

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 цангового патрона

Обучающийся	<u>А.Н. Аникина</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент Л.А. Резников</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент Е.Г. Смышляева</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>к.ф.-м.н, доцент Д.А. Романов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2023

Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления вала-шестерни робота-манипулятора.

Автор: Аникина Анастасия Николаевна.

В выпускной работе спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни робота-манипулятора.

В первой части работы нами проанализирована конструкция вала-шестерни робота-манипулятора, выполнен анализ конструкции самого робота-манипулятора, а также рассмотрены химический состав и свойства материала, из которого выполнена вал-шестерня. Также выполнен анализ технологичности конструкции вала-шестерни.

Во второй технологической части работы выбран тип машиностроительного производства и описаны его основные характеристики. Исходя из этого, выполнен расчет экономичности двух наиболее подходящих видов получения заготовки. На самую ответственную и точную поверхность выполнен расчет припусков расчетно-аналитическим методом. Далее проведен анализ и выбраны методы обработки каждой поверхности вала-шестерни робота-манипулятора. После этого спроектирован технологический процесс и рассчитаны режимы резания.

В третьей части работы нами спроектирована станочная технологическая оснастка на токарную операцию техпроцесса изготовления вала-шестерни робота-манипулятора. Это приспособление имеет конструкцию, которая за счет центробежных сил автоматически зажимает заготовку в приспособлении, что упрощает работу станочника.

В четвертой части для шпоночно-фрезерной операции спроектирована твердосплавная концевая фреза.

Работа содержит анализ экологичности и безопасности проведенных изменений. Экономический расчет показал эффективность работы.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Назначение и условия работы детали.....	7
1.2 Классификация поверхностей детали.....	8
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	9
2 Технологическая часть.....	11
2.1 Определение типа производства.....	11
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	12
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	12
2.4 Выбор методов обработки.....	14
2.5 Расчет припусков.....	17
2.6 Определение режимов резания.....	20
3 Проектирование приспособления.....	26
3.1 Общие сведения.....	26
3.2 Исходные данные.....	27
3.3 Силовой расчет.....	29
4 Проектирование режущего инструмента.....	32
4.1 Общие сведения.....	32
4.2 Проектирование концевой фрезы.....	34
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
6 Экономическая эффективность работы.....	42
Заключение.....	46
Список используемой литературы.....	47
Приложение А. Технологическая документация.....	50

Введение

Обширная автоматизация производственных процессов в машиностроении связана с применением промышленных роботов. Применение этих машин обосновано необходимостью снижения себестоимости изделий на мировых рынках. Применение промышленных роботов должно быть экономически целесообразно. Чаще всего промышленные роботы экономически выгодно использовать при наличии большой номенклатуры изготавливаемых изделий и частой смены объектов производства. Промышленные роботы применяют не только на основных технологических операциях, но и для осуществления вспомогательных переходов и действий. Важнейшим показателем для целесообразности использования промышленных роботов является их производительность.

Промышленный робот состоит из системы управления, которая программируется для выполнения определенных функций, и манипулятором с захватным устройством, имеющим несколько степеней подвижности, который непосредственно выполняет заданные функции.

Захватные устройства могут быть самыми различными по конструкции. Конструкция и размеры зависят от формы и габаритов объектов, которые зажимаются и перемещаются на производстве. А так как эти объекты со сменой номенклатуры меняются, то захватные устройства делаются сменными.

В состав промышленного робота входит вал-шестерня, которая является составляющей его электромеханического привода, приводящего механизм в движение. Она воспринимает движение при помощи шпоночного паза и передает его при помощи зубчатого венца.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни робота-манипулятора заданного качества с наименьшей себестоимостью, согласно годовой программе выпуска изделий.

1 Анализ исходных данных

«Роботизация производственных процессов является дальнейшим развитием процесса автоматизации, так как применение промышленных роботов позволяет автоматизировать те производственные процессы или их части, автоматизация которых простейшими техническими средствами нецелесообразна. Применение промышленных роботов определяет специфику функционирования робототехнических комплексов. В настоящее время разрабатываются и применяются промышленные роботы для обслуживания металлорежущего, кузнечно-прессового, литейного, сборочного и деревообрабатывающего технологического оборудования, выполнения операций сварки, покраски, сборки, электротермической, гальванической и плазменной обработки, производства печатных плат и так далее». [20]

Объектами манипулирования промышленными роботами могут быть различные предметы производства, такие как различные режущие инструменты, приспособления, приборы контроля, детали, заготовки и так далее. Причем активное использование промышленных роботов на сегодняшний день ведется не только в машиностроении, но и в сельском хозяйстве, в легкой промышленности, в горнодобывающей промышленности и так далее.

«Основными классификационными признаками объектов манипулирования являются: физическое состояние, форма и размеры, свойства симметрии, подвижность и ориентация в момент захватывания. Как правило, объекты манипулирования являются твердыми и жесткими, но они могут быть упругими, хрупкими или пластичными. Твердые – это такие объекты, которые в разумных пределах не требуют каких-либо ограничений на контактные усилия. Жесткие – объекты, деформациями которые в процессе захватывания и переноса можно пренебречь. Такое деление в ряде случаев условно и может быть расширено в более детальных

классификациях. Предметы могут представлять собой тела разнообразной формы и размеров». [20]

При загрузке на металлообрабатывающее оборудование детали обычно имеют прямоугольную, призматическую или цилиндрическую форму; при работе на кузнечно-прессовом оборудовании детали обычно имеют коробчатую или плоскую форму. От особенностей формы объектов захвата (наличие плоскостей, наличие цилиндрических участков, отверстий или наоборот штырей и так далее) зависит конструкция захватного устройства промышленного робота (рисунок 1).

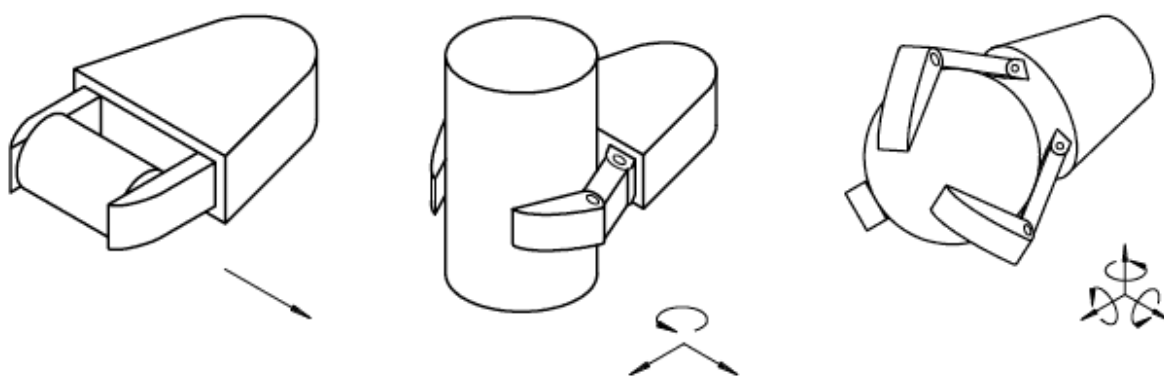


Рисунок 1 – Захватные устройства

Важное значение при описании объекта захвата промышленным роботом играет наличие перемещения этого объекта в момент захвата. Если имеется это перемещение, то необходимо знать скорость этого перемещения. Лучшим вариантом в этом выборе является неподвижный объект, но это не всегда возможно.

«Часто возникает ситуация, когда объект в момент захватывания фиксируется в специальных зажимных приспособлениях (например, когда объект установлен на плоскости, в гнездах, пазах, насажен на штыри) или же может перемещаться по некоторым из направлений». [20]

1.1 Назначение и условия работы детали

«В конструкциях различных машин и устройств, таких как транспортные средства и сельскохозяйственные машины, судовые энергетические установки и металлорежущие станки, грузоподъемные и транспортирующие устройства, авиационные установки и приборы, а также во многих других изделиях находят широкое применение зубчатые передачи. Зубчатые передачи применяют с целью изменения скорости или направления вращения (движения) при соответствующем изменении вращающего момента. Современные зубчатые передачи способны работать в широком диапазоне окружных скоростей, передавать значительные мощности между произвольно расположенными в пространстве осями, имеют высокий коэффициент полезного действия, обладают достаточно высокой долговечностью, надежностью и имеют малые габариты». [24]

«Эвольвентным зацеплением называется такое зубчатое зацепление, в котором профили зубчатых колес очерчены по эвольвенте окружности. С расширением области применения зубчатых колес стали ясно, что для изготовления одного и того же комплекта зубчатых колес циклоидного профиля требуется в 2...3 раза больше режущего инструмента, чем для эвольвентного. Последнее явилось одной из главных причин замены циклоидного профиля на эвольвентный». [24]

«В настоящее время зубчатые передачи с эвольвентным профилем зубьев колес получили подавляющее распространение во всех отраслях техники. Многочисленными исследованиями ученых эвольвентная форма зуба зубчатых колес получила глубокое теоретическое обоснование и достаточно совершенную методику расчета. Расчеты как геометрических параметров эвольвентных зубчатых передач, так и прочностные закреплены во многих государственных стандартах». [24]

Вал-шестерня является составляющей его электромеханического привода, приводящего механизм в движение. Она воспринимает движение при помощи шпоночного паза и передает его при помощи зубчатого венца.

Электромеханический привод промышленного робота состоит из электродвигателя, приводящего в движение всю систему, а также несколько механических передач, которые передают движение к рабочим органам робота.

1.2 Классификация поверхностей детали

Для проведения классификации поверхностей обозначим каждую поверхность вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка и представим это на рисунке 2.

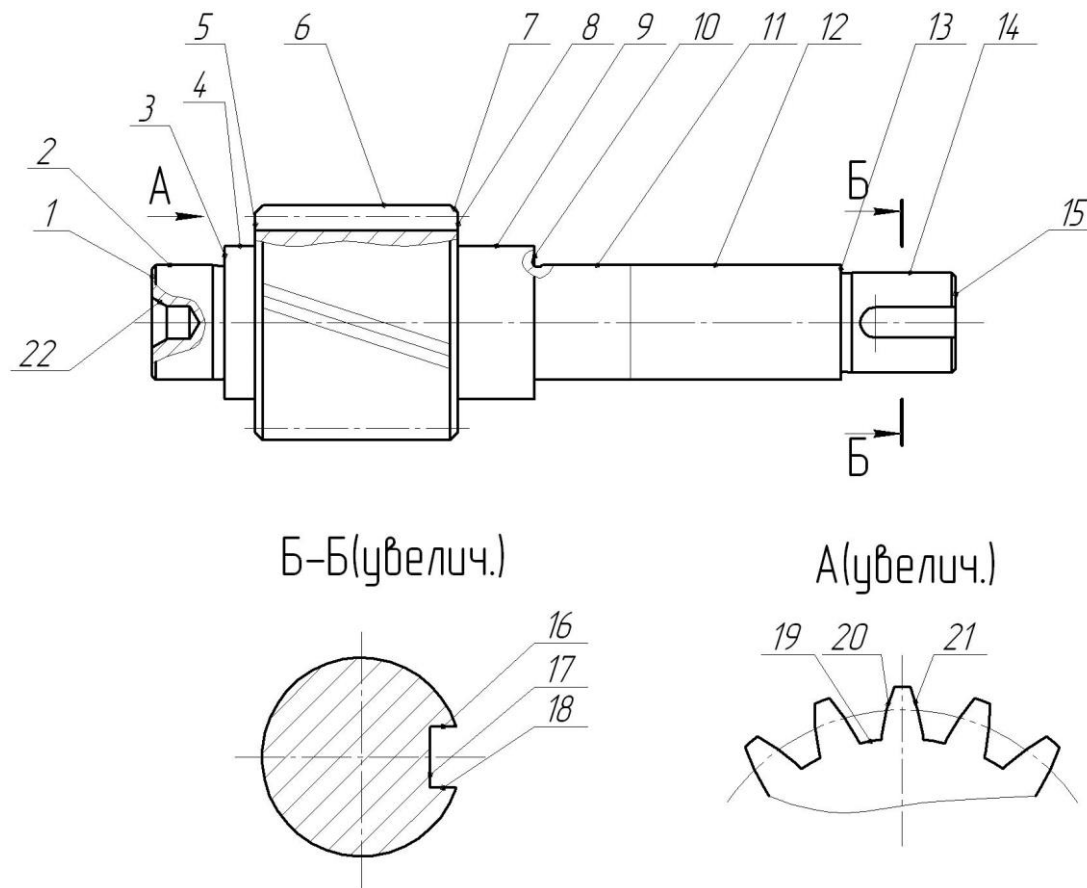


Рисунок 2 - Классификация поверхностей

Исполнительными такие являются поверхности вала-шестерни, как стороны шпоночного паза 16, 18, воспринимающие вращательный момент от зубчатого колеса, а также боковые стороны зубьев венца, передающие этот момент на другую цилиндрическую шестерню, которая составляет с нашей кинематическую пару.

Основными конструкторскими базами являются поверхности вала-шестерни, как цилиндрические поверхности 2, 11, а также торцовая поверхность 10.

Вспомогательными конструкторскими базами вала-шестерни являются такие поверхности, как цилиндрическая поверхность 14, на которой при сборке устанавливается цилиндрическая шестерня, передающая нашей детали через шпоночное соединение вращательный момент, а также плоская поверхность 17.

Остальные поверхности детали - свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом вала-шестерни робота-манипулятора является сталь 35 ГОСТ 1050-2013 [3], которая содержит около 0,35% углерода (С), остальным в составе является железо (Fe) и примеси.

Физико-механические свойства стали 35 представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 35

σ_B , МПа	НВ	σ_T , МПа	ψ , %	δ_5 , %
390	136...156	600	45	20

«По химическому составу все стали принято делить на два класса: стали, не содержащие в своем составе легирующих элементов, - углеродистые (нелегированные) и стали, в составе которых есть легирующие элементы. Такие стали называют легированными. В свою очередь

углеродистые стали делят на три группы по содержанию углерода: низкоуглеродистые, среднеуглеродистые и высокоуглеродистые». [23]

«Основной продукцией черной металлургии является сталь, причем производится приблизительно 80% углеродистой стали и 20% легированной. Таким образом, основным конструкционным материалом промышленности является углеродистая сталь. Углеродистая сталь промышленного производства – это сплав сложного химического состава. Кроме основы – железа (содержание которого может составлять 97,0...99,5%), в ней содержится много элементов, присутствие которых обусловлено технологическими особенностями производства (марганец, кремний) либо невозможностью полного удаления из металла (сера, фосфор, кислород, азот, водород)4 также это могут быть случайные примеси (хром, никель, медь и другие)». [17]

«С увеличением содержания углерода в стали увеличивается ее предел прочности, а также твердость. Вместе с тем при увеличении содержания углерода снижается пластичность стали: уменьшаются относительное удлинение, относительное сужение и ударная вязкость. Влияние на свойства стали постоянных примесей также неоднозначно. К постоянным примесям относятся марганец, кремний, фосфор, сера, а также газы (водород, азот, кислород), в том или ином количестве постоянно присутствующие в технических сортах стали. Положительное влияние на свойства сталей оказывают только Mn и Si. Остальные элементы однозначно ухудшают свойства сталей, поэтому их называют вредными примесями». [17]

Конструкция вала-шестерни промышленного робота не содержит труднодоступных поверхностей для обработки или контроля размеров. В конструкции имеются канавки для выхода режущих инструментов при их обработке. Поэтому будем считать конструкцию вала-шестерни промышленного робота вполне технологичной.

2 Технологическая часть

«Технический прогресс в машиностроении характеризуется непрерывным совершенствованием не только конструкции машин, но и технологии их производства. Важным достижением в технологии машиностроения является создание научного направления, способствующего повышению эксплуатационных свойств деталей машин технологическими методами, что открывает новые возможности для значительного повышения качества, надежности и срока службы машин». [13]

2.1 Определение типа производства

«Разрабатываемый технологический процесс и выбор оборудования для проектируемого машиностроительного производства во многом зависит от типа производства, которое бывает: единичное; серийное, которое подразделяется на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное; массовое». [1]

«Тип производства характеризуют: широта номенклатуры (количество наименований выполняемых изделий); объем выпуска изделий; регулярность выпуска каждого изделия. В общем объеме мирового производства 75-80% занимает среднесерийное производство. Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями». [1]

Тип производства выберем на основе двух параметров: масса вала-шестерни робота-манипулятора $m = 1,9$ кг и годовая программа выпуска $N = 5000$ штук. Исходя из этих данных [1], принимаем среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. Условной границей между разновидностями серийного производства является величина закрепления операций: (для мелкосерийного производства $k_{з.о.} = 20 \dots 40$; для среднесерийного $k_{з.о.} = 10 \dots 20$; для крупносерийного $k_{з.о.} = 1 \dots 10$)». [26]

«В серийном производстве технологический процесс дифференцирован. Отдельные операции закреплены за определенными станками. Используются универсальные, специализированные, специальные, автоматизированные и агрегатные станки. По окончании изготовления одной серии деталей станки переналаживаются на изготовление деталей другой серии». [26]

«Серийное производство экономичнее единичного, так как лучше используется технологическое оборудование, выше специализация рабочего, ниже себестоимость продукции». [26]

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Выбор исходной заготовки и метод ее получения должен обеспечивать минимальную себестоимость детали. Исходная заготовка – заготовка перед первой технологической операцией механической обработки (ГОСТ 3.1109-82 [8]). Себестоимость самих исходных заготовок, полученных различными методами, колеблется в широких пределах. При выборе методов получения исходных заготовок необходимо учитывать потери металла, присущие методу получения заготовки. По данным ряда авторов, при получении отливок потери металла составляют 34-54 % , а при получении исходных заготовок методами пластического деформирования – 5-37 %. Завершается выбор заготовки и метода ее получения разработкой эскиза исходной заготовки, совмещенного с упрощенным эскизом детали». [21]

При штамповке масса заготовки будет равна $m = 2,81$ кг, а при прокате ($\emptyset 66 \times 216$) $m = 5,83$ кг.

Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке (руб./кг).

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

где $C_c = 0,495$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,085$. [16]

$$C_{\text{мех}} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578.$$

Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой (руб.).

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

где $C_{\text{ум}} = 0,315$; $k_m = 0,9$; $k_c = 0,84$; $k_\delta = 1,14$; $k_m = 1,0$; $k_n = 1,0$. [16]

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

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой (руб.).

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

где $Q_{\text{ум}} = 2,81$; $q = 1,9$;

$$C_{\text{отх}} = 0,0144. \text{ [16]}$$

$$C_{\text{ми}} = 0,2715 \cdot 2,81 + 0,6578(2,81 - 1,9) - (2,81 - 1,9)0,0144 = 1,9918$$

Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом (руб.).

$$C_{\text{ми}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{пр}} + C_{\text{мех}}(Q_{\text{пр}} - q) - C_{\text{отх}}(Q_{\text{пр}} - q), \quad (4)$$

где $Q_{\text{пр}} = 5,83$; $q = 1,9$;

$$C_{\text{отх}} = 0,0144. \text{ [16]}$$

$$C_{mn} = 0,1219 \cdot 5,83 + 0,6578(5,83 - 1,9) - 0,0144(5,83 - 1,9) = 3,2392 \text{ руб.}$$

По себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из штамповки.

Определим коэффициент использования материала

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

$$K_{им} = \frac{1,9}{2,81} = 0,68.$$

Значение $K_{им}$ соответствует среднесерийному типу производства.

Чертеж заготовки представлен в графической части.

2.4 Выбор методов обработки

«Выбор методов обработки поверхностей зависит от конфигурации детали, ее габаритов, точности и качества обрабатываемых поверхностей, вида принятой заготовки. Необходимое качество поверхностей в машиностроении достигается преимущественно обработкой резанием. В зависимости от технологических требований, предъявляемых к детали и типа производства выбирают один или несколько возможных методов обработки и тип соответствующего оборудования. Выбор конкретного метода обработки поверхности производят с помощью таблиц средней экономической точности различных методов обработки. Обработку поверхностей можно выполнять в один или несколько переходов, на каждом из которых используют свой метод обработки. Если заготовка имеет высокую точность, то в ряде случаев обработку можно начинать с чистовых методов». [27]

«В тех случаях, когда к точности размеров, связывающих поверхности детали, к качеству этих поверхностей не предъявляется высоких требований, можно ограничиваться однократной получистовой

или даже черновой обработкой. Каждый последующий метод обработки одной элементарной поверхности должен быть точнее предыдущего. Точность на каждом последующем переходе обработки обычно повышается на черновых переходах на один-три квалитета, на чистовых – на один-два квалитета по точности размера». [27]

«Заданная точность поверхности может быть обеспечена, как правило, сочетаниями нескольких вариантов методов обработки поверхностей (с различным числом переходов). При прочих равных условиях предпочтительным считается тот вариант, который содержит меньшее число переходов обработки данной поверхности». [27]

В связи с заданными квалитетом точности (IT14), формы и шероховатости ($Ra=5,0$) поверхностей 1, 15, обозначенным на чертеже вала-шестерни робота-манипулятора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: центровально-подрезная операция.

В связи с заданными квалитетом точности (IT6), формы и шероховатости ($Ra=0,8$) поверхностей 2, 11, обозначенным на чертеже вала-шестерни робота-манипулятора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

В связи с заданными квалитетом точности (IT14), формы и шероховатости ($Ra=5,0$) поверхностей 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13, обозначенным на чертеже вала-шестерни робота-манипулятора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение.

В связи с заданными квалитетом точности (IT9), формы и шероховатости ($Ra=5,0$) поверхности 6, обозначенным на чертеже вала-шестерни робота-манипулятора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение.

В связи с заданными квалитетом точности (IT14), формы и шероховатости ($Ra=1,6$) поверхности 10, обозначенным на чертеже вала-

шестерни робота-манипулятора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, черновое шлифование.

В связи с заданными качеством точности (IT6), формы и шероховатости ($R_a=1,6$) поверхности 14, обозначенным на чертеже вала-шестерни робота-манипулятора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

В связи с заданными качеством точности (IT9), формы и шероховатости ($R_a=2,5$) поверхностей 16, 18, обозначенным на чертеже вала-шестерни робота-манипулятора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: шпоночное фрезерование.

В связи с заданными качеством точности (IT11), формы и шероховатости ($R_a=5,0$) поверхности 17, обозначенным на чертеже вала-шестерни робота-манипулятора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: шпоночное фрезерование.

В связи с заданными качеством точности (IT11), формы и шероховатости ($R_a=5,0$) поверхности 19, обозначенным на чертеже вала-шестерни робота-манипулятора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: зубофрезерование.

В связи с заданными качеством точности (IT8), формы и шероховатости ($R_a=1,6$) поверхностей 20, 21, обозначенным на чертеже вала-шестерни робота-манипулятора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: зубофрезерование, зубошлифование.

В связи с заданными качеством точности (IT8), формы и шероховатости ($R_a=0,8$) поверхности 22, обозначенным на чертеже вала-шестерни робота-манипулятора, примем следующие методы для обработки этих поверхностей: центральное-подрезное и центрошлифовальная операции.

2.5 Расчет припусков

«В целях ликвидации или уменьшения погрешностей и обеспечения тех требований к детали, которые были установлены конструктором, обработку некоторых элементарных поверхностей детали иногда приходится производить в несколько переходов или операций, предусматривая для каждого перехода (или операции) соответствующий припуск. Припуск – слой материала, который необходимо удалить с поверхности заготовки в целях обеспечения заданных свойств обработанной поверхности. К свойствам обрабатываемого предмета труда или его поверхности относятся размеры, форма, твердость, шероховатость и так далее». [27]

Рассчитаем припуски на обработку поверхности 2 с параметрами

$\varnothing 30m6^{(+0,021}_{+0,008})$ мм, $L = 23$ мм, $Ra = 0,8$ мкм.

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot Td. \quad [2] \quad (6)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,8 = 0,200.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,210 = 0,053.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,052 = 0,013.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,084 = 0,021.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,021 = 0,005.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,013 = 0,003.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. \quad [2] \quad (7)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i). [2] \quad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,200^2 + 0,025^2} = 0,602.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,0053^2 + 0} = 0,253.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,021^2 + 0^2} = 0,121.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,005^2 + 0} = 0,055.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,602 + 0,5(0,800 + 0,210) = 1,107.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,253 + 0,5(0,210 + 0,052) = 0,384.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,121 + 0,5(0,052 + 0,021) = 0,122.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,055 + 0,5(0,021 + 0,013) = 0,072.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{4\min} = 30,008.$$

$$d_{4\max} = 30,021.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 30,021 + 2 \cdot 0,055 = 30,131.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 30,131 + 0,013 = 30,144.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 30,144 + 2 \cdot 0,121 = 30,426.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 30,426 + 0,084 = 30,510.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\max} \cdot 0,999 = 30,510 \cdot 0,999 = 30,479.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 30,479 + 0,052 = 30,531.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 30,531 + 2 \cdot 0,253 = 31,037.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 31,037 + 0,210 = 31,247.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 31,247 + 2 \cdot 0,602 = 32,451.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 32,451 + 0,800 = 33,251.$$

Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{imax} + d_{imin}). \quad (9)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(33,251 + 32,451) = 32,851.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1max} + d_{1min}) = 0,5(31,247 + 31,037) = 31,142.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2max} + d_{2min}) = 0,5(30,531 + 30,479) = 30,505.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TOmax} + d_{TOmin}) = 0,5(30,510 + 30,426) = 30,468.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3max} + d_{3min}) = 0,5(30,144 + 30,131) = 30,138.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4max} + d_{4min}) = 0,5(30,021 + 30,008) = 30,015.$$

Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (10)$$

$$2Z_{min} = 32,451 - 30,021 = 2,430.$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (11)$$

$$2Z_{max} = 2,430 + 0,8 + 0,013 = 3,243.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{min} + 2Z_{max}). \quad (12)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,243 + 2,430) = 2,837.$$

Полученные значения припусков будем использовать при проектировании технологических операций обработки вала-шестерни робота-манипулятора.

2.6 Определение режимов резания

«Назначение режимов резания при токарной обработке обычно производится по следующей схеме. Вначале по определенным правилам выбирается глубина резания, затем также по определенным правилам выбирается подача, далее по формулам, связывающим глубину резания, подачу и стойкость инструмента, вычисляют скорость резания». [19]

«После этого скорость пересчитывается в частоту вращения шпинделя станка и корректируется в соответствии с паспортными данными главного привода станка. При необходимости рассчитывается также сила, а через нее мощность резания, что дает возможность проверить правильность выбора станка по этому параметру». [19]

Режимы обработки на каждой операции технологического процесса изготовления вала-шестерни робота-манипулятора отражаются на качестве обработанных поверхностей. Качество обработки поверхностей характеризуется двумя основными показателями, которыми являются точность изготовления и шероховатость получаемой поверхности. Важным параметром при изготовлении деталей является производительность. При высокой производительности операций сокращается время обработки. Здесь важно, чтобы производительность была максимальной при обязательном выполнении параметров качества обработки поверхностей.

2.6.1 Определение режимов резания на операцию 020.

Переход 1.

Глубина резания $t = 1,0$. [22]

Подача $S = 0,3$. [22]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (13)$$

где $K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; V_0 = 180$. [22]

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

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 29} = 1976,7 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (15)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 29 \cdot 1600}{1000} = 145,7 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n. \quad (16)$$

$$S = 0,3 \cdot 1600 = 480 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S}. \quad (17)$$

$$T_0 = \frac{2}{480} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания $t = 0,5$. [22]

Подача $S = 0,3$. [22]

Скорость резания

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

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 25,5} = 22480, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 2000 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,5 \cdot 2000}{1000} = 160,1, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 2000 = 600, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{600} = 0,01, \text{ мин.}$$

Переход 3.

Глубина резания $t = 0,3$. [22]

Подача $S = 0,2$. [22]

Скорость резания

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

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 61,85} = 924,6, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 2000 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 61,85 \cdot 800}{1000} = 155,7, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 800 = 160, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,01 + 0,94 = 0,96, \text{ мин.}$$

Токарная чистовая операция 020 осуществляется на токарном станке с ЧПУ модели СА500СФЗК по заранее подготовленной программе. Заготовка фиксируется в патрон поводковый самозажимной с эксцентриковыми кулачками. Этот патрон имеет такую конструкцию, что оператору не надо вручную зажимать заготовку, а необходимо только установить ее в отверстие приспособления. Далее при запуске вращения шпинделя станка это приспособление за счет центробежных сил самостоятельно зажмет заготовку для обработки. На операции заготовка с обратной стороны поджимается центром упорным ГОСТ 13214-79. Первым по программе включается канавочный резец 1, имеющий режущую пластину из твердого сплава Т15К6, этот резец выполняет первую канавку. Далее по программе включается канавочный резец 2, также имеющий режущую пластину из твердого сплава Т15К6, этот резец выполняет вторую канавку. После этого контурный правый резец, имеющий режущую пластину из твердого сплава Т15К6, протачивает цилиндрические и торцовые поверхности заготовки, согласно заданной программе.

При расчете режимов обработки при фрезеровании сначала, исходя из стойкости и прочности инструмента, назначают глубину резания и подачу на один зуб фрезы. Далее определяют подачу на оборот инструмента. Далее по справочной литературе и, исходя из нюансов операции, определяют ширину фрезерования.

2.6.2 Определение режимов резания на операцию.

Глубина резания $t = 4,0$. [22]

Подача $S_z = 0,025$. [22]

Подача на оборот шпинделя

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (18)$$

где $z = 4$.

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

Скорость резания

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y}, \quad (19)$$

где $D = 8; C_V = 7,0; q = 0,4; x = 0; y = 0,7; m = 0,2; T = 30$. [22]

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV}, \quad (20)$$

где $K_{MV} = 1,0; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0$. [22]

$$K_V = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 8^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,0 = 40,8, \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 40,8}{3,14 \cdot 8} = 1624, \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1600, \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1600}{1000} = 40,2, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,1 \cdot 1600 = 160, \text{ мм/мин.}$$

Основное время

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

$$T_0 = \frac{1 \cdot 25}{160} = 0,16 \text{ мин.}$$

Шпоночно-фрезерная операция выполняется на станке модели 692Д. Заготовка устанавливается в тиски гидрозажимные с призмами. Это

приспособление имеет на губках закрепленные призмы для зажима заготовки по цилиндрической поверхности, также заготовка упирается в торец, для ориентирования в осевом положении. Станочник-фрезеровщик подносит для закрепления заготовку, устанавливает ее, упирая в торец, после этого включает гидравлический привод и приспособление зажимает заготовку. Обработка ведется цельной четырехзубой концевой фрезой из твердого сплава Т5К10. Станок управляется станочником-фрезеровщиком. В результате на цилиндрической поверхности заготовки образуется шпоночный паз, имеющий размеры $R4^{+0,3}$, $8N9_{(-0,036)}$, $22js14(\pm 0,26)$. После проведения необходимых действий по обработке на станке фрезеровщик останавливает рабочие органы станка, включает привод гидрозажимных тисков на разжим заготовки и убирает обработанную заготовку из рабочей зоны станка.

Найденные значения режимов резания при обработке вала-шестерни работа-манипулятора занесем в карты технологических наладок, представленные в графической части, а также в технологическую документацию, представленную в приложении А.

3 Проектирование станочного приспособления

3.1 Общие сведения

«По целевому назначению приспособления подразделяют на пять групп: станочные приспособления, приспособления для крепления рабочих инструментов, сборочные приспособления, контрольные приспособления и приспособления для захвата, перемещения и перевертывания обрабатываемых заготовок». [14]

«По степени специализации приспособления делят на универсальные, специализированные и специальные (рисунок 3)». [14]

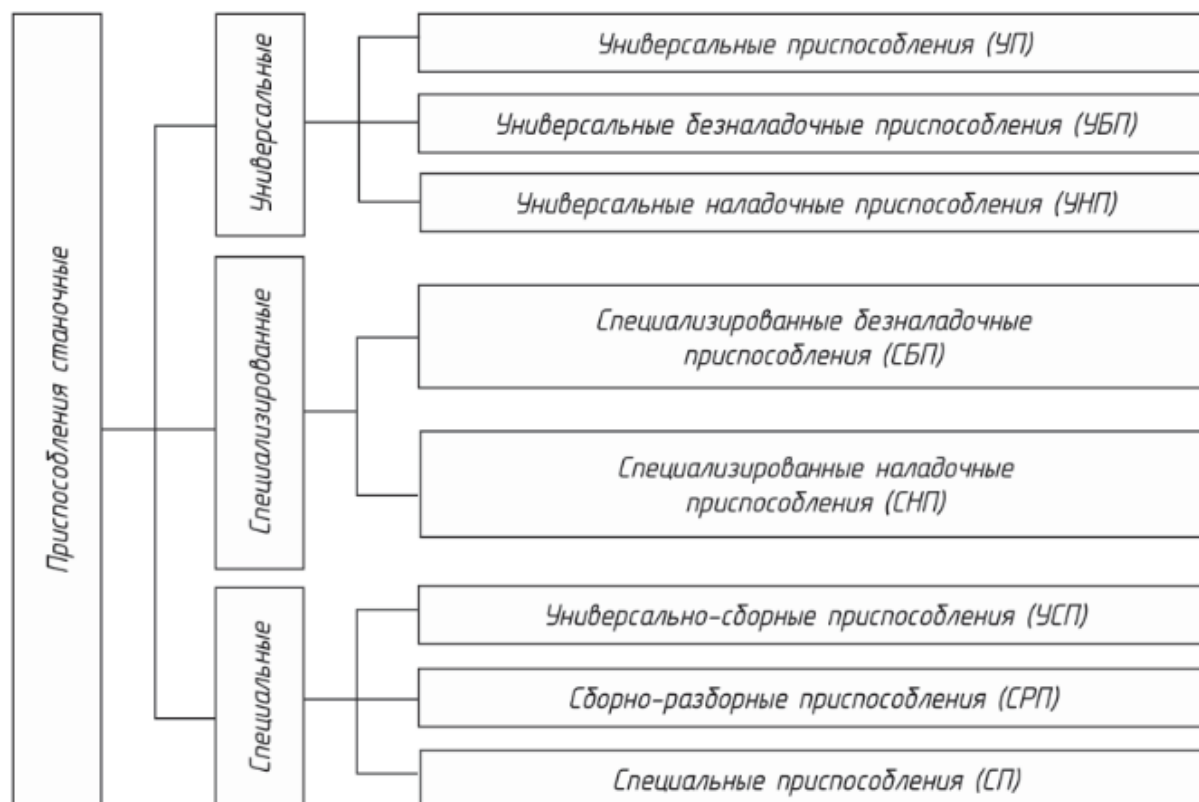


Рисунок 3 – Классификация приспособлений

«Универсальные приспособления используют для соединения сопрягаемых деталей и сборочных единиц, крепления базовых деталей (сборочных единиц) собираемого изделия». [14]

«Универсальные безналадочные приспособления используют для крепления заготовок широкой номенклатуры и различной конструкции. К ним относятся: универсальные патроны с неразъемными кулачками; универсальные фрезерные и слесарные тиски». [14]

«Универсально-наладочные приспособления используют для закрепления заготовок различной конфигурации. К ним относятся: универсальные патроны со сменными кулачками; универсальные тиски со сменными губками; скальчатые кондукторы и так далее». [14]

«Специализированные безналадочные приспособления используют для закрепления заготовок, близким по конструктивно-технологическим признакам, с одинаковыми базовыми поверхностями, требующих одинаковой обработки. При осуществлении одинаковых операций необходимо регулировать элементы. К им относятся приспособления для групповой обработки деталей типа валиков, втулок, фланцев, дисков, кронштейнов, корпусных деталей и так далее». [14]

«Специализированные наладочные приспособления используют для закрепления заготовок, близким по конструктивно-технологическим признакам, объединенных общностью базовых поверхностей и характером обработки и требующих для выполнения однотипных операций замены специальной наладки». [14]

3.2 Исходные данные

Схема токарной чистовой обработки вала-шестерни робота-манипулятора на операции 020 представлена на рисунке 4. Станочное

приспособление должно иметь самоцентрирование, Зажим должен осуществляться за крайнюю шейку заготовки, находящуюся слева.

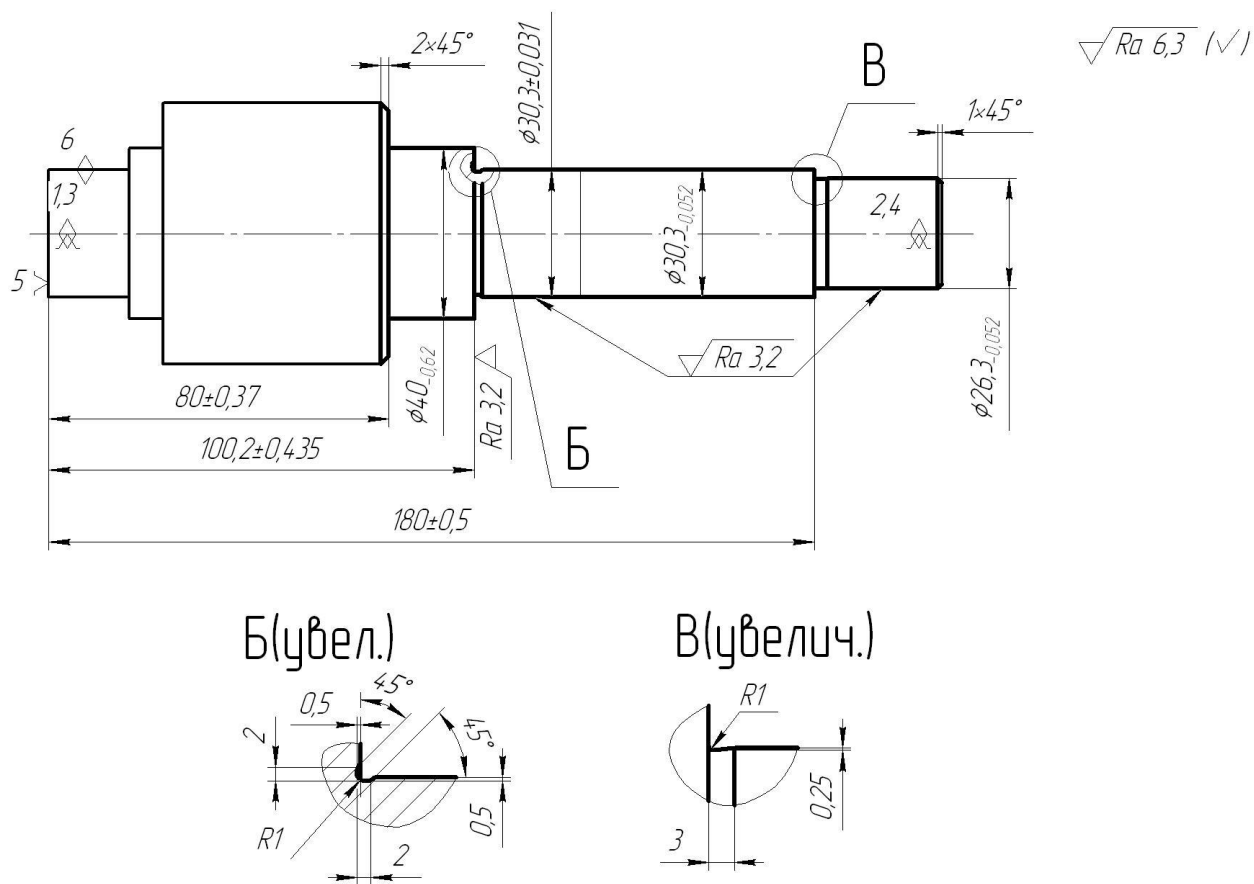


Рисунок 4 – Схема операции 020

Режимы обработки на этой операции были рассчитаны ранее. Сведем их в таблицу 2.

Таблица 2 – Режимы резания операции 020

Подача S_0 , мм/об	Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹	Глубина резания t , мм	Скорость резания V , м/мин
0,3	2000	0,2	155,7

Перейдем к силовому расчету приспособления.

3.3 Силовой расчет

Определим силы резания, воздействующие на заготовку, в результате токарной обработки

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

где для P_Y : $C_p = 243, x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$; [14]

для P_Z : $C_p = 300, x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$; [14]

$K_p = 0,9$. [22]

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 155,7^{-0,3} \cdot 0,9 = 78,52, \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 155,7^{-0,15} \cdot 0,9 = 58,18, \text{ Н.}$$

Рассчитаем центробежную силу

$$P_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot R \quad (23)$$

$$P_{ц} = \frac{m \cdot v^2}{R} \quad (24)$$

Угловая скорость

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (25)$$

где $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$.

$$\omega = \frac{v}{R} \quad (26)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 2000}{30} = 83,7, \text{ рад/с.}$$

$$P_{\text{ц}} = 1,9 \cdot 83,7^2 \cdot 0,055 = 7321, \text{ Н.}$$

Рассчитаем силу зажима заготовки кулачками

$$W = P_{\text{ц}} \cdot Z \cdot \cos 30^\circ, \quad (27)$$

где $Z = 2$.

$$W = 7321 \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ = 1268, \text{ Н.}$$

Вычислим крутящий момент

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2}. \quad (28)$$

$$M_p = \frac{78,52 \cdot 61,85}{2} = 2428,2, \text{ Н.}$$

Момент от силы зажима вычисляется по формуле

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}. \quad (29)$$

Момент от силы зажима вычисляется по формуле

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}. \quad (30)$$

Так как предыдущие моменты должны уравновешивать друг друга, то

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2}. \quad (31)$$

Еще найдем коэффициент запаса для надежности фиксации заготовки в патроне

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (32)$$

где $K_0 = 1,8; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,0$. [22]

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

Коэффициент трения $f = 0,3$. [14]

$$W = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 78,52 \cdot 61,85}{0,3 \cdot 30,7} = 949,1, \text{ Н.}$$

Определим силу W_1 , прикладываемую к кулачкам

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} \quad (33)$$

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{949,1}{1 - \left(\frac{3 \cdot 13}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1124,5, \text{ Н.}$$

Чертеж спроектированного токарного патрона представлен в графической части работы.

4 Проектирование режущего инструмента

4.1 Общие сведения

«Режущие инструменты – это орудия производства, конечная составная часть металлорежущих станков, находящаяся в контакте с обрабатываемой заготовкой. Их предназначение – снятие припуска и формирование поверхности и размеров детали в соответствии с техническими требованиями рабочего чертежа. Не смотря на большое разнообразие конструкций режущих инструментов и специфических особенностей их применения, для них характерны общие конструктивные, геометрические и другие элементы, а также способы крепления на станках». [15]

«Любой из режущих инструментов имеет рабочую (режущую) и крепежную части, В основе режущей части лежит клин, предназначенный для снятия стружки. Крепежная часть, оформленная в виде корпуса или хвостовика, служит для установки, базирования и закрепления инструмента на станке. Режущий клин ограничен двумя поверхностями: передней, по которой сходит стружка, и задней, обращенной к поверхности резания, которая образуется после снятия стружки. Если эти поверхности плоские, их называют гранями, и при пересечении они образуют режущую кромку (лезвие). Различают главную и вспомогательную режущие кромки. Первая служит для срезания основной части припуска, а вторая – лишь частично участвует в этом процессе и служит для зачистки и окончательного формирования обработанной поверхности. У некоторых инструментов, например резьбонарезных, вспомогательные режущие кромки отсутствуют. С целью обеспечения работоспособности многолезвийных инструментов пространство между лезвиями должно быть достаточным по объему для размещения снимаемой стружки. С этой же целью на передних поверхностях часто предусматривают углубления, уступы и другие элементы для завивания или дробления стружки». [15]

«При большой ширине срезаемых слоев на режущих кромках делают канавки или выемки для деления стружки по ширине и рационального распределения нагрузки между зубьями. У многих режущих инструментов (сверла, зенкеры, развертки, протяжки и другие) рабочая часть делится на режущую и калибрующую. Режущая часть служит для снятия основного припуска, калибрующая – для окончательного формирования обработанной поверхности и восполнения режущей части инструмента при переточках (в некоторых случаях она также служит для направления инструмента и обеспечения его самоподачи, например у резьбонарезных инструментов)».

[15]

«У инструментов для обработки отверстий калибрующая часть оформляется в виде «ленточек», на которых расположены вспомогательные режущие кромки. Ленточки служат для направления и базирования инструментов в отверстиях, а вспомогательные кромки – для окончательного формирования обработанной поверхности отверстий. Для предотвращения защемления инструментов в отверстиях и снижении сил трения на ленточках в следствие упругой деформации обработанных поверхностей, как правило, предусматривается небольшая обратная конусность, то есть уменьшение наружного диаметра инструмента в направлении к хвостовику». [15]

«На форму режущих кромок, а также стойкость инструмента, производительность и точность изготовления детали оказывает влияние принятый метод формообразования поверхности детали и принятая схема резания. При профильной схеме режущие кромки подобны профилю обрабатываемой поверхности, а припуск удаляется за счет превышения каждого последующего зуба над предыдущим. Таким образом, обработанная поверхность окончательно формируется последним режущим зубом, то есть применяется комбинированная схема». [15]

«При генераторной схеме форма режущей кромки не совпадает с профилем детали, а обработанная поверхность формируется последовательно всеми зубьями инструмента». [15]

«При работе с большими подачами износ клина концентрируется на передней поверхности в форме лунки, а при снятии тонких стружек и при обработке хрупких материалов – на задней поверхности в виде площадки износа. Это необходимо учитывать при назначении припуска на переточку и выборе формы режущих зубьев и методов их заточки». [15]

«При обработке шпоночных пазов заготовку устанавливают при призмах ГОСТ 12195-66 [6]. Шпоночную фрезу выбирают исходя из размеров шпоночной канавки. При необходимости проверяют биение фрезы. Пазы для призматических шпонок могут быть сквозные, закрытые с двух сторон, закрытые с одной стороны. Сквозные шпоночные пазы обычно обрабатывают дисковыми трехсторонними фрезами за один проход. Если шпоночный паз большой ширины, а его длина небольшая, обработку можно произвести концевой шпоночной фрезой. Глухие (закрытые) шпоночные пазы фрезеруют стандартными концевыми шпоночными фрезами. Иногда предварительно сверлят отверстие на глубину фрезерования». [14]

4.2 Проектирование концевой фрезы

Схема обработки шпоночного паза вала-шестерни горизонтально-фрезерного станка на операции 030 представлена на рисунке 5.

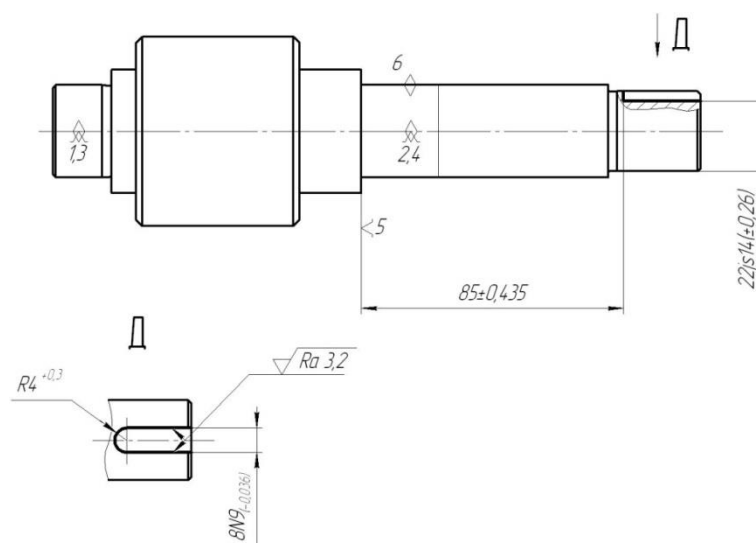


Рисунок 5 - Схема операции 030

На операции 030 обрабатывают шпоночный паз. Режущим инструментом является концевая фреза.

Определим диаметр режущей части фрезы

$$d_a = 0,4B^{0,2}t^{0,175}S_z^{0,14}Z^{0,2}l^{0,62}y^{-0,2}, \quad (34)$$

где $B = 8; t = 4; S_z = 0,025; l = 40; y = 0,2$. [15]

$$d_a = 0,4 \cdot 8^{0,2} \cdot 4^{0,175} \cdot 0,025^{0,14} \cdot 4^{0,2} \cdot 40^{0,62} \cdot 0,2^{-0,2} = 7,8, \text{ мм.}$$

$$d_a = 8 \text{ мм.}$$

Угол наклона стружечных канавок

$$\omega = 30^\circ. [15]$$

Концевая фреза состоит из трех основных частей: режущая часть, имеющая длину l , хвостовая часть, имеющая длину l_2 и шейка, имеющая длину l_1 .

Длина фрезы

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (35)$$

где $l_2 = 60$. [15]

Длина шейки

$$l = d \cdot \left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d} \right) \quad (36)$$

$$l = 8 \cdot \left(\sqrt[4]{8} + \frac{12}{8} \right) = 12,7, \text{ мм.}$$

$$l = 12 \text{ мм.}$$

Длина режущей части

$$l_1 = 4 \cdot d \quad (37)$$

$$l_1 = 4 \cdot 8 = 32, \text{ мм.}$$

$$L = 12 + 32 + 60 = 104, \text{ мм.}$$

Ширина ленточки

$$f = 0,5 \text{ мм. [15]}$$

Мощность резания

$$N = 10^{-5} \cdot c_N \cdot t^{0,86} \cdot n \cdot B \cdot S_Z^{0,72} \cdot d_a^{0,14} \cdot z, \quad (38)$$

где $c_N = 3,5$. [15]

$$N = 10^{-5} \cdot 3,5 \cdot 4^{0,86} \cdot 1600 \cdot 8 \cdot 0,025^{0,72} \cdot 8^{0,14} \cdot 4 = 0,35, \text{ кВт.}$$

Мощность выбранного для операции 030 шпоночно-фрезерного станка выше расчетной, значит обработка возможна.

Чертеж концевой фрезы для обработки шпоночного паза вала-шестерни робота-манипулятора на операции 030 представлен в графической части.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

В данной работе мы проектируем технологический процесс изготовления вала-шестерни робота-манипулятора. Участок механической обработки содержит несколько рабочих мест, на которых проводятся следующие технологические операции: центровально-подрезная, проводимая на центровально-подрезном станке 2А911-1, четыре токарных операции, проводимые на токарных станках с ЧПУ САМАТ-400ХС, шпоночно-фрезерная на шпоночно-фрезерном станке 692Д, зубофрезерная, проводимая на зубофрезерном станке с ЧПУ 5320Ф4, центрошлифовальная операция, проводимая на центрошлифовальном станке 3К255В, торцекруглошлифовальная операция, проводимая на торцекруглошлифовальном станке с ЧПУ ХШ4-104Ф20, три круглошлифовальные операции, проводимые на круглошлифовальных станках с ЧПУ КШ-400.2, зубошлифовальная операция, проводимая на зубошлифовальном станке 5М841, моечная и контрольная операции.

Модернизацией в типовом варианте техпроцесса подверглись две операции, а именно 020 Токарная чистовая и 030 Шпоночно-фрезерная, поэтому анализировать безопасность и экологичность рабочих мест будем относительно этих двух операций.

«Опасные и вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на следующие группы: физические, химические, биологические, психофизиологические». [25]

В процессах механической обработки выделяется тепло, что может привести к травмированию рабочего, который управляет работой станка. Источником тепла в процессе механической обработки может являться сам процесс резания, в результате которого происходит нагрев режущих инструментов, участвующих в обработке, обрабатываемой заготовки и снимаемой стружки. Уровень их нагрева зависит от скорости обработки.

При токарной обработке на токарном станке SAMAT-400XC оператор этого станка, представленного на рисунке 6, закрыть от зоны обработки специальным кожухом.



Рисунок 6 – Токарный станок SAMAT-400XC

Перед началом обработки оператор токарного станка SAMAT-400XC устанавливает в станочное приспособление заготовку. После этого включает автоматизированное станочное приспособление, которое было спроектировано в данной работе ранее, это приспособление зажимает заготовку. После этого оператор станка обязательно должен закрыть зону обработки защитным кожухом. Только после этого он может запускать работу станка по заранее подготовленной программе.

После выполнения станком все рабочих движений и холостых ходов, прописанных в рабочей программе, режущие инструменты находятся справа от зоны обработки на достаточном удалении от заготовки, подача СОТС

выключена. После этого оператором станка отодвигается защитный кожух, включается движение станочного приспособления на разжим обработанной заготовки и снимается эта заготовка. При снятии обработанной заготовки оператор станка должен находиться в защитных перчатках ГОСТ 12.4.252-2013 [4], чтобы разогретая заготовка не повредила своей высокой температурой кожу рук оператора.

Еще одним опасным фактором является то, что оператору токарного станка SAMAT-400XC периодически необходимо убирать из накопителя станка стружку. Это необходимо делать не после каждой операции обработки, а по мере накопления определенного количества этой стружки. Во избежание ожогов это выполняется специальным крючком для сбора стружки ГОСТ EN 12840-2011 [10]. Оператор в строго отведенное время перемещает стружку в специальный контейнер, а далее цеховым транспортом общая цеховая стружка отвозится на утилизацию или переработку.

Снижению разогрева режущих инструментов, участвующих в обработке, способствует подача в зону обработки смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Испарения этих жидкостей тоже могут негативно повлиять на окружающую среду рабочего места станочника шпоночно-фрезерного станка 692Д (рисунок 7) или оператора станка с ЧПУ. В связи с этим отделом охраны труда предприятия обязательно ведется контроль за качеством внутрицехового воздуха. В цехе имеется централизованная система вентиляции воздуха ГОСТ 22270-2018 [7], которая выводит из цеха нежелательные газообразные элементы. И, если возникает необходимость, то оператор станка должен находиться на рабочем месте в респираторе ГОСТ 12.4.296-2015 [5]. Эти меры устранят проблемы возникновения заболеваемости органов дыхания у операторов станков.

В отличие от токарного станка SAMAT-400XC шпоночный фрезерный станок 692Д не имеет защитного кожуха, который бы закрывал зону

обработки от вылета образовавшейся стружки, от действия высоких температур, возникающих при резании и так далее.



Рисунок 7 – Шпоночно-фрезерный станок 692Д

Станочнику, выполняющему работы на шпоночно-фрезерном станке 692Д для защиты органов зрения от попадания стружки, образующейся при резании, необходимо перед началом работ одевать защитные очки ГОСТ Р 12.4.013-97 [11].

Важно на предприятии иметь противопожарную систему ГОСТ Р 59638-2021 [12] для исключения возникновения пожаров.

«Системы пожарной сигнализации предназначены для обнаружения пожара, формирования, обработки, регистрации и передачи в заданном виде сигналов о пожаре, режимах работы системы, другой информации и выдачи сигналов на управление техническими средствами противопожарной защиты, технологическим и другим оборудованием. Системы пожарной сигнализации

являются одним из наиболее эффективных средств защиты людей и сохранения материальных ценностей от пожара". [12]

«Проектирование систем пожарной сигнализации и монтаж технических систем пожарной сигнализации являются основными критериями максимальной эффективности функционирования систем на объектах защиты. Надлежащая эксплуатация систем пожарной сигнализации, систематическая и качественно выполняемая проверка их работоспособности, проведение технического обслуживания позволяют обеспечить необходимую работоспособность систем пожарной сигнализации» [12]

На участке механической обработки вала-шестерни робота-манипулятора необходимо иметь такую систему для своевременного реагирования и обеспечение безопасности на машиностроительном предприятии.

В данном разделе нами проанализированы опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникать при работе на токарном и шпоночно-фрезерном станках изготовления вала-шестерни робота-манипулятора. Предложены меры по их уменьшению или исключению. Также в разделе сделаны предложения по снижению рисков возникновения пожара на машиностроительном предприятии.

6 Экономическая эффективность работы

Любое техническое решение предполагает экономическое обоснование предложенных совершенствований. В этом и заключается основная задача данного раздела бакалаврской работы.

Подробное описание производимого изделия, его технологического процесса изготовления вала-шестерни робота-манипулятора, применяемой оснастки и инструмента, а также трудоемкость операций, представлены в предыдущих разделах бакалаврской работы. Но для выполнения основной задачи данного раздела, наибольший интерес представляют только предложенные изменения в технологический процесс.

Предложенные изменения технологического процесса и результаты представлены на рисунке 8.

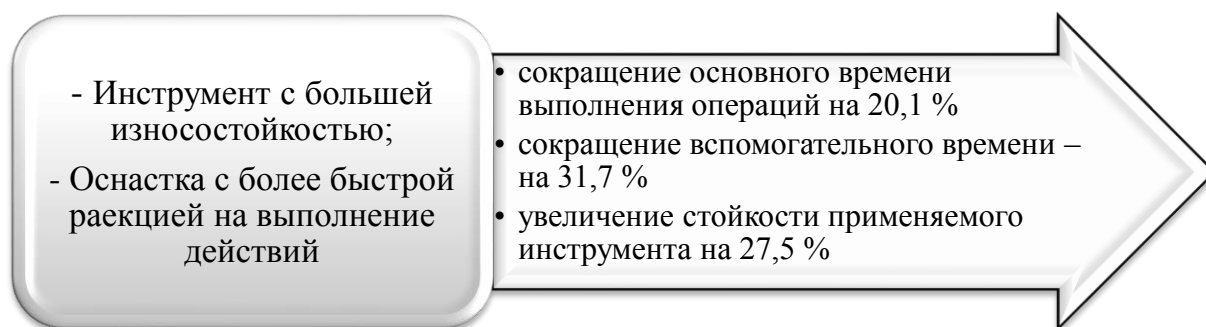


Рисунок 8 – Основные изменения технологического процесса и их технические результаты

Основываясь на технических результатах, представленных на рисунке 8, можно сделать предварительный вывод об эффективности предложенных совершенствований. Однако, для получения действительного подтверждения эффективности предложенных совершенствований, необходимо провести комплекс экономических расчетов. Этот комплекс, укрупнено, можно разделить на несколько этапов. Последовательность и название этапов, а также проводимые расчеты для их выполнения

представлены на рисунке 9.



Рисунок 9 – Последовательность выполнения этапов экономических расчетов определению эффективности проекта

Представленные на рисунке 9 расчеты и методики для их проведения [18] позволят получить результаты и сделать итоговые выводы по эффективности предложенных мероприятий. Для упрощения выполнения перечисленных расчетов дополнительно используется программное обеспечение Microsoft Excel.

Результаты расчетов по определению себестоимости изготовления вала-шестерни двух сравниваемых вариантов представлены на рисунке 10.

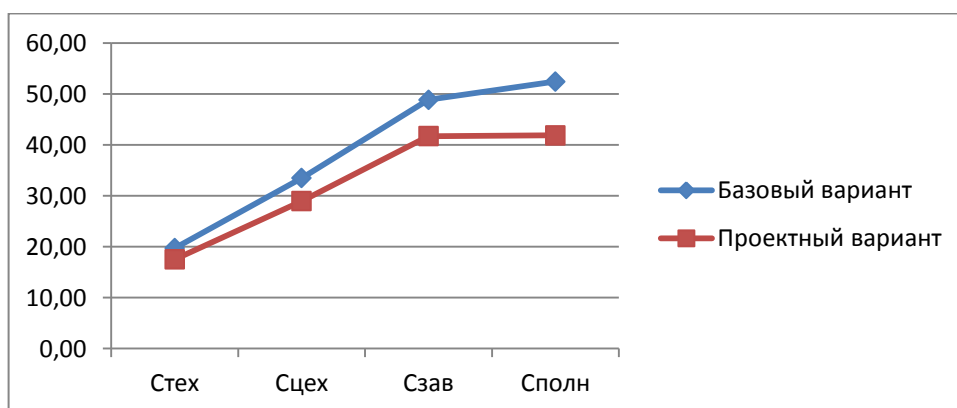


Рисунок 10 – Результаты расчетов по определению себестоимости

На рисунке 10 видно, что технологическая ($C_{ТЕХ}$), цеховая ($C_{ЦЕХ}$), производственная ($C_{ЗАВ}$) и полная ($C_{ПОЛН}$) себестоимости, по сравниваемым вариантам, в проектном варианте имеют меньшие значения. Это показывает снижение итоговых расходов на производство вала-шестерни после предложенных совершенствований на 18,49 %.

Результаты расчетов по определению капитальных вложений в совершенствованный технологический процесс, представлены на рисунке 11.



Рисунок 11 – Результаты расчетов по определению капитальных вложений

Из рисунка 11 видно, что совершенствование технологического процесса не предполагает затраты в основное оборудование ($K_{ОБ}$), т.к. оно не меняется. Основные затраты приходятся на сопутствующие капитальные вложения ($K_{СОП}$), которые учитывают такие затраты как:

- затраты на проектирование – $Z_{ПР} = 65209,17$ руб.;
- затраты на оснастку – $K_{ПР} = 2155,06$ руб.;
- затраты на инструмент – $K_{И} = 5440,37$ руб.;
- оборотные средства в незавершенном производстве – $НЗП = 53,09$ руб.

Поэтому в предложенном проекте общие капитальные вложения или капитальные вложения в проект ($K_{ВВ.ПР}$) совпадают с величиной сопутствующих капитальных вложений.

Результаты расчетов по определению экономической эффективности проекта представлены на рисунке 12.



Рисунок 12 – Результаты расчетов по определению экономической эффективности

Как видно из рисунка 12, предложенные совершенствования технологического процесса можно внедрять, т. к. это позволит получить предприятию экономический эффект в размере 14200,20 руб.

Заключение

В результате выполнения работы нами был спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни робота-манипулятора заданного качества с минимальной себестоимостью, согласно заданной годовой программы выпуска.

Вначале нами проанализирована конструкция вала-шестерни робота-манипулятора, а также конструкция самого робота-манипулятора, куда входит данная деталь. Также проанализирован материал, из которого изготавливается вал-шестерня робота-манипулятора. Рассмотрены ее характеристики и химический состав. Также была проанализирована технологичность конструкции вала-шестерни.

В технологической части работы нами выполнен анализ типа применяемого машиностроительного производства и принят среднесерийный тип производства, также описаны основные характеристики среднесерийного машиностроительного производства. Далее проведено технико-экономическое сравнение двух наиболее подходящих методов получения заготовки для вала-шестерни и выбрана штамповка. Для изготовления каждой поверхности вала-шестерни выбраны методы механической обработки. На обработку самой точной поверхности в работе рассчитаны припуски. Далее был спроектирован технологический процесс и определены режимы резания на токарную 020 и шпоночно-фрезерную 030 операции.

Для базирования заготовки на чистовой токарной 020 операции разработана конструкция токарного патрона, имеющего механизированный привод.

Для операции обработки шпоночного паза 030 разработана конструкция концевой фрезы. Этот инструмент выполнен из твердого сплава и имеет в 3 раза большую стойкость, чем стойкость базового варианта фрезы из быстрорежущей стали, что снижает вспомогательное время операции 030, затрачиваемое на смену режущего инструмента.

Список используемой литературы

1. Бойко А.Ф. Проектирование машиностроительных цехов и участков : учеб. пособие / А.Ф. Бойко, А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, М.Н. Воронкова. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 264 с.
2. Вереина Л. И. Metalлообработка : справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е. И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. - Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
3. ГОСТ 1050-2013. Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия. – 36 с.
4. ГОСТ 12.4.252-2013. Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки. Общие технические требования. Методы испытания. – 15 с.
5. ГОСТ 12.4.296-2015. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Респираторы фильтрующие. Общие технические условия. – 11 с.
6. ГОСТ 12195-66. Приспособления станочные. Призмы опорные. Конструкция. – 6 с.
7. ГОСТ 22270-2018. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Термины и определения. – 28 с.
8. ГОСТ 3.1109-82. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. – 15 с.
9. ГОСТ EN 12840-2011. Станки токарные с ручным управлением, оснащенные и не оснащенные автоматизированной системой управления. – 59 с.
10. ГОСТ Р 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. – 16 с.
11. ГОСТ Р 59638-2021. Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. – 24 с.

12. Деркач В.В. Технологические методы повышения надежности : учеб. пособие / В.В. Деркач, В.Г. Чуранкин, С.Б. Скобелев, А.М. Лисица; Минобрнауки России; Ом. гос. техн. ун-т. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2022. – 119 с.
13. Должиков В.П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: учебное пособие. – 3-е изд, стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 328 с.
14. Иванов И.С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие / И.С. Иванов. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 198 с.
15. Кожевников Д.В. Режущий инструмент : учебник для вузов / Д.В.Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев, А.Г.Схиртладзе ; под. общ. ред. С.В. Кирсанова. – 5-е изд., стереотип. – М. : Инновационное машиностроение, 2022. – 520 с.
16. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
17. Козловский С.Н. Введение в сварочные технологии : учебное пособие. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 416 с.
18. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : учеб.-метод. пособие / И.В.Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 183 с.
19. Либерман Я.Л. Расчет режимов резания при точении с учетом виброустойчивости технологической системы : учебное пособие / Я.Л. Либерман. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 124 с.

20. Москвичев А. А. Захватные устройства промышленных роботов и манипуляторов : учебное пособие / А.А. Москвичев, А.Р. Кварталов, Б.В. Устинов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 176 с.
21. Полетаев В.А. Выпускная квалификационная работа магистра / В.А. Полетаев, И.И. Ведерникова. — 2-е изд., перераб. и доп. / ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». — Иваново, 2018. — 148 с.
22. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. — М.: НИИТавтопром, 1995. — 456 с.
23. Симонов Ю.Н. Металлургические технологии : учеб. пособие / Ю.Н. Симонов, С.А. Белова, М.Ю. Симонов. — Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политех. ун-та, 2013. — 305 с.
24. Тюняев А. В. Детали машин : учебник / А. В. Тюняев, В. П. Звездаков, В. А. Вагнер. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 736 с.
25. Угарова Л.А. Охрана труда : электронное учебно-методическое пособие для студентов очной формы обучения / Л.А. Угарова, Л.Н. Горина. — Тольятти : Изд-во ТГУ, 2017. — 241 с.
26. Черепяхин А.А. Технологические процессы в машиностроении : учебное пособие / А.А. Черепяхин, В.А. Кузнецов. — 3-е изд., стер. — СПб. : Издательство «Лань», 2022. — 184 с.
27. Ямников А.С. Расчет припусков и проектирование заготовок : учебник для вузов / А.С. Ямников, Е.Ю. Кузнецов, М.Н. Бобков ; под. ред. А.С. Ямникова. — Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 328 с.

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 2

A	Цех	Уч	Р/У	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	Обозначение документа			
												ЕН	ОП	Китп	Поз
B					Код, наименование обработки										
T.17					396110 XXXX Патрон самоцентра; XXXXXX.XXXX цпор откидной; 392104.XXXX Резец механич. Т15К6;										
T.18					393111.XXXX ШЦ-И-350-0.1. 393120.XXXX Калибр-скоба										
19															
A.20					XX XX XX 015 4.112 Токарная черновая ИОТ И37.101.XXXX-XX										
B.21					38.18.25 XXXX СА500СФЗК Токарный 2 18632 422 1Р 1 1 1 100 1 16 0.40										
0.22					Точить поверхность 2, выдерживая размер $\phi 30,7 \pm 0,125$; точить поверхность 3, выдерживая размер $191,5 \pm 0,575$;										
0.23					точить поверхность 4, выдерживая размер $\phi 4,05_{\pm 0,02}$; точить поверхность 5, выдерживая размер $183,5 \pm 0,575$;										
0.24					точить поверхность 6, выдерживая размер $\phi 6,185_{\pm 0,03}$.										
T.25					396110 XXXX Патрон самоцентра; XXXXXX.XXXX цпор откидной; 392104.XXXX Резец механич. Т15К6;										
T.26					393111.XXXX ШЦ-И-350-0.1. 393120.XXXX Калибр-скоба										
27															
A.28					XX XX XX 020 4.112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX										
B.29					38.18.25 XXXX СА500СФЗК Токарный 2 18632 422 1Р 1 1 1 100 1 16 0.96										
0.30					Выполнить канавку, выдерживая размеры 3, 0.25 R1 45°; выполнить канавку, выдерживая размеры 2, 0.5 R1										
0.31					45°; выполнить фаску, выдерживая размер 1x45°;										
0.32					точить поверхность 14, выдерживая размер $\phi 26,3_{\pm 0,05}$; точить поверхность 13, выдерживая размер $180 \pm 0,5$;										
0.33					точить поверхность 12, выдерживая размер $\phi 30,3_{\pm 0,05}$; точить поверхность 11, выдерживая размер $\phi 30,3 \pm 0,031$;										
0.34					точить поверхность 10, выдерживая размер $100,2 \pm 0,435$; точить поверхность 9, выдерживая размер $\phi 40_{\pm 0,05}$;										
0.35					точить поверхность 8, выдерживая размер $80 \pm 0,37$; выполнить фаску (пов. 7) выдерживая размер 2x45°.										
T.36					396110 XXXX Патрон самоцентра; XXXXXX.XXXX цпор откидной; 392104.XXXX Резец механич. Т15К6;										
T.37					392104.XXXX Резец канавоч. Т15К6 [2]; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0.1. 393120.XXXX Калибр-скоба										
38															
A.39					XX XX XX 025 4.112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX										
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Лист 4														
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	послб	Р	УТ	КР	Обозначение документа			
											КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Б	Код наименования оборудования													
А 69	XX	XX	XX	045	Центрошлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.									
Б 70	381623	XXXX	3922	Торцевкруглошлифовальный 2	17001	422	1Р	1	1	1	100	1	10	0.12
0 71	Шлифовать центровые отверстия.													
Т 72	39671X	XXXX	Патрон	39284.1XXXX12	(менные призмы; XXXXXX.XXXX Упор откидной;									
Т 73	398710	XXXX	Круг	шлифовальный 1	50x20x30 14AF24K5L7	30	м/с 10С1 Р 52781-2007.;							
Т 74	393410	XXXX	Микрометр	393120.XXXX	Калибр-дробка.									
75														
А 76	XX	XX	XX	050	Торцевкруглошлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.									
Б 77	381623	XXXX	XШ4-104Ф20	Торцевкруглошлиф. 2	17001	422	1Р	1	1	1	100	1	10	0.93
0 78	Шлифовать поверхность 11 выдерживая размер $\phi 30 \pm 0.0125$; шлифовать поверхность 14 выдерживая размер $\phi 26 \pm 0.021$;													
0 79	шлифовать поверхность 10 выдерживая размер 100 ± 0.435 .													
Т 80	39671X	XXXX	Патрон	поводковы; 39284.1XXXX	Центр вращающийся; XXXXXX.XXXX Упор откидной;									
Т 81	398710	XXXX	Круг	шлифовальный 1	350x60x750 14AF24K5L7	30	м/с 10С1 Р 52781-2007.;							
Т 82	393410	XXXX	Микрометр	393120.XXXX	Калибр-скоба.									
83														
А 84	XX	XX	XX	055	Круглошлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.									
Б 85	381623	XXXX	KШ-400.2	Круглошлифовальный 2	17001	422	1Р	1	1	1	100	1	10	0.52
0 86	Шлифовать поверхность 2 выдерживая размер $\phi 30,1 \pm 0.0125$.													
Т 87	39671X	XXXX	Патрон	поводковы; 39284.1XXXX	Центр вращающийся; XXXXXX.XXXX Упор откидной;									
Т 88	398710	XXXX	Круг	шлифовальный 1	350x60x750 14AF24K5L7	30	м/с 10С1 Р 52781-2007.;							
Т 89	393410	XXXX	Микрометр											
90														
А 91	XX	XX	XX	060	Зубошлифовальная ИОТ И37.101.74.19.1-00.									
МК														

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Цех		Уч	РМ	Опер	Код наименования операции		Обозначение документа									
					Код наименования обработки	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОЛД	ЕН	ОП	КШП	Поз	Тшт
А		381623	XXXX	ЗМ841	Здвошлифовальный	2	17001	422	1Р	1	1	100	1	10	10	10,73
Б		Шлифовать поверхность 20 и 21 выдерживая размеры $\phi 57,61$ ^{0,004} , $m=3$, $z=18$, $\beta=20$ 2152 ± 10 , $45,43$ ^{0,004} .														
0 94		398110.XXXX Круг червячный 1 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с 10С1 Р 52781-2007.														
0 95		393410.XXXX Микрометр; 393120.XXXX Калибр-пробка.														
Т 98																
Т 99		XX XX XX 065 Круглошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.74.19.1-00.														
100		381623 XXXX КШ-400.2 Круглошлифовальный 2 17001 ^{0,004} 422 1Р 1 1 100 1 10 0,88														
101		Шлифовать поверхность 11 выдерживая размер $\phi 30$ ^{0,004} ; шлифовать поверхность 14 выдерживая размер $\phi 26$ ^{0,004} .														
102		39611X.XXXX Патрон поводковы; 39284.1XXXX Центр вращающийся; XXXXXX.XXXX Упор откидной.														
103		398110.XXXX Круг шлифовальный 1 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с 10С1 Р 52781-2007.														
104		393410.XXXX Микрометр.														
105																
106		XX XX XX 070 Круглошлифовальная ИОТ ИЗ7.101.74.19.1-00.														
107		381623 XXXX КШ-400.2 Круглошлифовальный 2 17001 ^{0,004} 422 1Р 1 1 100 1 10 0,52														
108		Шлифовать поверхность 2 выдерживая размер $\phi 30$ ^{0,004} .														
109		39611X.XXXX Патрон поводковы; 39284.1XXXX Центр вращающийся; XXXXXX.XXXX Упор откидной.														
110		398110.XXXX Круг шлифовальный 1 350x60x150 14AF24k5L7 30 м/с 10С1 Р 52781-2007.														
111		393410.XXXX Микрометр.														
112																
113		XX XX XX 075 Моечная ИОТ ИЗ7.101.XXXX														
114																
115		XX XX XX 080 Контрольная ИОТ ИЗ7.101.XXXX														
116																
МК																

Лист 5