

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)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления корпуса

Обучающийся

А. Н. Козлова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.Г. Левашкин

(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)

ст.преподаватель И.В. Резникова

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

Аннотация

Целью работы является создание технологического процесса, который позволит обеспечить производство корпуса углового редуктора согласно техническим требованиям и выполнить ежегодную программу производства в условиях среднесерийного производства.

Работа разделена на пять главных разделов, каждый из которых представляет важные аспекты проектирования. В первом разделе проработаны задачи работы на основе анализа функционального назначения детали, ее эксплуатационных условий, технологических показателей и типа производства.

Во втором разделе была предложена технология изготовления детали, основанная на типовом технологическом процессе. Как комплекс предложенная технология изготовления включает в себя выбор подходящей заготовки, разработку плана производства, определение необходимых оборудования и инструментов, а также определение последовательности операций в технологическом процессе.

Технологические мероприятия, третьем разделе, направлены на повышение производительности предложенного в работе варианта технологии производства детали путем проектирования технологического оборудования и инструментов.

Четвертый раздел посвящен оценке безопасности и экологичности предлагаемой технологии изготовления детали и разработке мероприятий по устранению возможных негативных воздействий.

В разделе пять выполняется оценка экономических параметров предложенной технологии, на основании которой сделан положительный вывод о применимости данной технологии в производственных процессах.

Работа включает 54 страниц пояснительной записки включая приложения и графическую часть в количестве 7 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	5
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации .	5
1.2 Анализ технологических показателей детали.....	7
1.3 Анализ типа производства	8
1.4 Задачи работы.....	9
2 Разработка технологии изготовления	11
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	11
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	19
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	21
2.4 Проектирование операций технологического процесса	23
3 Разработка специальной технологической оснастки	26
3.1 Разработка станочного приспособления.....	26
3.2 Разработка режущего инструмента	30
4 Безопасность и экологичность технического объекта	34
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта	34
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	37
5 Экономическая эффективность работы	40
Заключение	44
Список используемой литературы и используемых источников.....	45
Приложение А Технологическая документация.....	49
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	53

Введение

В настоящее время в машиностроительной отрасли отчётливо формируется вектор развития в направлении комплексной цифровизации технологий и применения искусственного интеллекта при решении исследовательских задач. Однако, для создания эффективного производства необходимо не только совершенствовать технические средства, но и повышать качество выпускаемой продукции на существующем оборудовании.

Сегодня в металлообрабатывающей промышленности указанные передовые технологии основаны на использовании автоматизированных систем и станков с ЧПУ. Одной из важных задач любой технологической системы является обеспечение качества продукции. В этом контексте автоматизированное высокоточное производство предоставляет уникальную возможность контроля и диагностирования состояния станка и режущего инструмента в реальном времени всего технологического процесса.

За последние десятилетия наблюдаются значительные изменения в этой сфере в связи с выпуском более совершенных отечественных компьютеров и информационно-измерительных систем на российском рынке. Современное программное обеспечение позволяет выполнять диагностирование станка и процесса резания. Это актуальная задача в производстве и привело к участию ведущих предприятий-лидеров в области цифровых технологий и производственных предприятий в разработке общих решений и их внедрению в короткие сроки.

В этой связи работа целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления корпуса углового редуктора, обеспечивающего выпуск годовой программы деталей, отвечающих всем техническим требованиям, в условиях среднесерийного производства – является перспективной и направлена на решении актуальных задач.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Корпус углового редуктора, который является основной деталью, обеспечивает необходимую точность расположения узлов и сборочных единиц внутри него. Он имеет внутреннюю полость в вертикальном положении (см. рисунок 1), что требует определенных технологических требований при его производстве и креплении к сборочным единицам в вертикальной плоскости.

На рисунке 1 представлен эскиз корпуса с обозначение его технологических поверхностей.

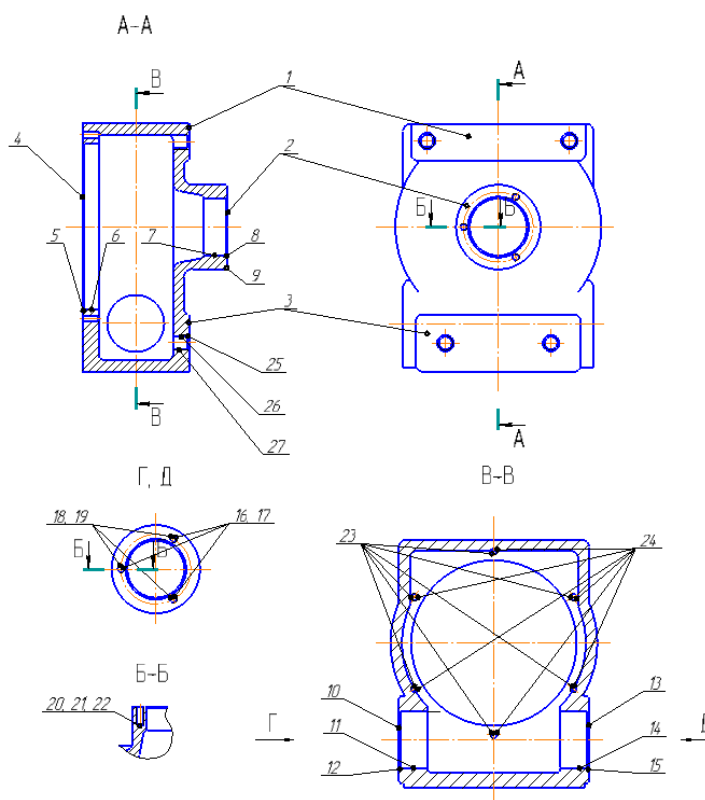


Рисунок 1 – Эскиз корпуса

Для учета особенностей эксплуатации редуктора выполним классификацию поверхностей детали, согласно рекомендациям [1].

Поверхности 1 и 3 являются главными конструкторскими базами, в то время как поверхность 26 входит в категорию вспомогательных конструкторских баз. Исполнительные поверхности включают в себя поверхности 1, 3, 4, 6, 7, 2, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 23, 24. Остальные поверхности являются свободными (рисунок 1).

Редуктор выполняет работу в условиях воздействия внешних факторов. Его конструкция представляет собой тонкостенную оболочку, которая исключает возможность воздействия на детали редуктора технологических жидкостей и внешних загрязнений. Также подразумевается, что редуктор работает в нормальных условиях производственного помещения, соответствующего всем необходимым нормам, что позволяет минимизировать воздействие изменения температурного режима со временем. В полости редуктора находится достаточное количество смазки, которая обеспечивает безопасный температурный и смазочный режим работы.

Из анализа следует, что деталь относится к корпусным, закрытого типа и будет использоваться в неагрессивных условиях. Следовательно, специальные стали, сплавы и методы обработки не нужны для ее изготовления.

Согласно технической документации необходимо учитывать требования по расположению поверхностей. Важно соблюдать допустимые отклонения от пересечения осей скрытых баз А и Б на угол не более 0,05 градусов, а также отклонения от параллельности поверхностей 7 диаметров 62Н7 мм и шести отверстий диаметров 180Н7 мм относительно базы А (которая является скрытой осью) в пределах 0,02 мм. Отклонение от параллельности двух отверстий поверхностей 11 и 14 с диаметром 62Н7 мм относительно базы Б (также являющейся скрытой осью) не должно превышать 0,03 мм, а также необходимо соблюдать перпендикулярность

торцов к базам А и Б, так как отклонение соответствующих поверхностей не превышает 0,05.

1.2 Анализ технологических показателей детали

С использованием рекомендаций [5], определим технологические показатели рассматриваемой детали. «Для изготовления корпуса червячного редуктора выбран конструкционный материал - серый чугун СЧ12-28 по ГОСТ 1412-80, который обладает высокими показателями прочности: предел прочности при растяжении - 120 МПа, предел прочности при изгибе - 280 МПа и твердость - 143...229 НВ» [5]. Кроме того, данный материал относительно доступен по стоимости.

Согласно методике [15], определяем «точность относительного положения основных обрабатываемых поверхностей. Это точность расположения поверхностей 11 и 14 с диаметром 62Н7 относительно основной конструкторской базы (поверхность 1), которая составляет $58 \pm 0,1$ мм. Размер поверхности 2 до скрытой базы, соединяющей оси поверхностей 11 и 14, равен $100 \pm 0,3$ мм. Точность расположения поверхностей 10 и 13 относительно друг друга не указана, а межосевое расстояние» [15] между ними составляет $120 \pm 0,3$ мм.

Согласно рекомендациям [9], мы учитываем допуски и шероховатость отверстий, в которых необходимо установить другие цилиндрические детали.

Характеристики чугуна, «определены согласно данным [25], и приведены в таблице 1 по его химическому составу, и в таблице 2 по его механическим свойствам» [25].

Таблица 1 – Химический состав

Марка чугуна	Углерод	Кремний	Марганец	Не более	Не более	Не более	Не более
СЧ12-28	3,3 - 3,6	2,2 - 2,5	0,6 - 1	0,4	0,15	0,15	0,5

Таблица 2 – Механические свойства

Чугун	Предел прочности при растяжении, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа	Относительное удлинение при усилии 600 МПа, мкм	Относительное удлинение при усилии 300 МПа, мкм	Твердость по Бринелю
СЧ12-28	28	48	9,0	3,0	170-241

Корпус, выполнен из серого чугуна СЧ12-28, и имеет форму прямоугольной полый коробки. Благодаря высоким литейным качествам чугуна, производство заготовки корпуса не требует больших затрат. Конструкция корпуса жесткая и надежная, а основание обеспечивает открытый подвод инструмента и может быть использовано в качестве установочной базы при механической обработке. Размеры внутренних отверстий в корпусе требуют высокой точности изготовления, что упрощает производственный процесс.

Механическая обработка детали допускает использование типовых технологических процессов и оборудования, что делает ее технологичной. Базирование во время обработки может быть осуществлено на основе типовых схем, что значительно упростит процесс проектирования станочного оснащения и выполнить расчеты припусков согласно требований по точности обработки.

Анализ технологических характеристик детали позволил сделать вывод о том, что корпус удовлетворяет основным требованиям к технологичности и не требует изменений в его конструкции и технологического обеспечения.

1.3 Анализ типа производства

Для анализа типа производства необходимо предварительно определить характеристики детали. В данном случае наиболее подходящим

методом является использование методики [14], основанной на данных о массе детали и годовой программе ее выпуска, которая позволяет определить тип производства.

Согласно чертежа масса корпуса равна 11 кг и заданной программы выпуска в 10000 штук, тип производства можно определить как серийный в соответствии с рекомендациями [14].

Серийное производство составляет от 75% до 80% «всей продукции машиностроения. По своим технологическим и производственным характеристикам, серийное производство занимает промежуточное положение между единичным и массовым производством. Объемы выпуска на предприятиях варьируется от десятков до тысячи единиц регулярно повторяющихся изделий, и для этого используется универсальное, специализированное и частично специальное оборудование» [14]. Применение станков, оснащенных системами ЧПУ, также является распространенной практикой в этом секторе промышленности.

Могут быть использованы разные типы заготовок, включая горячекатаный и холоднокатаный прокат, литье в землю и «литьё под давлением, точное литье, поковки, штамповки. Для достижения требуемой точности могут быть применены методы автоматического расчета размеров или метод пробных ходов и промеров с частичным» [14] использованием разметки.

1.4 Задачи работы

На основе проведенного анализа сформулированы цель и задачи работы, которые включают в себя разработку технологии изготовления детали, основанной на базовом технологическом процессе.

Достижение цели включает выбор и проектирование заготовки, разработку плана изготовления, необходимого оборудования и инструментов, а также нормирование операций в технологическом процессе.

Для обеспечения качества выпускаемой продукции и увеличения производительности необходимо выполнить анализ лимитирующих операций растачивания отверстий в корпусе на наличие недостатков.

Разработка плана изготовления детали требует знания о материалах, технологиях и оборудовании. При правильном планировании и выборе технологических методов и материалов можно создать качественную деталь, соответствующую всем требованиям. При этом предпочтение необходимо отдавать прогрессивным методам литья, обработке на станке с ЧПУ, использованию лазерной резки или другая технология. Выбор технологии зависит от материала и технологических требований к точности детали.

Для решения технических проблем связанных с недостатками операций растачивания необходимо выполнить проектирование технологической оснастки, выполнить расчеты режимов обработки с учетом параметров режущего инструмента.

Также требуется выполнить анализ безопасности и воздействия на окружающую среду процесса производства детали, а также провести оценку финансовых показателей проекта, связанного с разработанной технологией.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

В соответствии с методикой, описанной в источнике [4], для корпусных деталей из чугуна наиболее приемлемым методом является литье. Однако, проведя анализ данных методов с использованием литературных источников [8], можно сделать вывод, что метод литья в земляные формы ограничивается свойствами применяемого чугуна. Вместе с тем, «метод литья в металлические формы является оптимальным с учетом свойств чугуна и серийности производства» [4].

При выборе геометрии и формы заготовки необходимо учитывать материал, «размеры, конструктивную форму детали и программу производства» [8].

«Выбор способа получения заготовки является ключевым фактором к повышению эффективности технологического процесса изготовления деталей и снижению общей себестоимости. Себестоимость детали зависит как от стоимости процесса получения заготовки» [4], так и от затрат на её механическую обработку.

Рассмотрим два принципиальных метода получения заготовки в зависимости от используемой конструкции. Это «литье в керамическую форму по ГОСТ 26645-85 с размерами 6-6-5-2 или литье в песчаную форму по ГОСТ 26645-85 с размерами 9-9-8-4» [4]. «Стоимость заготовки рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{ЗАГ}} = (C_i \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{П}}) - S_{\text{ОТХ}} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где C_i – базовая стоимость получения заготовок, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

k_T – коэффициент точности;

k_C – коэффициент сложности;

k_B – коэффициент марки материала;

k_M – коэффициент массы заготовки;

k_{II} – коэффициент объема производства;

S_{OTX} – стоимость отходов механической обработки в виде стружки, руб.;

q – масса детали, кг» [4].

Масса заготовки ориентировочно может быть определена по формуле:

$$\langle Q = q \cdot K_p, \quad (2)$$

где K_p – коэффициент метода получения заготовки» [4].

Масса детали, изображена на графическом чертеже, составляет 9 кг. Следовательно, мы можем вычислить «массу заготовок, предварительно, для каждого из рассматриваемых в работе методов, которые мы сравниваем.

Масса заготовки, получаемой литьем в песчаную форму равна.

$$Q = 14,67 \cdot 1,2 = 17,604 \text{ кг.}$$

Масса заготовки, получаемой литьем в керамическую форму равна.

$$Q = 12,5 \cdot 1,2 = 15,0 \text{ кг.}$$

Для этого используем установленные справочные данные [4] для определения всех коэффициентов, базовой стоимости получения заготовок и стоимости отходов механической обработки в виде стружки в формуле (1), и производим расчеты» [4].

Стоимость заготовки получаемой литьем в песчаную форму равна.

$$S_{ЗАГ} = (70,3 \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (17,604 - 14,67) = 95,85 \text{ р.}$$

Стоимость заготовки получаемой литьем в керамическую форму равна.

$$S_{ЗАГ} = (56,11 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (115,0 - 12,5) = 76,28 \text{ р.}$$

Проведенные расчеты подтвердили, что изготовление заготовки с использованием керамической формы будет более экономичным в данном

случае. Проектируем заготовку, основываясь на рекомендациях и данных, представленных в источнике [7].

Согласно требованиям, изложенным в ГОСТ 26845-85, для размеров корпуса мы должны назначить припуски и допуски на его размеры. Согласно информации, приведенной в источнике [3], была определена точность изготовления заготовки, которая соответствует 6 классу точности.

Далее составим схему обработки каждой поверхности обработки. Определим припуски и напуски, сумма которых составит необходимую толщину материала для каждой поверхности. После этого следует просчитать параметры будущей заготовки, учесть технологические допуски и определить допустимые отклонения размеров.

Литейные радиусы скруглений принимаем 3 мм. Полученные результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Размеры отливки

Номинал детали	Отклонение, мм	Допуск, мм	Допуск формы, мм	Средний размер детали, мм	Общий припуск на обработку, мм	Литейный припуск, мм	Допуск, мм
270							1
180							0,9
190							0,9
207	-0,5 -1,5	0,5	0,05	206	1,7+1,7	0,3+0,3	1,2
116	+0,5 -0,5	1	0,05	116	1,3+1,3	0,3+0,3	0,8
225							0,9
180	+0,04	0,04	0,02	180,02	0,9+0,9	0,3+0,3	0,9
62	+ 0,03	0,03	0,02	62,015	0,8+0,8	0,3+0,3	0,64
158	0,5	1	0,05	158	1,3+1,3	0,3+0,3	0,8

Выполним разработку маршрутов обработки поверхностей в соответствии с методикой [11]. В соответствии с этой методикой выбор конкретного маршрута «зависит от нескольких факторов, таких как требуемая точность обработки, шероховатость обрабатываемой поверхности,

материал, из которого изготовлена деталь, и требуемая твердость» [11].
 Результаты сводим в итоговую таблицу 4.

Таблица 4 – Маршруты обработки поверхностей

Этап	Номер поверхности	Точность	Шероховатость	Номер и наименование перехода
1	все	≈14	rz 20	заготовительный
2	—	—	—	1 загрузить / разгрузить
	1, 2, 3	12	ra 3.2	2 фрезерование
	20	12	ra 3.2	3 сверление
	25	12	ra 3.2	4 сверление
	25	10	ra 1.6	5 развертывание
	25	7н	ra 3.2	6 нарезание резьбы
3	4, 6, 7	10	ra 6.3	точение
4	10, 11, 13, 14	10	ra 6.3	расточивание
5	4, 5, 6, 7, 8	7	ra 3.2	точение
6	—	—	—	1 загрузить / разгрузить
	23	12	ra 3.2	2 сверление
	23	10	ra 1.6	3 развертывание
	24	7н	ra 3.2	4 нарезание резьбы
7	10, 11, 12, 13, 14, 15	7	ra 3.2	расточивание
8	—	—	—	1 загрузить / разгрузить
	27	7н	ra 3.2	2 нарезание резьбы
	16, 17	12	ra 3.2	3 сверление
	16, 17	10	ra 1.6	4 развертывание
	18, 19	7н	ra 3.2	5 нарезание резьбы
9			отделочный (зачистить заусенцы, устранить острые кромки)	

Для точных поверхностей рекомендуется применять расчетно-аналитическую методику [21]. Для изготовления отверстия 18 используемое в качестве установочной и технологической базы, используемое в процессе

обработки с установочными пальцами рассчитаем припуски и операционные размеры. Конечный размер после выполнения операции должен быть равен $12+0.018$ мм. Технологический процесс включает сверление, зенкерование и развертывание для обработки поверхности на данной операции.

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (3)$$

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» [21].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (4)$$

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

h – глубина дефектного слоя образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [21].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (5)$$

где Td – поле допуска выполняемого размера, мм» [21].

«Определение максимального припуска для каждого перехода

производится по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (6)$$

где Td_i – поле допуска выполняемого размера, мм;

Td_{i-1} – поле допуска выполняемого размера на предыдущем переходе, мм» [21].

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (7)$$

Проводим расчеты минимального, максимального и среднего припуска для каждого перехода» [21].

$$z_{1 \min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,400 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,801 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,110 + \sqrt{0,11^2 + 0,100^2} = 0,259 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,060 + \sqrt{0^2 + 0,100^2} = 0,160 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,050 + \sqrt{0,010^2 + 0,012^2} = 0,066 \text{ мм.}$$

$$z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5 \cdot (1,6 + 0,25) = 1,714 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,259 + 0,5 \cdot (0,18 + 0,07) = 0,384 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{T0} + Td_3) = 0,160 + 0,5 \cdot (0,07 + 0,018) = 0,204 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,016) = 0,094 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,714 + 0,801) = 1,258 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,443 + 0,268) = 0,356 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,422 + 0,292) = 0,357 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,094 + 0,066) = 0,080 \text{ мм}» [21].$$

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{i min} + 2 \cdot z_{i min}. \quad (8) \gg [21]$$

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

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1) min} \cdot 0,999. \quad (9) \gg [21]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (10) \gg [21]$$

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$d_{i ср} = 0,5 \cdot (d_{i max} + d_{i min}). \quad (11) \gg [21]$$

«Выполняем расчеты.

$$d_{4min} = 11,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 11,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4ср} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (11,018 + 11,002) = 11,100 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 11,002 + 2 \cdot 0,066 = 11,150 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 11,150 + 0,039 = 11,189 \text{ мм.}$$

$$d_{3ср} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (11,189 + 11,150) = 11,170 \text{ мм.}$$

$$d_{то min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 11,189 + 2 \cdot 0,292 = 11,229 \text{ мм.}$$

$$d_{то max} = d_{то min} + Td_{то} = 11,229 + 0,160 = 11,389 \text{ мм.}$$

$$d_{то ср} = 0,5 \cdot (d_{то max} + d_{то min}) = 0,5 \cdot (11,389 + 11,229) = \\ = 11,309 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{то min} \cdot 0,999 = 11,229 \cdot 0,999 = 11,188 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 11,188 + 0,100 = 11,288 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (11,288 + 11,188) = 11,238 \text{ мм.}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 11,288 + 2 \cdot 0,268 = 11,824 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 11,824 + 0,250 = 12,074 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (12,074 + 11,824) = 11,949 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 11,074 + 2 \cdot 0,801 = 11,676 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 11,676 + 1,600 = 11,276 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(11,276 + 11,676) = 11,476 \text{ мм} \gg [21].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (12) \gg [21]$$

$$2z_{min} = 11,676 - 11,018 = 3,658 \text{ мм.}$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (13) \gg [21]$$

$$2z_{max} = 3,658 + 1,600 + 0,016 = 5,274 \text{ мм.}$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (14) \gg [21]$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,658 + 5,724) = 4,466 \text{ мм.}$$

При расчете фактических размеров заготовки для других поверхностей используем таблицы статистических данных источника [19], далее необходимо выбрать припуски для обработки и выполнить расчеты. Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Определение размеров заготовки

Размер отливки, мм	Допуск, мм
210	1,2
119,2	0,8
	0,9
177,6	0,9
59,815	0,64
	0,8
Номинальный размер детали, мм	Общий припуск на обработку, мм
207	1,7+1,7
116	1,3+1,3
225	
180	0,9+0,9
62	0,8+0,8
158	1,3+1,3

«Далее, на основании информации, содержащейся в [7], определили параметры заготовки точность – Т4, сложность – С1. Индекс для определения допусков на размеры поверхностей 7, а все остальные параметры заготовки были также определены с помощью данных» [7].

Чертеж, представлен в графической части работы, и включает в себя все основные параметры заготовки, а также саму спроектированную заготовку.

2.2 Разработка плана изготовления детали

«План производства разрабатываем на основе маршрутов изготовления, сформированных из типовых, которые описаны в литературе» [13], [14]. Учитываем особенности поверхностей детали, такие как точность, шероховатость и требуемая твердость, учитываются при выборе соответствующего маршрута.

Реализация заданных параметров обработки происходит поэтапно, чтобы удовлетворить технические требования и обеспечить экономическую целесообразность выбора маршрута обработки. Маршрут изготовления

корпуса, сформированный в соответствии с этими принципами, сводим в таблицу 6.

Таблица 6 – Маршрут изготовления

Номер	Наименование операции	Наименование перехода	Номер поверхности	Квалитет	Шероховатость, мкм
00	заготовительная	—	все	≈14	20
05	агрегатная	1 загрузить / разгрузить	—	—	—
		2 фрезерование (3 перехода)	1, 2, 3	12	3.2
		3 сверление отверстия (2 перехода)	20	12	3.2
		4 сверление отверстий	25	12	3.2
		5 развертывание отверстий	25	10	1.6
		6 нарезание резьбы	25	7н	3.2
10	токарно-карусельная предварительная	4, 6, 7	10	6.3	
15	горизонтально-расточная предварительная	10, 11, 13, 14	10	6.3	
20	токарно-карусельная окончательная	4, 5, 6, 7, 8	7	3.2	
25	агрегатная	1 загрузить / разгрузить	—	—	—
		2 сверление	23	12	3.2
		3 развертывание	23	10	1.6
		4 нарезание резьбы	24	7	3.2
30	горизонтально-расточная окончательная	10, 11, 12, 13, 14, 15	7	3.2	
35	агрегатная	1 загрузить / разгрузить	—	—	—
		2 нарезание резьбы (2 перехода)	27	7	3.2
		3 сверление	16, 17	12	3.2
		4 развертывание	16, 17	10	1.6
		5 нарезание резьбы	18, 19	7	3.2
40	слесарная	(зачистить заусенцы, устранить острые кромки)			

Маршрут изготовления детали позволяет создать детальный план изготовления. Для этого подобные друг-другу методы обработки с одинаковыми параметрами точности и шероховатости объединяются в единую операцию. Каждая операция имеет свой эскиз обработки, который отражает все обрабатываемые поверхности, схему базирования и размеры, которые должны быть выполнены. «План изготовления содержит допуски

для операционных размеров, а также для отклонения формы и расположения поверхностей, производимые в соответствии с методикой и справочными данными» [18].

Графическое отображение плана изготовления оформляется в соответствии с рекомендациями [18]. Маршрут изготовления также отображается в маршрутной карте (Приложение А таблица А1).

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

Необходимо выбрать оборудование, которое имеет достаточную мощность, соответствующие габариты и высокую надежность, а также обеспечивает необходимую скорость перенастройки. Подбор конкретных моделей станочного оборудования будет выполнен с использованием данных из источников [10, 22].

Станочная оснастка должна применяться универсальной, позволять переналаживать ее для изготовления новых деталей корпусного типа и обеспечивать производство всего ассортимента деталей, удовлетворять требованиям надежности и обеспечивать быструю перенастройку. Для выбора оптимального варианта станочной оснастки будут использованы данные из источников [22, 23].

Инструмент, который используется для изготовления корпуса, должен гарантировать точность и высокую производительность обработки, а также быть долговечным и легко переналаживаемым. Для выбора подходящих размеров инструмента мы будем использовать информацию из источников 2 и 22.

Выбор типов и наименования «контрольных средств осуществляется в соответствии с данными [3], [22], с учетом требований к точности контроля, безопасности эксплуатации, надежности и универсальности» [22].

Результаты выбора представлены в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

Номер операции	Наименование операции	Оборудование	Инструмент
05	Агрегатная	Агрегатный фрезерно-сверлильный 6-ти позиционный станок, мод. ХА-2875	Фреза торцовая насадная со вставными ножами из твердого сплава ВК6 Ø 100 мм ГОСТ 1092-69; Сверло спиральное Ø 14,5 мм Р6М5 ГОСТ 10903-77; Развертка Ø 15 мм Р6М5 ГОСТ 1672-80; Метчик М8 для нарезания метрической резьбы (ГОСТ 9522-60), материал Р18
10	Токарно-карусельная	Токарно-каруельный станок, мод. 1508	Расточная оправка с резцами вставками из СТМ
15	Горизонтально-расточная	Горизонтально-расточной станок, мод. 2620ВФ1	Расточная оправка с резцами вставками из СТМ
20	Токарно-карусельная окончательная	Токарно-карусельный станок, мод. 1508	Расточная оправка с резцами вставками из СТМ
25	Агрегатная	Агрегатный 4-х позиционный станок барабанного типа	Сверло спиральное Ø 7,5 мм, Р6М5 ГОСТ 10903-77; Развертка Ø 8 мм Р6М5 ГОСТ 1672-80; Метчик Ø 8 для нарезания метрической резьбы (ГОСТ 9522-60), материал Р18
30	Горизонтально-расточная окончательная	Горизонтально-расточной станок, мод. 2620ВФ1	Расточная оправка с резцами вставками из СТМ
35	Агрегатная	Агрегатный 5-ти позиционный станок барабанного типа	Метчик М16 для нарезания метрической резьбы (ГОСТ 9522-60), материал Р18; Сверло спиральное Ø 7,5 мм, Р6М5 ГОСТ 10903-77; Развертка Ø 8 мм Р6М5 ГОСТ 1672-80; Метчик Ø 8 для нарезания метрической резьбы (ГОСТ 9522-60), материал Р18

Данные о технических характеристиках оборудования, оснастки и режущего инструмента будут использованы в процессе проектирования

технологических операций. Если в процессе проектирования будет установлено, что существующее оборудование или оснастка не могут обеспечить требуемые параметры качества обработки, оптимальные режимы резания или не могут удовлетворить требованиям обработки, то будут приняты решения о замене или модернизации оборудования или оснастки.

При необходимости корректируем маршрут обработки детали на основе анализа полученных результатов и вносим соответствующие данные в маршрутную карту (Приложение А таблица А1).

2.4 Проектирование операций технологического процесса

В данном разделе определим режимы резания и нормативы для проведения операций.

Определяем режимы резания с учетом типа производства, используя методологию, которая основана на обработке «опытно-статистических данных [16]. На первом этапе определяем глубину резания, которая принимается максимальным припуском, необходимым для выполнения данной операции, и которая может быть ограничена техническими возможностями станка» [16]. «Затем определяется скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (15)$$

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» [16].

«Далее по полученной расчетной скорости резания, определяется

частота вращения шпинделя по формуле:

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

где d – диаметр обрабатываемой поверхности или режущего инструмента, мм» [16].

«Далее округляем полученное значение до ближайшего целого значения, указанного в паспорте станка» [16]. Затем пересчитывается скорость резания на основе новой частоты вращения, полученной после округления. Именно эту скорость резания и принимаем за фактическую величину настройки станка с ЧПУ при выполнении операции. Оценка времени выполнения операций проводится в соответствии с нормами, устанавливаемыми на основе расчетно-аналитического метода [20], «который предполагает использование для значения длины рабочего хода инструмента на всю операцию и следующую формулу» [20]:

$$\langle L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (17)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

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

l_2 – длина перебега, мм» [20].

«Затем, определяется основное время на обработку по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (18)$$

где S – подача, мм/об» [20].

Руководствуясь методикой [20], проводимой в соответствии с процессом изготовления, выполняем назначение режимов резания и нормирование с учетом структуры операции, «конструктивных особенностей оборудования, технологической оснастки и режущего инструмента» [16].

В таблице 8 представлены полученные результаты.

Таблица 8 – Режимы резания и нормы времени

Операция	Номер перехода	Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин
05	1	2	94,2	0,5	1250	0,022
	2	3	98,1	0,5	315	0,57
	3	1,5	98,1	0,5	315	0,57
10	1	3	98,1	0,5	315	0,337
	2	3	98,1	0,5	315	0,337
	3	0,5	124,6	0,5	400	0,175
	4	3	98,9	0,5	630	0,048
15	1	8	31,7	0,23	630	0,64
	2	1	12,6	0,7	200	0,07
20	1	0,2	160,8	0,42	800	0,268
25	1	2	99,04	0,42	400	0,119
30	1	5	4,5	0,1	-	0,44
35	1	3	2,6	0,4	-	8

Результаты расчетов по использованию различных способов резки и установки норм для технологических процессов отражены в маршрутной карте и операционных картах (в приложении А).

Следующим этапом стала разработка технологии изготовления детали - плана изготовления. План изготовления детали определяет последовательность операций по обработке заготовки, а также необходимое оборудование, технологическую оснастку и инструменты. План изготовления детали составляется исходя из ее геометрических параметров и требований к ее качеству. На основе чего выполнен выбор оборудования и технологической оснастки для выполнения операций плана изготовления.

Таким образом, при проектировании технологии изготовления детали учитывали множество факторов. От геометрических параметров корпуса до характеристик используемого оборудования, что позволяет сделать вывод, о том что спроектированный технологический процесс позволит с высокой вероятностью получить продукцию заданного качества при минимальных затратах.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка станочного приспособления

В соответствии с анализом недостатков базового процесса изготовления корпуса редуктора выполним проектирование приспособления для агрегатного станка, которое позволит выполнить фрезерование корпуса углового редуктора (поверхности 1, 2, 3) (рисунок 2).

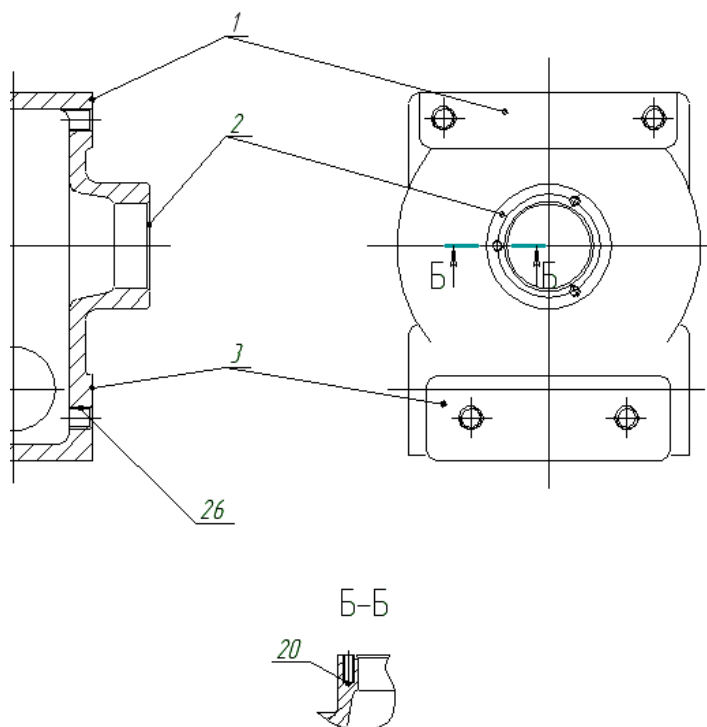


Рисунок 2 - Эскиз детали

Согласно чертежа для достижения требуемой шероховатости поверхностей в процессе фрезерования детали необходимо соблюдать условия «точности положения поверхностей относительно конструкторских баз, а также точность положения установочных элементов приспособления» [21].

Для установки детали в приспособление необходимы опорные поверхности, такие как поверхность плиты приспособления, торец 10 и наружная поверхность корпуса редуктора. «Для базирования детали можно

использовать три опорных пластины высотой 10 мм и длиной 60 мм» [21] по ГОСТ 4743-68, которые могут быть установлены на плоской внутренней поверхности, а также четыре регулируемые опоры диаметром 20 мм и длиной 90 мм по ГОСТ 4084-68, которые позволяют базировать деталь в осевых направлениях.

Для обеспечения надежного крепления заготовки рекомендуется использовать прихваты по свободным поверхностям детали в соответствии с ГОСТом 4735-69. Реализуемая, схема базирования, крепления детали при обработки ее отверстий изображена на рисунке 3.

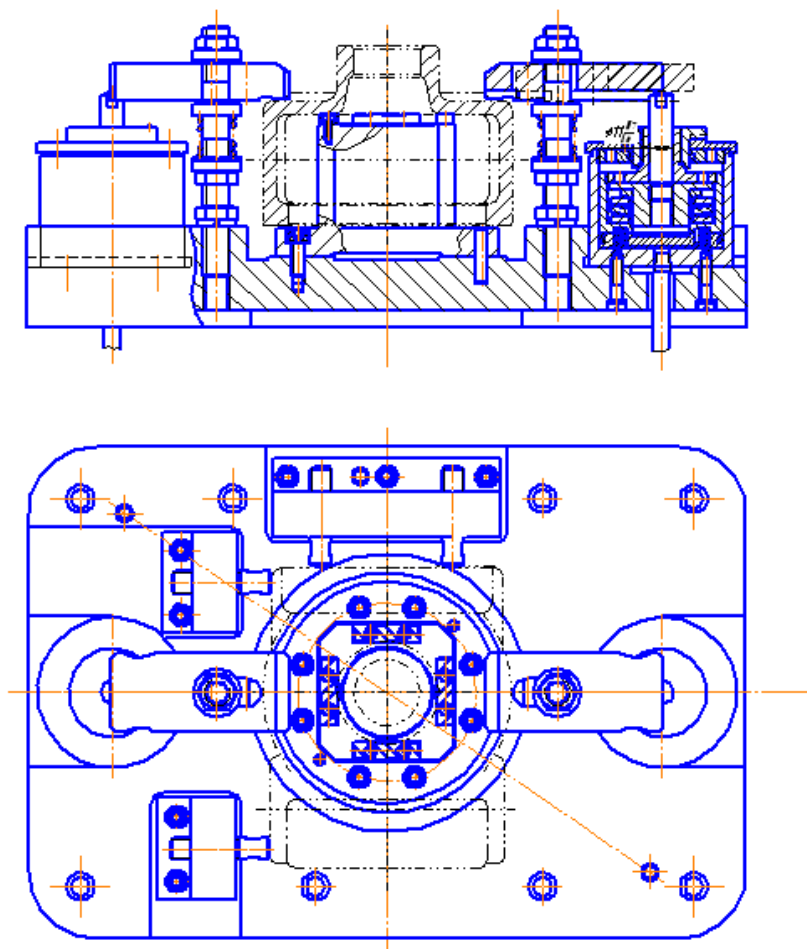


Рисунок 3 - Схема базирования детали

Для определения необходимой силы зажима детали закладываем некий коэффициент запаса, и произведем расчет равновесного положения заготовки, рассмотрев силовую схему, действующих на деталь и элементы приспособления силы (см. рисунок 4).

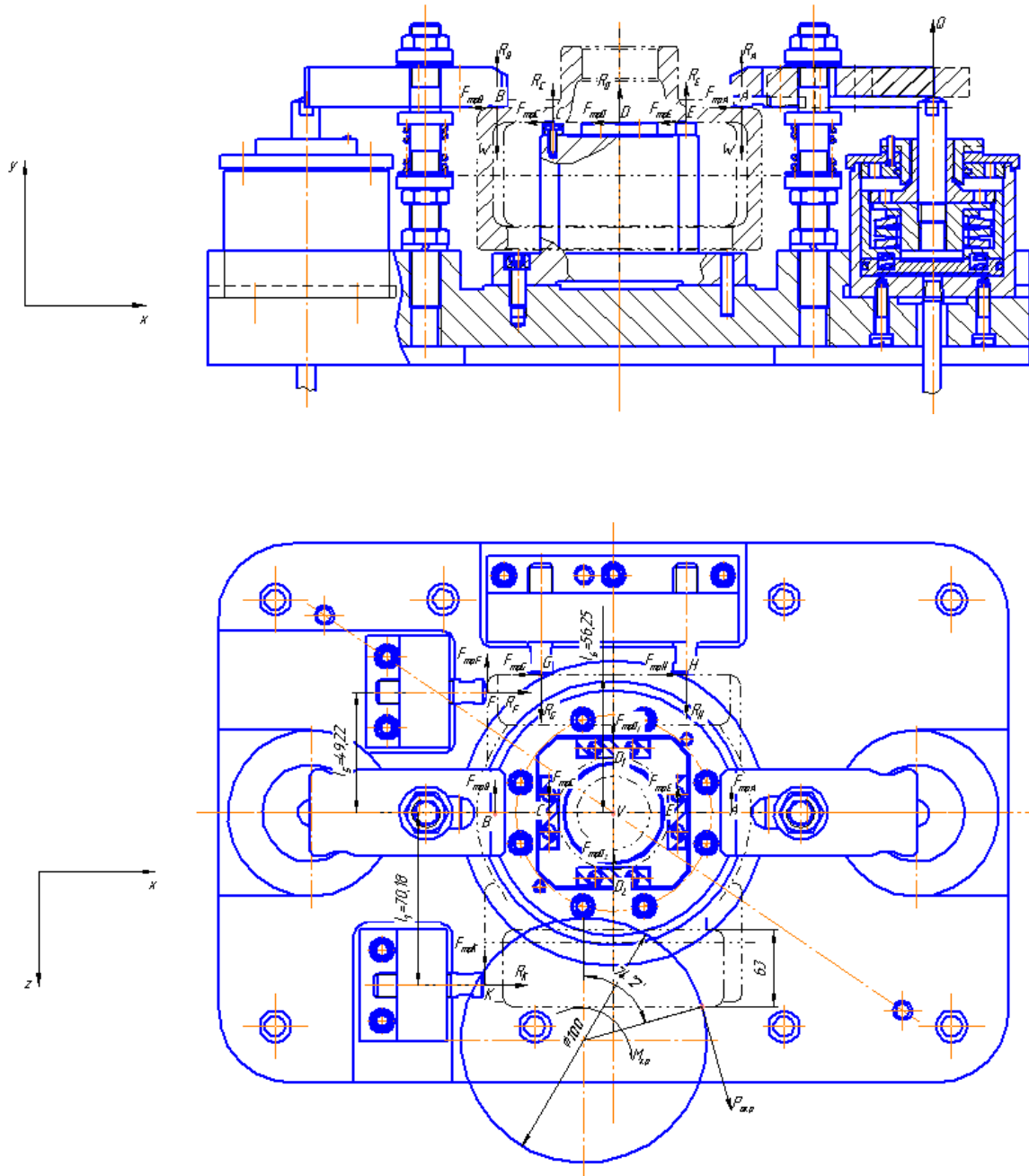


Рисунок 4 – Расчетная схема действия сил

Силы реакции в точках А, В равны:

$$R_{A,B} = \frac{F_{\delta\delta}}{f} = \frac{8685,1}{0,16} = 54281,87 \text{ Н}$$

Тогда, согласно уравнению (7.12.) требуемая сила зажима равна:

$$W = \frac{2 \cdot R_{A,B} + 4 \cdot R_{(\ddot{u}\ddot{u}\ddot{u})} + 4 \cdot F_{\delta\delta}(\delta\ddot{u}\ddot{u})}{2} = \frac{2 \cdot 54281,87 + 4 \cdot 402,32 + 4 \cdot 0,16 \cdot 4603,11}{2} =$$

$$= 56559,5 \text{ Н}$$

Рассчитаем необходимое усилие на штоке гидроцилиндра (см. чертеж):

$$W \cdot 28,4 = Q \cdot 46,9$$

Откуда

$$Q = \frac{W \cdot 28,4}{46,9} = \frac{56559,5 \cdot 28,4}{46,9} = 34249,25 \text{ Н}$$

«Для механизации работы приспособления применяется гидравлический привод, для которого требуется определить параметры гидроцилиндра. Рабочее усилие, необходимое для толкания составляет 34249 Н, а давление жидкости в гидросистеме принимается на уровне 3 МПа. Механический ход поршня определяется конструкторскими решениями. Также, при проектировании гидроцилиндра применяется отношение диаметра штока к диаметру цилиндра, равное 0,1. Для определения необходимого диаметра цилиндра используется следующая формула» [21]:

$$D = 2 \cdot \sqrt{Q / (0,75 \cdot \pi \cdot p_{жс} \cdot \eta)} = 2 \cdot \sqrt{34249 / (0,75 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 15)} = 117,04 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр цилиндра 110 мм. Тогда диаметр поршня равен 11 мм.

Для работы с использованием механизированного станочного приспособления, выполняют установку детали на плоскости опорной пластины, позиция 23, и цилиндрическую поверхность базирующего пальца, позиция 3, который крепится при помощи штифтов и винтов 22, 25.

Затем, передвижные прихваты 32 настраиваются вручную на опорной поверхности корпуса. При помощи подачи масла в полость цилиндра, вставленные в камеру, происходит перемещение штока 9 вверх. Рычажный механизм передает усилие от штока к задействованным прихватам 32,

которые зажимают корпус. Чтобы обеспечить правильное позиционирование заготовки, использованы установочные винты позиции 33. После завершения обработки, гидросистема сбрасывает рабочее давление, камеры цилиндров ослабляют действие силы зажима на корпус, и тарельчатые пружины 18 возвращают штоки 9 в исходное положение. Это приводит к разжиму детали. После этого прихваты перемещаются в исходное положение, и деталь можно снять.

Конструкция приспособления представлена в графической части работы и в Приложении Б таблица Б1.

Таким образом, цель повышения производительности на лимитирующей операции обработки корпуса редуктора достигнута благодаря созданию специально механизированного приспособления, которое обеспечивает механизацию закрепления и установки детали.

3.2 Разработка режущего инструмента

Для решения задачи повышения производительности обработки фрезерованием корпуса редуктора спроектируем в данном разделе режущий инструмент фрезу торцовую сборную. Такой инструмент предназначен для обработки «поверхностей державок резцов на вертикально фрезерном станке» [25]. Она отличается от других фрез своей «модульной конструкцией, которая позволяет устанавливать унифицированные элементы (модули) в одном и том же корпусе. На этих модулях закрепляются сменные твердосплавные пластины различных габаритных размеров и геометрических параметров» [4].

«Фреза имеет корпус 1, в который установлены державки резцовых модулей 2 с режущими пластинами в продольных пазах. Для закрепления державок используются цилиндрические втулки 3 с наклонной лыской на боковой поверхности, расположенные в гнездах на корпусе фрезы. Втулка 3 фиксируется с помощью дифференциального винта 4, который ввернут в

резьбовые отверстия на втулке и корпусе. При закреплении державки упирается в кольцо 5, закрепленное на корпусе фрезы болтами 6. Такой способ базирования и крепления обеспечивает высокую жесткость соединений и исключает вибрации в нагруженных состояниях» [25].

«Для решения вопросов обработки фреза оснащена шестью резцовыми блоками, которые установлены равномерно на корпусе. Резцовый блок (рисунок 5) состоит из держателя 1, режущей пластины 2 с центральной цилиндрической головкой, шайбы 4 и гайки 5» [25].

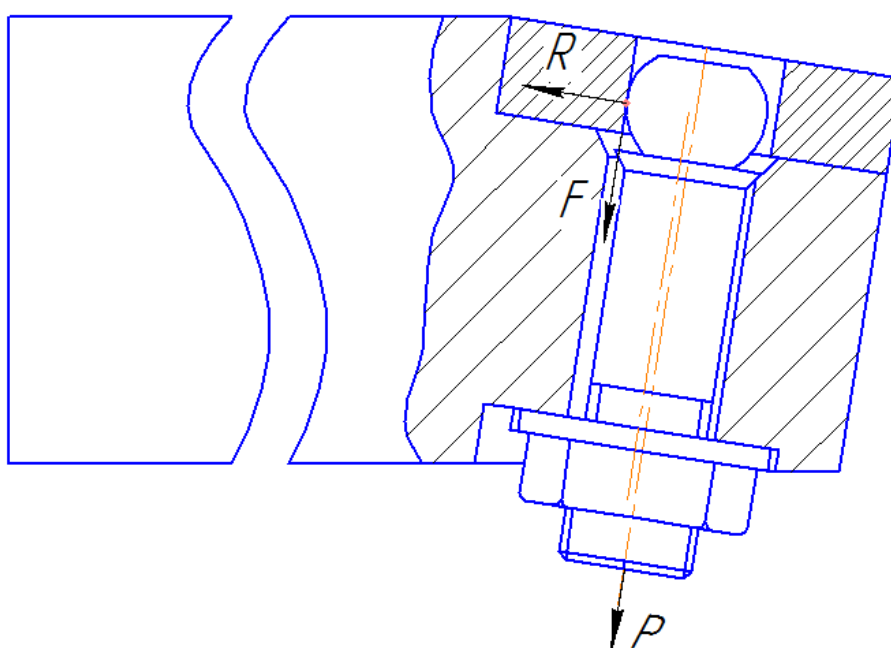


Рисунок 5 – Узел крепление пластины

«Ортогональное действие осевой силы P , которая изображена на Рис. 3.1, ведет к возникновению радиальной силы R , которая прижимает пластину к упорным поверхностям гнезда державки, а также следствием действия которой является возникновение осевой силы трения F , она прижимает пластину к опорной поверхности гнезда державки» [25].

«При использовании фрезы с различными режущими пластинами, имеющими различные конструктивные и геометрические параметры, единственным изменением являются параметры гнезда под пластину на

державках модулей, а принципиальная схема конструкции остается неизменной, что также можно отнести к преимуществам выбранной конструкции фрезы» [25], так как это обеспечивает в условиях серийного производства возможности переналадки и обеспечения свойств гибкости инструментальное обеспечение производства корпуса редуктора.

Проведем расчет прочности державки резцового модуля фрезы с учетом параметров материала заготовки - сталь 40х.

«Необходимо обеспечить справедливость неравенства

$$P_z \leq P_{zp}, \quad (19)$$

где P_z - окружная сила резания при фрезеровании, Н;

P_{zp} - сила резания, допускаемая прочностью державки, Н» [25].

$$P_{zp} = 52080 \text{ Н.}$$

$$P_z = 2850 \text{ Н}$$

Условие (3.1) выполняется

Для «расчета державки модуля на жесткость необходимо обеспечить следующее условие:

$$P_z \leq P_{zж}, \quad (20)$$

где $P_{zж}$ - сила резания, допускаемая жесткостью державки.

$$P_{zж} = \frac{3 \times E \times I \times [f]}{l^3} \frac{3 \times E \times I \times [f]}{l^3}, \quad (21)$$

где E - модуль упругости материала державки (для стали $E = 2 \times 10^5$ Н/мм²);

I - момент инерции сечения державки, мм⁴ (для квадратного сечения $I = 390625$ мм⁴);

$[f]$ - допускаемая величина прогиба вершины резцового модуля ($[f]$ - 0,1 мм при черновом фрезеровании);

l - вылет резцового модуля ($l = 20$ мм)» [25].

$$P_{zж} = 2929687 \text{ Н}$$

Неравенство (20) выполняется : $2850 < 2929687$.

Конструкция фрезы представлена в графической части работы и в приложении Б.

Рассмотрены операции фрезерования при выполнении которых были выявлены недостатки связанные с высоким трудоемкостью и низкой производительностью. Для устранения выявленных недостатков был проведен комплекс конструкторско-технологических работ по результатам которых разработана конструкция станочного приспособления для установки и базирования корпусной детали на станке с ЧПУ и режущий инструмент фреза, оснащенная сменными многогранными пластинами. К признакам прогрессивности конструкции фрезы стоит отнести применение в ее конструкции дополнительных сменных резцовых блоков, которые повышают жесткость установки пластины. Надежность их крепления, и как следствие, повышает точность обработки поверхности фрезерования детали.

Таким образом можно сделать вывод о достижении поставленных в разделе задач.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

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

«Важной задачей является обеспечение безопасности на производственном участке» [6] по производству корпуса редуктора. Для решения этой задачи необходим анализ процессов производства,

«Данную информацию представляем в виде паспорта (таблица 9), основываясь на рекомендациях» [6].

Таблица 9 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Изготовление корпуса редуктора	агрегатная	оператор станков с числовым программным управлением	Обработывающий центр с ЧПУ	Серый чугун, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	расточная	оператор станков с числовым программным управлением	Обработывающий центр с ЧПУ	Серый чугун, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]
	сверлильная	оператор станков с числовым программным управлением	Обработывающий центр с ЧПУ	Серый чугун, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]

«Особенностью технологического процесса, описанного в технологическом паспорте, является широкое применение станков, оснащенных системами числового программного управления» [6]. Из этого

следует, что для выполнения технологических операций необходимо использовать соответствующие средства технологического оснащения и технические жидкости.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Анализируя таблицу 9, мы произведем поиск возможных опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть при производстве детали на данном участке. «Определим источники возникновения этих факторов» [6]. Профессиональные риски относятся к опасностям, которые могут возникнуть в результате работы в конкретной области деятельности. Идентификация профессиональных рисков является одним из важнейших этапов процесса управления рисками на рабочем месте. Вот некоторые основные профессиональные риски, которые могут быть выявлены при анализе рабочих мест. Результат приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция,	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
агрегатная, сверлильная, расточная операция	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	станок, средства технологического оснащения
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	станок, средства оснащения, транспорт»[6]

Продолжение таблицы 10

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	станок, средства технологического оснащения, технологический 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	станок
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	станок, средства технологического оснащения
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	смазочно-охлаждающая жидкость
	физическая динамическая нагрузка	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	стереотипные рабочие движения	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт» [6]

Опасные и вредные факторы, которые представлены в таблице 10, могут вызвать вред для работников, занятых в производстве, а также оказать негативное влияние на качество выполняемых работ. Идентификация профессиональных рисков необходима чтобы эффективно управлять рисками на рабочем месте и защитить здоровье и безопасность работников.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Для уменьшения воздействия опасных и вредных факторов, возникающих в процессе выполнения технологических операций» [6], и выполнения их установленных норм и требований, необходимо определить комплекс специализированных мер и выбрать соответствующие «технические средства» [6]. Результаты приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, зачистка заусенцев	фартук для защиты от общих производственных загрязнений, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием
опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	инструктаж, виброгасящие устройства и приспособления	ботинки кожаные с защитным подноском» [6]

Продолжение таблицы 11

«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
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	инструктаж, устройства и приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума	наушники противошумные или вкладыши противошумные
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	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, устройства заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, система аварийного отключения оборудования, средства изоляции	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	инструктаж по охране труда, устройства местного освещения	—
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	инструктаж по охране труда, устройств ограждающие опасные зоны	халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, фартук для защиты от производственных загрязнений
физическая динамическая нагрузка	инструктаж по охране труда, периодические регламентируемые перерывы	—
стереотипные рабочие движения	инструктаж по охране труда, регламентируемые перерывы» [6]	—

«Разработка приведенных в таблице 11 мер» [6] позволит уменьшить небезопасные и вредные условия до уровней, соответствующих норме, что обеспечит соответствующий комфорт в работе, снизит риск возникновения травм и заболеваний, связанных с работой.

Анализ выполнения технологического процесса был выполнен в данном разделе, с целью обеспечения производственной безопасности на участке производства корпусной детали. В рамках анализа были изучены «технологические операции, используемое оборудование, материалы и средства оснащения. Была проведена идентификация опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть на производственном участке. Источники их возникновения были определены. Были разработаны специальные меры и выбраны специальные технические средства, которые позволят снизить влияние выявленных опасных и вредных факторов» [6].

Таким образом можно сделать вывод о достижении поставленных в разделе задач.

5 Экономическая эффективность работы

«Цель данного раздела заключается в вычислении технико-экономических показателей проектируемого технологического процесса, а также осуществлении сравнительного анализа с базовым вариантом, для того чтобы определить экономический эффект от внедрения технических решений, предложенных в проекте» [12].

«В работе был спроектировано станочное приспособление для агрегатной операции» [12], применение которого позволило повысить производительность обработки фрезерованием и сократить время обработки на 30%. Спроектирован прогрессивный режущий инструмент для этой же операции, фреза со сменными многогранными пластинами. Которые для возможности переналадки установлены в резцовых блоках, равнорасположенных на корпусе фрезы. Применение данного инструмента позволило применить более эффективные режимы обработки и сократить время обработки на операции на 35%.

Сокращение трудозатрат при выполнении описанных операций фрезерования является подтверждением эффективности изменений, сделанных в технологических процессах. Однако, необходимо также проанализировать экономические аспекты этого изменения, что будет выполнено в разделе 5 бакалаврской работы.

«Для получения полной информации, необходимой для расчета, включая мощность и площадь оборудования, цены на оснастку и инструменты, часовые тарифные ставки и тарифы на энергоносители, использовались разнообразные источники, включая паспорта станков, данные предприятий о тарифах на энергоносители, веб-сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструменты, а также другие источники» [12].

Дополнительно к вышеуказанным ресурсам, было задействовано программное обеспечение Microsoft Excel для проведения расчетов, которые включали в себя определение капитальных вложений по альтернативным

вариантам, изменяющаяся в зависимости от вариантов операций технологическая себестоимость, стоимость обработки изделий по различным «технологическим процессам, выбор оптимального решения на основе приведенных затрат и расчет экономической эффективности предполагаемой техники» (технологии)» [12].

«Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 6, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 2034938,67 рублей» [12].

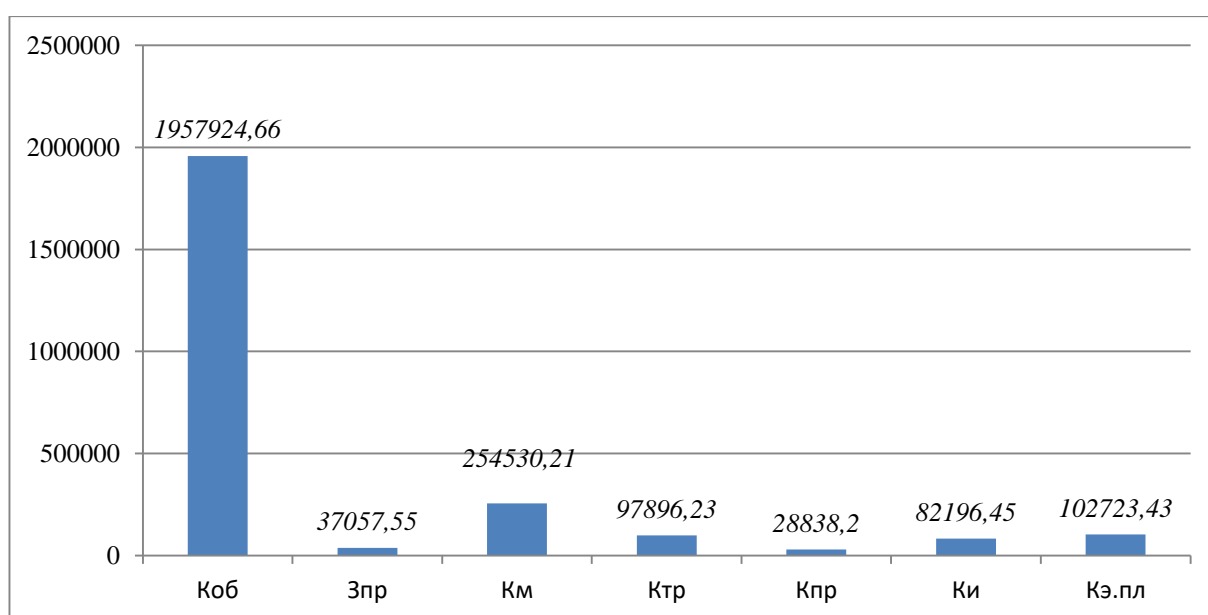


Рисунок 6 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

«Анализ данных, представленных на рисунке 5, показывает, что основное технологическое оборудование (КОБ) представляет собой самые капиталоемкие затраты, составляющие 76,45% от общей суммы капитальных вложений» [12]. Все остальные затраты имеют объем менее 10% от общей суммы капиталовложений.

Рисунок 7 демонстрирует параметры, которые определяют технологическую стоимость производства «детали «корпус редуктора» для двух вариантов технологических процессов, подлежащих сравнению» [12].

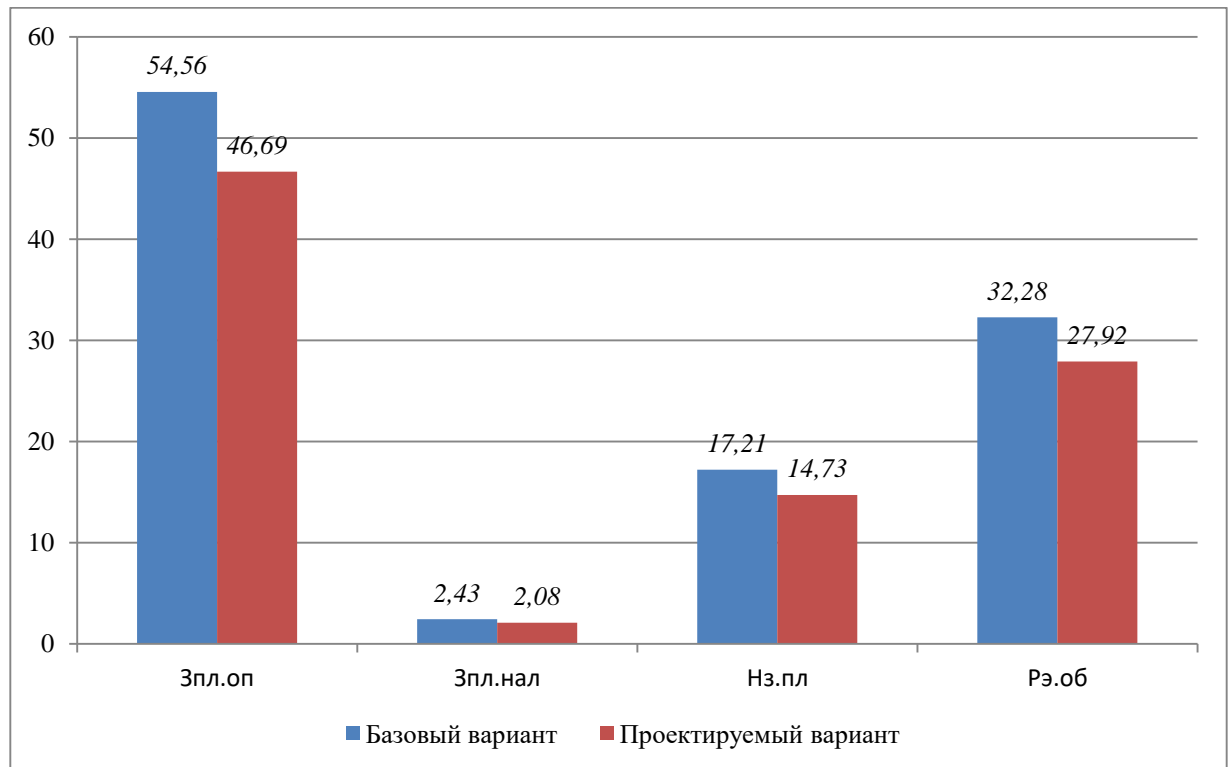


Рисунок 7 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «корпус редуктора», по вариантам, руб.

«При анализе диаграммы на рисунке 7» [12] можно заметить, что существует две составляющие, которые существенно влияют на значение общей технологической себестоимости. Первой из них является заработная плата оператора (ЗПЛ.ОП), которая необходима для оплаты работников, занятых в соответствующих операциях, причем ее доля «составляет 41,25% для базового варианта и 41,08% для проектируемого варианта. Второй составляющей являются расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, которые составляют 20,31% для базового варианта и 21,54% для проектируемого варианта от общей технологической себестоимости» [12].

«Расчёт полной себестоимости был выполнен на основе данных указанных параметров. Визуальное представление результатов калькуляции себестоимости для каждой операции технологического процесса можно

найти на рисунке 8» [12].

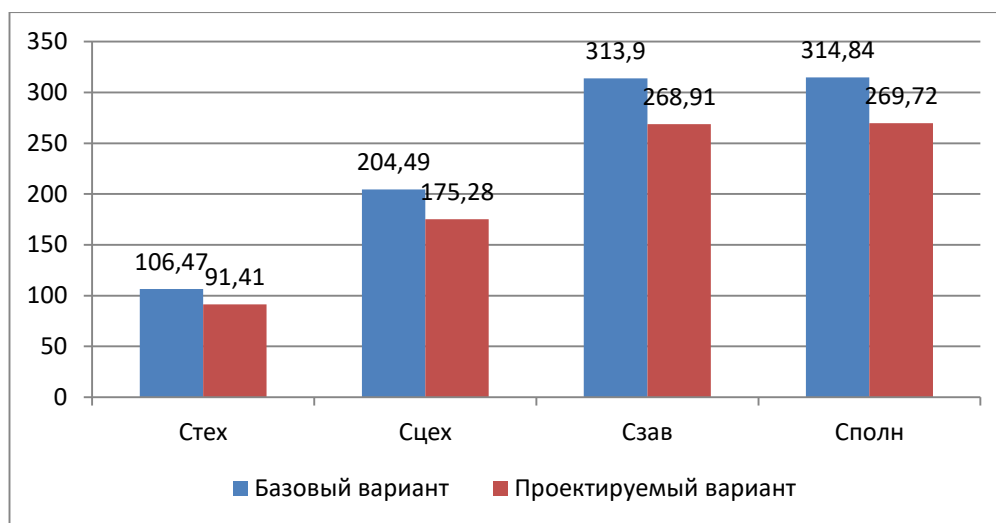


Рисунок 8 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

«Согласно рисунку 8, в случае базовой варианта технологического процесса полная себестоимость ($C_{полн}$) составила 314,84 рубля, в то время как для спроектированной технологии изготовления этот показатель составил 269,72 рубля» [12].

Дополнительные расчеты показали, что радикальное улучшение технологического процесса окупится через 4 года, если вложить в него 2 561 166,71 рублей. Данный период является оптимальным для достижения максимальных результатов. Давайте рассмотрим еще один экономический показатель - интегральный экономический эффект или чистый дисконтированный доход. Этот показатель составляет 413 933,54 рубля, что демонстрирует успешность проекта. Следовательно, за каждый вложенный рубль возможно получить доход в размере 1,29 рублей.

Заключение

Данная выпускная квалификационная работа содержит следующие основные результаты. В первом разделе работы были сформулированы задачи, предшествующие проектированию технологического процесса изготовления корпуса редуктора. Для этого проведено детальное исследование функционального использования детали, условий ее эксплуатации, технологических характеристик и типа производства.

В разделе два работы была спроектирована технология изготовления детали, основанная на типовом технологическом процессе. Были проанализированы возможные варианты получения заготовок, разработан план обработки корпуса, выбрано станочное оборудование и спроектированы операции технологического процесса. В третьем разделе работы были разработаны технические мероприятия, направленные на улучшение базовой технологии изготовления корпуса. Для этого были выявлены недостатки в технологических операциях фрезерования и спроектированы станочное приспособление с автоматизированным механизмом установки заготовок на станках и торцевая фреза для фрезерования корпусов на агрегатной операции. В четвертом разделе работы была осуществлена проверка проектированной технологии производства корпуса на безопасность и экологичность воздействия на производственную среду, а также предложены мероприятия по устранению выявленных неблагоприятных производственных факторов. В разделе пять работы проведена комплексная проверка экономических показателей проектированной методики, что позволило сделать вывод об ее эффективности.

В результате выполнения работы были достигнуты все поставленные задачи по разработке технологического процесса изготовления корпуса редуктора, обеспечивающего выпуск годовой программы деталей, отвечающих всем техническим требованиям в условиях среднесерийного производства можно считать достигнутыми.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 15.03.2021).

2. 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: 18.04.2021).

3. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога / У Болтон. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 380 с.

4. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. – 203 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 15.03.2021).

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

6. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : 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: 10.4.2021).

7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.

8. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75160> (дата обращения: 16.03.2021).

9. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 19.04.2021).

10. Каталог продукции «Инвест-станок». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.investstanok.ru> (дата обращения: 05.04.2021).

11. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 16.03.2021).

12. 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: 12.04.2021).

13. Крупенников О.Г. Высокие технологии в машиностроении : учебно-методическое пособие / О Г. Крупенников. – Ульяновск : УлГТУ, 2019. – 81 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/165090> (дата обращения: 18.03.2021).

14. 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: 19.04.2021).

15. 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.

16. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишууров, М.В. Кишууров, 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: 09.04.2021).

17. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 23.04.2021).

18. 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: 13.03.2021).

19. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2007. – 272 с.

20. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. – 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. – 456 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/60989> (дата обращения: 07.03.2021).

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

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

23.Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / А.И. Астахов [и др.]. – Москва. : Машиностроение, 1984. – 591 с.

24.Схиртладзе А.Г. Проектирование режущих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников. – Пермь : ПНИПУ, 2006. – 208 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160688> (дата обращения: 26.03.2021).

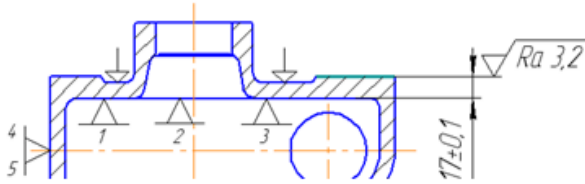
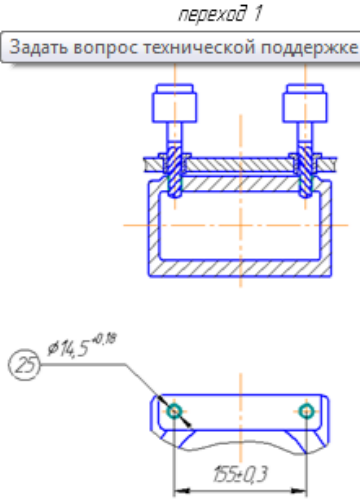
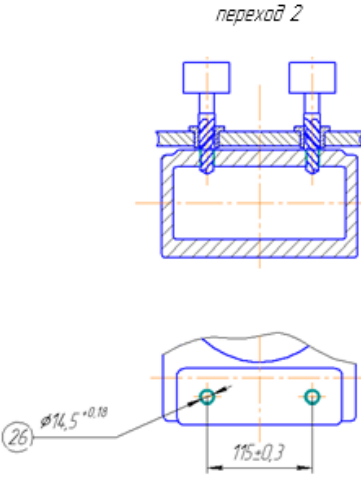
25.Химический состав и физико-механические свойства стали 40Х [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiportal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 06.04.2021).

26.Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75715> (дата обращения: 23.03.2021).

Продолжение Приложения А

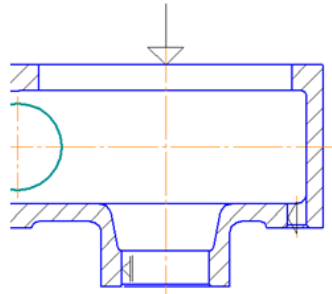
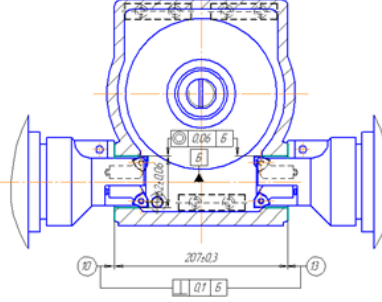
Продолжение таблицы А.1

Кафедра ОТМП										Разработал	Козлова									
Утв.										Проверил	Лейвацкий									
Н. Контр.										Утв.	Логинов									
Н. Контр.										НПТ	Поз	Наимен. тех. оснастки	Код обозн. тех. оснастки	Кол	S, мм/об	V, м/мин				
Карпус редуктора											I	Фреза торцовая насадная с ножами из ТВ. Сплав ВК6 Ø 100 ГОСТ 1092-69	391802.XXXXX	1						
Материал	Твердость	МЗ	МД	СОЖ											2	228				
СЧ 12-28 ГОСТ 1412-89	НВ 200±30	14,5	11	Эмulsion 4-5% Жидкость 1М								Прибор для размерной настройки	39465.XXXXX	1						
Наименование оборудования										Код обозн. оборудования										
6-ти позиционный агрегатный станок										381884										
Время расчетное										Обозначение										
Тв.	Т.б.	Т.обр.	Т.сум.	настроек и	39465.XX	XX	1							Прибор для размерной настройки	39465.XXXXX	1				
			0,24		0,49									Сверло ступенчатое Ø7,5 мм Р6М5	391802.XXXXX	2	0,66	22,7		
Позиция 1: переход 1: фрезеровать <u>разд. 1</u> в размер 1; Переход 2: фрезеровать <u>разд. 2</u> в размер 2; Переход 3: фрезеровать <u>разд. 3</u> в размер 3										Задать вопрос технической поддержке										
Позиция 1 (переход 1)										Позиция 1 (переход 2)										
OK																				

				Разработал		Козлова																							
				Проверил		Левашкин																							
Кафедра ОТМП				Утв.		Логинов																							
				Н. Кантв.		Левашкин																							
Корпус приспособления для изготовления петли										НПП	Поз	Наимен. тех. оснастки	Код абзв. тех. оснастки	Кол	S, мм/об	V, м/мин													
Материал		Твердость		МЗ	МД	СОЖ																							
СЧ 12-28 ГОСТ 1412-89		НВ 200±30		14,5	11	Эмulsion 4-5% Уксусная 1М																							
Наименование оборудования					Код абзв. оборудования																								
6-ти позиционный агрегатный станок					381884																								
Время расчетное							Обозначение																						
То	Тв	Тдоп	Тсум	настройк и	39465.XX XX	1																							
			0,24		0,49																								
Позиция II: переход 3: фрезеровать руб. 3. в размер 3 Позиция III: переход 1: сверлить отверстие в размер 25; Переход 2: сверлить отверстие в размер 26																													
Позиция II (переход 3) 										Позиция III переход 1 Задать вопрос технической поддержке 										переход 2 									
OK																													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

						Разработал	Козлова						
						Проверил	Левашкин						
Кафедра ТМ						Утв.	Лагина						
						Н. Контр.	Левашкин						
Карус приспособления для изготовления петли						НП/П	Поз	Наимен. тех. оснастки	Код. обозн. тех. оснастки	Кол	S, мм/об	V, м/мин	
Материал		Твердость	МЗ	МД	СОЖ			Комбинированные расточные опрабки		2	440	144	
								Прибор для размерной настройки		1			
СЧ 12-28 ГОСТ 14.12-89		НВ 200±30	14,5	11	Эмульсия 4-5% Укринал 1М			Специальное зажимное приспособление	39465.XXXXX	1			
Наименование оборудования						Код. обозн. оборудования							
Двухшпиндельный горизонтально-расточной станокмод 26202ВФ1						381884							
Время расчетное						Обозначение							
Ta	Tв	Tв.пр.	Tсум.	кол. дет. за цикл	Tшт	Произв.							
			0,27		0,49								
<input type="button" value="Задать вопрос технической поддержке"/>													
Растачивать под. 17, 20 в размер 3, 4, 5, 6													
													
OK													

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Формат Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	
						№ док
Лист №			<i>Документация</i>			
				<i>Детали</i>		
		1		<i>Плита установочная</i>	1	
		2		<i>Шпилька специальная</i>	2	
		3		<i>Палец установочный</i>	1	
		4		<i>Шток гидроцилиндра</i>	2	
		5		<i>Втулка направляющая</i>	2	
		6		<i>Крышка верхняя</i>	2	
		7		<i>Крышка</i>	2	
		8		<i>Втулка специальная</i>	2	
		9		<i>Гильза</i>	2	
		10		<i>Цилиндр</i>	2	
		11		<i>Поршень</i>	2	
	12		<i>Штифт специальный</i>	2		
	13		Задать вопрос технической поддержке			
	14		<i>Планка одноопорная</i>	2		
			<i>Стандартные изделия</i>			
	4		<i>Прижимо</i>	6		
Лист №	Изм	Лист	№ док	Подп	Дата	
	Резерв	Козлова				
	Проб	Левашкин				
	Исполн	Левашкин				
Чтв	Лазина					
<i>Приспособление станочное</i>			Лист 1	Лист 1	Лист таб 2	
<i>ТГУ</i>						

Коршова

Формат А4

