

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 вала трехступенчатого
мотор-редуктора _____

Студент	<u>А.П. Авдеенко</u> (И.О. Фамилия)	_____	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____		
Консультанты	<u>к.э.н. Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____		
	<u>к.т.н., доцент А.В. Краснов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____		

Тольятти 2020

Аннотация

Авдеенко Антон Павлович. Технологический процесс изготовления вала трехступенчатого мотор-редуктора. Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2020 г.

Во введении формулируется цель проектирования технологического процесса изготовления вала трехступенчатого мотор-редуктора, которая заключается в разработке технологии, обеспечивающей выпуск годовой программы изделий заданного качества при минимальных экономических затратах.

Первый раздел содержит анализ исходных данных исходя из назначения, условий эксплуатации и технологических характеристик детали. В результате данного анализа формируются задачи работы, решению которых посвящены все последующие ее разделы.

Второй раздел содержит основные результаты разработки технологического процесса изготовления вала трехступенчатого мотор-редуктора. Проведены выбор параметров техпроцесса, проектирование заготовки, проектирование плана изготовления, определение средств оснащения техпроцесса, разработка технологических операций.

Третий раздел содержит результаты совершенствования технологических операций путем проектирования специальных средств оснащения. Спроектировано станочное приспособление и режущий инструмент.

Четвертый раздел содержит анализ безопасности и экологичности технологического процесса и мероприятия по их обеспечению.

Пятый раздел посвящен расчету экономических показателей технологического процесса.

В заключении формулируются основные выводы по результатам выполнения работы. Работа состоит из 71 страниц пояснительной записки и 7 листов формата А1 графической части.

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ исходных данных.....	4
1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации.....	4
1.2 Технологические характеристики детали.....	5
1.3 Выбор параметров техпроцесса.....	8
1.4 Формулировка задач работы.....	10
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Проектирование заготовки.....	11
2.2 Проектирование плана изготовления.....	20
2.3 Определение средств оснащения техпроцесса.....	23
2.4 Разработка технологических операций.....	27
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	31
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	31
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	36
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	39
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	39
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	40
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	42
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	45
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	47
5 Экономическая эффективность работы.....	49
Заключение.....	53
Список используемых источников.....	54
Приложение А Технологическая документация.....	57
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	70

Введение

Машины и механизмы, используемые в промышленности, для обеспечения работы требуют наличия привода, который, как правило, состоит из электродвигателя и редуктора. Чаще всего они выполняются в виде отдельных механизмов, соединяемых между собой муфтой, что имеет ряд недостатков. Главный недостаток такого решения заключается в повышении веса конструкции, увеличении ее габаритов и высокой стоимости. Объединение электродвигателя и редуктора в единый агрегат позволяет решить эти проблемы. Такое устройство получило название мотор-редуктор. Кроме описанных ранее преимуществ мотор-редуктор не требует обеспечения соосности выходного вала электродвигателя и входного вала редуктора, а также требует наличия только одного установочного места в механизме. Благодаря данным особенностям конструкции такие узлы получили широкое распространение, особенно в автоматических системах и робототехнике. Основным недостатком компоновки мотор-редукторов является отсутствие демпфирующих муфт, которые в случае появления значительных динамических нагрузках расцепляют валы двигателя и редуктора. Данное обстоятельство накладывает особые требования на эксплуатационные характеристики всех деталей входящих в состав мотор-редуктора. Характеристики должны обеспечивать безотказную работу, но при этом не быть завышенными, так как это приведет к неоправданному повышению стоимости. Следует учесть, что все требования, предъявляемые к деталям, обеспечиваются на стадии их изготовления. Это вызывает необходимость уделить особое внимание стадии проектирования технологических процессов изготовления деталей.

Цель проектирования технологического процесса изготовления вала трехступенчатого мотор-редуктора заключается в разработке технологии, которая обеспечит выпуск годовой программы изделий заданного качества при минимальных экономических затратах.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации

Вал является одной из деталей трехступенчатого мотор-редуктора. Данная деталь в процессе работы передает крутящий момент от вала электродвигателя на входной вал исполнительного механизма. Установка детали в корпусе мотор-редуктора осуществляется при помощи шарикоподшипников. Передача крутящего момента происходит посредством боковых поверхностей шлиц и боковых поверхностей шпоночного паза.

Контур вала образуется простыми поверхностями определяемыми плоскостями, а также наружными и внутренними цилиндрическими поверхностями.

Условия эксплуатации вала зависят в большей степени от условий эксплуатации всего механизма в целом. Условия эксплуатации машин и механизмов, в конструкцию которых входит рассматриваемый мотор-редуктор, зависят от их назначения и технических требований предъявляемых к ним. Эксплуатация может производиться как в закрытых помещениях с определенным микроклиматом, который в таком случае и будет определять влияние внешних факторов, так и вне производственных помещений, под влиянием внешних климатических условий. Следует учесть тот факт, что вал располагается в закрытом корпусе мотор-редуктора и поэтому в незначительной степени подвержен влиянию внешних факторов. Наибольшую опасность представляют два основных фактора. Во-первых, это температурные колебания внешней среды, что может привести к ухудшению смазочных свойств используемых для смазки трущихся частей смазочных материалов и привести к преждевременному износу поверхностей детали находящихся в контакте с другими деталями механизма. Во-вторых, это значительная величина передаваемого крутящего момента и наличие знакопеременных нагрузок, что в случае превышения их расчетной величины

вследствие особенностей конструкции мотор-редуктора может привести к выходу детали из строя. В целом, предполагаемые условия эксплуатации можно охарактеризовать как удовлетворительные.

1.2 Технологические характеристики детали

Выполнение оценки детали на технологичность рекомендуется производить по данным [13]. Оценка производится по критериям характеристик используемого материала, конструкции детали, заготовки и механической обработки.

Материал детали характеризуется его химическим составом и физико-механическими свойствами. Фланец изготавливается из стали 40ХГ ГОСТ 4543-71. Химический состав и физико-механические свойства данной стали представлены по данным [23] в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	Углерод	Сера	Фосфор	Медь	Хром	Марганец	Никель	Кремний
Содержание, %	0,36-0,44	0,035	0,035	0,3	0,8-1,1	0,8-1,1	0,3	0,17-0,37

Таблица 2 – Физико-механические свойства

Предел текучести, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение после разрыва, %	Относительное сужение, %	Твердость по Бринеллю
780	530	20	63	197-207

Приведенные характеристики материала позволяют обеспечить показатели резания, характеризующиеся коэффициентом обрабатываемости, для твердосплавного инструмента 0,8, для быстрорежущего инструмента 0,7.

Определение технологических характеристик детали основано на классификации ее поверхностей по служебному назначению [21]. Исходя из данной классификации, определяются наиболее значимые для выполнения служебного назначения поверхности детали. При выполнении операций механической обработки данным поверхностям следует уделить особое внимание. Отклонение требований по размерной точности их изготовления недопустимо. Для проведения классификации поверхностей вала выполняем его эскиз, на котором каждой поверхности присваиваем свой индивидуальный номер (рисунок 1). Затем классифицируем поверхности по назначению (таблица 3).

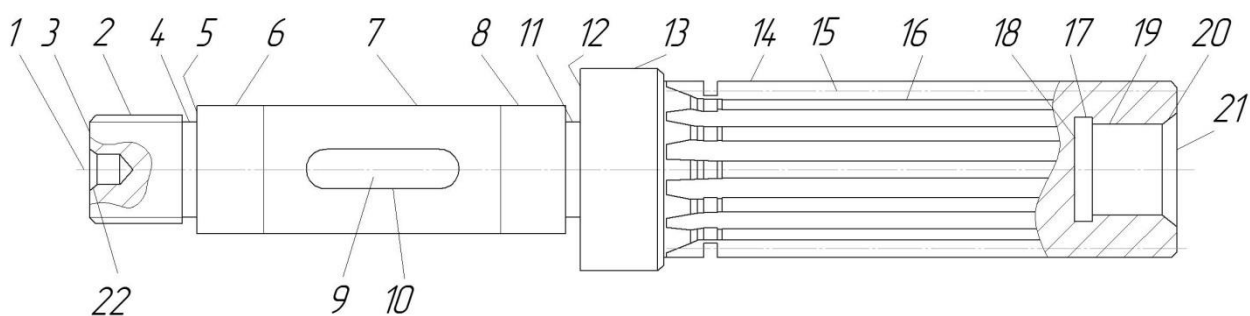


Рисунок 1 – Эскиз детали

Таблица 3 – Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база	6, 8, 12
Вспомогательная конструкторская база	7, 9, 13, 14, 19
Исполнительная поверхность	2, 10, 15
Свободные поверхности	все остальные

Следует отметить, что в конструкции детали максимально применены унифицированные стандартные элементы, а сама форма детали несложная, характерная для данного класса деталей. Величины размеров поверхностей, допуски на их изготовление, точность их формы и расположения соответствуют нормальному ряду чисел. К недостаткам конструкции вала

можно отнести наличие точного глухого отверстия, что с точки зрения технологичности не является оптимальным решением.

Технологичность заготовки во многом определяется материалом и конструкцией детали, от которых зависит выбор метода получения заготовки. Рассматриваемый фланец наиболее технологично получать методами обработки металлов давлением. С учетом годового объема выпуска деталей и рекомендаций [3, 8] из всего многообразия методов получения заготовки в данном случае наиболее приемлемы методы штамповки на прессе и отрезка заготовки из проката. Механическая обработка данной детали, исходя из ее формы, расположения поверхностей и требуемой точности обработки может быть выполнена с использованием стандартных методов обработки, с применением универсального и стандартизированного оснащения операций. Механической обработке необходимо подвергнуть все поверхности детали, что определено их параметрами точности и применимыми методами получения заготовки для данной детали. Базирование на операциях технологического процесса можно осуществить при помощи стандартных схем с соблюдением принципов единства и постоянства баз. Черновыми технологическими базами можно принять основные конструкторские базы. С точки зрения теории базирования такое решение наиболее оптимально. Количество и размеры поверхностей для базирования детали отвечают всем необходимым требованиям, предъявляемым к ним. Реализация схем базирования в данном случае возможна при помощи стандартных средств оснащения.

Проведенный анализ вала на технологичность позволяет сделать вывод о его хороших технологических характеристиках и наметить круг задач, которые необходимо решить в ходе проектирования технологического процесса.

1.3 Выбор параметров техпроцесса

Существует несколько способов определения типа производства. Первый подход подразумевает использование показателя закрепления операций [5]. Недостаток данного подхода заключается в необходимости предварительной подробной проработки технологии изготовления, что на стадии предварительного проектирования невозможно. Вторым подходом является определение типа производства на основе годовой программы выпуска детали и ее массы [10]. В данном случае будем использовать данный подход. Годовая программа выпуска составляет 5500 деталей, а масса детали согласно ее чертежу 1,1 кг. Такие параметры соответствуют среднесерийному типу производства.

Выбор параметров производится с использованием данных [15].

Проектирование технологического процесса в условиях среднесерийного типа производства выполняется в соответствии с линейной стратегией с включением циклических и разветвленных этапов.

Производственный процесс организуется в соответствии с не поточным групповым методом с применением запуска изделий рассчитанными партиями. Производственные участки формируются по групповому принципу, то есть станки расставляются строго по группам исходя из вида выполняемых работ.

Заготовка выбирается и проектируется исходя из технологических возможностей заготовительного производства конкретного предприятия. В общем случае выбор заготовки производится на основании экономических расчетов. Расчет припусков и напусков на механическую обработку, а также определение формы заготовки производится исходя из материала детали и ее формы. Определение припусков при этом производится, в зависимости от требуемой точности обработки поверхности, либо расчетно-аналитическим, либо табличным методами.

Методы обработки поверхностей определяются из условия обеспечения минимального значения удельных затрат. «Маршрут изготовления детали определяется на основе типовых маршрутов обработки с учетом определенных ранее методов обработки поверхностей» [15].

Оборудование для проведения операций выбирается исходя из реализуемого метода обработки, требуемой схемы проведения операции, особенностей конкретного производства. Среднесерийный тип производства предусматривает широкое применение оборудования оснащенного системами числового программного управления, универсального оборудования и ограниченное применение специализированного оборудования.

Средства технологического оснащения выбираются исходя из схемы проведения операции, особенностей конкретного производства. В большинстве случаев достаточно применения стандартных, нормализованных и стандартизированных средств оснащения. В случае применения специализированных и специальных средств оснащения необходимо провести техническое и экономическое обоснование таких решений.

Технологические операции проектируются из условия обеспечения последовательной и параллельно-последовательной структур с максимальной концентрацией технологических переходов. Базирование детали на операциях должно отвечать основным принципам базирования, то есть единства и постоянства баз. Режимы резания на выполнение операций определяются расчетно-аналитическим или статистическим методом. Выполнение нормирования операции производится расчетным методом, допускается применение метода хронометража. Оборудование на выполнение операционных размеров настраивается при помощи шаблонов, измерительных приборов и других методов предварительной настройки. На финишных операциях рекомендуется применять для получения размера адаптивные системы контроля размеров.

Документация на технологический процесс оформляется в виде маршрутной карты, операционных карт с картами эскизов и наладок на операции технологического процесса.

1.4 Формулировка задач работы

Сформулируем основные задачи работы исходя из цели работы и анализа конструкции, условий эксплуатации и технологичности детали.

На первом этапе необходимо выбрать и спроектировать заготовку, которая отвечает требованиям по необходимой точности изготовления детали и обеспечивает минимальные экономические затраты.

Следующая задача, которую необходимо решить связана с проектированием технологии изготовления. Она предусматривает комплексный подход к ее решению. Такой подход к решению данной задачи позволит спроектировать максимально эффективный технологический процесс с точки зрения его экономических показателей.

Конструкторские задачи работы заключаются в проектировании специальных средств оснащения, которые направлены на решение проблем проектируемого технологического процесса связанных с его техническими недостатками. Решение этих проблем позволит повысить его эффективность и сократить экономические потери.

На следующем этапе проектирования необходимо решить задачи по обеспечению безопасности и экологичности производства.

На заключающем этапе рассматривается блок экономических задач, решение которых направлено на оценку и повышение экономической эффективности проектируемого технологического процесса.

В результате выполнения раздела выполнен анализ исходных данных исходя из назначения, условий эксплуатации и технологических характеристик детали. В результате данного анализа сформулированы задачи работы, решению которых посвящены все последующие ее разделы.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Проектирование заготовки

В соответствии с принятой методикой проектирования и характеристиками среднесерийного типа производства необходимо спроектировать заготовку. Решение этой задачи предусматривает последовательное выполнение нескольких этапов. Сначала необходимо выбрать метод получения заготовки. В ходе выполнения анализа заготовки на технологичность было выяснено, что заготовку для рассматриваемой детали наиболее рационально получать методом горячей штамповки или отрезкой из проката. Окончательный выбор из двух предполагаемых методов выполняется путем сравнительного экономического анализа затрат на получение детали из заготовки полученной каждым из сравниваемых методов [20]. Затраты определяются с использованием выражения:

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

где $C_{ЗАГ}$ – приведенные затраты метода получения заготовки, руб.;

$C_{МЕХ}$ – приведенные затраты на снятие стружки, руб.;

$C_{ОТХ}$ – цена одного кг стружки, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса детали, кг.

Определение массы заготовки с достаточной для данной стадии проектирования точностью можно произвести по формуле:

$$Q_i = q \cdot K_P, \quad (2)$$

где i – индекс метода получения заготовки;

K_P – коэффициент, зависящий от метода получения заготовки и геометрических особенностей детали.

Здесь и далее примем индекс метода получения заготовки 1 для метода получения заготовки отрезкой из проката, индекс метода получения заготовки 2 для метода получения заготовки горячей штамповкой.

$$Q_1 = 1,1 \cdot 1,43 = 1,57 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 1,1 \cdot 1,23 = 1,35 \text{ кг.}$$

Для определения приведенных затрат метода получения заготовки используется выражение:

$$C_{\text{ЗАГ } i} = C_{\text{б}} \cdot h_{\text{Т}} \cdot h_{\text{С}} \cdot h_{\text{В}} \cdot h_{\text{М}} \cdot h_{\text{П}}, \quad (3)$$

где $C_{\text{б}}$ – базовая стоимость получения одного кг заготовок рассматриваемым методом, руб.;

$h_{\text{Т}}$ – коэффициент, характеризующий точность метода штамповки;

$h_{\text{С}}$ – коэффициент, характеризующий сложности метода;

$h_{\text{В}}$ – коэффициент, характеризующий массу заготовки полученной данным методом;

$h_{\text{М}}$ – коэффициент, характеризующий марку материала;

$h_{\text{П}}$ – коэффициент, характеризующий годовую программу выпуска.

$$C_{\text{ЗАГ } 1} = 16,37 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 18,01 \text{ р.}$$

$$C_{\text{ЗАГ } 2} = 16,37 \cdot 1,0 \cdot 2,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 40,93 \text{ р.}$$

Для определения приведенных затрат на снятие стружки используется выражение:

$$C_{\text{МЕХ } i} = C_{\text{С}} + E_{\text{Н}} \cdot C_{\text{К}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{С}}$ – текущие затраты на снятие одного кг стружки, руб.;

$C_{\text{К}}$ – капитальные вложения на снятие одного кг стружки, руб.;

$E_{\text{Н}}$ – коэффициент, характеризующий эффективности капитальных вложений.

$$C_{\text{МЭХ } 1,2} = 4,95 + 0,1 \cdot 10,85 = 6,04 \text{ р.}$$

Подставляя полученные значения в формулу (1) получаем следующие значения:

$$C_{\text{T1}} = 18,01 \cdot 1,57 + 6,04 \cdot (1,57 - 1,1) - 1,4 \cdot (1,57 - 1,1) = 30,46 \text{ р.}$$

$$C_{\text{T2}} = 40,93 \cdot 1,35 + 6,04 \cdot (1,35 - 1,1) - 1,4 \cdot (1,35 - 1,1) = 56,42 \text{ р.}$$

Рассчитаем экономическую эффективность от применения более дешевого метода получения заготовки:

$$\mathcal{E} = (C_{\text{T2}} - C_{\text{T1}}) \cdot N, \quad (5)$$

где N – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$\mathcal{E} = (56,42 - 30,46) \cdot 5500 = 142780 \text{ р.}$$

Экономические расчеты показали, что метод получения заготовки отрезкой из проката имеет лучшие показатели. Выбираем данный метод получения заготовки для дальнейшего ее проектирования.

Следующим этапом проектирования заготовки является проектирование маршрутов обработки поверхностей. Эффективное решение данной задачи возможно на основе анализа суммарных удельных трудоемкостей возможных вариантов маршрутов обработки исходя из требуемых характеристик поверхностей. Для этого используем данные [22]. Полученные результаты разработки маршрутов обработки поверхностей детали представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты разработки маршрутов обработки поверхностей

Поверхность	Тип поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
2	резьбовая	12	12,5	точение чистовое, термическая обработка
3, 21	плоская	12	12,5	фрезерование, термическая обработка
4	цилиндрическая	12	12,5	точение чистовое, термическая обработка

Продолжение таблицы 4

Поверхность	Тип поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
5	плоская	12	12,5	«точение, термическая обработка» [22]
6, 8	цилиндрическая	6	0,63	«точение черновое и чистовое, термическая обработка, шлифование черновое и чистовое» [22]
7, 13, 14	цилиндрическая	8	1,25	«точение черновое и чистовое, термическая обработка, шлифование черновое» [22]
9	плоская	9	6,3	«фрезерование, термическая обработка» [22]
10	плоская	9	3,2	«фрезерование, термическая обработка» [22]
11	цилиндрическая	12	12,5	«точение чистовое, термическая обработка» [22]
12	плоская	12	1,25	«точение черновое и чистовое, термическая обработка, шлифование черновое и чистовое» [22]
15	плоская	10	1,6	«фрезерование, термическая обработка, шлифование черновое» [22]
16	плоская	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [22]
17	цилиндрическая	12	12,5	«точение, термическая обработка» [22]
18	плоская	12	12,5	«точение, термическая обработка» [22]
19	цилиндрическая	8	1,25	сверление, зенкерование, развертывание, термическая обработка, шлифование черновое и чистовое
20	коническая	8	1,25	сверление, термическая обработка, шлифование черновое
22	коническая	8	1,25	сверление, термическая обработка, шлифование черновое

Представленные в таблице 4 маршруты обработки поверхностей являются основой для определения припусков на обработку поверхностей. Метод определения припуска, как отмечалось ранее, зависит от требуемой точности обработки.

Припуски на обработку точных поверхностей диаметром $25k6^{(+0,015)}_{(+0,002)}$ определяются расчетно-аналитическим методом [17].

В соответствии с принятой методикой расчет минимального припуска производится по формуле:

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

где « a – дефектный слой, мм;

Δ – пространственные отклонения, мм;

ε – погрешность установки заготовки в приспособлении, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [17].

$$z_{1\ min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,130^2 + 0,025^2} = 0,432 \text{ мм.}$$

$$z_{2\ min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,050^2 + 0,025^2} = 0,256 \text{ мм.}$$

$$z_{3\ min} = a_{\text{то}} + \sqrt{\Delta_{\text{то}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,030^2 + 0,012^2} = 0,282 \text{ мм.}$$

$$z_{4\ min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,008^2 + 0,012^2} = 0,164 \text{ мм.}$$

«Расчет максимального припуска производится по формуле:

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

где Td_i – допуск размера на текущем переходе, мм;

Td_{i-1} – допуск размера на предыдущем переходе, мм» [17].

$$z_{1\ max} = z_{1\ min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,432 + 0,5 \cdot (0,52 + 0,21) =$$

$$= 0,797 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,256 + 0,5 \cdot (0,21 + 0,084) = 0,403 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{\text{TO}} + Td_3) = 0,282 + 0,5 \cdot (0,13 + 0,033) = 0,364 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,164 + 0,5 \cdot (0,033 + 0,013) = 0,183 \text{ мм.}$$

Расчет среднего припуска производится по формуле:

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

$$z_{\text{ср}1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (0,797 + 0,432) = 0,615 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,403 + 0,256) = 0,330 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,364 + 0,282) = 0,323 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,183 + 0,164) = 0,174 \text{ мм.}$$

Исходя из полученных значений припусков, рассчитываем операционные размеры для каждого перехода.

Расчет минимальных операционных размеров производится по формуле:

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

В маршруте обработки поверхности предусмотрено выполнение термической обработки. С учетом этого минимальный диаметр на переходе предшествующем термическому рассчитывается по формуле:

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

Расчет максимальных операционных размеров производится по формуле:

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

Расчет средних операционных размеров производится по формуле:

$$d_{i\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{i\text{ max}} + d_{i\text{ min}}). \quad (12)$$

Принятая методика расчета подразумевает выполнение расчетов в обратном порядке относительно маршрута их обработки, то есть расчеты выполняются от готовой детали к заготовке.

$$d_{4min} = 25,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 25,015 \text{ мм.}$$

$$d_{4\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (25,018 + 25,002) = 25,009 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 25,015 + 2 \cdot 0,164 = 25,343 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 25,343 + 0,033 = 25,376 \text{ мм.}$$

$$d_{3\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (25,376 + 25,343) = 25,359 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{ТО} min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 25,376 + 2 \cdot 0,282 = 25,940 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{ТО} max} = d_{\text{ТО} min} + Td_{\text{ТО}} = 25,940 + 0,130 = 26,070 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{ТО} ср} = 0,5 \cdot (d_{\text{ТО} max} + d_{\text{ТО} min}) = 0,5 \cdot (26,070 + 25,940) = 26,005 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{\text{ТО} min} \cdot 0,999 = 26,070 \cdot 0,999 = 25,914 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 25,914 + 0,084 = 25,998 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (26,998 + 25,914) = 25,952 \text{ мм}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 25,998 + 2 \cdot 0,256 = 26,510 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 26,510 + 0,210 = 26,760 \text{ мм.}$$

$$d_{1\text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (26,760 + 26,510) = 26,612 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 26,720 + 2 \cdot 0,432 = 27,584 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 27,584 + 0,520 = 28,104 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5 \cdot (d_{0max} + d_{0min}) = 0,5 \cdot (28,104 + 27,584) = 27,844 \text{ мм.}$$

Производим расчет общих припусков на обработку поверхностей.

Расчет минимального общего припуска производится по формуле:

$$2z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (13)$$

$$2z_{min} = 27,584 - 25,015 = 2,569 \text{ мм.}$$

Расчет максимального общего припуска производится по формуле:

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

$$2z_{max} = 2,569 + 0,52 + 0,013 = 3,102 \text{ мм.}$$

Расчет среднего общего припуска производится по формуле:

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

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2,569 + 3,102) = 2,836 \text{ мм.}$$

Определение припусков на обработку оставшихся поверхностей производится табличным методом [15]. Порядок определения припуска в данном случае следующий. При помощи табличных статистических данных определяется минимальный припуск для каждого перехода обработки поверхности. Максимальный припуск рассчитывается с использованием выражения (7) и данных о технологических допусках для каждого перехода обработки поверхности.

Припуски для обработки поверхностей 3, 21 составят: «переход фрезерование минимальный припуск 1,8 мм, максимальный припуск 2,47 мм» [15].

Припуски для обработки поверхности 2 составят:

– «переход точение черновое минимальный припуск 1,7 мм, максимальный припуск 2,12 мм;

– переход точение чистовое минимальный припуск 1,1 мм, максимальный припуск 1,25 мм» [15].

Припуски для обработки поверхности 12 составят:

– «переход точение черновое минимальный припуск 1,8 мм, максимальный припуск 3,3 мм;

– переход точение чистовое минимальный припуск 0,8 мм, максимальный припуск 1,29 мм;

– переход шлифование минимальный припуск 0,4 мм, максимальный припуск 0,6 мм;

– переход шлифование чистовое минимальный припуск 0,08 мм, максимальный припуск 0,19 мм» [15].

Припуски для обработки поверхности 13 составят:

– «переход точение черновое минимальный припуск 1,5 мм, максимальный припуск 1,94 мм;

– переход точение чистовое минимальный припуск 0,3 мм, максимальный припуск 0,48 мм;

– переход шлифование минимальный припуск 0,5 мм, максимальный припуск 0,57 мм;

– переход шлифование чистовое минимальный припуск 0,06 мм, максимальный припуск 0,1 мм» [15].

Припуски для обработки поверхности 14 составят:

– «переход точение черновое минимальный припуск 1,5 мм, максимальный припуск 1,94 мм;

– переход точение чистовое минимальный припуск 0,3 мм, максимальный припуск 0,48 мм;

– переход шлифование минимальный припуск 0,5 мм, максимальный припуск 0,57 мм;

– переход шлифование чистовое минимальный припуск 0,06 мм, максимальный припуск 0,09 мм» [15].

Припуски для обработки поверхности 19 составят:

- «переход сверление минимальный припуск 0,8 мм, максимальный припуск 0,93 мм;
- переход точение чистовое минимальный припуск 0,5 мм, максимальный припуск 0,56 мм;
- переход шлифование минимальный припуск 0,4 мм, максимальный припуск 0,46 мм;
- переход шлифование чистовое минимальный припуск 0,25 мм, максимальный припуск 0,29 мм» [15].

Суммируя полученные значения припусков, формируют контур заготовки путем их прибавления к соответствующим поверхностям детали.

Для заготовки из проката необходимо подобрать диаметр прутка. В данном случае максимальный диаметр заготовки должен составлять 35 мм. Исходя из необходимого диаметра заготовки по ГОСТ 2590-88 [4] подбираем горячекатаный прокат нормальной точности диаметром $35^{+0,6}_{-1,2}$ мм.

2.2 Проектирование плана изготовления

Проектирование плана изготовления производится на основе маршрута изготовления, выбора схем базирования, определения операционных размеров и их допусков.

В ходе выполнения выбора параметров технологического процесса было установлено, что для среднесерийного типа производства технологический маршрут изготовления формируется на основе типовых маршрутов, представленных в литературе [16, 21, 22].

Процедура формирования маршрута изготовления следующая. Сначала принимается за базовый маршрут наиболее подходящий типовой маршрут обработки схожей по конструктивно-технологическим характеристикам детали.

Затем производится анализ достаточности и избыточности

технологических операций применительно к рассматриваемой детали. В случае необходимости лишние операции исключаются из маршрута, а недостающие включаются в маршрут.

Далее формируется содержание технологических операций. Для этого все поверхности, требующие для их получения применения однотипных методов обработки, объединяются в операции обеспечивающие выполнение определенного метода обработки. При этом учитываются «формы поверхностей, их взаимное расположение, особенности структуры операций, технологические особенности предполагаемого к применению технологического оборудования. Так же могут учитываться и другие особенности предлагаемой к применению технологии изготовления» [16].

Полученные результаты разработки технологического маршрута изготовления приведены ниже.

Операция 005 Фрезерно-центровальная состоит из перехода фрезерования поверхностей 3, 21 и перехода сверления поверхностей 19, 20, 22.

Операция 010 Токарная состоит из перехода точения поверхностей 2, 5, 7, 12, 13.

Операция 015 Токарная состоит из перехода точения поверхности 14.

Операция 020 Токарная состоит из перехода точения поверхностей 2, 4, 5, 7, 11, 12, 13.

Операция 025 Токарная состоит из перехода точения поверхностей 14, 17, 18, 19.

Операция 030 Фрезерная состоит из перехода фрезерования, содержит обработку поверхностей 9, 10.

Операция 035 Шлицефрезерная состоит из перехода фрезерования, содержит обработку поверхностей 15, 16.

Операция 040 Термическая содержит методы термической обработки всех поверхностей детали.

Операция 045 Центрошлифовальная состоит из перехода шлифования

поверхностей 20, 22.

Операция 050 Торцекруглошлифовальная состоит из перехода шлифования поверхностей 6, 7, 8, 12.

Операция 055 Круглошлифовальная состоит из перехода шлифования поверхностей 13, 14.

Операция 060 Торцекруглошлифовальная состоит из перехода шлифования поверхностей 6, 7, 8, 12.

Операция 065 Круглошлифовальная состоит из перехода шлифования поверхностей 13, 14.

Операция 070 Внутришлифовальная состоит из перехода шлифования поверхности 19.

Операция 075 Внутришлифовальная состоит из перехода шлифования поверхности 19.

Операция 080 Шлицешлифовальная состоит из перехода шлифования поверхности 15.

Операция 085 Моечная содержит мойку и сушку всех поверхностей детали.

Операция 090 Контрольная содержит комплексный контроль всех поверхностей детали.

Выбор схем базирования производится исходя из типа детали, ее конструктивных особенностей, возможности реализации схемы, соблюдения принципов единства и постоянства баз и других рекомендаций [13].

Полученные результаты представляются в виде «плана изготовления детали, который представляет собой графическое отображение маршрута изготовления с указанием используемого оборудования, эскиза обработки, схем базирования, операционных размеров и технических требований на выполнение операций» [13]. Более подробно принципы формирования плана изготовления и основные требования, предъявляемые к нему, представлены в литературе [10].

Результаты проектирования плана изготовления отражены на

соответствующем листе графической части работы и в приложении А.

2.3 Определение средств оснащения техпроцесса

На технические и экономические показатели технологического процесса значительное влияние оказывают применяемые в нем оборудование, станочные приспособления, режущий инструмент, средства контроля и другие средства технологического оснащения. Средства оснащения, прежде всего, должны соответствовать типу производства и его характеристикам. Выбор конкретного вида средств оснащения выполняется в соответствии с рекомендациями [15].

Технологическое оборудование выбирается с учетом структуры операции, принятого уровня концентрации технологических переходов, требуемой гибкости оборудования, точности обрабатываемых поверхностей и производительности. Модели станков выбираем по данным [11, 18].

Станочное оснащение выбирается с учетом структуры технологической операции, требуемых технических характеристик приспособления, теоретической схемы базирования на операции, необходимого уровня механизации и автоматизации. Группу и тип станочного приспособления выбираем по данным [6, 18].

Режущий инструмент выбирается с учетом реализуемой схемы и концентрации переходов на операции, требуемой стойкости инструментального материала, характеристик шероховатости и точности обрабатываемой поверхности, требуемого на операции уровня автоматизации. Наименование и типоразмер режущего инструмента выбираем по данным [1, 18].

Средства контроля выбираются с учетом характеристик контролируемых поверхностей, вида контроля, необходимой степени автоматизации контрольных операций, типа получаемой в ходе контроля операций. Тип и модели средств контроля выбираем по данным [14, 18].

Результаты выбора средств оснащения технологического процесса изготовления вала представлены в таблицах 5, 6, 7, 8. В представленных таблицах приведены только основные средства оснащения без учета дополнительных средств оснащения, таких как инструментальные оправки, вспомогательный инструмент, настроечные калибры и приборы и так далее.

Таблица 5 – Технологическое оборудование

Операция	Обрабатываемые поверхности	Точность обработки	Модель оборудования
005 Фрезерно-центровальная	3, 19, 20, 21, 22	9, 12	фрезерно-центровальный XZK8230
010 Токарная	2, 5, 7, 12, 13	12	токарно-винторезный TNC-10
015 Токарная	14	12	токарно-винторезный TNC-10
020 Токарная	2, 4, 5, 7, 11, 12, 13	10	токарно-винторезный TNC-10
025 Токарная	14, 17, 18, 19	10	токарно-винторезный TNC-10
030 Фрезерная	9, 10	9	вертикально-фрезерный FV 321M
035 Шлицефрезерная	15, 16	10	шлицефрезерный BCH-620 NC22
040 Термическая			термическая печь
045 Центрошлифовальная	20, 22	8	центрошлифовальный 3925
050 Торцекруглошлифовальная	7, 12	8	торцекруглошлифовальный JHU- 2710
055 Круглошлифовальная	13, 14	8	круглошлифовальный JHU-3510NC/1
060 Торцекруглошлифовальная	6, 7, 8, 12	6	торцекруглошлифовальный JHU- 2710
065 Круглошлифовальная	13, 14	6	круглошлифовальный JHU-3510NC/1
070 Внутришлифовальная	19	8	внутришлифовальный JHI-150 NC
075 Внутришлифовальная	19	6	внутришлифовальный JHI-150 NC
080 Шлицешлифовальная	15	8	шлицешлифовальный 3450
085 Контрольная			контрольный стол
090 Моечная			камерная моечная машина

Таблица 6 – Станочные приспособления

Операция	Установочные элементы	Зажимные элементы	Наименование приспособления
005 Фрезерно-центровальная	призмы установочные, осевой упор	призмы самоцентрирующие	тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66
010 Токарная	центр А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	кулачки	патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80
015 Токарная	центр А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	кулачки	патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80
020 Токарная	центра А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	поводок	патрон поводковый
025 Токарная	центра А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	лепестки цанги	патрон цанговый ГОСТ 2877-80
030 Фрезерная	призмы установочные ГОСТ 12195-66, осевой упор	прихват	приспособление специальное
035 Шлицефрезерная	центра ГОСТ2575-79	поводок	патрон поводковый
040 Термическая			
045 Центрошлифовальная	призмы установочные, осевой упор	призмы самоцентрирующие	Тиски самоцентрирующие ГОСТ12195
050 Торцекруглошлифовальная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	поводок	патрон поводковый
055 Круглошлифовальная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	поводок	патрон поводковый
060 Торцекруглошлифовальная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	поводок	патрон поводковый
065 Круглошлифовальная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	поводок	патрон поводковый
070 Внутришлифовальная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	лепестки цанги	патрон цанговый ГОСТ 2877-80
075 Внутришлифовальная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	лепестки цанги	патрон цанговый ГОСТ 2877-80
080 Шлицешлифовальная	центр неподвижный ГОСТ 8742-75	поводок	патрон поводковый ГОСТ 8742-75
085 Контрольная			
090 Моечная			

Таблица 7 – Выбор режущих инструментов

Операция	Инструментальный материал	Наименование режущего инструмента
005 Фрезерно-центровальная	T5K10, P6M5	фрезы торцевые ГОСТ 1695-80, сверло центровочное А 6,3 ГОСТ 14952-80
010 Токарная	T5K10	резец контурный ГОСТ 18879-73
015 Токарная	T5K10	резец контурный ГОСТ 18879-73
020 Токарная	T30K4	резец контурный ГОСТ 18879-73, резец канавочный ГОСТ 18879-73, резец резьбовой ГОСТ 18879-73
025 Токарная	T30K4	резец контурный ГОСТ 18879-73, резец канавочный ГОСТ 18879-73, резец расточной ГОСТ 18879-73
030 Фрезерная	P6M5	фреза шпоночная ГОСТ9308-69
035 Шлицефрезерная	P6M5	фреза шлицевая ГОСТ8027-82
040 Термическая		
045 Центрошлифовальная	алмаз синтетический АГК	головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ 2447-82
050 Торцекруглошлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 3-750×32×350 24A60K8V 30м/с1А
055 Круглошлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1-750×32×350 24A60K8V 30м/с1А
060 Торцекруглошлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 3-750×32×350 25A60K7V 30м/с1А
065 Круглошлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1-750×32×350 25A60K7V 30м/с1А
070 Внутришлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1-20×15×15 24A90L8V 30м/с1А
075 Внутришлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 1-20×15×15 25A90L8V 30м/с1А
080 Шлицешлифовальная	электрокорунд белый	круг шлифовальный 12-150×70×32 25A80K5V 30м/с1А

Таблица 8 – Средства контроля

Операция	Точность	Наименование средств контроля
005 Фрезерно-центровальная	9, 12	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80, калибр контроля центровочного отверстия
010 Токарная	12	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80
015 Токарная	12	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80
020 Токарная	10	микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78, калибр-пробка
025 Токарная	10	микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78, калибр-пробка
030 Фрезерная	9	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80, калибр-пробка

Продолжение таблицы 8

Операция	Точность	Наименование средств контроля
035 Шлицефрезерная	10	шаблон
040 Термическая		твердомер
045 Центрошлифовальная	9	шаблон
050 Торцекруглошлифовальная	8	скоба рычажная
055 Круглошлифовальная	8	скоба рычажная
060 Торцекруглошлифовальная	6	скоба рычажная
065 Круглошлифовальная	6	скоба рычажная
070 Внутршлифовальная	8	скоба рычажная
075 Внутршлифовальная	6	скоба рычажная
080 Шлицешлифовальная	8	шаблон

Результаты выбора средств технологического оснащения отражаются в графической части работы на плане изготовления и технологических наладках, а также в маршрутной и операционных картах, представленных в приложении А.

2.4 Разработка технологических операций

Разработка технологических операций заключается в их проектировании на основе полученных ранее данных по структуре, концентрации технологических переходов и средствам оснащения техпроцесса. Необходимо определить режимы резания и провести нормирование операций. Результаты разработки технологических операций представлены в приложении А в виде маршрутной и операционных карт, а также в графической части работы в виде наладок на технологические операции.

Режимы резания определяются с использованием расчетно-аналитической методики и справочных данных [12]. Последовательность определения в соответствии с принятой методикой следующая. Сначала определяем глубину резания, исходя из припусков на выполнение операции и

напусков на соответствующие поверхности, определенных ранее, а также соответствующих методических рекомендаций. Исходя из глубины резания и характеристик обрабатываемого материала по соответствующим справочным данным, определяем подачу инструмента и корректируем ее исходя из технических характеристик применяемого на операции оборудования.

«Определяем расчетную скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (16)$$

где V_T – нормативная скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от характеристик обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от характеристик инструментального материала;

K_3 – коэффициент, зависящий от вида обработки» [12].

Исходя из полученного значения расчетной скорости обработки, определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (17)$$

где « D – размер обрабатываемой поверхности, мм» [12].

Корректируем частоту вращения шпинделя исходя из технических характеристик применяемого на операции оборудования.

«На основании действительной частоты вращения шпинделя определяем действительную скорость резания по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (18)$$

где n_d – действительная частота вращения шпинделя, об/мин» [12].

Нормирование операций технологического процесса заключается в определении норм времени, в частности основного времени, на их выполнение исходя из определенных режимов резания. В условиях среднесерийного производства используется расчетный метод определения. «Норма времени определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S_0 \cdot n_d}, \quad (19)$$

где $L_{\text{рх}}$ – рабочий ход инструмента в процессе обработки, мм;
 S_0 – подача инструмента, мм/об» [12].

«Рабочий ход инструмента определяется по формуле:

$$L_{\text{рх}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (20)$$

где l_1 – длина врезания инструмента, мм;
 $l_{\text{рез}}$ – длина обработки, мм;
 l_2 – длина перебега инструмента, мм» [12].

Полученные результаты расчетов режимов резания и нормирования технологических операций заносим в таблицу 9.

Таблица 9 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005 Фрезерно-центровальная					
1	0,15	46,4	250	60	0,6
010 Токарная					
1	0,3	214,78	1900	122	0,22
015 Токарная					
1	0,3	214,8	1900	110	0,2
020 Токарная					
1	0,25	190,9	1900	122	0,26
2	0,2	160	1250	2,7	0,03

Продолжение таблицы 9

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
3	0,2	160	1250	0,75	0,01
4	1,5	7,54	100	18	0,24
025 Токарная					
1	0,25	190,9	1900	110	0,24
2	0,2	160	1250	1,25	0,01
3	0,2	160	1250	16	0,07
030 Фрезерная					
1	0,01	10	300	47	0,52
2	0,01	10	300	32	0,36
035 Шлицефрезерная					
1	2,4	11	250	30	1,1
045 Центрошлифовальная					
1	0,55 мм/мин	15		0,3	0,18
050 Торцекрыглошлифовальная					
1	0,055	30	300	0,323	0,2
055 Крыглошлифовальная					
1	1,89	30	368	90	0,25
2	1,89	30	368	18	0,05
060 Торцекрыглошлифовальная					
1	0,003	30	300	0,174	0,19
065 Крыглошлифовальная					
1	1,89	30	368	90	0,10
2	1,89	30	368	18	0,02
070 Внутршлифовальная					
1	0,5	30	318	5	0,11
075 Внутршлифовальная					
1	0,25	30	318	5	0,22
080 Шлицешлифовальная					
1	0,01	44	1000	30	0,56

Полученные результаты расчета режимов резания и нормирования технологических операций заносим в соответствующие графы маршрутной карты и операционных карт в приложение А, а также в технологические наладки на операции, которые представлены в графической части работы.

В ходе выполнения данного раздела проведены выбор параметров техпроцесса, проектирование заготовки, проектирование плана изготовления, определение средств оснащения техпроцесса, разработка технологических операций.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

Основной недостаток 005 Фрезерно-центровальной операции заключается в применении приспособления, которое не реализует оптимальную для данной операции схему базирования и не обеспечивает механизацию закрепления заготовки. Это приводит к необходимости увеличения припусков на обработку с целью компенсации погрешности базирования и нестабильности сил закрепления. Проектирование соответствующего зажимного приспособления проведем по методике и данным [19].

Исходя из необходимой схемы базирования, а также заданной точности обработки применим самоцентрирующие тиски с рычажным зажимным механизмом.

Силы резания определяем по данным [18]. Исходя из того, что переход сверления заведомо будет создавать меньшие усилия, чем переход фрезерования исключим его из силового расчета и все дальнейшие расчеты будем производить по переходу фрезерования.

«Основная составляющая силы резания при фрезеровании определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^g \cdot n^w} k_{\text{мп}}, \quad (21)$$

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;

$k_{\text{мр}}$ – коэффициент, который учитывает влияние механических характеристик обрабатываемого материала» [18].

$$k_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{В}}}{750} \right)^{0,3}. \quad (22)$$

Выполняем расчеты.

$$k_{\text{мр}} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,3} = 1,0.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 3^{0,95} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 36^{1,1} \cdot 12}{50^{1,1} \cdot 860^0} \cdot 1,0 = 4639 \text{ Н.}$$

Другие составляющие силы резания определяются из выражений:

$$P_h = P_z \cdot 0,4. \quad (23)$$

$$P_v = P_z \cdot 0,9. \quad (24)$$

$$P_y = P_z \cdot 0,85. \quad (25)$$

Подставив соответствующие значения получаем:

$$P_h = 4639 \cdot 0,4 = 1856 \text{ Н.}$$

$$P_v = 4639 \cdot 0,9 = 4175 \text{ Н.}$$

$$P_y = 4639 \cdot 0,85 = 3943 \text{ Н.}$$

Расчет необходимого усилия закрепления основан на условии обеспечения равновесия моментов закрепления и резания в процессе обработки. Для определения составляющих данной системы составим схему закрепления заготовки (рисунок 2).

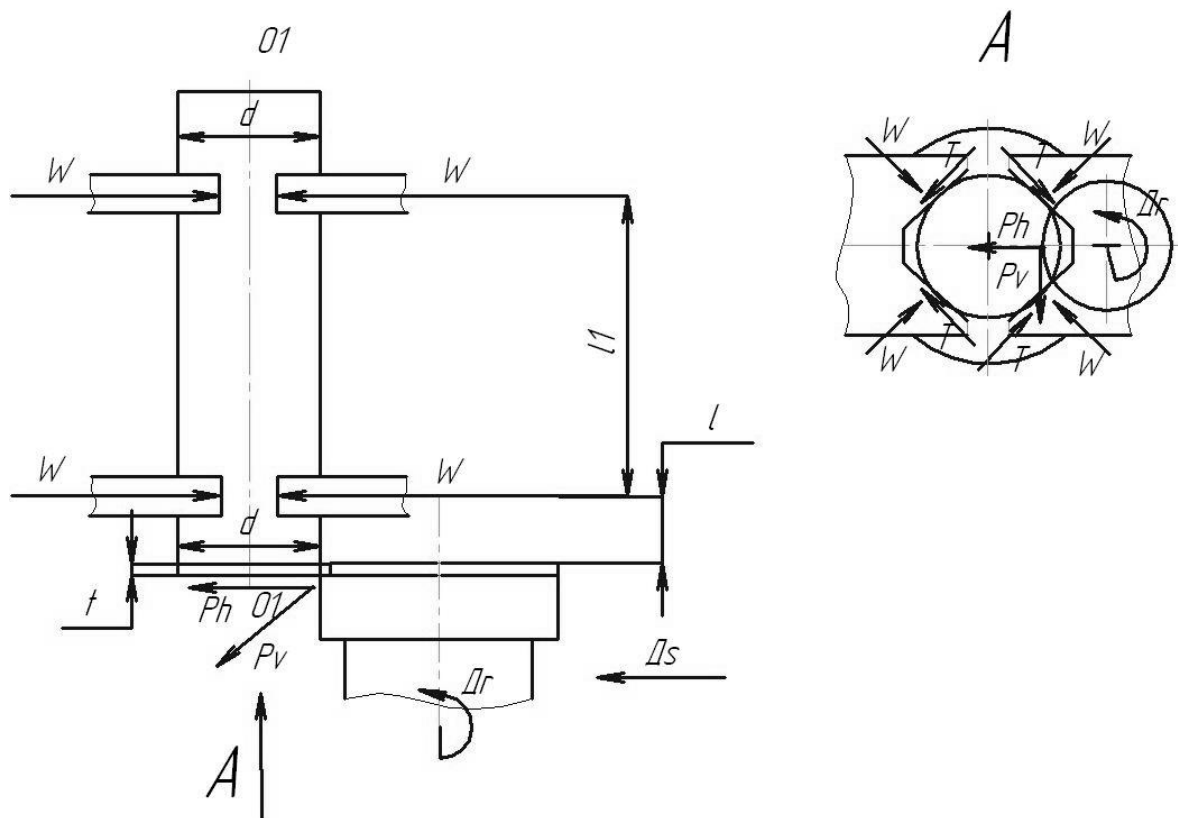


Рисунок 2 – Схема закрепления в процессе резания

Момент от составляющей силы резания P_h равен:

$$M_p = P_h \cdot l, \quad (26)$$

где l – расстояние, определяемое по схеме системы сил, мм.

Уравновешивающий его момент от силы закрепления равен:

$$M_3 = W \cdot l_1, \quad (27)$$

где W – сила закрепления, Н;

l_1 – расстояние, определяемое по схеме системы сил, мм.

Приравняв полученные моменты, выводим уравнение для определения усилия зажима:

$$W = \frac{P_h \cdot l \cdot K}{l_1}, \quad (28)$$

где K – коэффициент, учитывающий фактические условия выполнения операции.

$$W = \frac{1856 \cdot 45}{115} \cdot 2,2 = 1598 \text{ Н.}$$

Момент от составляющей силы резания P_v равен:

$$M_p = \frac{P_v \cdot d_o}{2}, \quad (29)$$

где d_o – диаметр обрабатываемого торца, мм.

«Уравновешивающий его момент от силы закрепления равен:

$$M_3 = 4 \cdot W \cdot f \cdot d_3, \quad (30)$$

где W – сила закрепления, Н;

f – коэффициент трения поверхностей призмы и заготовки;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [18].

Приравняв полученные моменты, выводим уравнение для определения усилия зажима:

$$W = \frac{P_v \cdot d_o \cdot K}{8 \cdot f \cdot d_3}. \quad (31)$$

$$W = \frac{4175 \cdot 36 \cdot 2,2}{8 \cdot 0,16 \cdot 36} = 7176 \text{ Н.}$$

Дальнейшие расчеты силового привода выполняем по наибольшему значению усилия закрепления.

В конструкции приспособления в качестве зажимных элементов используются призмы. Расчетное усилие закрепления в таком случае изменится и составит:

$$W_{\text{изм}} = \frac{W}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (32)$$

где « α – угол призм, град» [18].

$$W_{\text{изм}} = \frac{7176}{\sin 45^\circ} = 10251 \text{ Н.}$$

«Усилие на основании призмы рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (33)$$

где l – вылет призмы, мм;

H – длина направляющих призмы, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих призмы» [18].

$$W_1 = \frac{10251}{1 - \frac{3 \cdot 60}{75} \cdot 0,1} = 12277 \text{ Н.}$$

Усилие, которое необходимо развить силовому приводу определяется по уравнению:

$$Q = \frac{2 \cdot W_1}{i_c}, \quad (34)$$

где i_c – передаточное отношение зажимного механизма.

$$Q = \frac{2 \cdot 12277}{1,8} = 13641 \text{ Н.}$$

Для создания данного усилия в конструкции приспособления предусмотрено применение гидроцилиндра, диаметр поршня которого рассчитывается по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (35)$$

где d – диаметр штока поршня, мм;

P – давление в гидросистеме, МПа.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{13641}{5}} = 59 \text{ мм.}$$

Конструкция проектируемого приспособления состоит из двух основных элементов – зажимного механизма и гидроцилиндра. Зажимной механизм выполнен на основе рычажного механизма. В конструкцию данного механизма входят следующие основные элементы: корпус, рычаги, оси, ползушки, призматические губки, откидной упор. Гидроцилиндр состоит из следующих основных элементов: корпус, поршень, шток. Более подробно конструкция и элементы проектируемого приспособления представлены на чертеже графической части работы и в спецификации (приложение Б).

Процесс установки происходит следующим образом. Вал-шестерня устанавливается на опоры. Призмы при этом находятся в разжатом положении. Затем производится подача давления в штоковую полость гидроцилиндра и поршень со штоком двигаются в противоположном направлении. Шток тянет за собой тягу, которая воздействует на рычаги, тем самым движение передается на ползушки и призмы, которые сходятся к центру, обеспечивая центрирование и закрепление заготовки. Для раскрепления заготовки рабочая жидкость подается в бесштоковую полость гидроцилиндра и система возвращается в исходное положение.

Конструкция станочного приспособления представлена на листе графической части работы. Спецификация на приспособление представлена в приложении Б.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Проектирование режущего инструмента будем производить на операцию 010 Токарную. Необходимость проектирования режущего инструмента для данной операции вызвана тем, что в ходе выполнения данной операции производится съём большого припуска, что приводит к возникновению значительных температур в зоне резания. В связи с этим

резец для работы в данных условиях должен обладать достаточной жесткостью и стойкостью. Решение этой проблемы возможно путем применения контурного резца с креплением пластины при помощи клевого соединения, проектирование которого производится по методике и справочным данным [7].

Ширина державки резца в нормальном сечении определяется по формуле:

$$b = \sqrt[3]{6 \cdot P_z \cdot \frac{l}{2.56} \cdot \sigma_{и}}, \quad (36)$$

где l – вылет резца, м;

$\sigma_{и}$ – допускаемое напряжение на изгиб, Па.

$$b = \sqrt[3]{6 \cdot 1576 \cdot \frac{60 \cdot 10^{-3}}{2.56} \cdot 200 \cdot 10^6} = 0,0156 \text{ м.}$$

Принимаем ширину державки резца в нормальном сечении 16 мм.

Высота державки резца в нормальном сечении определяется по формуле:

$$h = 1,6 \cdot b. \quad (37)$$

$$h = 1,6 \cdot 1,6 = 25,3 \text{ мм.}$$

Принимаем высоту державки резца в нормальном сечении 25 мм.

Допускаемая прочностью резца нагрузка определяется по формуле:

$$P_{Zпр} = \frac{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{и}}{6 \cdot l}. \quad (38)$$

$$P_{Zпр} = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 2500 \text{ Н.}$$

Допускаемая жесткостью резца нагрузка определяется по формуле:

$$P_{Z\text{жест}} = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot J}{l^3}. \quad (39)$$

где f – допускаемая стрела прогиба резца при черновом точении, м;

E – модуль упругости материала корпуса резца, Па;

J – модуль инерции прямоугольного сечения корпуса, мм⁴.

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}. \quad (40)$$

$$J = \frac{16 \cdot 25^3}{12} = 20800 \text{ мм}^4.$$

$$P_{Z\text{жест}} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 2,08 \cdot 10^{-8}}{(60 \cdot 10^{-3})^3} = 2770 \text{ Н}.$$

Резец считается обладающим достаточной жесткостью и прочностью если возникающая в процессе резания сила резания меньше, чем рассчитанные по формулам (38) и (39) значения допустимых прочности и жесткости. В данном случае это условие выполняется.

Исходя из требуемой глубины резания и конструктивных особенностей обрабатываемой детали принимаем длину резца равной 140 мм.

В соответствии с принятой методикой проектирования принимаем следующие характеристики геометрии резца:

- вспомогательный угол равен 20°;
- главный угол в плане равен 92°;
- задний угол равен 6°;
- вспомогательный угол в плане равен 8°.

Подробнее конструкция спроектированного резца представлена в графической части работы.

В результате выполнения данного раздела проведено совершенствование технологических операций путем проектирования специальных средств оснащения. Спроектировано станочное приспособление и режущий инструмент.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Безопасность и экологичность спроектированного технологического процесса изготовления оценивается с использованием рекомендаций и справочных данных [2].

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

Оценка основных характеристик технологического процесса по изменяемым операциям производится по технологическому паспорту, представленному в таблице 10.

Таблица 10 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [2]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [2]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [2]	«Материалы, вещества» [2]
технологический процесс изготовления вала трехступенчатого мотор-редуктора	фрезерно-центровальная операция	фрезеровщик	станок фрезерно-центровальный МР-179, тиски самоцентрирующие механизированные, фрезы торцевые Т5К10, сверла центровочные Р6М5	сталь 40ХГ ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость «oilcool cleanline», ветошь
	токарная операция	оператор станков с числовым управлением	станок токарно-винторезный 16К20Ф3, патрон трехкулачковый, резец контурный Т5К10	сталь 40ХГ ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость «oilcool cleanline», ветошь

Полученная характеристика технологического процесса служит для дальнейшего его анализа.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Определим профессиональные риски при выполнении операций технологического процесса, а также выявим источники данных рисков. Результаты оформим в виде таблицы 11.

Таблица 11 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
фрезерно-центровальная операция, токарная операция	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы	«металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт» [2]
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	«заготовка, режущий инструмент» [2]
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	«металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт» [2]
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими	металлорежущий станок, станочное

Продолжение таблицы 11

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
	колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	приспособление, режущий инструмент, межоперационный транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	«металлорежущий станок» [2]
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	«металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент» [2]
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	«смазочно-охлаждающая жидкость» [2]
	«физическая динамическая нагрузка» [2]	«металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент» [2]
	«стереотипные рабочие движения» [2]	«металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент» [2]

Полученные данные по идентификации профессиональных рисков показывают, что их количество и степень влияния достаточно значительные, поэтому необходимо разработать мероприятия по их снижению.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Проведем разработку мероприятий по снижению влияния выявленных ранее профессиональных рисков на работников производственного участка. В таблице 12 приведены результаты разработки соответствующих методов и средств.

Таблица 12 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных ограждающих устройств, зачистка заусенцев	нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных ограждающих устройств» [2]	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий,» [2]

Продолжение таблицы 12

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
		«нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [2]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение специальных виброгасящих приспособлений и устройств	ботинки кожаные с защитным подноском
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение средств поглощения шума» [2]	наушники противозумные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, систем аварийного отключения оборудования» [2]	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение местного освещения	
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	«проведение инструктажей по охране труда, применение специальных ограждающих устройств» [2]	костюм для защиты от общих производственных загрязнений

Продолжение таблицы 12

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
		«халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, респиратор, фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с нагрудником» [2]
«физическая динамическая нагрузка» [2]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов» [2]	
«стереотипные рабочие движения» [2]	«проведение инструктажей по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов» [2]	

Разработанные организационно-технические методы и предложенные к применению технические средства позволят устранить или снизить негативное влияние опасных и вредных производственных факторов выявленных ранее.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Пожарная безопасность участка механической обработки обеспечивается в зависимости от класса пожара и его опасных факторов, которые приведены в таблице 13. Основываясь на полученных результатах, принимаются технические средства по обеспечению пожарной безопасности, приведенные в таблице 14 и организационные методы обеспечения пожарной безопасности, приведенные в таблице 15.

Таблица 13 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок, подразделение» [2]	«Оборудование» [2]	«Класс пожара» [2]	«Опасные факторы пожара» [2]	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [2]
участок механической обработки вала трехступенчатого мотор-редуктора	станок фрезерно-центровальный МР-179, тиски самоцентрирующие механизированные, фрезы торцевые Т5К10, сверла центровочные Р6М5 станок токарно-винторезный 16К20Ф3, патрон трехкулачковый, резец контурный Т5К10	пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	«пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму» [2]	«осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ» [2]

Таблица 14 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
«огнетушители, гидромомпы, ведра, бочки с водой, лопаты, ящики с песком, асбестовые полотна войлочные маты, кошмы, ломы, пилы, топоры» [2]	пожарные автомобили, мотопомпы, передвижные огнетушители	газовая система пожаротушения	извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; системы передачи извещений о пожаре	клапаны, гидранты, колонки, стволы, рукава, соединительные колонки, гидроэлеваторы	противогазы, самоспасатели и	конусные ведра; ломы; багры с деревянной ручкой; ножницы, резиновые коврики и резиновые боты; полотно; лопаты; тележка; экран защитного действия	оповещатели звуковые автоматические, световые оповещатели «Выход»

Таблица 15 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [2]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [2]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [2]
технологический процесс изготовления вала трехступенчатого мотор-редуктора	«разработка приказов и распоряжений в части организации по обеспечению пожарной безопасности объекта,» [2]	«пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации,» [2]

Продолжение таблицы 15

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [2]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [2]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [2]
	«разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников объекта мерам пожарной безопасности; применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [2]	«автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения» [2]

Проведенный анализ пожарной безопасности спроектированного технологического процесса свидетельствует о его полном соответствии всем предъявляемым нормам.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Экологическая безопасность участка механической обработки обеспечивается в зависимости от наличия негативных факторов, которые приведены в таблице 16. Основываясь на полученных результатах, принимаются организационно-технические средства по снижению воздействия выявленных факторов на окружающую среду, приведенные в таблице 17.

Таблица 16 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса» [2]	«Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу» [2]
технологический процесс изготовления вала трехступенчатого мотор-редуктора	станок фрезерно-центровальный МР-179, тиски самоцентрирующие механизированные, фрезы торцевые Т5К10, сверла центровочные Р6М5 станок токарно-винторезный 16К20Ф3, патрон трехкулачковый, резец контурный Т5К10	аэрозоль от смазочно-охлаждающей жидкости, масляный туман	смазочно-охлаждающая жидкость, стружка, пыль, технические жидкости	металлическая стружка, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость, технические жидкости

Таблица 17 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

«Наименование технического объекта» [2]	технологический процесс изготовления вала трехступенчатого мотор-редуктора
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	«скрубберы в системе принудительной вентиляции» [2]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	«комплексная системы очистки сточных вод» [2]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«сортировка отходов по виду, переработка металлических отходов, утилизация отходов на специальных полигонах» [2]

В результате выполнения данного раздела проведен анализ безопасности технологического процесса и анализ отходов возникающих в ходе его выполнения, что позволило разработать соответствующие мероприятия по уменьшению влияния выявленных факторов.

5 Экономическая эффективность работы

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

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Вал». Эти изменения касаются двух операций:

– первая, это фрезерно-центровальной, на которой для закрепления детали предложено использовать тиски самоцентрирующие механизированные, вместо тисков с ручным зажимом;

– вторая – токарная, на которой применяется резец контурный из твердого сплава Т5К10 с накладным стружколомом, улучшенной геометрии и покрытый карбонитридом титана, вместо стандартного контурного резца.

Используя данное описание изменений, рассчитаем необходимые для определения эффективности параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров необходимо воспользоваться соответствующим учебно-методическим пособием [9] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимо последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, все параметры имеют тенденцию к снижению, а именно проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Вал» на 2,52 руб., что составит 24,1 %.

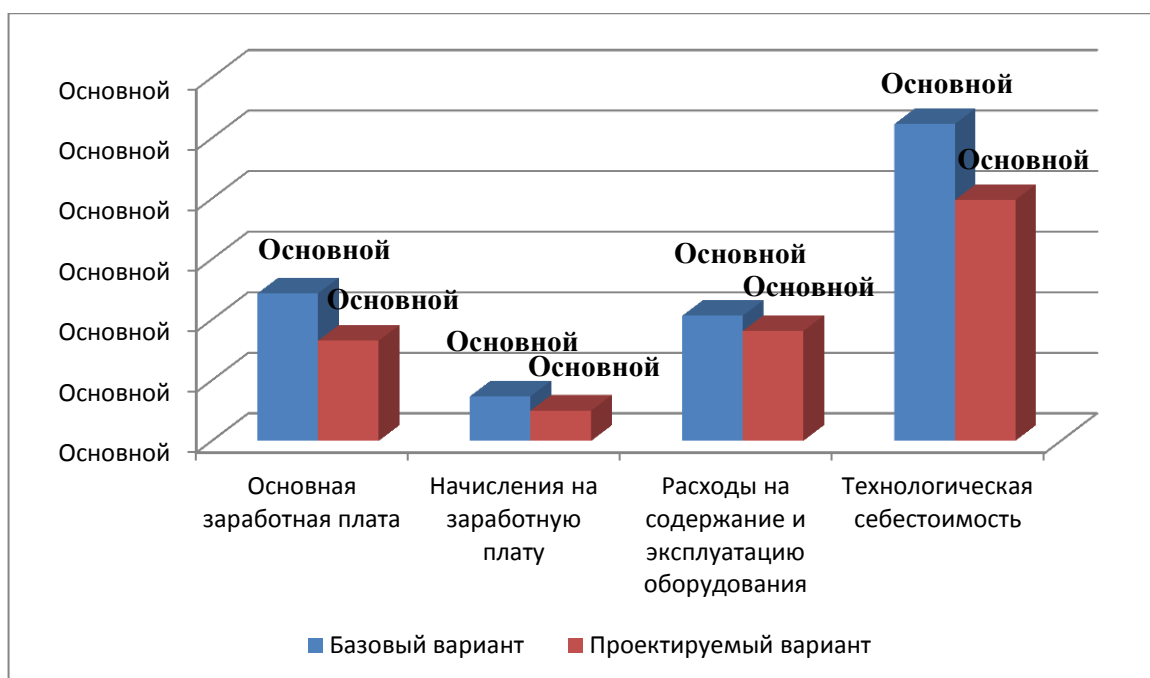


Рисунок 3 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам послужат данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 28,26 руб., а для проектируемого – 20,07 руб. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше чем в базовом. Эта разница составляет 29% или 8,19 руб.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определим сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 36036 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложение в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали «Вал» затрагивают только замену станочной оснастки и инструмента, то

капитальные вложения будут складываться из затрат на приспособление, инструмент и затрат на проектирование нового технологического процесса. Общая сумма инвестиций составит 45923,56 рублей. Структура параметров инвестиций представлена на рисунке 4.

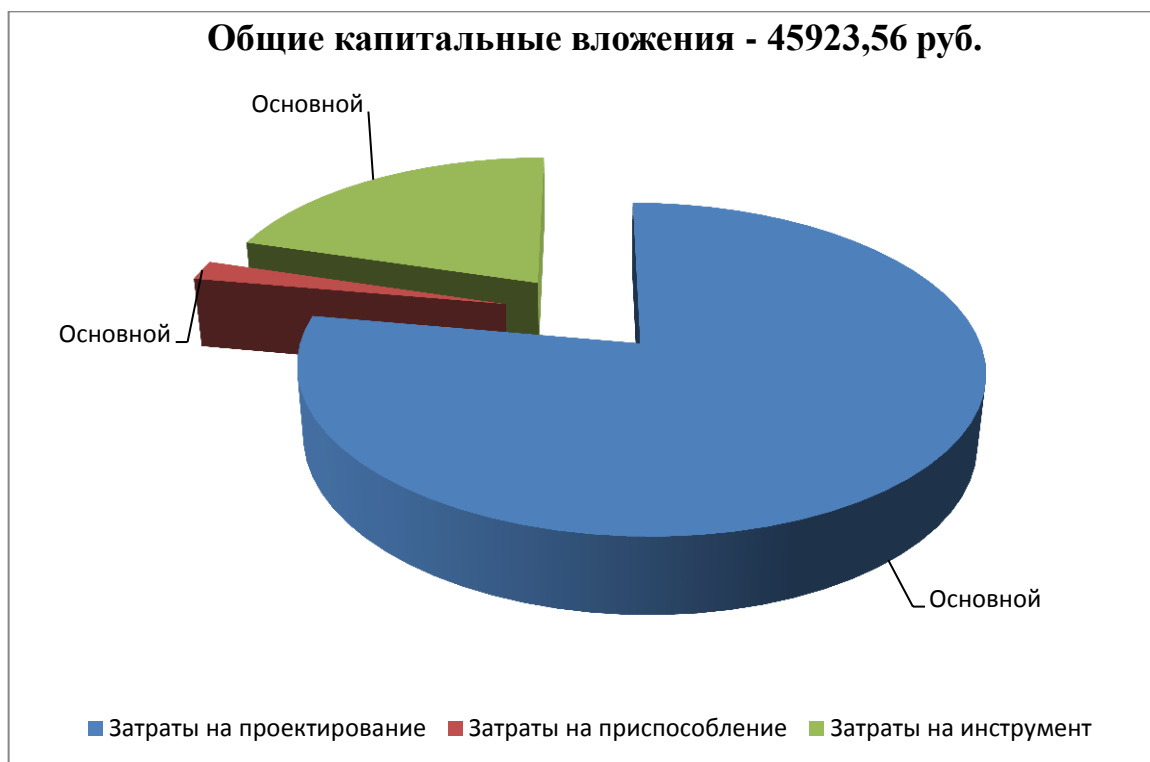


Рисунок 4 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, указанную на рисунке 4, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, она составила 77,8 %.

Имея все необходимые параметры, можно приступить к обоснованию эффективности предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	2
Общий дисконтируемый доход, руб.	55055
Интегральный экономический эффект, руб.	9131,44
Индекс доходности, руб. / руб.	1,2

Анализируя, представленные в таблице 18, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 9131,44 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Именно по этому, определялся индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,2 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 20 %.

В ходе выполнения данного раздела проведен анализ экономических показателей технологического процесса, который показал эффективность предлагаемых усовершенствований базового технологического процесса.

Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стал технологический процесс изготовления вала трехступенчатого мотор-редуктора, который обеспечит выпуск годовой программы изделий заданного качества при минимальных экономических затратах. Достижение данного результата основано на решении ряда задач.

Проведен анализ исходных данных, в ходе которого проанализированы назначение, условия эксплуатации и технологические характеристики детали. В результате данного анализа сформированы задачи работы, решение которых позволило достичь необходимых результатов.

Разработка технологического процесса изготовления вала проведена на основе выбора параметров техпроцесса характерных для среднесерийного типа производства. В соответствии с данными параметрами проведено проектирование заготовки, проектирование плана изготовления, определение средств оснащения техпроцесса, разработка технологических операций. Это позволило максимально эффективно использовать особенности типа производства и получить оптимальные технические показатели технологического процесса.

На основе анализа базового технологического процесса были выявлены лимитирующие операции и проведено их совершенствование путем проектирования специальных средств оснащения. Совершенствование фрезерно-центровальной операции произведено путем проектирования самоцентрирующих тисков. Совершенствование токарной операции путем проектирования резца с клеевым соединением пластины.

Анализ безопасности и экологичности технологического процесса позволил разработать мероприятия по обеспечению соответствующих требований.

Расчет экономических показателей технологического процесса подтвердил правильность принятых в ходе проектирования решений.

Список используемых источников

1. 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.
2. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 07.05.2020).
3. Горохов В.А. Материалы и их технологии: учеб. для студентов вузов. В 2 ч. Ч. 1 / В.А. Горохов, Н.В. Беляков, А.Г. Схиртладзе ; под ред. В.А. Горохова. – Гриф УМО. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 588 с.
4. ГОСТ 2590-88 Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент. – Введ. 1990–01–01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 38 с.
5. 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: 12.04.2020).
6. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 26.04.2020).
7. Клименков С.С. Обрабатывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата обращения: 30.04.2020).
8. Константинов И.Л. Технологияковки и горячей объемной штамповки: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению

22.03.02 "Металлургия" / И.Л. Константинов. – Гриф УМО. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 549 с.

9. 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: 08.05.2020).

10.Меринов В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. - гриф МО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.

11.Мещерякова В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 26.04.2020).

12.Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учеб. пособие / В.М. Кишуров [и др.]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург. : Лань, 2018. - 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/102222> (дата обращения: 30.04.2020).

13.Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 295 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545566> (дата обращения: 05.04.2020).

14.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: 28.04.2020).

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: 16.04.2020).

16.Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. - 2-е изд. - Москва. : ИНФРА-М, 2016. - 330 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/505001> (дата обращения: 07.04.2020).

17.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.

18.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.

19.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.

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

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

22.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: 06.04.2020).

23. Химический состав и физико-механические свойства стали 40ХГ [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.allmetals.ru/document/34097-staly-40hg/> (дата обращения: 05.04.2020).

Приложение А

Технологическая документация

Деталь	Взам.	Лист														
ТГУ Кафедра ОТМП																
Вал																
M01	Сталь 40ХГ ГОСТ 4543-73															
	Код	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ							
M02		166	1,1к2	1	0,7		φ36х206	1	1,357к2							
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Китп	Тпоз	Тштп
А03	XX XX XX 000 Заготовительная															
Б04	Отрезной станок															
05																
А06	XX XX XX 005 4269 Фрезерно-центровальная															
Б07	Фрезерно-центровальный ХЗК8230 3 18225 422 1Р 1 1 1200 1 0,8															
0.08	Подрезать торцы 3, 21 в размер 205,34-0,042, просверлить отверстия 1 и 19 в размер φ16 ^{+0,03}															
Т 09	396131 Тиски самоцентрирующие с призматическими губками ГОСТ 12195-66; 391801 Фреза торцовая															
10	φ63 ГОСТ 1695-80 Т5К10; 391267 Сверло центровочное А6.3 ГОСТ 14952-80 Р6М5; 391267 Сверло															
11	спиральное φ16 ОСТ 2.420-2-80; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.															
12																
А 13	XX XX XX 010 4110 Токарная															
Б 14	381101 Токарный с ЧПУ ТНС-10 3 18217 422 1Р 1 1 1200 1 0,57															
0.15	Точить последовательно поверхности и торцы: пов. 13 φ32,4±0,25; торец 12 l=97±0,035; пов 6															
16	φ25,36±0,21; торец 5 l=187±0,04.															
МК																

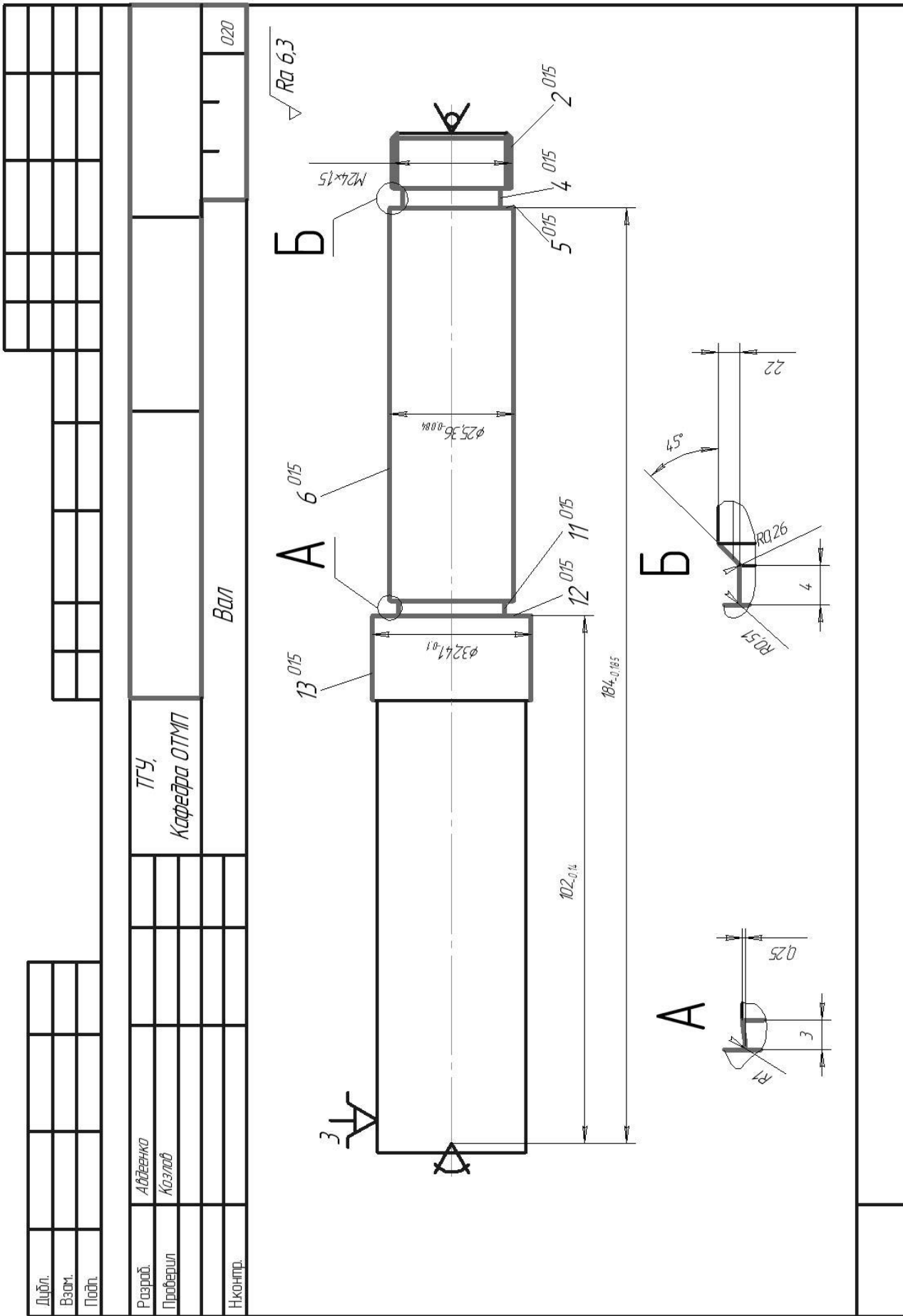
Продолжение Приложения А

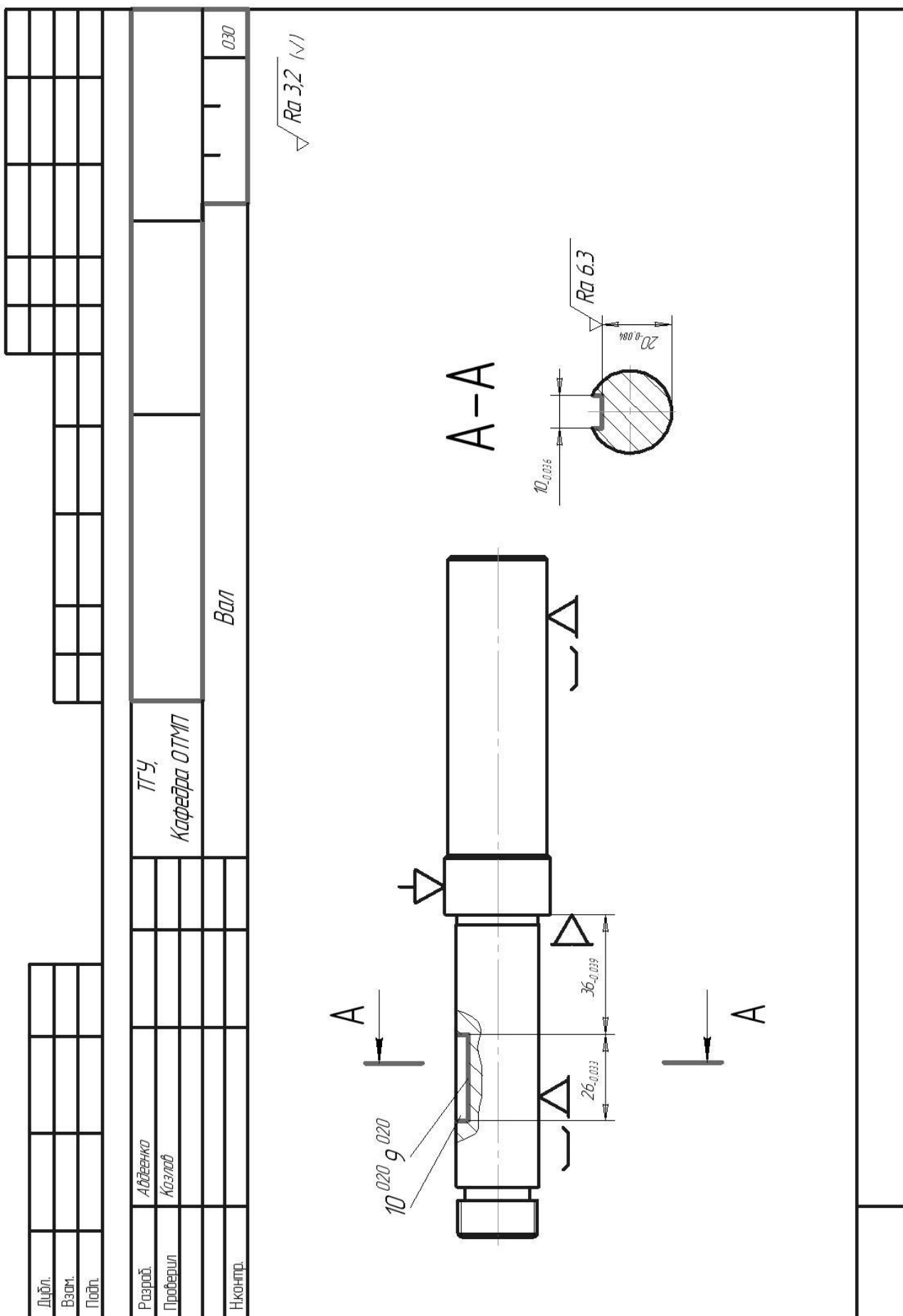
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН
Б	Код, наименование обработки											
Т 19	396110 Патрон цилчковый ГОСТ 16157-70; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец кантурный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.											
20												
21												
А 22	XX XX XX 015 4110 Токарная											
Б 23	381101 Токарный с ЧПУ ТНС-10 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,45											
0 24	Точить последовательно поверхность $\phi 30,41 \pm 0,25$.											
Т 25	396110 Патрон цилчковый ГОСТ 16157-70; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец кантурный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.											
26												
27												
А 28	XX XX XX 020 4110 Токарная											
Б 29	381101 Токарный с ЧПУ ТНС-10 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 1,32											
0 30	Точить последовательно поверхности и торцы: пов. 13 $\phi 32,21 \pm 0,025$; торец 12 $l = 97 \pm 0,035$;											
31	пов. 6 $\phi 25,36 \pm 0,021$; торец 5 $l = 187 \pm 0,045$; резьбы 2 М24х1,5; канавки 11 и 4.											
Т 32	396110 Патрон лобачковый ГОСТ 16157-70; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец кантурный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18890-73 Т5К10;											
33	393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.											
34												
35												
А 36	XX XX XX 025 4110 Токарная											
Б 37	381101 Токарный с ЧПУ ТНС-10 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 1,47											
0 38	Точить последовательно поверхности и торцы: пов. 14 $\phi 30,41 \pm 0,025$; отв. 19 $\phi 20,31 \pm 0,016$; канавку 17.											
Т 39	396110 Патрон цанговый ГОСТ 16157-70; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец кантурный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18890-73 Т5К10; 392104 Резец											
40												
41	расточной ГОСТ 18879-73 Т30К4; 393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.											
МК												

Продолжение Приложения А

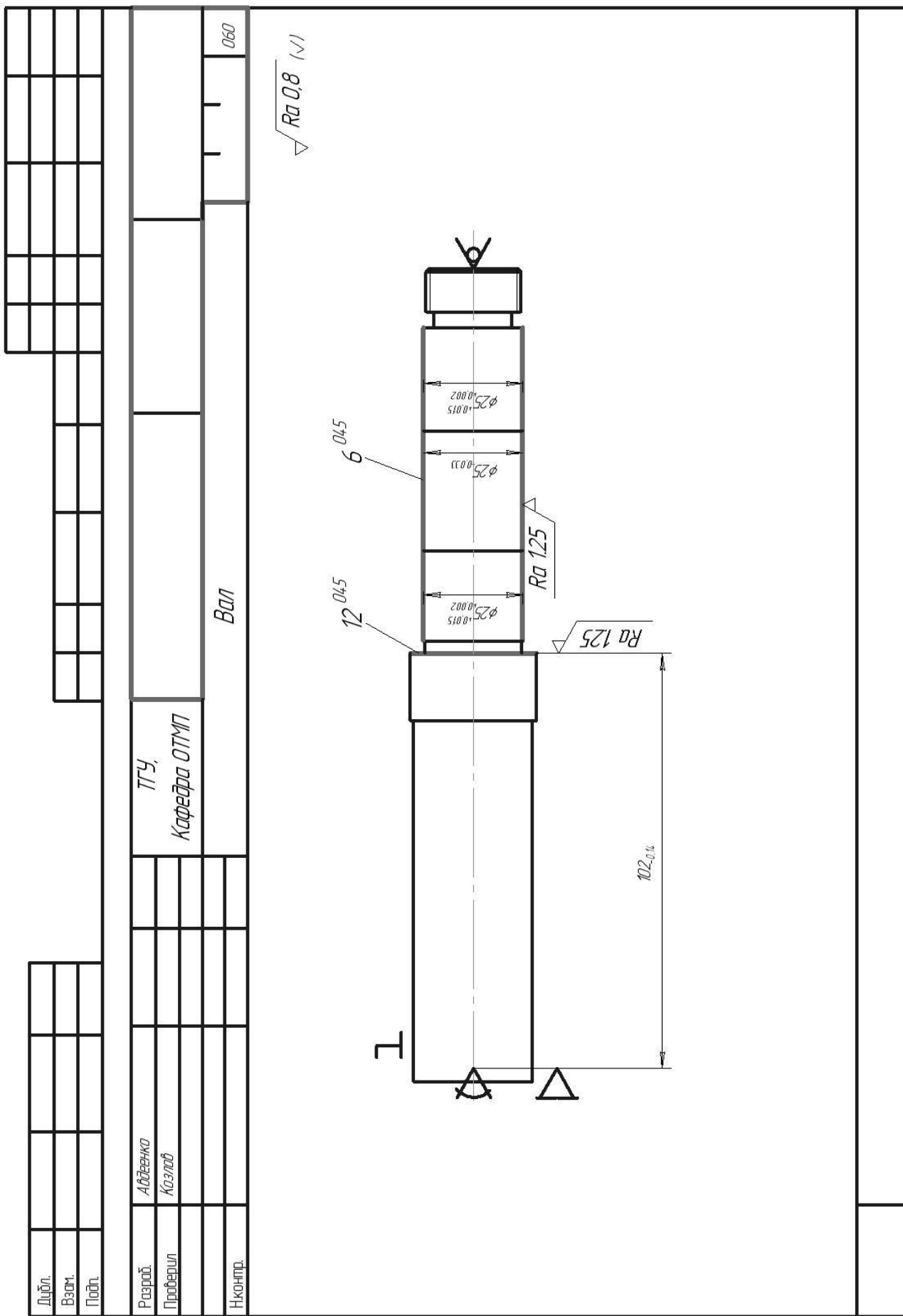
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт	Гвоз	Тшт
Б	Код, наименование операции				Код, наименование оборудования											
0 117					<i>Шлифовать поверхность: пов. 14 ϕ20+0,039.</i>											
Т 118					<i>396110 Патрон цанговый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифоваль-</i>											
119					<i>ный ПП20х15х15; 39410 микрометр МК-50 ГОСТ6507-78.</i>											
120																
А 121					<i>XX XX XX 075 4131 Шлифовальная</i>											
Б 122					<i>381311 Внутршлифовальный JH-150NC 3 18873 422 1P 1 1 1 1200 1 0,18</i>											
0 123					<i>Шлифовать поверхность: пов. 14 ϕ20+0,033.</i>											
Т 124					<i>396110 Патрон цанговый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифоваль-</i>											
125					<i>ный ПП20х15х15; 39410 микрометр МК-50 ГОСТ6507-78.</i>											
126																
А 127					<i>XX XX XX 080 4151 Шлицшлифовальная</i>											
Б 128					<i>381562 Шлицшлифовальный 3450 3 12287 312 1P 1 1 1 1200 1 0,84</i>											
0 129					<i>Шлифовать пов. 15 в размер 7-й степени точности</i>											
Т 130					<i>396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 391810 Круг шлифовальный; 394300 Прибор измерительный</i>											
131					<i>циферсальный.</i>											
132																
А 133					<i>XX XX XX 085 Маячная</i>											
134																
А 135					<i>XX XX XX 090 Контрольная</i>											
136																
137																
138																
139																
МК																

Продолжение Приложения А





Продолжение Приложения А



Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.			
							Изм.	Лист		
				<u>Документация</u>						
A1			20.БР.ОТМП.716.65.00.000СБ	Сборочный чертеж						
				<u>Детали</u>						
A2	1		20.БР.ОТМП.716.65.00.001	Корпус	1					
A4	2		20.БР.ОТМП.716.65.00.002	Палец ромбический	1					
A4	3		20.БР.ОТМП.716.65.00.003	Крышка	1					
A3	4		20.БР.ОТМП.716.65.00.004	Корпус гидроцилиндра	1					
A4	5		20.БР.ОТМП.716.65.00.005	Втулка	2					
A3	6		20.БР.ОТМП.716.65.00.006	Рычаг	2					
A3	7		20.БР.ОТМП.716.65.00.007	Ползушка	2					
A3	8		20.БР.ОТМП.716.65.00.008	Призма	2					
A3	9		20.БР.ОТМП.716.65.00.009	Подставка	2					
A3	10		20.БР.ОТМП.716.65.00.010	Втулка	1					
A3	11		20.БР.ОТМП.716.65.00.011	Поршень	1					
A4	12		20.БР.ОТМП.716.65.00.012	Пластики	4					
A4	13		20.БР.ОТМП.716.65.00.013	Упор	1					
A3	14		20.БР.ОТМП.716.65.00.014	Шток	1					
				<u>Стандартные изделия</u>						
		15		Винт М8х15 ГОСТ 1172-68	8					
		16		Винт М10х25 ГОСТ 11725-68	2					
			20.БР.ОТМП.716.65.00.000							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Приспособление станочное			Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Авдеенко								1	2
Пров.	Козлов									
Исполн.	Утв.							ТГУ, ИМ, гр. ТМдз-1502а		

Продолжение Приложения Б

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

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата