок 3У131М				2	18873	422	1	1Р						7	0,768
O73	Шлифовать поверхность 6 выдерживая размер 26 ^{-0,052}																
T74	396114 Патрон поводковый с неподвижным центром 6155-0051 ГОСТ 20505-75; 397130 шлифовальный круг 1-150x20x32 14АМВ6РФ5В																
T75	63м/с2 ГОСТ 2424-08; 393410 микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90; шаблон																
76																	
A77	XX	XX	XX	075	4133 Шлифовальная чистовая												
B78	381313	Шлифовальный станок с ЧПУ МЕ 200				2	18873	422	1	1Р						7	0,742
O79	Шлифовать поверхности 13, 14 выдерживая размер 11,25±0,1																
T80	396114 Патрон поводковый с неподвижным центром 6155-0051 ГОСТ 20505-75; 397130 шлифовальный круг 1-150x20x32 14АМВ6РФ5В																
T81	63м/с2 ГОСТ 2424-08; 393410 микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90; шаблон																
82																	
A83	XX	XX	XX	080	4151 Зубошлифовальная чистовая												
B84	381657	Зубошлифовальный станок с ЧПУ УЖ-7332				2	12290	422	1	1Р						10	0,645
O85	Шлифовать зубчатую поверхность выдерживая размер 5,1 ^{+0,06}																
T86	396171 приспособление специальное; 397710 шлифовальный круг фасонный ГОСТ 22775-77; 394270 микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



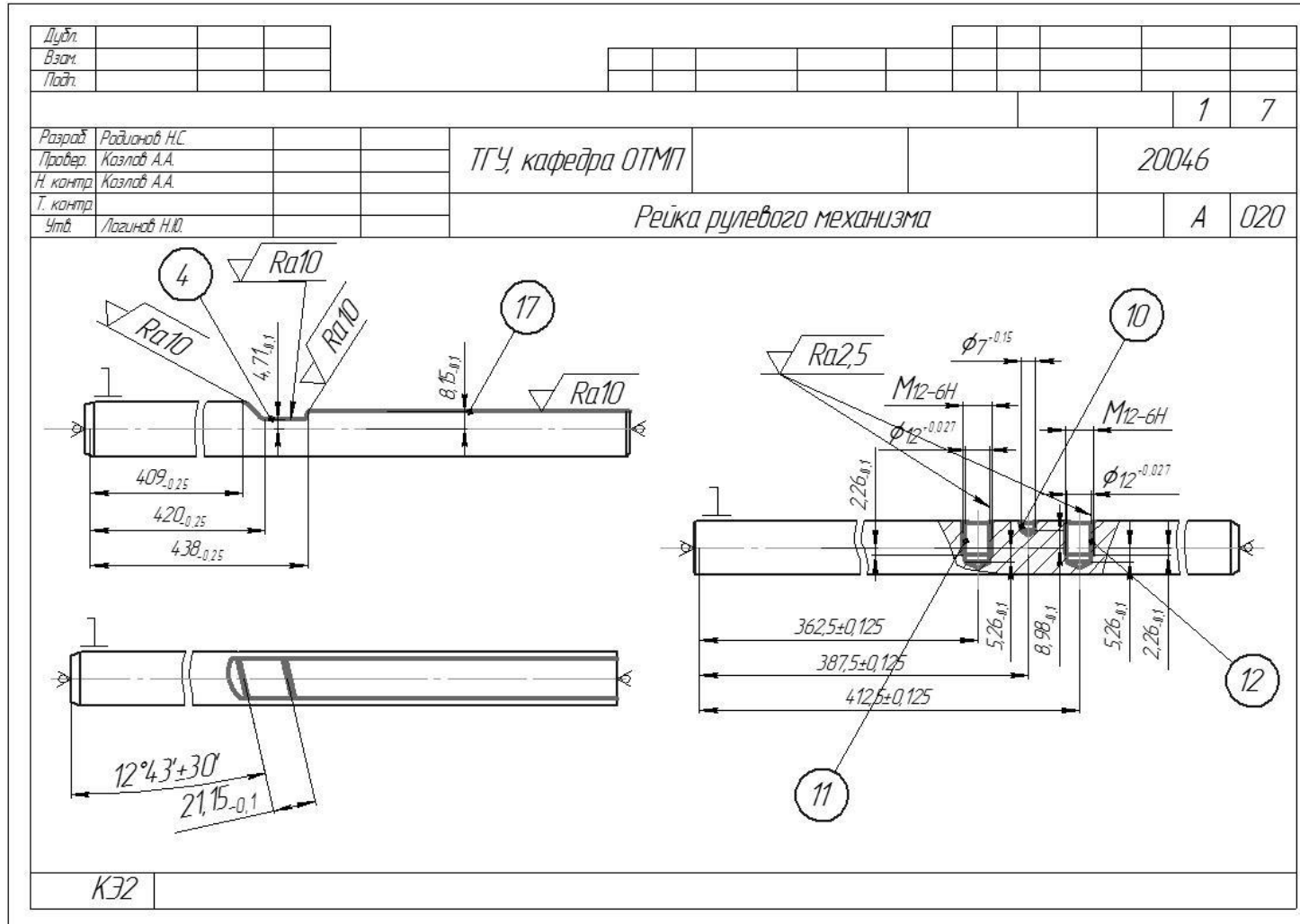
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Диз.:										
Взак.										
Подп.										
									1	9
Разраб.	Радионов Н.С.			ТГУ, кафедра ОТМП			60046.001			
Провер.	Казлов А.А.									
Н. контр.	Казлов А.А.									
Т. контр.				Рейка рулевая			А 005			
Утв.	Логинов Н.Ю.									
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры		M3	КОИД
Центровально-подрезная		Сталь 50 ГОСТ 1050-74		-	K2	2,3	32 Прокат		2,8	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Ta	Tb	Tп.з.	Tшт.	СОЖ		
Фрезерно-центровальный станок MP-75M		-		0,57	0,92	18	15			
P		ПМ	D или B	L	t, мм	i	S, мм/об	n	V	
01			мм	мм	мм	-	мм/об	об/мин	м/мин	
O 02	1. Установить и закрепить заготовку.									
T 03	396171 Приспособление специальное станочное									
O 04										
O 05	2. Фрезеровать два торца выдерживая размер согласно КЭ									
T 06	396171 Приспособление специальное станочное; 392104 пластина 03124.7.2.4.15.04.5.1 ГОСТ 19052-80 T5K10									
P 07		1	30	-	3,8	1	320	400	160	
O 08	3. Сверлить два центровальных отверстия выдерживая размер согласно КЭ									
T 09	391303 сверло центровачное φ4мм ГОСТ 14.952-75 P6M5; 393311 штангенциркуль ЩЦ-3-240-710-0,05 ГОСТ 166-89.									
P 10		1	φ4	-	2	1	005	900	28	
O 11	4. Снять заготовку									
12										
13										
OK1										

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



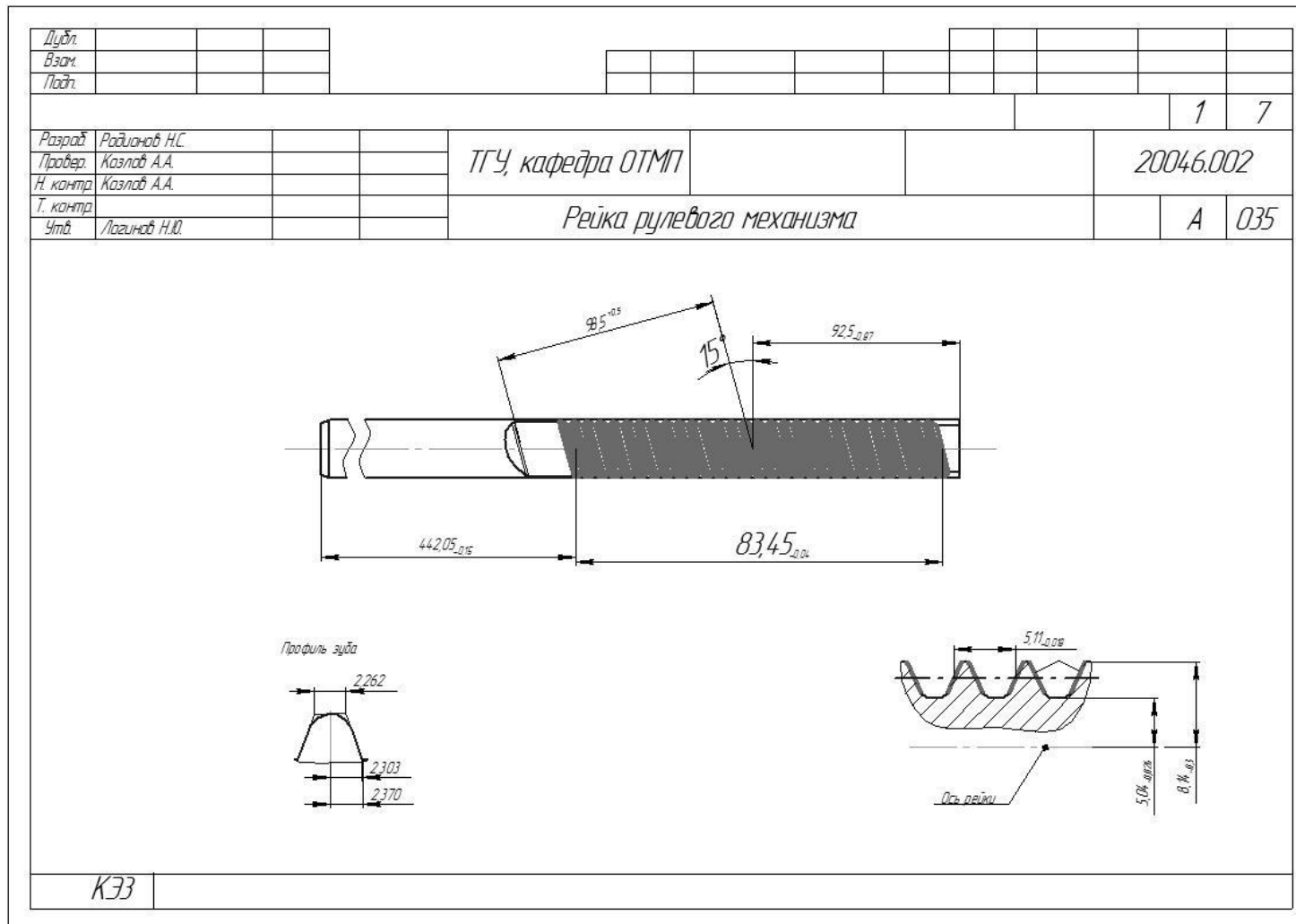
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Диз.:														
Взак.														
Подп.														
											1	9		
Разраб.	Радионов Н.С.													
Провер.	Казлов А.А.				ТГУ, кафедра ОТМП								60046.001	
Н. контр.	Казлов А.А.													
Т. контр.														
Утв.	Логинов Н.Ю.												А	035
Наименование операции		Материал			Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			M3	КОИД		
Зубофрезерная		Сталь 50 ГОСТ 1050-74			-	K2	2,3	32 Прокат			2,8	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			Ta	Tb	Tn.з.	Tшт.	СОЖ					
Зубофрезерный станок с ЧПУ 53В80		-			048	0,73	3	0,976						
P		ПМ	D или B	L	t, мм	i	S, мм/об	n	V					
01			мм	мм	мм	-	мм/об	об/мин	м/мин					
O 02	1. Установить и закрепить заготовку.													
T 03	396171 Приспособление специальное станочное													
O 04														
O 05	2. Нарезать зубья (поверхности 16, 18) выдерживая размер согласно КЗ													
T 06	XXXXXX оправка для червячной фрезы 6240-0021 ГОСТ 20507-75; фреза червячная													
O 07	φ190 мм P6M5Ф3; 393120 скоба СИ 50 ГОСТ 11098-75													
P 08		1	26	190	3,235	1	100	200	34,8					
O 09	3. Снять заготовку													
O 10														
O 11														
O 12														
O 13														
OКЗ														

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Диз.:											
Взак.											
Подп.											
									1	9	
Разраб.	Радионов Н.С.								60046.001		
Провер.	Казлоб А.А.	ТГУ, кафедра ОТМП									
Н. контр.	Казлоб А.А.										
Т. контр.											
Утв.	Логинов Н.Ю.						Рейка рулевая		А	020	
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Фрезерная		Сталь 50 ГОСТ 1050-74		-	К2	2,3	32 Прокат		2,8	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Ta	Tb	Tn.z.	Tшт.	СОЖ			
Фрезерный станок с ЧПУ 2204ВМФ4		-		2,242	0,75	8	2,634				
P		ПИ	D или B	L	t, мм	i	S, мм/об	n	V		
01			мм	мм	мм	-	мм/об	об/мин	м/мин		
02	1. Установить и закрепить заготовку.										
T 03	392810 Патрон трехлапчатый ГОСТ 2675-80										
04											
05	2. Фрезеровать поверхность 17 выдерживая размер согласно КЭ										
T 06	XXXXXX оправка для канцевой фрезы 6220-0191 ГОСТ 25827-93; 391820 фреза канцевая $\phi 30$ мм 2235-0109 ГОСТ 17026-71 P6M5										
P 07		1	26	175	4,86	1	0,24	400	35		
08	3. Фрезеровать поверхность 4 выдерживая размер согласно КЭ										
T 09	XXXXXX оправка для канцевой фрезы 6220-0191 ГОСТ 25827-93; 391820 фреза канцевая $\phi 22$ мм 2240-0452 ГОСТ 17026-71 P6M5										
P 10		1	26	21,15	8,2	1	0,24	400	28		
011	4. Сверлить отв. 10 выдерживая размер согласно КЭ										
T 12	XXXXXX втулка переходная 6100-0141 ГОСТ 28119-89; 391267 сверло спиральное $\phi 7$ мм 2300-0187 ГОСТ 10903-77 P6M5										
P 13		1	3,5	4,5	3,5	1	0,18	900	6,11		
OK2											

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Дет.										
Взам.										
Подг.										
									1	9
P		ПМ	D или B	L	t, мм	i	S, мм/об	n	V	
01			мм	мм	мм	-	мм/об	об/мин	м/мин	
О 14	5. Сверлить отв. 11, 12 выдерживая размер согласно КЭ -									
T 15	XXXXXX втулка переходная 6100-014.1 ГОСТ 28119-89; 391267 сверло спиральное ф9мм 2300-0203 ГОСТ 10903-77 Р6М5									
P 16		1	9	20	6	1	0,18	900	7,56	
О 17	6. Зенкеровать отв. 11, 12 выдерживая размеры согласно КЭ									
T 18	XXXXXX втулка переходная 6100-014.1 ГОСТ 28119-89; 10903-77 Р6М5; 391610 зенкер ф9,6мм ГОСТ 3231-71									
P 19		1	9,6	20	1,75	1	0,6	500	16,45	
О 20	7. Нарезать резьбу М12 в отв. 11, 12 выдерживая размер согласно КЭ									
T 21	392812 патрон резьбанарезной 6161-0101 ГОСТ 21938-76; 391818 фреза твердосплавная монолитная М12 ВКЗ 2640-0120 ГОСТ 7930-72; 393311 ШЦ-1-01-150 ГОСТ 166-89									
P 23		1	12	17	125	1	1,25	400	24,9	
О 24	8. Снять заготовку									
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
OK2										

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		А1	1	22.БР.ОТМП.321.60.00.000СБ				
Перед. примен.						<u>Документация</u>		
Склад №						<u>Сборочные единицы</u>		
Лист и дата						<u>Детали</u>		
Лист и дата			4	22.БР.ОТМП.321.60.00.001	Гудка	1		
			2	22.БР.ОТМП.321.60.00.002	Призма	1		
Инв. № склад			3	22.БР.ОТМП.321.60.00.003	Гудка	1		
			4	22.БР.ОТМП.321.60.00.004	Втулка	2		
Инв. № склад			5	22.БР.ОТМП.321.60.00.005	Пробка	2		
			6	22.БР.ОТМП.321.60.00.006	Планка	1		
Взам. инв. №			7	22.БР.ОТМП.321.60.00.007	Ползун	2		
			8	22.БР.ОТМП.321.60.00.008	Рычаг	2		
Лист и дата			9	22.БР.ОТМП.321.60.00.009	Втулка	2		
			10	22.БР.ОТМП.321.60.00.010	Шток	2		
Инв. № склад			11	22.БР.ОТМП.321.60.00.011	Шток	2		
			12	22.БР.ОТМП.321.60.00.012	Корпус	1		
					22.БР.ОТМП.321.60.00.000			
Инв. № склад		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разраб.	Родионов Н.С.					
		Проб.	Козлов А.А.					
		Н.контр.	Козлов А.А.					
		Утв.	Логинов Н.Ю.					
Приспособление станочное							Лист	Листов
							1	2
ТГУ, ТМдп-1702В								
Копировал							Формат А4	

