

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 корпуса подшипникового узла

Обучающийся	<u>А.Ю. Коновалов</u> (Инициалы Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____	
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____	
	<u>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____	

Тольятти 2022

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления корпуса подшипникового узла.

Автор: Коновалов Александр Юрьевич.

В данной выпускной работе разрабатывается техпроцесс изготовления корпуса подшипникового узла. Корпус подшипника предназначен для того, чтобы в него устанавливать роликовый подшипник. Далее в собранном виде этот сборочный элемент устанавливается в опору сверлильного станка. Также корпус подшипника необходим для настройки и регулировки подшипника.

Первым этапом работы были проанализированы исходные данные, в которые входят конструкция детали, ее назначение и материал, из которого изготовлен корпус. В итоге был сделан вывод о соответствии материала корпуса подшипника необходимым требованиям для выполнения своего назначения. Также в этом разделе был проведен анализ технологичности конструкции и сделаны соответствующие выводы о достаточной технологичности.

На втором этапе проведен выбор типа машиностроительного производства, где принят среднесерийный тип производства. После этого проведен расчет двух самых подходящих способов изготовления заготовки.

На третьем этапе спроектировано приспособление для токарной операции техпроцесса, которое является автоматическим, то есть при внедрении этого приспособления снижается процент ручного труда на операции.

Четвертым этапом в работе спроектирована торцовая фреза для выполнения четырех паза в конструкции корпуса подшипника.

Работа содержит раздел безопасности и экологичности, а также расчет экономической эффективности.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Назначение и условия работы детали.....	6
1.2 Классификация поверхностей детали.....	7
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	8
2 Технологическая часть.....	10
2.1 Определение типа производства.....	10
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	11
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	11
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	13
2.5 Расчёт припусков.....	14
2.6 Определение режимов обработки.....	17
3 Проектирование приспособления.....	24
3.1 Анализ конструкции базового приспособления.....	24
3.2 Определение сил резания.....	25
3.3 Определение усилия зажима.....	26
3.4 Определение усилия привода.....	27
4 Проектирование режущего инструмента.....	29
4.1 Анализ исходных данных.....	29
4.2 Проектирование фрезы.....	31
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
6 Экономическая эффективность работы.....	37
Заключение.....	42
Список используемой литературы.....	43
Приложение А. Технологическая документация.....	46

Введение

Одной из главных отраслей в машиностроении является станкостроение, которое занимается разработкой и созданием оборудования по обработке различного рода сырья с целью уменьшения или исключения ручного труда рабочих. Станкостроение выполняет производство металлорежущих станков и промышленных роботов, кузнечного и прессового оборудования и так далее. От качества изготовления всего ряда перечисленного оборудования зависит и качество изготавливаемой на нем продукции. В связи с этим появился термин «точное машиностроение», которое выделяют из всей отрасли по увеличенной инновационной составляющей в производстве, что отражается на научно-технологическом развитии всей промышленности мира. К точному машиностроению относят также приборостроение, электронную и радиотехническую промышленности.

Во многих металлообрабатывающих станках главным движением является вращение. В некоторых станках это вращение придается заготовке, а в других – инструменту. В частности в сверлильных станках вращательное движение получает металлорежущий инструмент, закрепленный в приспособлении.

Как известно опорой в узлах с валами, выполняющими вращательное движение, являются подшипники. От качества изготовления подшипниковых узлов зависит точность вращения валов и соответственно точность изготавливаемых на станке изделий.

Целью данной работы является разработка техпроцесса изготовления корпуса подшипникового узла заданного качества, с наименьшей себестоимостью на производство, согласно заданной годовой программы выпуска деталей.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение и условия работы детали

Корпус подшипника предназначен для того, чтобы в него устанавливать роликовый подшипник. Далее в собранном виде этот сборочный элемент устанавливается в опору сверлильного станка. Также корпус подшипника необходим для настройки и регулировки подшипника.

«Практика показывает, что в тех случаях, когда подшипник правильно смонтирован в узле, хорошо защищен от вредного влияния внешней среды, не подвергается воздействию внешней температуры, он, как правило, выходит из строя вследствие усталостного разрушения тем качения или колец. Признаками начала процесса усталостного выкрашивания деталей подшипника является повышение шумности, потеря точности вращения вала, возникновение вибрации. Известно, что чем выше переменные контактные напряжения, возникающие на поверхности тел качения, тем раньше начинается процесс их усталостного разрушения. Для уменьшения контактных напряжений ограничивают нагрузку на подшипники, добиваются повышения точности их изготовления, устраняют радиальные зазоры, вызывающие повышенную неравномерность распределения нагрузки по телам качения». [15]

В сегодняшнее время подшипники не рассчитывают в прямом понимании этого слова, а подбирают из числа стандартных, пользуясь стандартными же методиками, разработанные для случаев вращающихся (ГОСТ 18855-73 [7]) и невращающихся (ГОСТ 18854-73 [6]) подшипников. В первом случае расчет ведут по динамической грузоподъемности (из условия отсутствия усталостных повреждений в течение расчетного срока службы), а во втором – по статической грузоподъемности (из условия предупреждения пластической деформации).

1.2 Классификация поверхностей детали

Проклассифицируем все поверхности детали. Нумерация поверхностей представлена на рисунке 1.

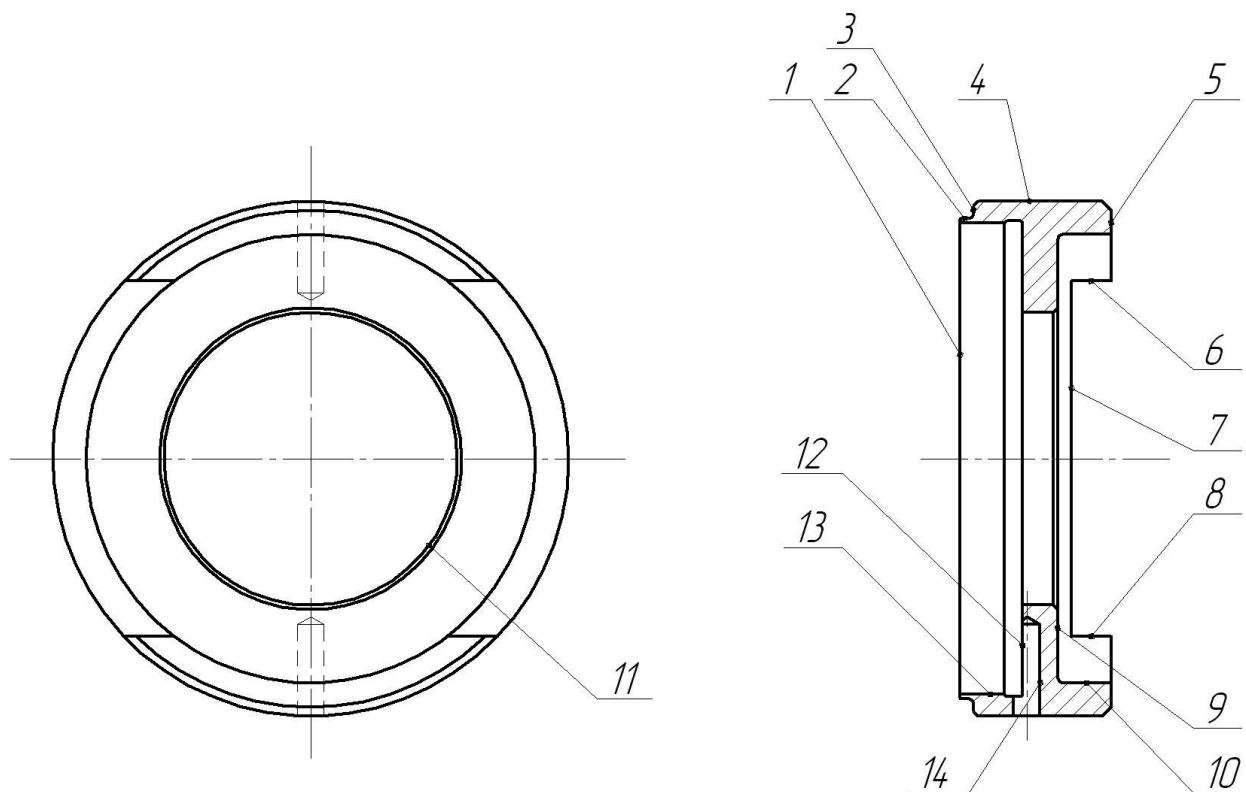


Рисунок 1 - Систематизация поверхностей

Исполнительными поверхностями корпуса подшипника являются внутренняя цилиндрическая поверхность и внутренняя торцовая поверхность, по которым будет при сборке базироваться подшипник.

Основными конструкторскими базами корпуса подшипника являются наружная цилиндрическая 2 и торцовая 3 поверхности.

Вспомогательными конструкторскими базами корпуса подшипника являются две плоские поверхности 8 для угловой настройки и поворота.

Остальные поверхности – свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом корпуса подшипника является конструкционная сталь 40X13 ГОСТ 4543-2016 [8].

Физико-механические свойства стали 40X13 представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 40X13

σ_B , МПа	Ψ , %	σ_T , МПа	δ_5 , %	НВ
1710	32	1450	11	217

«Машиностроительные стали общего назначения, из которой изготовлена деталь, применяют для изготовления самых разнообразных деталей машин и механизмов (валы, оси, шестерни и др.) в машиностроении. Однако снижение веса машин, повышение их надежности достигается главным образом за счет применения легированных конструкционных сталей общего назначения, которые обладают не только более высокими механическими свойствами, чем углеродистые, но и имеют лучшие технологические свойства. При легировании конструкционных сталей общего назначения учитывается, что легирующие элементы увеличивают прокаливаемость стали, повышают устойчивость против отпуска, измельчают зерно, упрочняют феррит». [2]

«Различают две группы конструкционных легированных машиностроительных сталей: цементируемые и улучшаемые. К цементируемым сталям относятся углеродистые и легированные стали, содержащие 0,1-0,25% С». [2]

«По прокаливаемости стали делят на стали средней, повышенной и высокой прокаливаемости. Стали средней прокаливаемости имеют прокаливаемость в деталях диаметром до 25-35 мм. Стали повышенной прокаливаемости имеют прокаливаемость в деталях диаметром до 50-75 мм. Стали высокой прокаливаемости имеют прокаливаемость на глубину более

75 мм. Наиболее распространение получили стали 40ХГНМ, 25ХНВА, 33ХНЗМ, 38ХНЗМА. Благодаря наличию Mo и W снижена склонность к отпускной хрупкости. Применяются для изготовления роторов турбин, шестерен, валов. К дефектам легированных сталей металлургического характера относятся дендридная ликвация; флокены (мелкие внутренние трещины), образующие при быстром охлаждении ниже 200°С, так как не успевает выделиться водород; отпускная хрупкость». [2]

«Важное значение для дальнейшего технического прогресса имеют разработка и применение новых технологических процессов. Все шире внедряются новые методы сварки (плазменная, электронно-лучевая, лазерная и др.), новые методы получения точных отливок, прогрессивные методы штамповки и прокатки, механизация и автоматизация технологических процессов. Поистине революционные возможности открывают создание и внедрение миниатюрных управляющих машин, промышленных роботов на основе использования наноматериалов. Непрерывно увеличивается выпуск обрабатывающих центров металлорежущих станков с ЧПУ. Успешно внедряются аддитивные технологии изготовления различных деталей и конструкций». [2]

Таким образом, материал корпуса подшипника является конструкционной легированной сталью общемашиностроительного назначения высокой прокаливаемости, свойства которой описаны выше.

2 Технологическая часть

2.1 Определение типа производства

«В зависимости от размера производственной программы, характера продукции, а также технических и экономических условий осуществления производственного процесса все разнообразные производства условно делятся на три основных вида: единичное, серийное и массовое. У каждого из видов производственный и технологический процессы имеют свои характерные особенности и каждому из них свойственна определенная форма организации работы. Производство можно отнести к тому или другому типу условно, по количеству обрабатываемых в год деталей одного наименования и типоразмера». [20]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса детали $m=0,091$ кг и программа выпуска в $N=10\ 000$ деталей в год. Исходя из этих параметров [20], принимаем среднесерийный тип производства.

«Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями (сериями) и сравнительно большим объемом выпуска. Объем выпуска предприятия серийного производства колеблется от десятков и сотен до тысяч регулярно повторяющихся изделий. В зависимости от количества изделий в партии различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство. Однако такое деление является условным, так как производство изделий различных размеров, сложности и трудоемкости и при одном и том же количестве в партии может быть отнесено к разным видам серийности». [17]

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«В серийном производстве технологический процесс дифференцирован. Отдельные операции закреплены за отдельными станками. Используются универсальные, специализированные, специальные, автоматизированные и агрегатные станки. По окончании изготовления одной серии деталей станки переналаживаются на изготовление другой серии. Серийное производство экономичнее единичного, так как лучше используется технологическое оборудование, выше специализация рабочего, ниже себестоимость продукции». [22]

Этим будем руководствоваться при проектировании технологического процесса изготовления корпуса подшипника.

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Процессы получения деформируемых заготовок независимо от их формы, габаритов и массы должны быть неподвижными, высокопроизводительными, нетрудоёмкими и обеспечивать снижение себестоимости, повышение качества и точности готово продукции. Для изготовления поковок или штамповок нередко достаточен только один способ, например ковка или горячая объемная штамповка на прессах. Но иногда необходимо применять несколько способов в определенном сочетании одного с другим, например ковка и горячая объемная штамповка на молоте или ковка в ковочных вальцах и горячая объемная штамповка на горизонтально-ковочных машинах. Такие технологические процессы называют комбинированными». [11]

«Для мелкосерийного и единичного производства наиболее экономичная ковка, при крупносерийном и серийном производстве единственно целесообразным способом является штамповка, иногда, в

отдельных случаях, организация автоматических линий с использованием специализированного оборудования». [11]

Проведем сравнительный расчет двух методов получения заготовки – это штамповка и прокат.

При штамповке масса заготовки будет равна 0,25 кг, а при прокате 0,31 кг.

Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке [12].

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (1)$$

где $C_c = 0,505$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,115$. [12]

Тогда

$$C_{\text{мех}} = 0,505 + 0,15 \cdot 1,115 = 0,6723 \text{ руб/кг.}$$

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой. [12]

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{ум}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n, \quad (2)$$

где $C_{\text{ум}} = 0,315$; $k_m = 0,9$; $k_c = 0,84$; $k_g = 1,14$; $k_m = 1,0$; $k_n = 1,0$. [12]

Тогда

$$C_{\text{заг}} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [2].

$$C_{\text{ми}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{ум}} + C_{\text{мех}} (Q_{\text{ум}} - q) - C_{\text{отх}} (Q_{\text{ум}} - q), \quad (3)$$

где $Q_{\text{ум}} = 0,25$; $q = 0,091$ кг - массы заготовки и детали;

$$C_{\text{отх}} = 0,0250 \text{ руб/кг. [12]}$$

Тогда

$$C_{\text{ми}} = 0,5430 \cdot 0,25 + 0,6723(0,25 - 0,091) - (0,25 - 0,091)0,0250 = 0,2387 \text{ руб.}$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [12].

$$C_{mn} = C_{заг} \cdot Q_{np} + C_{мех} (Q_{np} - q) - C_{отх} (Q_{np} - q), \quad (4)$$

где $Q_{np} = 0,312$; $q = 0,091$ кг;

$$C_{отх} = 0,025 \text{ руб/кг. [12]}$$

Тогда

$$C_{mn} = 0,5430 \cdot 0,312 + 0,6723(0,312 - 0,091) - 0,025(0,312 - 0,091) = 0,3125 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

Рассчитаем коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_3}. \quad (5)$$

$$K_{им} = \frac{0,091}{0,25} = 0,36.$$

Заготовка представлена в графической части работы.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

«Последовательность проектирования операционной технологии состоит из следующих этапов: численное формирование состава переходов и операций; определение структуры операций; расчет или определение по нормативным таблицам припусков и предельных размеров; расчет или выбор по нормативным таблицам режимов обработки; выбор оборудования, инструментов, оснастки и средств контроля; выбор средств механизации и автоматизации технологических процессов; расчет погрешности технологического процесса, в том числе погрешностей

базирования; техническое нормирование операций; разработка управляющих программ; оформление документации». [13]

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхностей 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 и их шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение.

Согласно необходимой точности (IT 9) поверхностей 6, 8 и их шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: фрезерование.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхности 7 и ее шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: фрезерование.

Согласно необходимой точности (IT 14) поверхности 9 и ее шероховатости (Ra 3,2) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение.

Согласно необходимой точности (IT 7) поверхностей 11, 13 и их шероховатости (Ra 0,8) примем следующие методы обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Согласно необходимой точности (IT 12) поверхности 14 и ее шероховатости (Ra 6,3) примем следующие методы обработки этих поверхностей: сверление.

2.5 Расчет припусков

«Припуски на механическую обработку определяются нормативно-аналитическим и опытно-статистическим методами. Расчет припусков и назначение их по таблицам следует производить после отработки конструкции детали и заготовки на технологичность и технико-экономического обоснования метода изготовления заготовки. Для определения заготовки припуск определяется для наиболее точных

поверхностей заготовки, расположенных по двум-трем координатам. При этом эта расчетная поверхность должна выполняться при изготовлении заготовки». [22]

Определим припуски на обработку поверхности 10 с параметрами $\varnothing 33H8(^{+0,025})$ мм, $L = 3,5$ мм, $Ra = 0,8$ мкм расчетно-аналитическим методом.

Найдем суммарную величину для каждого перехода

$$\langle a = R_z + h_o \rangle. [1] \quad (6)$$

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей

$$\langle \Delta = 0,25 \cdot TD \rangle. [1] \quad (7)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,2 = 0,300.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,25 = 0,063.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,006.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$\langle Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} \rangle. [1] \quad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,300^2 + 0,025^2} = 0,701.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{TO})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,010^2 + 0^2} = 0,060.$$

$$\langle\langle Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(TD_{i-1} + TD_i) \rangle\rangle. [1] \quad (9)$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(TD_0 + TD_1) = 0,751 + 0,5(1,2 + 0,250) = 1,426.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(TD_1 + TD_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(TD_{TO} + TD_3) = 0,125 + 0,5(0,100 + 0,039) = 0,195.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(TD_3 + TD_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,025) = 0,092.$$

Рассчитаем значения размеров на каждом переходе (мм)

$$D_{4\min} = 33,000.$$

$$D_{4\max} = 33,025.$$

$$D_{3\min} = D_{4\max} - 2 \cdot Z_{4\min} = 33,000 - 2 \cdot 0,060 = 32,880.$$

$$D_{3\max} = D_{3\min} - TD_3 = 32,880 - 0,039 = 32,841.$$

$$D_{TO\min} = D_{3\max} - 2 \cdot Z_{3\min} = 32,841 - 2 \cdot 0,125 = 32,591.$$

$$D_{TO\max} = D_{TO\min} - TD_{TO} = 32,591 - 0,100 = 32,491.$$

$$D_{2\min} = D_{TO\max} \cdot 0,999 = 32,491 \cdot 0,999 = 32,459.$$

$$D_{2\max} = D_{2\min} - TD_2 = 32,459 - 0,062 = 32,397.$$

$$D_{1\min} = D_{2\max} - 2 \cdot Z_{2\min} = 32,397 - 2 \cdot 0,263 = 31,871.$$

$$D_{1\max} = D_{1\min} - TD_1 = 31,871 - 0,250 = 31,621.$$

$$D_{0\min} = D_{1\max} - 2 \cdot Z_{1\min} = 31,621 - 2 \cdot 0,701 = 30,219.$$

$$D_{0\max} = D_{0\min} - TD_0 = 30,219 - 1,200 = 29,019.$$

Найдем средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$\langle\langle D_{cpi} = 0,5(D_{i\max} + D_{i\min}) \rangle\rangle. [1] \quad (10)$$

$$D_{cp0} = 0,5(D_{0\max} + D_{0\min}) = 0,5(30,219 + 29,019) = 29,619.$$

$$D_{cp1} = 0,5(D_{1\max} + D_{1\min}) = 0,5(31,871 + 31,621) = 31,746.$$

$$D_{cp2} = 0,5(D_{2\max} + D_{2\min}) = 0,5(32,459 + 32,397) = 32,428.$$

$$D_{cpTO} = 0,5(D_{TO\max} + D_{TO\min}) = 0,5(32,591 + 32,491) = 32,541.$$

$$D_{cp3} = 0,5(D_{3\max} + D_{3\min}) = 0,5(32,880 + 32,841) = 32,861.$$

$$D_{cp4} = 0,5(D_{4\max} + D_{4\min}) = 0,5(33,025 + 33,000) = 33,013.$$

Найдем общий припуск на обработку (мм)

$$\ll 2Z_{\min} = D_{4\min} - D_{0\max} \gg. [1] \quad (11)$$

$$2Z_{\min} = 33,000 - 30,219 = 2,781.$$

$$\ll 2Z_{\max} = 2Z_{\min} + TD_0 + TD_4 \gg. [1] \quad (12)$$

$$2Z_{\max} = 2,781 + 1,200 + 0,025 = 4,006.$$

$$\ll 2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) \gg. [1] \quad (13)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2,781 + 4,006) = 3,394.$$

Исходя из рассчитанных припусков, спроектируем заготовку для изготовления втулки.

2.6 Определение режимов обработки

«Исходными данными для расчета режимов резания являются: наименование и марка материала обрабатываемой заготовки; а также его физико-механические свойства; размеры (допуски, погрешности формы

детали, относительное положение поверхностей) и геометрическая форма обрабатываемой заготовки; технические требования на изготовление детали; материала, типоразмер и геометрические параметры режущей части инструмента; паспортные характеристики выбранного оборудования». [21]

«Точение и растачивание деталей из сталей и сплавов рекомендуется производить резцом с пластинками твердых сплавов. Резцы из быстрорежущей стали, в большинстве случаев марки P6M5 и P9K5, применяют при обработке прерывистых поверхностей, поверхностей сложного профиля, а также при нарезании специальных резьб». [21]

2.6.1 Определение режимов обработки на операцию 010.

Переход 1.

Примем глубину резания и подачу $t = 2,0; S = 0,3$. [19]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (14)$$

где $K_1 = 0,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180$ м/мин. [19]

$$V = 180 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 90 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (15)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 58,6} = 489,1 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (16)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 58,6 \cdot 400}{1000} = 73,6 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (17)$$

$$S = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (18)$$

$$T_0 = \frac{20}{120} = 0,17 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Примем глубину резания и подачу $t = 2,0; S = 0,3$. [19]

Скорость резания рассчитаем по формуле (14)

$$K_1 = 0,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180 \text{ м/мин. [19]}$$

$$V = 180 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 90 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения рассчитаем по формуле (15)

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 52,2} = 549,1 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (16)

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52,2 \cdot 500}{1000} = 82,0 \text{ м/мин.}$$

Минутную подачу рассчитаем по формуле (17)

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время рассчитаем по формуле (18)

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{18}{150} = 0,12 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{oi} = 0,17 + 0,12 = 0,29$$

2.6.2 Определение режимов обработки на токарную операцию 020.

Переход 1.

Примем глубину резания и подачу $t = 0,5; S = 0,2$. [19]

Скорость резания рассчитаем по формуле (14)

$$K_1 = 0,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180 \text{ м/мин. [19]}$$

$$V = 180 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 90 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения рассчитаем по формуле (15)

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 53,6} = 534,7 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_\phi = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (16)

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 53,6 \cdot 500}{1000} = 84,2 \text{ м/мин.}$$

Минутную подачу рассчитаем по формуле (17)

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ мм/мин.}$$

Основное время рассчитаем по формуле (18)

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{100} = 0,02 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Примем глубину резания и подачу $t = 0,3; S = 0,2$. [19]

Скорость резания рассчитаем по формуле (14)

$$K_1 = 0,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180 \text{ м/мин. [19]}$$

$$V = 180 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 90 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения рассчитаем по формуле (15)

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 58} = 494,2 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (16)

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 58 \cdot 400}{1000} = 72,8 \text{ м/мин.}$$

Минутную подачу рассчитаем по формуле (17)

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 400 = 80 \text{ мм/мин.}$$

Основное время рассчитаем по формуле (18)

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{21}{80} = 0,26 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Примем глубину резания и подачу $t = 0,3; S = 0,2$. [19]

Скорость резания рассчитаем по формуле (14)

$$K_1 = 0,5; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180 \text{ м/мин. [19]}$$

$$V = 180 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 90 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения рассчитаем по формуле (15)

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 52,8} = 542,8 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (16)

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52,8 \cdot 500}{1000} = 82,9 \text{ м/мин.}$$

Минутную подачу рассчитаем по формуле (17)

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ мм/мин.}$$

Основное время рассчитаем по формуле (18)

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{18}{100} = 0,18 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{oi} = 0,02 + 0,26 + 0,18 = 0,46, \text{ мин.}$$

2.6.3 Определение режимов обработки на фрезерную операцию 025.

«Процесс фрезерования отличается от других процессов резания тем, что каждый зуб фрезы за один ее оборот находится в работе относительно малый промежуток времени. Большую часть оборота зуб фрезы проходит, не производя резания. Это благоприятно сказывается на стойкости фрез. Другой отличительной особенностью процесса фрезерования является то, что каждый зуб фрезы срезает стружку переменной толщины». [10]

«Глубиной резания t является толщина слоя металла, срезаемого за один ход. При фрезеровании глубина резания соответствует расстоянию между обрабатываемой и обработанной поверхностями и измеряется при цилиндрическом фрезеровании в направлении, перпендикулярном оси вращения фрезы, при торцовом – в параллельном». [10]

Примем глубину резания и подачу $t = 2,25; S_z = 0,025$. [19]

Рассчитаем подачу на оборот шпинделя

$$S_0 = S_z \cdot z. \quad (19)$$

где $z = 4$.

$$S_0 = 0,025 \cdot 4 = 0,10, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y}, \quad (20)$$

где $D = 40; t = 2,25; C_v = 7,0; K_v = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30$. [19]

$$V = \frac{7,0 \cdot 40^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 2,25^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,0 = 77,7, \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения рассчитаем по формуле (15)

$$n = \frac{1000 \cdot 77,7}{3,14 \cdot 40} = 618,6, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

Уточним скорость резания по формуле (16)

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 630}{1000} = 79,1, \text{ м/мин.}$$

Минутную подачу рассчитаем по формуле (17)

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 630 = 63, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{n_{отв} \cdot L_{px}}{S}, \quad (21)$$

где $n_{отв} = 1; L_{px} = 58$.

$$T_0 = \frac{1 \cdot 58 \cdot 2}{63} = 1,84, \text{ мин.}$$

Рассчитанные режимы обработки внесем в технологическую документацию (Приложение А) и в карты технологических наладок, представленные в графической части работы.

В результате выполненного раздела мы имеем спроектированный технологический процесс изготовления корпуса подшипникового узла, который представлен в графической части работы.

3 Проектирование приспособления

3.1 Анализ конструкции базового приспособления

«Станочные приспособления – средства производства, предназначенные для установки и закрепления заготовок и инструмента при обработке на металлорежущих станках. В первую группу входят станочные приспособления, используемые для установки и закрепления заготовок на станках. Это самое крупное объединение, в состав которого входят до 80% всех приспособлений, осуществляющие связь заготовки со станком. В зависимости от вида механической обработки, приспособления классифицируются по технологическому и конструктивным признакам: токарные, сверлильные, расточные, фрезерные, шлифовальные, многоцелевые и другие». [16]

«Применение быстродействующих и автоматизированных приспособлений совместно с транспортирующими устройствами является одним из эффективных направлений современного машиностроения в поточном, поточно-автоматизированном и автоматизированном производстве. Их использование особенно эффективно при разработке автоматических линий механической обработки и сборки, а также при создании гибких производственных модулей, участков и цехов». [16]

Правила конструирования приспособлений для различных видов механической обработки одинаковы. Однако у каждого вида приспособлений существуют дополнительные требования, учитывающие особенности работы. При проектировании токарных приспособлений для точной установки заготовок по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям рекомендуется применять патроны различных конструкций». [16]

На токарной операции 020 заготовка базируется по наружной цилиндрической поверхности. Обработке подвергаются внутренние и наружные поверхности. Схема операции представлена на рисунке 2.

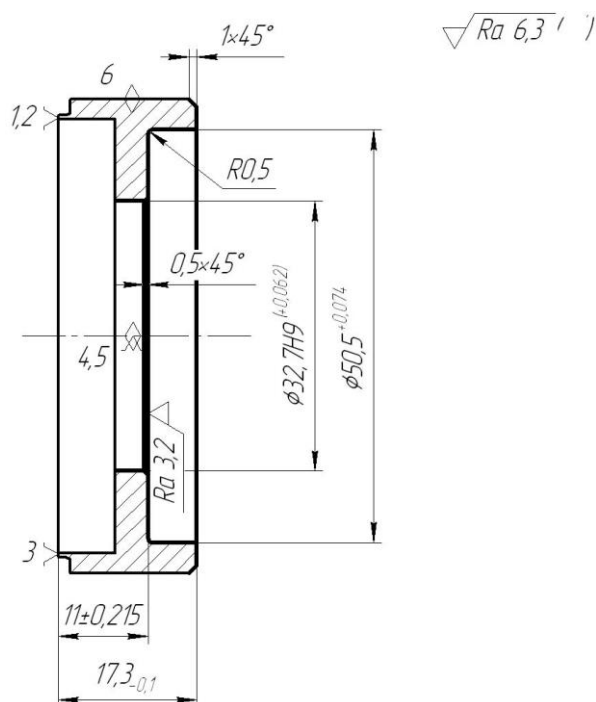


Рисунок 2 - Схема операции 020

Далее определим силы резания, действующие на заготовку при обработке.

3.2 Определение сил резания

«При расчете требуемой силы закрепления первоочередной задачей является выявление всех действующих на заготовку сил, их изменение как по величине, так и по направлению и месту приложения в каждый момент времени. Только в таком случае появляется возможность определить максимальную силу закрепления заготовки и избежать нарушения контакта ее с установочными элементами или смещения. Для большинства случаев основной силой, по которой рассчитывают силу закрепления, является сила резания. Сила резания как вектор может менять как величину, так и направление». [23]

В процессе обработки на токарном станке на заготовку действуют силы резания. Определим их.

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (22)$$

где для P_Y : $C_p = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$; [23]

для P_Z : $C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$. [23]

$$K_{P_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{np_z} \cdot K_{np_z}. \quad (23)$$

$$K_{P_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{np_z} \cdot K_{np_z} = 1,855 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 1,886$$

$$K_{P_y} = K_{mp} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{np_y} \cdot K_{np_y} = 1,855 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 2,560$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 79,3^{-0,15} \cdot 1,886 = 263,4, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 79,3^{-0,3} \cdot 2,560 = 215,89, \text{ Н.}$$

От сил резания будет зависеть усилие зажима.

3.3 Определение усилия зажима

Определим крутящий момент.

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2}. \quad (24)$$

Рассчитаем момент силы зажима.

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}. \quad (25)$$

Тогда

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{263,4 \cdot 58,6}{2} = 7717,6, \text{ Н.}$$

Эти моменты должны быть взаимно уравновешены, поэтому

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}. \quad (26)$$

Для гарантии примем коэффициент запаса, который рассчитаем по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (27)$$

где $K_0 = 1,8; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,0$. [23]

Тогда $K = 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$.

Примем коэффициент трения $f = 0,3$. [23]

Тогда

$$W_z^1 = \frac{1,8 \cdot 263,4 \cdot 58,6}{0,3 \cdot 58,6} = 1580,4, \text{ Н.}$$

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3 \ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)}. \quad (28)$$

$$\text{Тогда } W_1 = \frac{1580,4}{1 - \left(\frac{3 \cdot 12,5}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1859,3 \text{ Н.}$$

Рассчитав необходимое зажимное усилие, перейдем к расчету непосредственно привода приспособления.

3.4 Определение усилия привода

«Приспособление экономически эффективно, если годовая экономия, получаемая от его применения, больше годовых затрат на эксплуатацию. Для оценки и выбора соответствующей конструкции на практике обычно сопоставляют экономичность различных конструктивных вариантов приспособлений для данной операции. Полагая, что расходы на амортизацию станка, режущий инструмент и электроэнергию при использовании различных вариантов остаются неизменными, определяют и сопоставляют лишь те элементы себестоимости операции, которые зависят от конструкции приспособления». [16]

Рассчитаем усилие привода, которое усиливается механизмом зажима и прикладывается к зажимному кулачку

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \quad (29)$$

Рассчитаем величину характеристики конструкции

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1} \quad (30)$$

$$i_{c.кн.} = \frac{1}{\operatorname{tg}(20^\circ + 6^\circ) + \operatorname{tg} 6^\circ} = 1,9.$$

Тогда по формуле (29) получим

$$Q = \frac{1859,3}{1,9} = 978,6, \text{ Н.}$$

В результате выполненного раздела мы имеем чертеж спроектированного приспособления, автоматизированного пневматическим приводом, который представлен в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

«Основным режущим элементом любого инструмента является режущий клин – лезвие. Его твердость и прочность должны существенно превосходить твердость и прочность обрабатываемого материала, обеспечивая его режущие свойства. К инструменту прикладывается усилие резания, равное силе сопротивления материала резанию, и сообщается перемещение относительно заготовки со скоростью V . Под действием приложенного усилия режущий клин врезается в заготовку и, разрушая обрабатываемый материал, срезает с поверхности заготовки стружку». [9]

4.1 Анализ исходных данных

На фрезерной операции 025 в заготовке выполняется паз. Эскиз операции представлен на рисунке 3.

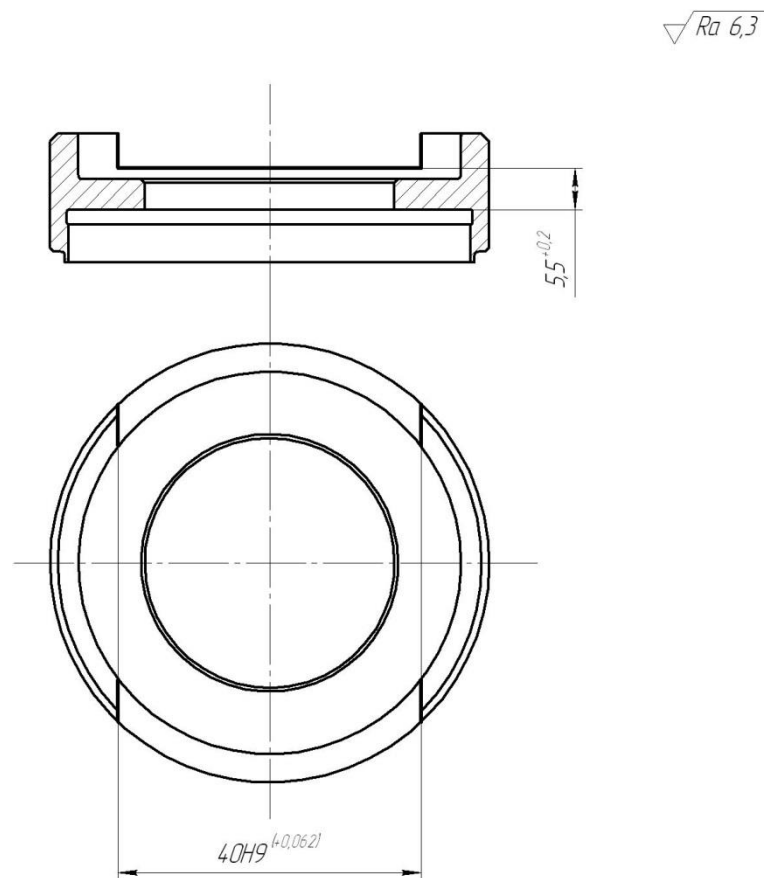


Рисунок 3 – Эскиз фрезерной операции 025

Задача этого раздела спроектировать торцовую фрезу для обработки паза.

«Торцовые фрезы предназначены для обработки плоскостей на вертикально- или горизонтально-фрезерных станках. Торцовые фрезы, в отличие от цилиндрических, имеют зубья, расположенные на цилиндрической поверхности в торце. Торцовые фрезы делятся на насадные (ГОСТ 9304-69) с мелкими зубьями, с крупными зубьями и насадные со вставными ножами по ГОСТ 1092-69». [9]

Преимущества торцовых фрез: крепление этих инструментов на шпинделе или на оправке имеет большую жесткость; в результате большого количества режущих зубьев у таких фрез обработка происходит с большей плавностью; В результате отсутствия участка скольжения зуба в конструкции такие фрезы имеют большую стойкость.

«Торцовые фрезы (рисунок 4), как и цилиндрические, делятся на праворежущие и леворежущие. Праворежущими называют такие фрезы, которые при работе должны вращаться по часовой стрелке, а леворежущие – против часовой стрелки, если смотреть на фрезу сверху». [9]



Рисунок 4 – Торцовые хвостовые фрезы

«Фрезерование плоскостей торцовыми твердосплавными фрезами является более производительным, чем фрезерование цилиндрическими фрезами. В последнее время большое распространение получили торцовые фрезы с неперетачиваемыми твердосплавными пластинками». [9]

4.2 Проектирование фрезы

«Торцовые режущие кромки у фрезы являются вспомогательными. Главную работу резания выполняют боковые режущие кромки, расположенные на наружной поверхности. Так как на каждом зубе только вершинные зоны режущих кромок являются профилирующими, формы режущих кромок торцовой фрезы, предназначенной для обработки плоской поверхности, могут быть самыми разнообразными. В практике находят применение торцовые фрезы с режущими кромками в форме ломаной линии либо окружности. Причем углы в плане φ на торцовых фрезах могут меняться в широких пределах. Наиболее часто угол в плане φ на торцовых фрезах принимается равным 90° или $45-60^\circ$. С точки зрения стойкости фрезы его целесообразно выбирать наименьшей величины, которая обеспечивает достаточную виброустойчивость процесса резания и заданную точность обработки детали. Торцовые фрезы обеспечивают плавную работу даже при небольшой величине припуска, так как угол контакта с заготовкой у торцевых фрез не зависит от величины припуска и определяется шириной фрезерования и диаметром фрезы». [10]

В конструкции фрезы применим режущие неперетачиваемые пластины, которые будут опираться на опорные пластины. В таком случае эффективность фрезы будет выше за счет неизменности ориентирования режущих пластин относительно обрабатываемой заготовки.

Передний угол γ измеряется в плоскости схода стружки, условно принимаемой в направлении, нормальном к главной режущей кромке и

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе содержится анализ безопасности и экологичности технологического процесса изготовления корпуса подшипникового узла.

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 2 содержит характеристики выбранных операций.

Таблица 2 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [4]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [4]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [4]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [4]	«Материалы вещества» [4]
Изготовление корпуса	Фрезерная	Оператор станка с ЧПУ	Фреза диаметр 40, z=4 T15K6 ГОСТ 26595-85 2223-0015 Приспособление специальное с призмами	сталь 40X13
	Токарная		Резец контурный правый T15K6 ГОСТ 18878-73 Резец расточный T15K6 ГОСТ 185872-73 Патрон токарный трехкулачковый, оснащенный пневмоприводом	

Далее выполним идентификацию профессиональных рисков.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблицу 3 сведены данные о появляющихся при исполнении операций технологического процесса воспроизведения профессиональных рисках.

Таблица 3 - Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция» [4]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [4]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [4]
Фрезерная Токарная	Химическое отравление, поражение электрическим током при неправильной эксплуатации оборудования, шум, вибрации, загрязнение воздуха, стереотипные рабочие движения	СОЖ, оборудование, обрабатываемая заготовка, инструмент, станок

Вышеприведенные факторы угрожают безопасности исполнения операций технологического процесса изготовления корпуса подшипника. Необходимо предпринять меры по устранению влияния приведенных опасных факторов на работников.

5.3 Методы и технические средства снижения рисков

В данном подразделе содержится информация о методах и средствах подавления влияния опасных производственных факторов, приведенных в предыдущем подразделе, на исполнение операций технологического процесса изготовления корпуса подшипникового узла. Методы и средства приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и вредный производственный фактор» [4]	«Организационные методы, технические средства» [4]	«Средства защиты» [4]
вибрации	«Инструктажи по охране труда. Устройства и приспособления, гасящие вибрации» [18]	«Ботинки с амортизирующими подошвами» [5], «вибропоглощающие перчатки» [5]
«акустические колебания в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [4]	«Инструктажи по охране труда. Приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума до предельно допустимых значений» [18]	Противошумные вкладыши или наушники
Поражение электрическим током	«Инструктажи по охране труда. Заземление оборудования. Изоляция токоведущих частей. Системы аварийного отключения» [18]	резиновые напольные покрытия, Перчатки с полимерным покрытием, спецодежда
Химическое отравление (через дыхательные пути)	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
Загрязнение воздуха	Вентиляция Инструктажи по охране труда	спецодежда
стереотипные рабочие движения	Инструктажи по охране труда Соблюдение периодических перерывов	-
«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения» [4]	Инструктажи по охране труда устройства местного освещения	-

Далее рассмотрим вопрос пожарной безопасности.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Цель данного подраздела – обезопасить объекты производства от угрозы возникновения пожаров. Приведенные ниже таблицы 5-7 содержат информацию об источниках пожарной безопасности и предназначенных для устранения угрозы пожара средствах.

Таблица 5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок» [4]	«Оборудование» [4]	Класс пожара	«Опасные факторы при пожаре» [4]	«Сопутствующие факторы при пожаре» [4]
Производственный участок	6P13Ф3	Д	«Неисправность электрооборудования, возгорание промасленной ветоши, искры и пламя» [18]	«Взрывы, Изменение местоположения напряжения на токопроводящие элементы оборудования» [18]

Таблица 6 - Средства защиты и пожаротушения

«Первичные средства пожаротушения» [4]	«Мобильные средства пожаротушения» [4]	«Стационарные установки системы пожаротушения» [4]	«оборудование» [4]	«инструмент» [4]	«Средства индивидуальной защиты» [4]	«Пожарные сигнализация, связь, оповещение» [4]
Огнетушители, ящики с песком, ведра	Автомобили, передвижные огнетушители	Система пожаротушения автоматическая	Рукава, гидранты	Ведра, лопаты	Противогазы, спецодежда, пожарный щит	Звуковые автоматические оповещатели

Таблица 7 - Средства по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [4]	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [4]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [4]
Технологический процесс изготовления корпуса подшипникового узла	разработка и реализация приказов и распоряжений в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта, а также 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	пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения

Далее перейдем к рассмотрению вопроса экологической безопасности.

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Произведенный анализ выявил результаты, занесенные в таблицы 8 и 9.

Таблица 8 - Определение экологически опасных факторов объекта

«Технологический процесс» [4]	«Структурные элементы техпроцесса» [4]	Опасное воздействие на атмосферу	Опасное воздействие на гидросферу	Опасное воздействие на литосферу
Изготовление корпуса подшипникового узла	6Р13Ф3	Стружка, пыль, токсические испарения	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы	Стружка, пыль, технические жидкости, растворы, ветошь

Таблица 9 - Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Воздействие	Технологический процесс изготовления корпуса подшипникового узла
на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

Опираясь на полученные ранее анализы исходных данных, были произведены необходимые исследования, которые дали следующие результаты: были рассмотрены и проанализированы технологические операции, а именно – фрезерная и токарная, выявлены риски, которые могут появиться при исполнении операций технологического процесса изготовления корпуса подшипникового узла, и опасные факторы, приведены методы и средства для их снижения, перечислены источники угрозы возникновения пожара и средства для их устранения, были обнаружены экологически опасные факторы и приведены мероприятия для уменьшения их влияния на окружающую среду. Применяя в условиях действующего машиностроительного производства разработанные действия помогут сократить или снизить вредные воздействия, а также повысить экологическую ситуацию на участке механической обработки корпуса подшипникового узла.

6 Экономическая эффективность работы

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

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 6).

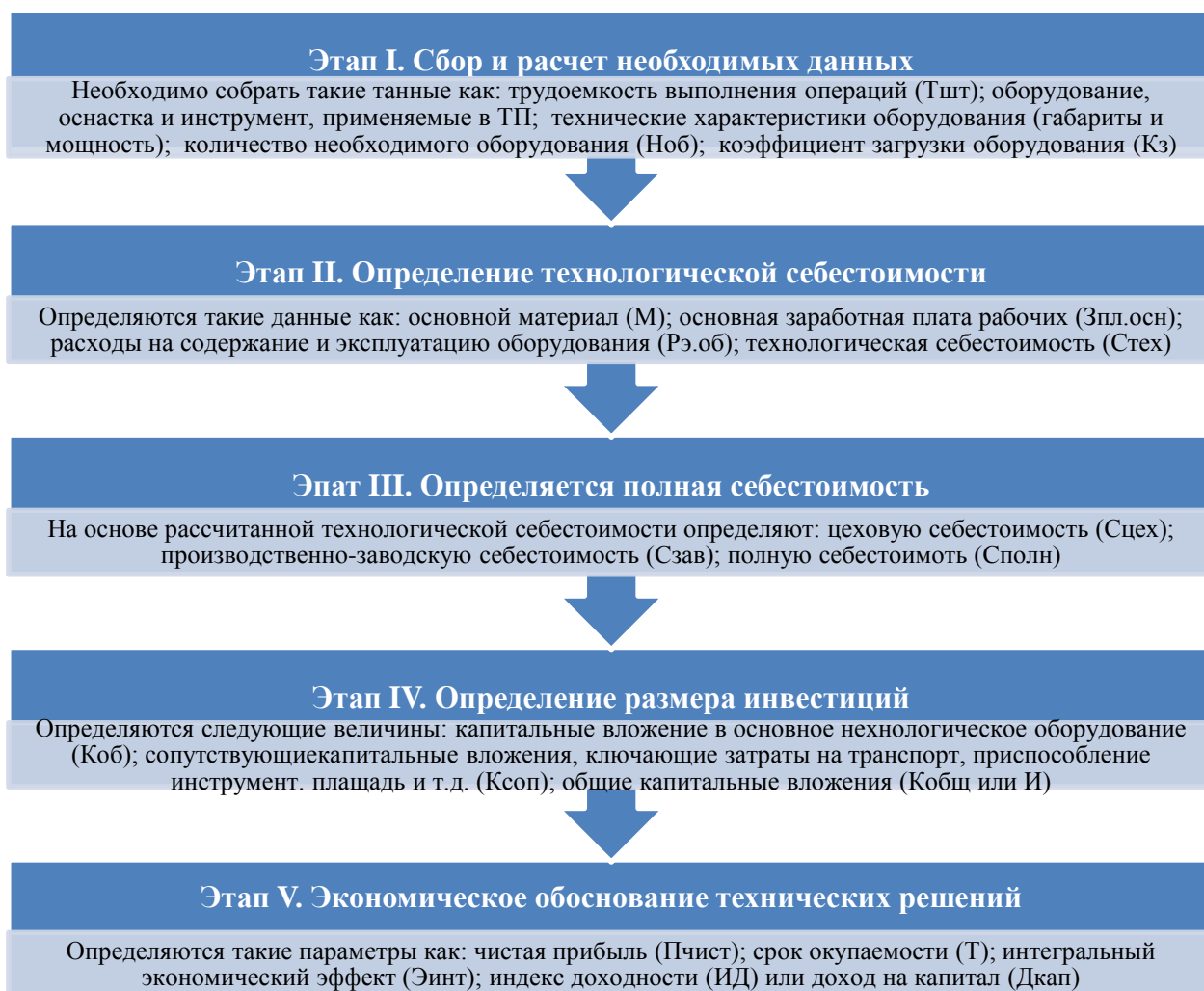


Рисунок 6 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 6, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [14].

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

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

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 7.

Базовый вариант технологического процесса токарных операций 010 и 020	Проектный вариант технологического процесса токарных операций 010 и 020
<ul style="list-style-type: none">• <u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель Samat-400XC.• <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый.• <u>Инструмент</u> – резец контурный, T15K6• <u>Трудоемкость</u> – операция 010: Тшт = 0,45 мин, То = 0,29 мин; операция 020: Тшт = 0,69 мин, То = 0,46 мин	<ul style="list-style-type: none">• <u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ Samat-400XC.• <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый с автоматическим зажимом• <u>Инструмент</u> – резец контурный, со специальной стружколомающей канавкой с пластиной T15K6.• <u>Трудоемкость</u> – операция 010: Тшт = 0,38 мин, То = 0,29 мин; операция 020: Тшт = 0,60 мин, То = 0,46 мин

Рисунок 7 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 7, изменениям подвергается станочное приспособление. Так как в процессе предложенного технического решения

материал и способ получения заготовки не изменены, поэтому в дальнейшем, расчеты, применяемые для определения стоимости материалов, будут исключены. Это связано с тем, что в обоих вариантах расходы на материалы останутся одинаковыми и на конечный результат расчетов влияния не окажут.

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

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

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 8.

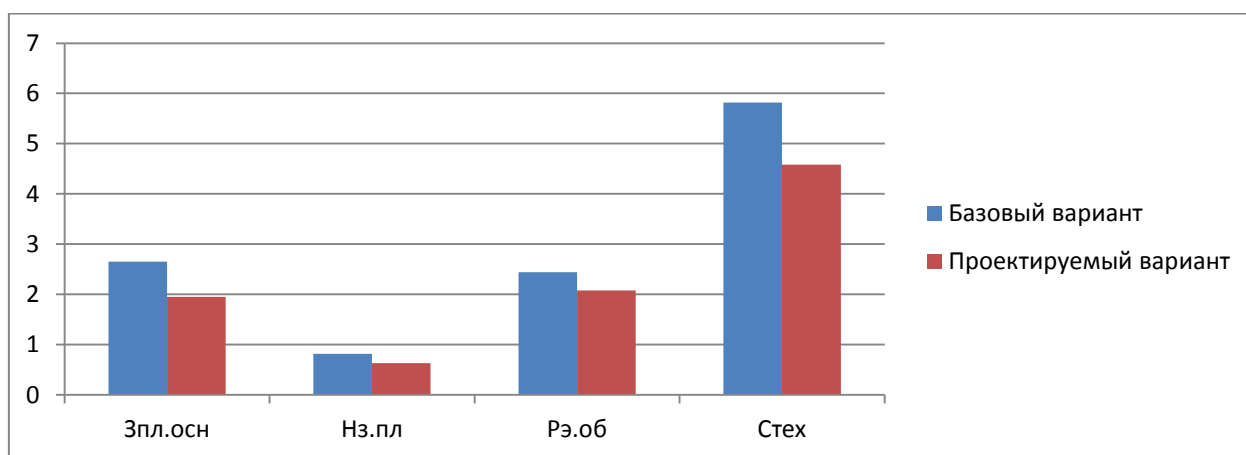


Рисунок 8 – Формирование технологической себестоимости токарных операций 010 и 020 по вариантам, руб.

Анализируя рисунок 8 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 22,03%.

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

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 9. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать, что основой для ее определения является величина технологической себестоимости. Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

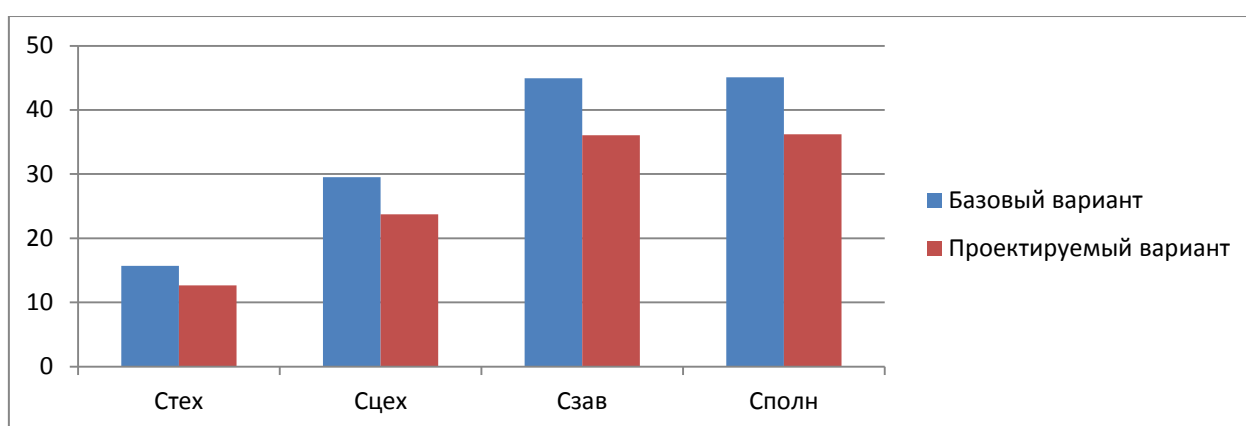


Рисунок 9 – Формирование полной себестоимости токарных операций 010 и 020 по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 9, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость токарных операций 010 и 020 проектируемого процесса уменьшилась на 3,83 рубля, что составляет 24,9%.

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

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 10.

Как видно из рисунка 10, инвестиции потребуются на: закупку оборудования (K_{OB}); доставку и монтаж оборудования (K_M); проектирование (Z_{IP}), инструмент (K_{II}), производственную площадь ($K_{Э.П.П.}$); корректировку управляющей программы (K_A) и незавершенное

производство (*НЗП*). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций (*И*) составит 70368,08 рублей.

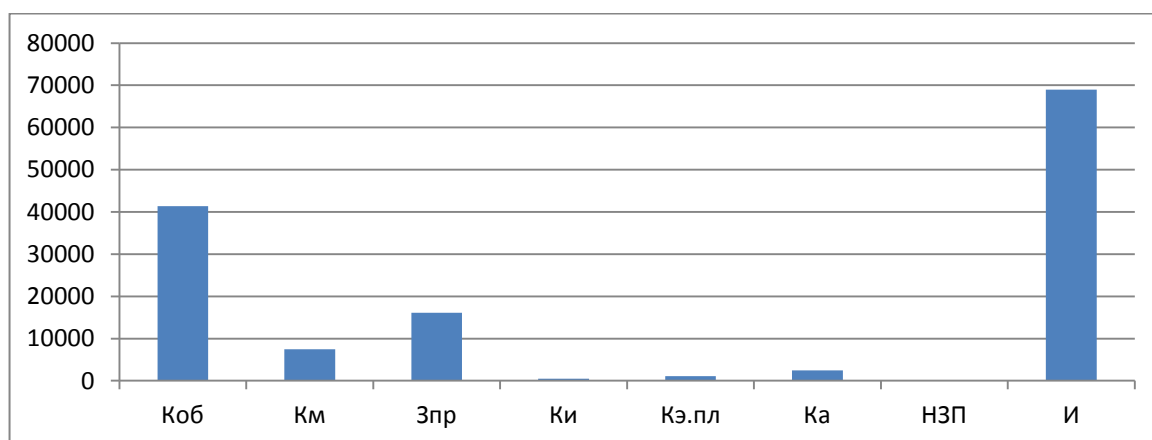


Рисунок 10 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных токарных операции 010 и 020, руб.

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

Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 6 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта.

Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 9121,11 рубля. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

Заключение

В результате выполнения работы нами спроектирован технологический процесс изготовления корпуса подшипникового узла, который предназначен для настройки этого узла в составе сверлильного станка.

В работе проанализированы возможные технологические процессы получения заготовки и в результате расчета был выбран наиболее выгодный метод получения заготовки штамповка.

Нами был проведен анализ и назначен тип организации технологического процесса – среднесерийное производство, также описаны его характерные признаки.

На одну из поверхностей втулки рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом. Этот метод наиболее подробный и точный.

В работе подробно описаны две операции токарная и фрезерная. На эти операции разработаны технологические наладки, представленные в графической части работы, и подробно рассчитаны режимы обработки.

Для фиксации заготовки на 020 токарной операции нами разработана конструкция станочного приспособления – трёхкулачкового патрона. Это приспособление с одной стороны реализует теоретическую схему базирования, а с другой стороны является автоматизированным приспособлением. В отличие от базового варианта техпроцесса теперь зажим и разжим заготовки будет выполняться в автоматическом цикле.

Для 025 фрезерной операции технологического процесса нами спроектирована торцовая фреза, в конструкции которой имеются неперетачиваемые твердосплавные пластины, которые в свою очередь опираются на опорные пластины, что делает работу фрезы эффективнее.

Экономический расчет показал эффективность работы.

Список используемой литературы

1. Вереина Л. И. Металлообработка : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
2. Гетьман А.А. Материалы для современных конструкций с искусственным интеллектом: учебник для вузов / А.А. Гетьман, В.А. Палеха, А.В. Васильева. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 292 с.
3. Гогеридзе Р.М. Процессы формообразования и инструменты: учебник для студ. учреждений / Р.М.Гогеридзе. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 384 с.
4. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. доп.). - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2021. –22 с.
5. ГОСТ 12.4.280-2014. Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. – 24 с.
6. ГОСТ 18854-2013. Статическая грузоподъемность. – 23 с.
7. ГОСТ 18855-2013. Подшипники качения. Динамическая грузоподъемность и номинальный ресурс. – 24 с.
8. ГОСТ 4543-2016. Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – 53 с.
9. Завистовский С.Э. Инструментальное обеспечение производственных мастерских : электронное учебное пособие / С.Э.Завистовский. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 314 с.
10. Зубарев Ю.М. Основы резания материалов и режущий инструмент : учебник / Ю.М. Зубарев, Р.Н. Битюков. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 228 с.
11. Зубарев Ю.М. Технология автоматизированного машиностроения. Проектирование и разработка технологических процессов :

учебное пособие для вузов / Ю.М. Зубарев, А.В. Приемышев, В.Г. Юрьев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург, Лань, 2021. – 312 с.

12. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 152 с.

13. Копылов Ю.Р. Основы компьютерных цифровых технологий машиностроения : учебник / Ю.Р. Копылов. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 496 с.

14. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.

15. Крутов В.Н. Графические изображения некоторых принципов рационального конструирования в машиностроении: Учебное пособие / В.Н.Крутов, Ю.М. Зубарев, И.В. Демидович, В.А. Треяль, Т.В. Левкович. – 2-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2021. – 204 с.

16. Кудряшов Е.А. Приспособления для производства изделий машиностроения : учебник для вузов / Е.А. Кудряшов, И.М. Смирнов, Е.И.Яцун; под ред. Е.А. Кудряшова. – М. : Инновационное машиностроение, 2018. – 220 с.

17. Некрасов Ю.И. Производственные и технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / Ю.И. Некрасов, У.С. Путилова, Р.Ю.Некрасов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 246 с.

18. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 октября 2021 г. N 776н "Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда".

19. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

20. Романов П.С. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. Проектирование гибкой производственной системы.

Лабораторный практикум : Учебное пособие / П.С. Романов, И.П. Романова; под ред. П.С. Романова. – 2-е изд., испр. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 156 с.

21. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С.К. Сысоев, А.С.Сысоев, В.А. Левко. – 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 352 с.

22. Черепахин А.А. Технологические процессы в машиностроении: Учебное пособие / А.А. Черепахин, В.А. Кузнецов. – 3-е изд., стер. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 184 с.

23. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений. Теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В.Закураев; под ред. А.Е. Беляева. – М. : НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с.

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.	Взам.	Полп.																	
			ТГУ													б	I		
Разработал Проверил			Корпус																
Н. Контр.																			
М01																			
Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код, загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ									
M02	166	0,091	I		0,6	16	Ø50x38		I	0,25									
А		Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа												
Б		Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тшт.						
А01 XX.XX.XX 005 4233 Токарная черновая программная ИОТ № 63																			
Б02 38 1021 5 Токарный станок с ЧПУ САМАТ-400ХС I 16045 322 I I I 284 I																			
О03 Точить поверхность 5, выдерживая размер 17.9.0.18; точить поверхности 10, выдерживая размеры Ø49.9^{+0.74};																			
О04 точить поверхность 9, выдерживая размер 11.3±0.215;																			
О05 точить поверхность 11, выдерживая размер Ø32.6^{+0.25};																			
Т06 396110 Патрон самоцентрирующий 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80;																			
Т07 392190 Резец сборный проходной отогнутый правый Т15К6 ГОСТ 18879-82;																			
Т08 392190 Резец сборный расточный Т15К6 ГОСТ 9795-84;																			
Т09 393311 Штангенциркуль ШЦЦ-I – 150 – 0.05 ГОСТ 166-89;																			
10																			
А11 XX.XX.XX 010 4233 Токарная черновая программная ИОТ № 63																			
Б12 38 1021 5 Токарный станок с ЧПУ САМАТ-400ХС I 16045 322 I I I 284 I																			
О13 Точить поверхность 4, выдерживая размер Ø58.6.0.74; точить поверхность 3, выдерживая размер 31.3±0.31; точить поверхность 2, выдерживая размер Ø54.7^{+0.3};																			
О14 выдерживая размер Ø54.7^{+0.3}; точить поверхность 1, выдерживая размер 17.6.0.18; точить поверхность 13, выдерживая р-р Ø52.2^{+0.3};																			
МК																			

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подп.											б	2		
			цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа							Тшт.	
Б			Код, наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
О01	точить поверхность 12, выдерживая размер 10.3±0.215.															
Т02	396110 Патрон самоцентрирующий трёхкулачковый ГОСТ 2675-80; 392190 Резец сб. проходной отогн. правый Т15К6 ГОСТ 18879-82;															
Т03	392190 Резец сборный расточный Т15К6 ГОСТ 9795 – 84;															
Т04	393311 Штангенциркуль ШЦЦ – Ш – 150 – 0.05 ГОСТ 166-89.															
05																
А06	XX XX XX 015 4233 Токарная чистовая программная ИОТ № 63															
Б07	38 1021 5 Токарный станок с ЧПУ САМАТ-400ХС I 16045 322 I I I I 284 I															
О08	Точить поверхность 5, выдерживая размер 17.3-0.1;															
О09	точить фаску 1.5x45 ⁰ ; точить поверхность 10, выдерживая размеры: Ø50.5 ^{+0.74} ; R0.5;															
О10	точить фаску 0.5x45 ⁰ ; точить поверхность 9, выдерживая размер 11±0.215															
О11	точить поверхность 11, выдерживая размер Ø32.7 ^{+0.002} ;															
Т12	396110 Патрон самоцентрирующий 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80;															
Т13	392190 Резец сборный проходной отогнутый правый Т15К6 ГОСТ 18879-82;															
Т14	392190 Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 9795 – 84;															
Т15	393311 Штангенциркуль ШЦЦ – Ш – 250 – 0.05 ГОСТ 166-89;															
Т16	393120 Калибр – пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81.															
17																
18																
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.	Взам.	Подп.																
			Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р.	УТ	КР.	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
Б			Код, наименование оборудования															
A01	XX XX XX	020	4233	Точарная чистовая программная	ИОТ.№ 63													
B02	38 1021 5	Точарный станок с ЧПУ САМАТ-400ХС	1	16045	322	1	1	1	1	1	284	1						3
O03	Точить канавку, выдерживая размеры: $\varnothing 53.6^{+0.74}$, $2^{+0.25}$, R0.5, 4 ± 0.15 ; точить поверхность 4, выдерживая размер $\varnothing 58.0^{+0.74}$;																	
O04	точить фаску $0.5 \times 45^\circ$; точить поверхность 3, выдерживая размер 31 ± 0.31 ; точить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 54.1^{+0.3}$, R0.5;																	
O05	точить пов. 1, выдерживая размер 17 ± 0.15 ; точить пов. 13, выдерживая размер $\varnothing 52.8^{+0.104}_{+0.030}$; точить пов. 12, выдерживая размер 4 ± 0.15 .																	
T06	396110 Патрон самоцентрирующий 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80;																	
T07	392190 Резец сборный проходной отогнутый правый Т15К6 ГОСТ 18879-82; 392190 Резец канавочный Т15К6 ГОСТ 18885-73;																	
T08	392190 Резец сборный расточной Т15К6 ГОСТ 9795-84; 393410 Микрометр ГОСТ 6507-90;																	
T09	393311 Штангенциркуль ШЦЦ-1-150-0.05 ГОСТ 166-89; 393120 Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 24851-81.																	
I0																		
A11	XX XX XX	025	4234	Фрезерная программная	ИОТ.№ 67													
B12	38 1671 7	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13PФ3	1	16045	322	1	1	1	1	1	284	1						
O13	Фрезеровать поверхности б, 7 и 8, выдерживая размеры: $40^{+0.062}$, $5.5^{+0.2}$.																	
T14	XXXXXX Приспособление специальное, 391820 Фреза торцовая с хвостовиком, с пластинами Т15К6 ГОСТ 19049-80.																	
T15	393311 Штангенциркуль ШЦЦ-1-150-0.05 ГОСТ 166-89; XXXXX Спец. шаблон.																	
I6																		
A17	XX XX XX	030	4232	Сверлильная программная	ИОТ.№ 75													
B18	38 1022 0	Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2P135Ф2-1	1	16045	322	1	1	1	1	1	284	1						
МК																		

