

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Направление 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
Профиль «Технология машиностроения»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему:

**Совершенствование технологического процесса изготовления специальной
трехподвижной кинематической пары**

Студент(ка)	Конюкова И.А. <small>(И.О. Фамилия)</small>	_____	<small>(личная подпись)</small>
Руководитель	Резников Л.А. <small>(И.О. Фамилия)</small>	_____	<small>(личная подпись)</small>
Консультанты	Горина Л.Н. <small>(И.О. Фамилия)</small>	_____	<small>(личная подпись)</small>
	Зубкова Н.В. <small>(И.О. Фамилия)</small>	_____	<small>(личная подпись)</small>
	Виткалов В.Г. <small>(И.О. Фамилия)</small>	_____	<small>(личная подпись)</small>

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой
к.т.н, доцент

_____ А.В. Бобровский
(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. _____ зав. _____ кафедрой _____

А.В.Бобровский

«___» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

(уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств»

профиль «Технология машиностроения»

Студент Конюкова Ирина Алексеевна гр. ТМбз-1131

1. Тема Совершенствование технологического процесса изготовления специальной трехподвижной кинематической пары

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «_____» 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе *Материалы преддипломной практики*

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание. Введение

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

ПРИЛОЖЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

УДК 621.827.1

Конюкова Ирина Алексеевна

Совершенствование технологического процесса изготовления специальной трехподвижной кинематической пары.

Выпускная квалификационная работа – Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2016.

В выпускной квалификационной работе производится разработка нового технологического процесса механической обработки корпуса трехподвижной кинематической пары и разрабатывается технологический процесс сборки трехэлементного шарнира.

Предложено:

- Использовать цельнокованую заготовку кинематической пары;
- Использовать в технологическом процессе механической обработки современных высокопроизводительных станков с ЧПУ;
- На основе патентных исследований оптимизировано сопряжение в паре вкладыш – корпус, также на базе этой части работы спроектирована конструкция вкладыша;
- Разработано оригинальное приспособление для реализации под сборки «вкладыш- корпус» сборки специальной трехподвижной кинематической пары, при которой достигаются оптимальные параметры сопряжений поверхностей деталей
- Скомпонован участок роботизированной сборки кинематической пары
- Выполнено экономическое обоснование предлагаемых технических решений.
- Предложены инженерные мероприятия по обеспечению безопасности и технологичности технических объектов

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки, включающей страниц текста, рисунков, таблиц, приложения и графической части, содержащей листов чертежей.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ.....6

ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ.....16

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ.....43

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ.

ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА..... 46

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....54

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ПРИЛОЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс в машиностроении в значительной степени определяется развитием и совершенствованием конструктивных исполнений узлов и механизмов, а также технологическими процессами их изготовления. В нынешних непростых экономических условиях (при росте курсов иностранной валюты, действии ряда ограничений и санкций, затрагивающих высокотехнологичные производства в Российской Федерации) зачастую требуется нетривиальное решение задач, связанное с оптимальным использованием существующих средств труда, технологий, наработок.

Повышение качества детали и снижение его себестоимости невозможно без совершенствования технологических процессов обработки деталей и сборки узлов. Эти два различных вида технологических воздействий тесно связаны между собой и самым непосредственным образом отвечают за качество и ресурс готового получаемого изделия. Применение актуальных средств автоматизации, широкое использование сопутствующих инженерных расчетов позволяют значительно повысить качество проектируемых технологических процессов.

Целью выпускной квалификационной работы является совершенствование технологического процесса изготовления специальной трехподвижной кинематической пары. В процессе работы на базе выполненных патентных исследований предлагается усовершенствованная конструкция кинематической пары.

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Описание конструкции узла (сборочной единицы), в которую входит деталь.

Деталь – специальная трехподвижная кинематическая пара (шаровый шарнир).

Корпус шарнира сопрягается с вкладышем и защитным чехлом шарнира.. Фланцем корпус крепится к рычагу подвески. В проточку корпуса шарнира, крепится защитный чехол шарнира.

Служебное назначение поверхностей детали

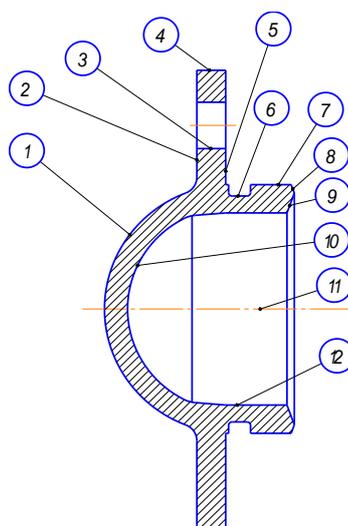


Рисунок 1.1 –Нумерация поверхностей корпуса специальной кинематической пары

Основная конструкторская база – поверхность, относительно которой, данная деталь ориентируется в узле, т.е. деталь базируется – лишается степеней свободы.

Выполним анализ уровня вида техники трехподвижных кинематических пар. Для этого проведем патентные исследования.

Корпус, вкладыш и шаровая головка пальца трехподвижной кинематической пары оптимальной конфигурации должны обеспечивать жесткую запрессовку вкладыша в корпус с исключением его разворота относительно него в процессе последующей эксплуатации шарового шарнира, так как этот разворот приводит к защемлению вкладыша в кольцевом пространстве между основанием (отверстием) корпуса и шаровой головкой пальца и, в свою очередь, приводит к ограничению хода этого пальца.

Эксплуатация трехподвижной кинематической пары в виде шарового шарнира происходит в условиях действия долговременной знакопеременной динамической нагрузки на него и его детали, в особенности на вкладыш, поэтому вкладыш должен обладать высокой стабильностью размеров в условиях эксплуатации, что позволяет длительное время сохранять деталям первоначальные характеристики по моменту кручения и качания шарового шарнира, то есть сохранять так называемое «беззорное» условие (палец – вкладыш).

Следует отметить, что эксплуатация шарового шарнира требует применения и так называемых разделительных уплотнений в виде защитного чехла, закрывающего подвижные относительно друг друга детали шарового шарнира от пыли, грязи, и влаги и выполняющего одновременно роль контейнера для смазки, необходимой для фрикционного взаимодействия этих деталей.

Одним из основных требований, предъявляемым к защитным чехлам, является сохранение целостности оболочки в процессе их эксплуатации и высокая степень герметизации внутренней полости чехла.

Известен сферический шарнир, содержащий корпус, выполненный в виде обоймы с фигурным фланцем, палец, шаровая головка которого размещена в корпусе, фиксирующую крышку и эластичный вкладыш полусферической формы, ответной шаровой головке, с полюсным отверстием и канавками на наружной поверхности, выполненными

продольными и связанными с полюсным отверстием посредством пазов [Патент РФ № 2104416, Кл. F16C 11/06, 1998г.].

Такое выполнение канавок обеспечивает повышение надежности, долговечности и других эксплуатационных свойств сферического шарнира за счет гарантированной дозированной подачи смазки к трущимся поверхностям шаровой головки и вкладыша, но в то же время не способно предохранить его от разрушения в результате действия знакопеременных динамических нагрузок на материал вкладыша.

Известен сферический шарнир, содержащий корпус с кольцевой ступенькой на его внутренней поверхности, палец с шаровой головкой, установленный в корпусе, эластичный вкладыш сферической формы, ответной шаровой головке пальца, с концентрическими канавками на его наружной поверхности, а также фиксирующий элемент, установленный в корпусе со стороны, противоположной пальцу, и выполненный в виде резьбовой пробки, ввернутой в корпус, при этом сферическая часть эластичного вкладыша с концентричными канавками на его наружной поверхности дополнительно снабжена каналами, сообщающими упомянутые канавки между собой, на внутренней поверхности эластичного вкладыша выполнены меридиональные пазы, а в области нижней полусферы этого вкладыша – прорезы, образующие лепестки, и совмещенные с упомянутыми меридиональными пазами, причем на внутренней боковой поверхности корпуса дополнительно выполнена кольцевая проточка для создания дополнительного поджатия вкладыша к шаровой головке в процессе эксплуатации [Патент РФ № 2114333, Кл. F16C 11/06, 1998г.].

Такое выполнение сферического шарнира позволяет увеличить его износостойкость и срок службы, но не предохраняет от разрушения вкладыш, особенно его выступы, в результате действия знакопеременных динамических нагрузок со стороны пальца.

Известен шаровой шарнир, взятый за прототип, содержащий палец с шаровой головкой, корпус с гнездом для пальца, вкладыш с выступами на наружной поверхности, зафиксированный изгибом стенки гнезда корпуса между шаровой головкой пальца и внутренней поверхностью гнезда корпуса с образованием в теле вкладыша упругой пластической деформации по всей его сферической поверхности и пластической частичной деформации выступов [Патент РФ № 2121613, Кл. F16C 11/06, 1998 г.].

Такое выполнение шарового шарнира повышает его функциональные характеристики при значительных динамических нагрузках во всех рабочих направлениях, при значительном сокращении затрат при его производстве, но, тем не менее, не предохраняет вкладыш от преждевременного изнашивания по тем же причинам.

Известен корпус с вальцуемым пояском, торец которого выполнен со скосом в направлении его наружной поверхности под углом, обеспечивающим расположение торца пояска после его обжатия на шаровой головке перпендикулярно к продольной оси корпуса [Авторское свидетельство СССР № 969994, Кл. F16C 11/06, 1982 г.].

Это повышает долговечность путем снижения окружных напряжений в завальцованном пояске в процессе сборки шарового шарнира, но при этом не учитываются условия обеспечения крепления защитного чехла на корпусе.

Известен корпус шарового шарнира, взятый за прототип, содержащий полость для пальца с шаровой головкой, выполненный в виде гнезда, внутренняя поверхность которой в полярной части от кольца имеет полусферическую конфигурацию, а наружная поверхность корпуса выполнена сферической с элементами его крепления, расположенными у экваториальной плоскости [Патент РФ № 2121613, Кл. F16C 11/06, 1998г.].

В этом корпусе не предусмотрен кольцевой поясок для закрепления в нем одной из торцовых частей защитного чехла.

Известен универсальный подшипник шарового шарнира, выполненный в виде усеченной (сферической) оболочки из антифрикционного термопластичного материала с продольными прорезями, радиально расположенными по окружности усеченной части для образования лепестков от торца к экваториальной плоскости, и с выступами на наружной поверхности, при этом на полюсе внутренней поверхности сферической оболочки образована выемка, соединенная меридиональными канавками с прорезями, а на наружной поверхности указанной оболочки образованы также впадины, взаимочередующиеся с выступами [Патент РФ № 2121614, Кл. F16C 11/06, 1998 г.].

Такое выполнение выступов и впадин обеспечивает уменьшение динамических нагрузок в экваториальной и полярной осях шарнира при упрощении сборки шарнира, но не исключает возможность разрушения вкладыша из-за того, что выступы в процессе сборки частично упруго деформируются, а в процессе эксплуатации подвергаются дальнейшей деформации, а это все приводит к усталости материала вкладыша в результате многократного (циклического) нагружения, приводящего к прогрессирующему разрушению.

Известен вкладыш сферического шарнира, имеющий внутреннюю и наружную сферические поверхности и усеченный торец, выступы на наружной поверхности, меридиональные канавки на внутренней поверхности и сопряженные с последними сквозные прорези, при этом центр наружной сферической поверхности смещен относительно центра внутренней сферической поверхности в направлении от усеченного торца для образования плавного утонения вкладыша [Патент РФ № 2130134, Кл. F16C 11/06, 1999г.].

Такое выполнение сферических поверхностей вкладыша повышает технологичность, надежность и увеличивает срок службы вкладыша, но так как сборка шарового шарнира с использованием этого вкладыша предусматривает после ввода головки шарового пальца совместно с

вкладышем заполнение пространства между корпусом и вкладышем полимером с последующим обжатием корпуса, а это предполагает возможность несимметричного размещения деталей шарового шарнира относительно корпуса, что отрицательно влияет на долговечность службы вкладыша. Утонение же лепестков, в случае поворота головки шарового пальца в процессе эксплуатации шарового шарнира, приводит к смятию их и, как следствие, к быстрому разрушению.

И, наконец, эта задача решается тем, что в защитном чехле шарового шарнира, содержащем трубчатый гофрированный элемент из эластомера с присоединительными участками разных диаметров, имеющими с внутренней стороны кольцевые выступы, а с внешней – кольцевые канавки, причем присоединительный участок меньшего диаметра выполнен в виде ступенчатой втулки, меньшая ступень которой обращена, внутрь трубчатого элемента, а большая ступень образована демпфирующим приливом, утолщающим стенку примыкающей гофры, внешняя и внутренняя поверхности присоединительного участка большого диаметра и участка гофры, примыкающей к указанному участку, выполнены радиусными, а внутренняя поверхность присоединительного участка меньшего диаметра выполнена конической.

Поверхность, примыкающая к корпусу шарового шарнира, может быть выполнена с уклоном к оси защитного чехла.

Выполнение пространства между выступами на наружной поверхности вкладыша выше экваториального сечения и стенкой гнезда корпуса с возможностью размещения в нем компенсаторных средств из материала с жесткостью, превышающей жесткость материала вкладыша, позволяет повысить восприимчивость вкладыша к сильным ударам в процессе эксплуатации шарового шарнира с обеспечением плавной его работы, а также уменьшает вероятность повреждения выступов вкладыша за счет заполнения пространства между ними (аналогично армированию).

Выполнение вкладыша с возможностью дополнительной фиксации в шаровом шарнире в промежутке между его торцом и экваториальной плоскостью с использованием клинового соединения позволяет использовать расклинивающее действие клина для предупреждения самопроизвольного разъема вкладыша с корпусом или разворота на любой угол относительно шаровой головки или корпуса.

Дополнительное наличие средств для предохранения от контакта корпуса и пальца позволяет устранить износ и резко снизить шум при ударном воздействии пальца на корпус.

Дополнительное наличие средств для закрепления присоединительного участка меньшего диаметра защитного чехла позволяет исключить возможность смещения этого участка вдоль пальца.

Выполнение компенсаторных средств в виде набора кольцевых элементов разных диаметров, каждый из которых сопрягается с соответствующей ему канавкой во вкладыше, а компенсатора, размещенного в полюсной канавке, в виде диска, обеспечивает размещение этих элементов в канавках в процессе сборки простым способом.

Выполнение компенсаторных средств в виде замазки, отверждаемой после сборки шарнира в канавках вкладыша, также упрощает процесс сборки.

Выполнение компенсаторных средств в виде заполнителя, размещаемого в канавках вкладыша, позволяет в процессе сборки использовать преимущества этого заполнителя, как полидисперсного или монодисперсного материала, заключающиеся в возможности регулирования степени заполнения.

Выполнение заполнителя в виде порошкообразного материала, увеличивающего свой объем при попадании влаги, позволяет использовать его в качестве компенсатора зазора между вкладышем, корпусом и шаровой головкой.

Выполнение компенсаторных средств в виде жидкой среды без смазочных свойств означает предупреждение проявления фрикционных свойств между поверхностями гнезда корпуса и вкладыша, приводящих к смещению последних между собой.

Выполнение гнезда корпуса с выступами, сопрягаемыми с кольцевыми канавками вкладыша, позволяет четко ориентированно фиксировать их между собой как в процессе сборки, так и при эксплуатации шарового шарнира.

Размещение средства для предохранения на корпусе и выполнение его в виде юбки, образованной торцами лепестков вкладыша, дает возможность получать это средство непосредственно в процессе изготовления вкладыша и сборки шарового шарнира.

Размещение предохранительного средства на шаровом пальце обеспечивает большие технологические возможности в процессе сборки шарового шарнира, а выполнение этого средства в виде втулки конической формы позволяет довольно простым способом улучшить эксплуатационные показатели работы шарового шарнира.

Выполнение же втулки из набора кольцевых элементов позволяет использовать эти элементы самых различных профилей, т.е. расширяются технологические возможности на стадии изготовления заготовок (деталей), а также еще упростить технологию сборки шарового шарнира.

Размещение между сопрягаемыми поверхностями присоединительного участка меньшего диаметра защитного чехла и конического участка пальца дополнительного уплотнения, выполненного в виде дистанционной втулки, исключает смещение этого участка защитного чехла вдоль пальца, и, тем самым, предотвращает утечки смазки из чехла из-за нарушения герметизации внутренней полости чехла, а также препятствует проникновению в эту полость извне пыли, грязи и влаги.

Выполнение дистанционной втулки клиновидной формы позволяет улучшить как присоединительные свойства самой втулки, так и

соответствующего ей присоединительного участка защитного чехла, особенно в том случае, когда поверхность этого участка, примыкающая к коническому пальцу, выполнена цилиндрической.

Выполнение дистанционной втулки с возможностью контакта по меньшей мере с двумя поверхностями присоединительной части меньшего диаметра защитного чехла позволяет усилить не только закрепление чехла на пальце, но и улучшить условия работы самого чехла.

Размещение границы между полусферической и цилиндрической частями внутренней поверхности корпуса в плоскости, расположенной выше верхней поверхности элемента крепления, позволяет выполнить симметричное размещение цилиндрической части относительно этого элемента по завершении процесса завальцовывания корпуса.

Выполнение кольцевой канавки, размещенной на элементе крепления, сопряженной с кольцевой канавкой на внешней поверхности цилиндрической части корпуса, позволяет заглубить в ней уплотнение чехла (после завершения сборки шарового шарнира), а также уменьшить напряжения в этом месте, возникающие в процессе завальцовывания корпуса.

Выполнение сечения торцевой поверхности цилиндрической части корпуса, по меньшей мере, с двумя гранями, одна из которых примыкает к наружной цилиндрической поверхности корпуса, а другая – к внутренней, дает возможность использовать эту торцевую поверхность как в качестве замыкающего элемента, с помощью которого в процессе завальцовывания можно регулировать степень «затяжки» (запрессовывания) вкладыша, так и в качестве ограничителя хода шаровой головки пальца.

Вспомогательная конструкторская база – поверхность, относительно которой, другие детали узла ориентируются относительно данной детали, т.е. определяют положение присоединяемых деталей.

Исполнительные поверхности – поверхности, выполняющие служебное назначение детали.

Свободные поверхности – не исполняющие служебного назначения и служащие для образования формы детали.

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей детали

Вид поверхности	Нумерация поверхности
Основная конструкторская база	5,7,11
Вспомогательная конструкторская база	1,2
Исполнительные поверхности	3,10
Свободные поверхности	все остальные

Сформулируем цель и задачи, которые необходимо решить при выполнении выпускной квалификационной работы:

Целью работы является совершенствование технологического процесса изготовления специальной трехподвижной кинематической пары (шарнира) в условиях крупносерийного изготовления.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- выбрать стратегию разработки технологического процесса;
- разработать полный технологический процесс механической обработки компонентов специальной кинематической трехподвижной пары;
- выполнить патентные исследования с целью предложения наиболее оптимальной конструкции кинематической пары;
- выполнить проектирование необходимых для реализации предложенной технологии средств технологического оснащения и средств автоматизации технологического процесса;
- предложить инженерные мероприятия по защите труда работающего персонала, обеспечить мероприятия по инженерной защите рассматриваемых технических объектов;
- выполнить экономического обоснование предлагаемых технических решений.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

Первоочередное проанализируем деталь на технологичность, с целью выявления возможности снижения себестоимости обработки детали, путём совершенствования её конструкции.

Анализ требований чертежа:

В чертеже детали были выявлены и исправлены недостатки:

1. все шероховатости R_z следует заменить на шероховатости R_a , по стандартному ряду шероховатостей. Знаки шероховатости указать по новому ГОСТ 2.309-73 с изменениями;

Остальные размеры выбраны из ряда предпочтительных чисел, в соответствии с технологическими особенностями детали, а так же по прочностным расчётам. Квалитеты точности выбраны в соответствии с учётом сопрягаемых деталей и служебным назначением этих поверхностей.

Материал заготовки

Корпус шарнира работает в условиях низких скоростей и переменных нагрузок, поэтому материалом детали выбрана конструкционная сталь.

В базовом варианте техпроцесса изготовления корпуса шарнира заготовку получаем штамповкой на КГМП. Предусмотрены базы для последующей механической обработки детали за исключением линии разъема. Механическая обработка производится на двух операциях в два установка на двух автоматических линиях.

На первой операции с необходимой точностью обрабатываются установочные базы для последующих операций. Не технологичным является то, что после механической обработки остаются острые кромки с заусенцами, что приводит к необходимости введения слесарно-очистной операции ручной обработки.

Что касается чертежа детали, то с конструкторской и технологической точек зрения он выполнен на достаточном уровне: представлены основные отклонения форм и размеров. Отклонения размеров в некоторых случаях

выставлены от средних значений размеров, что очень удобно, например, при размерном анализе. Не смотря на то, что деталь имеет очень сложную конфигурацию, практически все размеры указаны.

Технологичность заготовки

Деталь – корпус шарнира изготавливается из Стали 40 ГОСТ1050-88 методом горячей объёмной штамповки (поковка).

Конфигурация наружного контура и внутреннего отверстия не вызывают значительных трудностей при получении заготовки методом штамповки, степени сложности 4 группы.

Анализируя конструкцию детали с помощью этих критериев, выясняем, что в качестве черновых баз возможно использовать поверхность 3 и 1, которая является основной конструкторской базой. В качестве чистовых баз целесообразно использовать шлицевую поверхность 25 являющейся исполнительной поверхностью.

Измерительная и технологическая базы совпадают на операциях окончательного шлифования посадочного диаметра. Не соблюдение принципа единства баз на предварительных токарных операциях существенного влияния не имеет. Точность и шероховатость базовых поверхностей непрерывно улучшается в процессе обработки, и обеспечивают работу с минимальными припусками. Чертёжные размеры и допуски обеспечиваются заданными схемами базирования и закрепления.

Таким образом, с точки зрения базирования и закрепления заготовки деталь можно считать технологичной.

Технологичность обрабатываемых поверхностей

Количество и протяженность сопрягаемых поверхностей корпуса определяется конструкцией шарнира и условиями его работы.

Деталь незначительное количество труднодоступных поверхностей. Все поверхности унифицированы, имеется возможность выхода инструмента. Поверхности допускают использование не только стандартного инструмента, но и специализированного на изготовление данной детали.

Количественный анализ технологичности

Таблица 2.1 - Сводная таблица анализа технологичности

№	Наименование поверхностей	Количество поверхностей	Количество унифицированных поверхностей	JT	Ra
1	2	3	4	5	6
1	Шаровая поверхность	1	-	12	20
2	Торец	1	1	12	20
3	Цилиндрическая поверхность	3	1	12	20
4	Цилиндрическая поверхность	1	1	11	5
5	Торец	1	-	12	20
6	Цилиндрическая поверхность	1	1	12	20
7	Цилиндрическая поверхность	1	1	12	20
8	Фаска	1	1	12	20
9	Фаска	1	1	9	5
10	Шаровая поверхность	1	1	5	0,2
11	Фаска	1	1	12	20
		11	9		

Коэффициент унификации конструктивных элементов детали [2]

$$K_{y.э.} = Q_{y.э.} / Q_э, \quad (2.1)$$

где $Q_{y.э}$, $Q_э$ – количество унифицированных и неунифицированных поверхностей.

$$K_{y.э} = 9/11 = 0,81$$

Средний квалитет точности

$$JT_{cp.} = \sum JT \ n_i / \sum n_i \quad (2.2)$$

где JTn_i – число поверхностей соответствующего класса точности,

n_i – количество поверхностей.

$$JT_{cp.} = (12*10 + 11*1 + 9*1 + 5*1) / 11 = 13,18 \approx 13.$$

Средняя шероховатость поверхности:

$$K_{ш} = \sum Ra \ n_i / \sum n_i \quad (2.3)$$

где Ra – шероховатость поверхности,

n_i – количество поверхностей.

$$K_{ш} = (20*7 + 5*2 + 0,2*1) / 11 = 13,6 \approx 14.$$

По всем показателям деталь технологична.

Вывод:

Корпус специальной трехподвижной кинематической пары (корпус шарнира), изготовлен из стали 40 по ГОСТ1050-88, соответствует заданным механическим свойствам и по конструкции технологичен.

2.2 Выбор типа производства и стратегии разработки технологического процесса.

- в серийном производстве технологический процесс изготовления изделия преимущественно дифференцирован, т.е. расчленён на отдельные самостоятельные операции, выполняемые на определённых станках.

При серийном производстве обычно применяют универсальные, специализированные, агрегатные и другие металлорежущие станки. При выборе технологического оборудования специального или специализированного, дорогостоящего приспособления или вспомогательного приспособления и инструмента необходимо производить расчёты затрат и сроков окупаемости, а также ожидаемый

экономический эффект от использования оборудования и технологического оснащения.

Основные характеристики среднесерийного производства приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Основные характеристики среднесерийного типа производства

№ п/п	Показатели технологического процесса	Характеристика технологического процесса
1	2	3
1	Форма организации техпроцесса	Переменно-поточная
2	Повторяемость изделий	Периодическое повторение партии
3	Унификация партии	Разработка техпроцессов на базе основных
4	Вид общего плана разработки техпроцессов	Все виды
5	Заготовка	Прокат, отливка, горячая штамповка
6	Припуски на обработку	Небольшие
7	Расчёт припусков	Подробный, по переходам
8	Оборудование	Универсальное, отчасти специализированное
9	Загрузка оборудования	Периодическая смена деталей на станках вручную
10	K_{30}	10...20
11	Расстановка оборудования	С учётом характерного направления грузопотоков
12	Оснастка	Универсальная и специальная
13	Расчёт режимов резания	По отраслевым нормативам и эмпирическим формулам

14	Подробность разработки техпроцесса	МК, ОК, КЭ
15	Настройка станков	По измерительным инструментам и приборам
16	Нормирование по времени	Детальное, пооперационное
17	Квалификация рабочих	Различная
18	Использование достижений науки	Значительное

Используются станки полностью программно настроенные на изготовлении только данной детали. Соответственно деталь не может быть адаптирована к единичному типу производства, а из этого следует, что используется оборудование, предназначенное для непосредственного изготовления.

Так же технологический процесс на изготовление детали не имеет технологических карт (маршрутных и операционных карт, карты эскизов).

Проведём сравнение 2х видов заготовок: штамповки и поковки.

Себестоимость заготовки полученной методом штамповки

Штамповка – заготовка, которая выполняется на ГКМ и имеющая следующие характеристики:

$$S_{\text{заг}} = (C_i * Q * k_T * k_C * k_B * k_M * k_{\Pi}) - (Q - q) S_{\text{отх}}, \quad (2.4)$$

где $C_i = 32,49$ руб./кг – базовая стоимость 1 кг заготовок;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{\Pi}$ – коэффициенты зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объёма производства заготовок.

$k_T = 1,05$ коэффициент в зависимости от точности штамповок по ГОСТ 7505-74 повышенной точности;

$k_C = 1$ - коэффициент в зависимости от сложности штамповки;

$k_B = 1,33$ – коэффициент в зависимости от массы штамповки; [3]

$k_M = 1$ – коэффициент в зависимости от марки материала штамповки;

$k_{\Pi}=0,8$ – коэффициент в зависимости от объёма производства заготовок;

$Q=1,065$ кг – масса заготовки;

$q=0,71$ кг – масса детали;

$S_{отх}=0,91$ руб/кг – цена 1 кг стружки.

$$S_{заг} = (32,49*1,065*1,05*1*1,33*1*0,8)-(1,065-0,71)*0,91 = 38,33 \text{ руб.}$$

Коэффициент использования материала:

$$K_{им} = q/Q, \quad (2.5)$$

$$K_{им} = 0,71 / 1,065 = 0,67.$$

Себестоимость заготовки полученной методом поковки

Поковка – заготовка, которая выполняется на горячештамповочном кривошипном прессе и имеющая следующие характеристики:

длина 160,5 мм, максимальный диаметр 65,1 мм, масса 1,26 кг.

$$S_{заг} = (C_i*Q*k_T*k_C*k_B*k_M*k_{\Pi})-(Q-q)S_{отх}, \quad (2.6)$$

где $C_i=37,30$ руб./кг – базовая стоимость 1 кг заготовок;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{\Pi}$ – коэффициенты зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объёма производства заготовок.

$k_T=1$ коэффициент в зависимости от точности поковки по ГОСТ7062-79 повышенной точности;

$k_C=0,84$ - коэффициент в зависимости от сложности штамповки; [3]

$k_B=1,33$ – коэффициент в зависимости от массы штамповки; [3]

$k_M=1$ – коэффициент в зависимости от марки материала штамповки; [3]

$k_{\Pi}=0,8$ – коэффициент в зависимости от объёма производства заготовок;

$Q=0,26$ кг – масса заготовки;

$q=0,21$ кг – масса детали;

$S_{отх}=0,91$ руб/кг – цена 1 кг стружки.

$$S_{\text{заг}} = (37,30 * 0,26 * 1 * 0,84 * 1,33 * 1 * 0,8) - (1,26 - 0,71) * 0,91 = 41,5 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{им}} = 0,21 / 0,26 = 0,56.$$

Экономический эффект для сопоставления способов получения заготовок, при которых технологический процесс механической обработки не меняется, может быть рассчитан по формуле:

$$\mathcal{E}_3 = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) * N, \quad (2.7)$$

где $S_{\text{заг1}}$, $S_{\text{заг2}}$ – стоимость сопоставляемых заготовок, руб.

$$\mathcal{E}_3 = (38,33 - 41,5) * 50000 = -158500 \text{ руб.}$$

Таблица 2.3 - Итоговая таблица расчётов стоимости заготовок

Заготовка	$K_{\text{им}}$	Стоимость, $S_{\text{заг}}$
Штамповка	0,67	38,33 руб.
Поковка	0,56	41,5 руб.

Вывод:

технико-экономические расчеты показывают, что заготовка, выполненная методом горячей объёмной штамповки на горизонтально-ковочной машине, более эффективна как по себестоимости изготовления, так и по коэффициенту использования материала. Её и выберем для изготовления детали.

Анализ последовательности обработки отдельных поверхностей детали проводим с целью проверки правильности выбора метода обработки.

Название операции задаётся по типу оборудования, на котором оно производится: токарная, вертикально-фрезерная, зубофрезерная, сверлильная.

Маршрут обработки каждой поверхности заносим в столбец 4, таблицы 2.6, где обозначено:

Т – точение черновое,
Тч – точение чистовое,
Тт – шлифование чистовое,
ТО – термическая обработка,
С – сверление,
П – протягивание,
ПО – полирование

Таблица 2.4 - Последовательность обработки поверхностей

№	IT	Ra	Маршрут обработки
1	2	3	4
5,6,7,8,9,10,12	11	12,5	Т, Тч
3	11	5	С
1,2,4	12	20	Т

Установка детали в приспособлении при механической обработке отвечает принципам единства и постоянства баз, что необходимо для обеспечения минимальных погрешностей изготовления детали.

Подготовка баз для механической обработки происходит на заготовительной операции.

На всех операциях технологического процесса изготовления фланца требуется точное базирование заготовки в диаметральном и осевом направлении. Это во многом обеспечивается применением самоцентрирующих зажимных приспособлений, а также рациональным выбором диаметральных и осевых баз.

В качестве черновых технологических баз, используемых при первой установке заготовки, выбираем цилиндрическая поверхность 7, а также торец 5, искусственно вводимая продольная база, из соображений надежности и удобства базирования и закрепления.

В процессе изготовления детали от одной операции к другой точность и шероховатость технологических баз постоянно улучшается, что снижает погрешности обработки на последующих операциях.

Проектирование технологического маршрута

Последовательность и содержание разработки технологического маршрута обработки корпуса, приведены в таблице 2.5. Оборудование, приспособления и инструмент, в операционных и маршрутных картах.

Таблица 2.5 - Технологический процесс обработки корпуса

№ п/п	Наименование и содержание операции	Квалитет IT	Шерохов R _a
000	Заготовительная Штамповка на КГМ	15	40
005	Токарно-автоматная Поз.1. Подход спутников. Автоматическая заправка заготовки. Поз.2. Точить предварительно наружный профиль пов.5,7. Поз.3. Точить предварительно наружный профиль пов.8,9 Поз.4. Подрезать торец и точить наружный профиль окончательно пов.8,9. Поз.5. Растачивать пов.12. Поз.6. Растачивать пов.12. Поз.7. Автоматическая разгрузка детали.	12 9 11 8 12 12	20 5 5 2,5 20 20
010	Сверлильная Поз.1. Подход спутников. Автоматическая загрузка заготовки.		

	Поз.2. Сверлить 3 отверстия пов.3. Снять фаску.	11	5
	Поз.3. Сверлить 3 отверстия пов.3. Снять фаску.	11	5
	Поз.4. Автоматическая разгрузка детали.		
015	Моечная Промывка, сушка, обдувка горячим воздухом детали.		
020	Контрольная Визуальный контроль, 100% контроль расположений отверстий.		
025	Контрольная Контроль согласно карте контроля.		

Разработка плана обработки

План обработки разрабатывается для того, чтобы технологический процесс обработки детали был более наглядным.

План обработки включает в себя:

1. № и наименование операции;
2. оборудование;
3. Операционный эскиз, проставляются операционные размеры, получаемые на данной операции. Проставляются номера обрабатываемых поверхностей, с индексом № операции. Шероховатость обрабатываемой поверхности. Определяется схема базирования;
4. Допуски на операционные размеры и пространственные отклонения обрабатываемых поверхностей.

План обработки представлен в графической части проекта.

Выбор оборудования.

Ранее был произведён выбор типа производства, как среднесерийное. В связи с этим, в качестве оборудования выбираем универсальные станки, в основном с программным управлением.

Результаты выбора станков представлены в таблице 2.6.

Выбор технологической оснастки, режущего инструмента и средств контроля.

Под технологической оснасткой понимают: приспособления, инструменты и средства контроля.

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки необходимо правильно выбрать приспособления, которые должны способствовать повышению производительности труда, точности обработки, улучшению условий труда, ликвидации предварительной разметки заготовки и выверки их при установке на станке.

Выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качества обрабатываемой поверхности заготовки.

Для межоперационного и окончательного контроля обрабатываемых поверхностей необходимо использовать стандартный измерительный инструмент, учитывая тип производства, но вместе с тем, когда целесообразно, следует применять специальный контрольно-измерительный инструмент или контрольно-измерительное приспособление.

Результаты выбора технологической оснастки приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Выбор оборудования и технологической оснастки

№	Наименование операции	Модель оборудования	Частота вращения,	Диапазон и число подач	Приспособление	Режущий инструмент	Мерительный инструмент

			мин ⁻¹				
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Токарно-гидрокопировальная	Горизонтальный обрабатывающий центр HAAS EC-300	1194	0,52	1. Патрон самоцентрирующийся трехлучевой рычажно-клиновой ГOST 16682-71 2. Державка DTGN R 2020 K16	1. Токарный сборный контурный резец с мех. креплением тв. сплав пл. TNMG 160412-PR клином.	1. Штангенциркуль ШЦ-II-350-0,01 ГOST166-80
010	Специально-агрегатная	Горизонтальный обрабатывающий центр	776	0,21 (мм/мин)	1. Специальная трехшпиндельная	1. Сверло комбинированное	Специальный инструмент

		HAAS EC-300			сверлиль ная головка 2. Кондукт ор	специал ьное Ø8,2	
--	--	----------------	--	--	---	-------------------------	--

Теперь спроектируем основные технологические операции:

Обработка цилиндрической поверхности $\varnothing 35,8 \pm 0,05$ мм, длиной $L = 17$ мм и чистотой поверхности Ra 0,2. Деталь изготавливается из стали 40. Заготовка – штамповка.

Метод обработки искомой поверхности показан в таблице 2.7.

Таблица 2.7- Определение методов обработки

№ п/п	Метод обработки	Код операции	Оборудование	Приспособление
1	Токарная черновая	10	Горизонтальный обрабатывающий центр HAAS EC-300	1. Патрон трехкулачковый специальный
2	Токарная чистовая	10		2. Державка DTG NR 2020 K16

Данные исходных значений допусков, элементов припуска и расчётов припуска приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 - Расчёт припусков

№ п/ п	ТП обрабат ываемо й поверхн ости	Элементы припуска				Расчет ные припу ски	Расчетн ые размер ы	TD, мк м	Предельные размеры		Предельно е значение припуска	
		Rz _{i-1}	H _{i-1}	Σ _{i-1}	ε _{i-1}	2Z _{min}	D _{min}		D _{min}	D _{max}	2Z ^{np} min	2Z ^{np} max
1.	Штампо вка, IT 15	160	20 0	489,4	0	-----	38,2364	700	38,23 64	38,9	----	----
2.	Обтачи вание, IT 12	125	12 0	24,5	0	1698,8	36,5376	250	36,53 76	36,75	170 0	2150
3.	Обтачива ние чистовое , IT 9	40	40	19,6	0	539	35,9986	62	35,99 86	36,06 06	501, 4	689,4

Отклонение от соосности при штамповке на прессе нормальной точности

$$\Delta_{см} = 0,4 \text{ мм.}$$

1) Суммарная величина пространственных отклонений заготовки

$$\Delta \Sigma_{i-1} = \sqrt{\Delta^2 \Sigma_K + \Delta^2_{см}} = \sqrt{282^2 + 400^2} = 489,4 \text{ мкм}$$

4) Пространственные отклонения на выполняемом переходе.

$$\Delta \Sigma_i = k_y \cdot \Delta \Sigma_{i-1} \quad (2.1)$$

$$\Delta \Sigma_{i2} = 0,05 \cdot 489,4 = 24,5 \text{ мкм}$$

$$\Delta \Sigma_{i3} = 0,04 \cdot 489,4 = 19,6 \text{ мкм}$$

5) Расчет минимальных припусков на диаметр размера выполняем для каждого перехода по уравнению 3, в котором $\varepsilon = 0$, т.е.

$$2Z_{imin} = 2 \cdot [(Rz+h)_{i-1} + \Delta \Sigma_{i-1}] ; \quad (2.2)$$

$$2Z_{imin2} = 2 \cdot [(160+200) + 489,4] = 1698,8 \text{ мкм}$$

$$2Z_{imin3} = 2 \cdot [(125+120) + 24,5] = 539 \text{ мкм}$$

6) Расчет минимальных диаметров на предшествующем переходе впф.

$$d_{(i-1)min} = d_{imin} + 2Z_{imin} \quad (2.3)$$

$$d_{(i-1)min3} = 35,75 \text{ мм}$$

$$d_{(i-1)min2} = 35,75 + 0,0494 = 35,7994 \text{ мм}$$

$$d_{(i-1)min1} = 35,7994 + 0,1992 = 35,9986 \text{ мм}$$

7) Расчет наибольших предельных размеров по переходам вычислим по формулам впф путем добавления допуска.

$$d_{i-1max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1} \quad (2.4)$$

$$d_{i-1max1} = 38,2 + 0,7 = 38,9 \text{ мм}$$

$$d_{i-1max2} = 36,5 + 0,25 = 36,75 \text{ мм}$$

$$d_{i-1max3} = 35,9986 + 0,062 = 36,0606 \text{ мм}$$

8) Определение фактических максимальных и минимальных припусков по переходам определяем по формулам.

$$2Z_{imin} = d_{(i-1)min} - d_{imin} \quad (2.5)$$

$$2Z_{imin2} = 38,2 - 36,5 = 1700 \text{ мкм}$$

$$2Z_{i\min 3) = 36,5 - 35,9986 = 501,4 \text{ мкм}}$$

$$2Z_{i\max} = d_{(i-1)\max} - d_{i\max} \quad (2.6)$$

$$2Z_{i\max 2) = 38,9 - 36,75 = 2150 \text{ мкм}}$$

$$2Z_{i\max 3) = 36,75 - 36,0606 = 689,4 \text{ мкм}}$$

Проверка:

$$\sum_{i=1}^n 2Z_{\max i} - \sum_{i=1}^n 2Z_{\min i} = T_{\text{дет}} - T_{\text{заг}} \quad (2.7)$$

$$(2150 + 689,4 + 236,2 + 63,4) - (1700 + 501,4 + 199,2 + 49,4) = 700 - 11689 = 689$$

Схема припусков и операционных размеров

Графическое изображение схемы припусков и операционных размеров представлено на рис. 2.1.

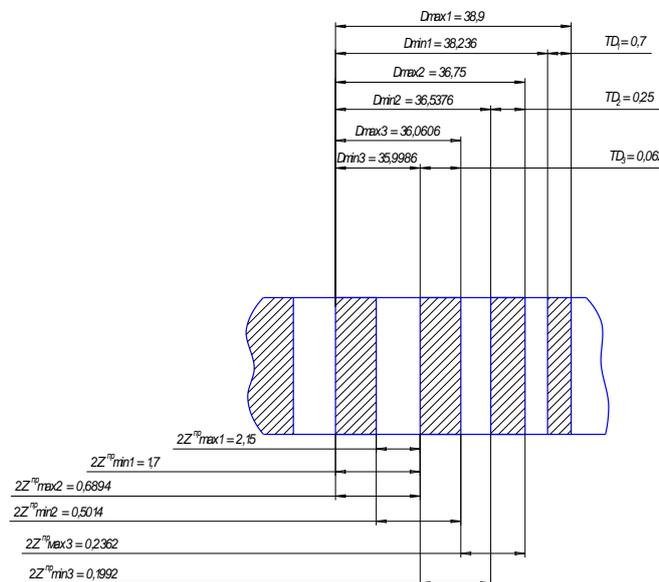


Рисунок 2.1 – Схема припусков и операционных размеров

Табличный метод

Припуски на самую точную поверхность $\varnothing 35,8 \pm 0,05$ мм, определили с помощью аналитического метода. Остальные припуски определим с помощью таблиц справочной литературы – табличный метод.

Таблица 2.9 - Итоговая таблица выбора операционных припусков табличным методом

№ оп.	Название операции	№ обраб. поверхности	Припуск на диаметр	Припуск на торец
05	Токарно-гидрокопировальная	5,6,7,8,9,10,12	2,3	1,5
30	Специально-агрегатная	3	0,15	0,3

Расчёт режимов резания аналитическим методом

В предложенном техпроцессе изготовления корпуса наиболее нагруженным (лимитирующим) являются на операции 005 позиции 5,7,10; а на операции 010 позиция 3. Для данных позиций выполним расчет режимов резания по методике, изложенной в [2]

Операция 010 позиция 1 переход 1. Расточить отверстие пов.12. (см.раздел1) до $\varnothing 35,8 \pm 0,1$ мм, глубина резания $t=2,25$ мм.

Скорость резания определяем по формуле:

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.8)$$

где $V_{табл}$ – табличная скорость резания, $V_{табл}=140$ м/мин;

K_1 -коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, $K_1=0,6$;

K_2 -коэффициент, учитывающий стойкость и марку материала твердого сплава; $K_2=1,0$;

K_3 - коэффициент, учитывающий вид обработки, $K_3=0,85$

$$V = 140 - 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 71,4 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{3,14 \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 71,4}{3,14 \cdot 60} = 379 \text{ об/мин} \quad (2.9)$$

Принимаем $n=400$ об/мин

Действительная скорость резания

$$V_o = \frac{\pi D n}{1000},$$

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 400}{1000} = 75,36 \text{ м/мин} \quad (2.10)$$

Минутная подача

$$S_m = S_0 \cdot n, \quad (2.11)$$

где S_0 - принимаем $S_0=2 \cdot 0,21$, [2,с.267]

$$S_m = 2 \cdot 0,21 \cdot 400 = 168 \text{ мм/мин}$$

Осевая сила резания:

$$P_8 = 10 C_p t^x \cdot S^y \cdot V^n K_p, \quad (2.12)$$

где C_p, x, y, n – постоянная показатели степени,

$C_p=339$; $y=0,5$, $x=1,0$, $n=0,4$

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий фактическое условие резания

$$K_p = K_{\mu p} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p}, \quad (2.13)$$

где $K_{\mu p}$ - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{\mu p}=1,0$;

$K_{\varphi p}$ - коэффициент, учитывающий численное значение угла в плане, $K_{\varphi p}=1,0$;

$K_{\gamma p}$ - коэффициент, учитывающий угол наклона переднего угла, $K_{\gamma p}=1,17$;

$K_{\lambda p}$ – коэффициент, учитывающий угол наклона главного лезвия, $K_{\lambda p}=1,0$;

$K_{r p}$ – коэффициент, зависящий от радиуса на вершине, $K_{r p}=1,0$.

$$P_z = 10 \cdot 339 \cdot 2,25^{1,0} \cdot 0,42^{0,5} \cdot 75,36^{-0,4} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1491 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_q}{1020 \cdot 60} \quad (2.14)$$

$$N_e = \frac{1491 \text{Н} \cdot 75,36}{1020 \cdot 60} = 1,84 \text{кВт}$$

Т.к. $N_e = 1,8 \text{кВт} < N_{\text{шп}} = 6,375 \text{кВт}$, то это значит что мощность на шпинделя станка достаточна для выполнения данного перехода.

Основное время определяем по формуле:

$$T_o^{10-3} = \frac{L_p \cdot x}{S_\mu}, \quad (2.21)$$

На данной операции (позиции) увеличиваем ход борштанги на 3-4 мм за счет увеличения скорости остановки.

Где $L_{p.x.}$ - длина рабочего хода, $L_{p.x.} = 54 \text{мм}$.

$$T_o = \frac{54}{168} = 0,32 \text{мин}$$

Штучное время определяем по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{об,от}} + T_{\text{от}} = 0,72 \text{мин} \quad (2.15)$$

где T_v – вспомогательное время;

$T_{\text{об,от}}$ – время на обслуживание рабочего места и отдых.

$$T_{\text{об,от}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot \Pi_{\text{об,от}}}{100}, \quad (2.16)$$

$$T_v = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{y.l} + T_{щ} = 0,4 \text{мин}$$

где $T_{y.c}$; $T_{z.o}$; $T_{y.l}$; $T_{щ}$ – время на установку, снятие, закрепление, открепление; измерение детали и приемы управления

Позиция 03. Расточить отверстие пов.16 до диаметра $\varnothing 59,5 \pm 0,1 \text{ мм}$;

Глубина резания $t = 2,25 \text{ мм}$

Скорость резания:

$$V = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 140 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 71,4 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 71,4}{3,14 \cdot 59,5} = 382,2 \text{ об/мин}$$

Принимаем $n = 400 \text{ об/мин}$

Действительная скорость резания

$$V_q = \frac{n \cdot D_n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 59,5 \cdot 400}{1000} = 74,73 \text{ м/мин}$$

Минутная подача

$$S_\mu = 0,2 \cdot 400 = 80 \text{ мм/мин}$$

Осевая сила резания

$$P_z = 10 \cdot C_p t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$P_z = 10 \cdot 339 \cdot 2,25^{1,0} \cdot 0,2^{0,5} \cdot 74,73^{-0,4} \cdot 1,17 = 711 \text{ Н}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_q}{1020 \cdot 60} = \frac{711 \cdot 74,73}{1020 \cdot 60} = 0,87 \text{ кВт}$$

$$N_e = 0,87 \text{ кВт} < N_{\text{шт}} = 6,375 \text{ кВт}$$

Основное время на переход

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_\mu} = \frac{19}{80} = 0,24 \text{ мин}$$

На данной позиции мы уменьшаем ход борштанги на 4-5мм. Таким образом в проектном варианте мы уменьшим основное время на данной позиции.

Вспомогательное время

$$T_v = T_{\text{у.с}} + T_{\text{з.о}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{щ}} = 0,38 \text{ мин}$$

Штучное время

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{об}} + T_{\text{от}} = 0,62 \text{ мин}$$

Расчёт режимов резания табличным методом

Расчёт режимов резания на остальные операции производим с помощью табличного метода, используя [7]. Результаты расчётов представлены в табл. 2.10

Таблица 2.10 - Итоговая таблица режимов резания

№ оп.	Наименование операции	Номер перехода	Глубина резания t_r , мм	Табличная подача S , мм/об	Принятая частота вращения шпинделя $n_{пр}$, об/мин	скорость резания $V_{пр}$, м/мин
1	2	3	4	5	8	9
05	Токарно-гидрокопировальная	1	1,5	0,25	600	73,5
		2	1,75	0,2		37,7
		3	0,4	0,15		67,9
		4	0,5	0,26		73,5
		5	0,35	0,29		60,3
10	Специально-агрегатная	1	4,1	0,21	776	20

* - Н/см²

** - м/сек ;

Нормирование операций по режимам резания.

Определяется норма штучно-калькуляционного времени $T_{ш-к}$

$$T_{ш-к} = T_{п-з}/n + T_{шт} , \quad (2.17)$$

где $T_{п-з}$ — подготовительно-заключительное время, мин;

n — количество деталей в настроенной партии, шт.

$$n = N * a / Д, \quad (2.18)$$

где N - программа;

a - периодичность запуска в днях (3,6,12,24 дня)

$Д$ - количество рабочих дней

Принимаем $a = 12$.

Тогда

$$n = 50000 * 12 / 254 = 2362 \text{ детали.}$$

Определяется норма штучного времени $T_{шт}$:

Для всех операций:

$$T_{шт} = T_o + T_в k + T_{об.от}, \quad (2.19)$$

Для шлифовальной операции:

$$T_{шт} = T_o + T_в k + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}, \quad (2.20)$$

где T_o – основное время, мин

$T_в$ — вспомогательное время, мин. [3]

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$T_в = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из}, \quad (2.21)$$

$T_{у.с}$ — время на установку и снятие детали, мин;

$T_{з.о}$ — время на закрепление и открепление детали, мин;

$T_{уп}$ — время на приемы управления, мин;

$T_{из}$ — время на измерение детали, мин;

$K=1,85$ -коэффициент для среднесерийного производства

$T_{об.от}$ - время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности, мин.

$T_{тех}$ - время на техническое обслуживание рабочего места

$T_{орг}$ - время на организационное обслуживание

$T_{от}$ - время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

$$T_{тех} = T_o * t_{п} / T, \quad (2.22)$$

где t_n - время на одну правку шлифовального круга, мин;
 T - стойкость круга, мин.

Расчет норм времени операции

Расчёт режимов резания на токарную операцию 005

Основное время

$$T_o = \frac{L_{px} \cdot i}{nS}, \quad (2.23)$$

где L_{px} - длина рабочего хода;

$$L_{px} = L_{рез} + l_1 + l_2 + l_3, \quad (2.24)$$

где $L_{рез}$ - длина резания, мм;

l_1 - длина подвода режущего инструмента к обрабатываемой поверхности, мм;

l_2 - длина врезания режущего инструмента;

l_3 - длина перебега режущего инструмента;

i - число проходов.

$$T_{o1} = \frac{135}{1194 \cdot 0,52} = 0,21 \text{ мин},$$

$$T_{o2} = \frac{126}{1194 \cdot 0,52} = 0,2 \text{ мин}.$$

$$T_B = 0,1 + 0,024 + 0,025 + 0,08 = 0,2 \text{ мин};$$

$$T_{оп} = 0,21 + 0,2 + 0,2 = 0,61 \text{ мин};$$

$$T_{об.от} = 0,07 \cdot 0,61 = 0,04 \text{ мин};$$

$$T_{п-з} = 12 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,61 + 0,04 = 0,65 \text{ мин};$$

$$T_{шт-к} = 0,65 + 12/472 = 0,67 \text{ мин.}$$

Таблица 2.11 - Нормы времени на обработку детали корпус шарнира

№ оп.	Название операции	T _о мин	T _{шт-к} мин
05	Токарно-гидрокопировальная	0,057	0,15
10	Специально-агрегатная	0,08	0,10

Важным этапом технологического процесса изготовления кинематической пары, на котором закладываются эксплуатационные характеристики изделия, является сборка шарнира.

Предлагается рассмотреть сборку корпуса и вкладыша предлагаемого на базе патентных исследований шарнира.

На Рис. 2.2 представлено приспособление для осуществления способа сборки корпуса и вкладыша.

Приспособление для сборки корпуса и вкладыша

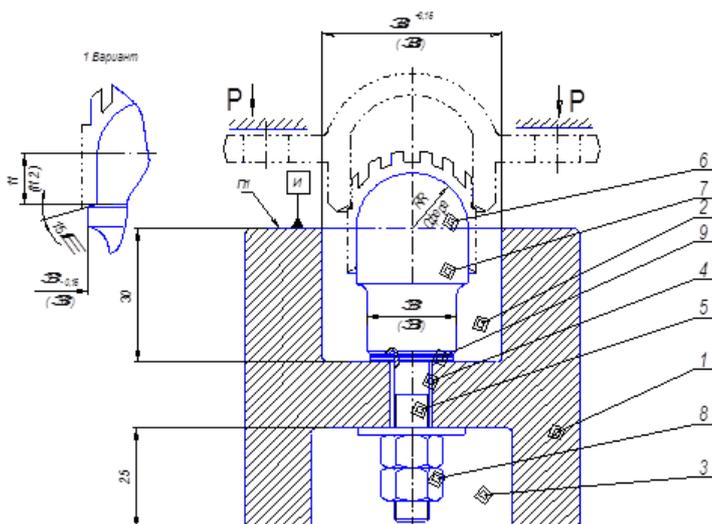


Рисунок 2.2 – Приспособление для сборки элементов кинематической пары

Приспособление для сборки заготовок корпуса и вкладыша кинематической пары содержит корпус 1, выполненный в виде массивного основания, в верхней и нижней частях которого выполнены цилиндрическая верхняя полость 2 и нижняя полость 3, которые между собой соединены сквозным отверстием 4. В этом отверстии размещен хвостовик 5, соединяющий оправку в виде пальца с полусферической и цилиндрической частями соответственно 6 и 7; с узлом крепления, выполненным в виде сопряжения нижней резьбовой части элемента 5 с гайками 8, причем относительное положение пальца, определяемое размещением сечения 6 по периметру перехода полусферы в цилиндр 7 на уровне на уровне поверхности верхнего торца корпуса 1 достигается подбором толщины пакета шайб 9.

Буртик размещен на пальце и выполнен в виде кольцевой пластины, поверхность которой, обращенная кверху, может быть как плоской, так и с любой степенью кривизны. Возможно их сочетание в различных вариантах.

Буртик может быть выполнен и подвижным относительно пальца: в этом случае он может выполнять функции толкателя (сбрасывателя), с помощью которого с пальца можно снимать готовую сборку (корпус с запрессованным в него вкладышем).

Сборка заготовок корпуса и вкладыша шарового шарнира осуществляется следующим образом.

Устанавливают заготовку вкладыша на палец приспособления. Затем на него сверху устанавливают заготовку корпуса, предварительно нагретую до , одновременно центрируя ее по диаметру посадки наружной поверхности вкладыша относительно оси. Прикладывают к фланцу заготовки корпуса с помощью специальной оправки осевое усилие P , которое обеспечивает перемещение заготовки корпуса до упора нижней поверхности фланца в верхнюю основания. В результате этого перемещения производится надвигание заготовки корпуса на заготовку вкладыша, размягчение последней под действием температуры и приработку его под действием торца заготовки корпуса. Действие давления и температуры производит запрессовку заготовки

вкладыша своей внешней поверхностью на внутреннюю поверхность гнезда заготовки корпуса и одновременно подготавливает ее внутреннюю поверхность к следующей операции, связанной с запрессовкой шарового пальца; так как эта поверхность, обжимаясь на рабочей головке, приобретает необходимую чистоту поверхности, которая задается чистотой поверхности пальца.

По завершении процесса полученную сборку выдерживают в течение 2 – 4 сек., необходимых для ее остывания и закрепления формы вкладыша, а затем снимают корпус с запрессованным в него вкладышем и отправляют на заключительную операцию сборки, осуществляемую по известной технологии. Регулирование требуемого осевого зазора на шаровом шарнире производится путем подбора следующих параметров: радиуса полусферы пальца; температуры нагрева корпуса; осевого усилия; времени выдержки.

Регулирование радиального зазора производят путем подбора диаметра цилиндрической части пальца.

Регулирование же положения радиуса полусферы пальца производят путем изменения толщины пакета шайб.

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

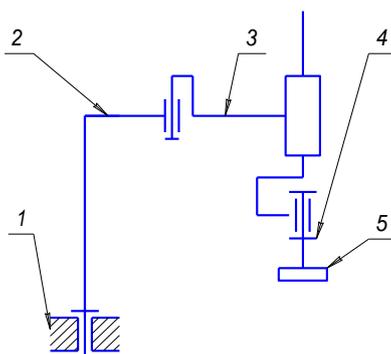
В последние десятилетия робототехника заняла ведущее место в автоматизации современного промышленного производства. Ее развитие, несмотря на отдельные спады и взлеты, отличается высокой стабильностью.

Расширение применения роботов в промышленном производстве обусловлено не только стремлением к повышению производительности, но и насущной необходимостью обеспечить высокое качество продукции и стабильность этого показателя при больших партиях или при частых изменениях объектов производства.

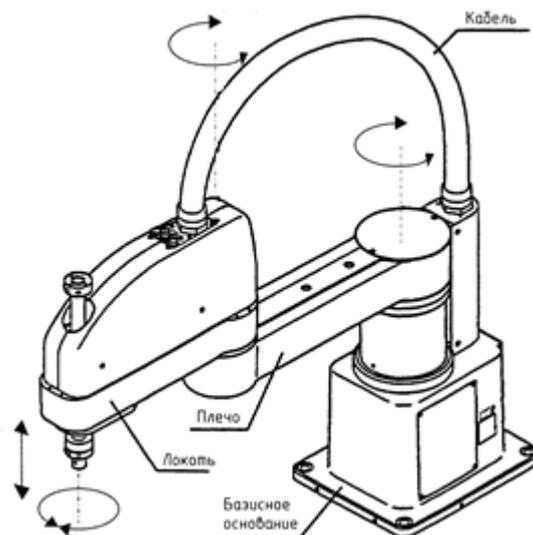
Поэтому видится актуальной задачей разработка робототехнического комплекса для использования в технологическом процессе сборки заготовок корпуса и вкладыша кинематической пары. Сборку предлагается осуществлять в соответствие с технологией, описанной в разделе 2 работы.

Нами было проведено исследование основных типов роботов, предназначенных для выполнения сборочных операций, и сделан вывод о наибольшей целесообразности применения манипулятора типа СКАРА.

СКАРА (SCARA) – общее обозначение всех (обычно 4-хосных) манипуляторов, выполненных по кинематической схеме (Рисунок 3.1). Транспортирующие перемещения осуществляются за счёт поворота вокруг двух вертикальных осей: плеча 2 относительно базисного основания 1 и локтя 3 относительно плеча 2, поступательного перемещения кисти 4 относительно локтя 3. Ориентирующим является вращательное движение фланца для крепления инструмента 5 относительно кисти 4.



a)



б)

Рисунок 3.1 - Манипулятор СКАРА: а – кинематическая схема; б – внешний вид

Такая конструкция манипулятора характеризуется высокой жёсткостью, большими точностью (до $\pm 0,008$ мм) и скоростями позиционирования (до 3600 мм/с). Привод робота – электрический, все двигатели однотипные, управление контурное, во всех передачах используются волновые редукторы.

По типу установки манипуляторов СКАРА делятся на:

- настольный;
- потолочный;
- настенный;
- на полке;
- под полкой.

Из-за того, что манипуляторы СКАРА имеют высокую производительность (время перемещения между двумя крайними точками рабочей зоны может достигать 0,3 сек), система управления такими манипуляторами должна обладать повышенной производительностью по сравнению с антропоморфными роботами и собираются на базе процессора не ниже Pentium III (Celeron принимается как исключение).

Робототехнический комплекс, представленный на листе графической части, предназначен для осуществления процесса подсортировки корпуса шарнира и вкладыша. Выполнен на базе промышленного робота типа «Скара», применяемого для транспортирования в зону механической обработки малогабаритных деталей и узлов, имеющих подвергающихся процессам механической обработки и сборки.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Описание технологического процесса

Задача раздела – разработать мероприятия по охране труда и окружающей среды.

Площадь участка 200 м². Оборудование на участке – обрабатывающие центры с ЧПУ и токарные станки на участке располагается в один ряд. С двух сторон участка имеются проезды шириной 5 м. Межоперационная транспортировка – при помощи промышленных роботов и межоперационных транспортеров-накопителей. Подача заготовок на участок осуществляется внутрицеховым транспортом (на тележках в закрытой таре).

Материал корпуса (механически обрабатываемого на участке) – сталь 40. Для охлаждения режущего инструмента применяется 4–5 % раствор эмульсии. На участке сборки производится автоматизированная сборка элементов кинематической пары с использованием промышленного робота.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Точение наружных и внутренних поверхностей корпуса кинематической пары	Токарная операция с ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ Код по ОКС 8211	Специальный токарный станок	Сталь, твердосплавный и быстрорежущий инструмент, СОЖ
2	Фрезерован	Фрезерная	Оператор станка с		Сталь,

	ие	операция	ЧПУ Код по ОКС 8211		твердосплавный и быстрорежущий инструмент, СОЖ
3	Сверление отверстий в корпусе	Сверлильная операция	Оператор станка с ЧПУ Код по ОКС 8211	Специальный агрегатный станок	Сталь, твердосплавный и быстрорежущий инструмент, СОЖ
4	Сборка рабочих частей	Сборочная операция	Наладчик автоматических линий и агрегатных станков Код по ОКС010701	Роботизированная линия	Заготовки элементов кинематической пары, промышленный робот – манипулятор с механическим хватом

4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
-------	---	--	---

	операция, вид выполняемых работ		
1	Токарная операция с ЧПУ, фрезерная операция, сверлильная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы;</p> <p>подвижные части производственного оборудования;</p> <p>передвигающиеся изделия, заготовки;</p> <p>повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;</p> <p>повышенный уровень шума на рабочем месте.</p>	Металлообрабатывающие станки с комплектами инструмента и технологической оснастки
2	Сборка кинематической пары с использованием робототехнического комплекса	<p>Движущиеся машины и механизмы;</p> <p>подвижные части манипуляторов промышленного робота.</p> <p>Психофизиологический вредный производственный фактор, связанный со статической нагрузкой, которая обусловлена необходимостью работающему прилагать усилия без перемещения всего тела или отдельных частей тела (при позиционировании заготовок для обеспечения работы робототехнического комплекса)..</p>	Роботизированная линия

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

В целях частичного снижения или полного устранения опасного или вредного производственного фактора необходимо подобрать оптимальные организационно-технические методы и технические средства (способы, устройства) защиты.

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Движущиеся машины и механизмы	Соблюдение правил безопасности выполнения работ	Каска защитная ГОСТ12.4.207-99, очки защитные ГОСТ12.4253-2013
2	Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Ограждение оборудования, выделение с помощью окрашивания в яркий цвет подвижных частей оборудования.	Каска защитная ГОСТ12.4.207-99, очки защитные ГОСТ12.4253-2013
3	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Применение приточно-вытяжной вентиляции	Респиратор ГОСТ Р22.9.14-2014
4	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Ограждение оборудования	Защитная маска, очки ГОСТ12.4253-2013

5	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Наладка оборудования	Беруши, наушники ГОСТ Р12.4.209-99
6	Повышенные психофизиологические нагрузки	Чередование смен, ротация работников, обслуживающих робототехнический комплекс (работник меняется раз в два месяца, после чего переводится на выполнение другой одноуровневой работы), применение комнаты психологической разгрузки на производстве	Оборудование на производстве комнаты психологической разгрузки

4.4 Пожарная безопасность

Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

В данном разделе проводится идентификация потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара с разработкой технических средств и/или организационных методов по обеспечению (улучшению) пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, произведенной продукции, используемых сырьевых материалов, а также должны быть указаны реализующиеся пожаробезопасные характеристики произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации (хранения, конечной утилизации по завершению жизненного цикла).

4.5 Идентификация опасных факторов пожара

Пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на следующие классы:

- 1) пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов (А);
- 2) пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В);
- 3) пожары, связанные с воспламенением и горением газов (С);
- 4) пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D);
- 5) пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е);
- 6) пожары радиоактивных веществ материалов и радиоактивных отходов (F).

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и материальное имущество, относятся:

- 1) пламя и искры;
- 2) тепловой поток;
- 3) повышенная температура окружающей среды;
- 4) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- 5) пониженная концентрация кислорода;
- 6) снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

- 1) образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, агрегатов и трубопроводных нефтегазо-амиакопроводов, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества;

2) образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества, горящего технического объекта;

3) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;

4) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара;

5) термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей.

По результатам выполненной идентификации опасных факторов пожара оформляется таблица 6.4.

4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления элементов специальной трехподвижной кинематической пары и ее сборки, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу изготовления специального высокопрочного винта, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ.

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению безопасности труда при работе с робототехническими комплексами. Идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Эффективность - одна из важнейших проблем любой стороны жизни современного общества. Особенно в экономической её части. Если рассматривать работу фирмы, предприятия, любую деловую деятельность человека, то она имеет первостепенное значение. Любой предприниматель, директор предприятия и т.д. заинтересован в получении прибыли, при этом применив минимальное количество ресурсов и сил. В противном случае он будет работать себе в убыток и обанкротится. Именно поэтому экономический расчет является, чуть ли не самым важным.

В нашей специальности разрабатывается технологический процесс, затраты на который должны быть оптимальными, то есть обеспечить нормальный производственный процесс.

Поскольку цель рабочего проекта это ТП изготовления детали, экономический анализ будет направлен на изучение себестоимости проектируемого варианта. Если цель работы- усовершенствование уже существующего варианта, то будет целесообразно и достаточно сделать расчетную часть только на модернизированную часть ТП.

Краткое описание технологического процесса

В базовом варианте технологического процесса происходит обработка детали с использованием морально и физически устаревшего оборудования (универсальных станков без систем ЧПУ).

На станках с числовым программным управлением происходит мех-обработка корпуса шарового шарнира.

Обработка осуществляется различным по назначению и характеристикам РИ : корпусные фрезы, метчики.

Характер нашего производства: массовое.

Условия труда не выходят за рамки нормальных.

Характер оплаты трудовой деятельности – повременная (назначение премий осуществляется управлением)

Исходные данные для экономического обоснования

Расчет показателей экономической эффективности

проектируемого варианта техники (технологии)

Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия) от снижения себестоимости обработки детали.

$$P_{ож} = C_{пол} \cdot P_{г} \cdot R$$

где: $C_{пол}$ – полная себестоимость изготовления единицы детали.

$$P_{ож} = 17,03 \cdot 50000 \cdot 0,25 = 425908,797$$

Налог на прибыль

$$N_{приб} = P_{ож} \cdot K_{нал} = 425908,797 \cdot 0,2 = 85181,759$$

где: $K_{нал}$ – коэффициент налогообложения прибыли

Чистая ожидаемая прибыль

Чистая прибыль

$$P_{чист} = 425908,797 - 85181,759 = 340727,038$$

Срок окупаемости капитальных вложений

После определения чистой прибыли определяется расчетный срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций), необходимых для осуществления проектируемого варианта:

$$T_{ок.расч} = \frac{K_{вв.пр}}{P_{чист}} + 1, \text{ года}$$

где: $K_{вв.пр}$ – капитальные вложения (инвестиции), необходимые для приобретения вновь вводимого оборудования, дорогостоящей оснастки, инструмента, а также затраты на эксплуатацию дополнительной площади.

$$K_{вв.пр} = K_{об}$$

$$K_{\text{ВВ.ПР}} = 229970 \text{ руб.}$$

где: $K_{\text{ОБ}}=229970$ – капитальные вложения в основное технологическое оборудование, руб.

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = 5,67 \text{ года}$$

Расчетный срок окупаемости инвестиций (капитальных вложений) принимается за горизонт расчета (максимально ожидаемое время окупаемости инвестиций), $T = 6$ лет.

Определение экономической эффективности проекта

Используя методы дисконтирования, решаем вопрос о том, стоит ли вкладывать средства в разработанный проект, который в течение принятого горизонта расчета принесет дополнительную прибыль, или лучше при существующей процентной ставке на капитал положить деньги в банк.

Для этого в пределах принятого горизонта расчета (T) рассчитываем текущую стоимость будущих денежных доходов (денежных потоков), приведенных к текущему времени (времени начала осуществления проекта) через коэффициенты дисконтирования.

Общая текущая стоимость доходов (чистой дисконтированной прибыли) в течение принятого горизонта расчета определяется по формуле:



где: T – горизонт расчета, лет (месяцев); E – процентная ставка на капитал (например, при 5% $E=0,05$; при 20% $E=0,2$ и т.д.); t – 1-ый, 2-ой, 3-й год получения прибыли в пределах принятого горизонта расчета.

В результате приведенных расчетов получены следующие выходные данные: размер требуемых для осуществления проекта инвестиций ($K_{\text{ВВ.ПР}}$) равен 229970 руб., а ежегодная ожидаемая чистая прибыль ($\Pi_{\text{ЧИСТ}}$) составляет 340727,038 руб., расчетный срок окупаемости (горизонт расчета) составляет 6 лет. Процентная ставка на капитал равна 5% в год ($E=0,05$), то процентный фактор (дисконт) для первого года составит $1/(1+0,05)^1 = 0,952$, для второго года

– $1/(1+0,05)^2 = 0,907$, для третьего года – $1/(1+0,05)^3 = 0,564$, для четвертого года – $1/(1+0,05)^4 = 0,823$, для пятого года – $1/(1+0,05)^5 = 0,784$, для шестого года – $1/(1+0,05)^6 = 0,746$ тогда ожидаемая за 6 лет общая чистая дисконтированная прибыль (текущая стоимость денежных доходов) составит:

$$D_{\text{общ.диск}} = Pr_{\text{чист.диск}} \cdot (0,952 + 0,907 + 0,864 + 0,823 + 0,784 + 0,746) = 1729530,44 \text{ руб}$$

Интегральный экономический эффект (чистый дисконтированный доход) составит в этом случае:

$$\Delta_{\text{инт}} = \text{ЧДД} - \text{К}_{\text{вв.пр}}$$

$$\Delta_{\text{инт}} = \text{ЧДД} = 1729530,44 - 229970 = 135659,78$$

Так как общая стоимость доходов (ЧДД) больше текущей стоимости затрат ($K_{\text{вв.пр}}$), т.е. $\Delta_{\text{инт}}(\text{ЧДД}) > 0$ – проект эффективен, поэтому определяем индекс доходности :

$$ИД = \frac{D_{\text{общ.диск}}}{K_{\text{вв.пр}}}, \text{ руб./руб.}$$

$$ИД = \frac{1729530,44}{229970} = 1,085$$

Таблица 5.1 – Технические параметры

Технические параметры проекта			
1.	Количество оборудования	$C_{\text{коэффициент}}$	2
2.	Средний коэффициент загрузки оборудования	$K_{3,CP}$	0,05
3.	Длительность производственного цикла (для станков с ЧПУ)	$T_{ц, мин}$	427,027

Таблица 5.2 – Экономические показатели

Экономические показатели проекта			
1.	Годовая программа выпуска	$P_{Г,шт}$	50 000
2.	Себестоимость единицы изделия	$C_{ПОЛ}руб$	17,03
3.	Капитальные вложения в проект	$K_{ВВЛ}руб$	229970
4.	Приведенные затраты на единицу изделия	$Z_{ПРЕД}руб$	22382670,929
5.	Чистая ожидаемая прибыли	$P_{ЧИСЛ}руб$	340727,038
6.	Налог на прибыль	$H_{ПРИБ}руб$	85181,759
7.	Срок окупаемости инвестиций	$T_{ОК,лет}$	6
8.	Интегральный экономический эффект (чистый дисконтируемый доход)	$Э_{ИНТ=ЧД}, руб$	135659,78
9.	Доход на капитал, при вложении денег в банк	$D_{КАП}руб$	-
10.	Индекс доходности	$ИДрубру$	1,085

Вывод: при работе над данным проектом капитальные вложения в проект составили 229970 руб., чистая ожидаемая прибыль составляет 340727,08 руб. Данный проект окупится в течении 6 лет, а экономическая выгода составит 135659,78 руб. Что может говорить о доходности данного технологического решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы:

- Выполнен обзор существующих конструкций шарнирных пар, предложена прогрессивная конструкция корпуса трехэлементного шарового шарнира;
- разработана заготовка корпуса шарнира
- разработан новый технологический процесс изготовления корпуса в условиях среднесерийного производства;
- применено высокопроизводительное оборудование и оснастка;
- спроектировано приспособление для подборки корпуса и вкладыша шарового шарнира;
- спроектирован роботизированный участок сборки шарнира;
- предложены мероприятия по обеспечению экологической безопасности технического объекта;
- просчитаны показатели экономической эффективности проекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.
- 2 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
- 3 Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.
- 4 Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.
- 5 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
- 6 Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.
- 7 Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.
- 8 Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.

- 9 www.vniiinstrument.ru
- 10 Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Байм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988.
- 11 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина . - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 278 с.
- 12 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 295 с. : ил. - Библиогр.: с. 292-293.
- 13 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.
- 14 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.
- 15 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.
- 16 Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364, [1] с.
- 17 Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.
- 18 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.

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

20 Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.

21 Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с. : ил. - 34-00.

22 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Аврамова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.

23 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 2 / В. В. Бушуев [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 586 с.

24 Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 219 с.

25 Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.

26 Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.

27 Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 с.

28 Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В.

Б. Ступко. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 303 с.

29 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.

30 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.

31 Григорьев, С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : [справочник] / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов ; под общ.ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2006. - 544 с.

32 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.

33 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 576 с.

34 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 608 с.

35 Артамонов, Е.В. Проектирование и эксплуатация сборных инструментов с сменными твердосплавными пластинами [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. - Электрон.дан. - Тюмень :ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2013.

36 Булавин, В.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. - Электрон. дан. - Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2009. — 100 с.

37 Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.

38 Кирсанова, Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: учебное пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Под общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 386 с.

39 Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с. : ил. - Библиогр.: с. 202-203.

40 Романенко, А.М. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 103 с.

41 Шагун, В. И. Металлорежущие инструменты : учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Шагун. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2008. - 423 с.

42 Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.

43 Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 378-380.

44 Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.

45 Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005.

46 Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

47 Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

