

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 машино-
строительных производств»
Профиль «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему:

Разработка технологического процесса изготовления специального высокопрочного винта

Студент(ка)	Е.В.Стеблева	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	А.В.Щипанов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	Л.Н.Горина	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	Н.В.Зубкова	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	В.Г.Виткалов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой
к.т.н, доцент
(личная подпись)

А.В. Бобровский

« » 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
«___» _____ 2016г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы
(уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

профиль «Технология машиностроения»

Студент Стеблева Елена Викторовна гр. ТМбз-1131

1. Тема Разработка технологического процесса изготовления специального высокопрочного винта
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «» 2016 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе *Материалы преддипломной практики, компоновочные схемы предполагаемого к разработке станка*
4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение

- 1) Анализ исходных данных. Цель и задачи работы
- 2) Аналитическое исследование систем винтовой фиксации с применением высокопрочных винтов и ответных пластин с моделированием системы
- 3) Анализ типового технологического процесса изготовления высокопрочного винта
- 4) Выбор технологических баз. Технологический маршрут и план обработки
- 5) Проектирование технологических операций
- 6) Особенности обработки винта с использованием токарного пруткового автомата продольного точения

АННОТАЦИЯ

УДК 621.0.01

Стеблева Елена Викторовна

Разработка технологического процесса изготовления специального высокопрочного винта

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

Разработан технологический процесс изготовления специального высокопрочного винта.

Предложено:

- оригинальная конструкция винтовой системы фиксации, спроектированная в нескольких исполнениях. Конструкторская работа проведена с использованием твердотельного моделирования в CAD/CAM/CAE пакетах Компас, SolidWorks, ANSYS.
- применение высокопроизводительного станка типа «прутковый автомат продольного точения» с комплектом специализированной технологической оснастки и режущего инструмента;
- использование оптимальных стратегий обработки заготовки резанием;
- изготовление детали по полному циклу на одной единице технологического оборудования;
- вместо электроэрозионной операции прошивки внутреннего шестигранника предложено высокопроизводительное получение шестигранника вихревым методом на одной из рабочих позиций токарного пруткового автомата.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки в размере 74 страниц, содержащей таблиц, рисунков, и листов чертежей.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Анализ исходных данных. Цель и задачи работы	7
1.1 Общий обзор металлорежущих станков для обработки высокопрочных винтов	7
1.2 Одношпиндельные токарные автоматы	8
1.3 Автоматы продольного точения	9
1.4 Описание вариантов систем резьбовой фиксации с использованием высокопрочных титановых винтов	12
1.5 Цель и задачи выпускной квалификационной работы	13
2 Аналитическое исследование систем винтовой фиксации с применением высокопрочных винтов и ответных пластин с моделированием системы	15
2.1. Описание	16
2.2 Общий вид конечно-элементной модели.	16
2.3 Физико-механические свойства материалов, используемых в модели	17
2.4 Результаты расчета на прочность	17
3 Анализ типового технологического процесса изготовления высокопрочного винта	29
4 Выбор технологических баз. Технологический маршрут и план обработки	31
5 Проектирование технологических операций	32
5.1 Расчет припусков по переходам	32
5.2 Расчет режимов резания аналитическим методом	35
6 Особенности обработки винта с использованием токарного пруткового автомата продольного точения	38
6.1 Особенности металлорежущего станка	38
6.2 Особенности режущего инструмента, используемого совместно с то-	40

карным прутковым автоматом продольного течения	
7 Безопасность и экологичность технического объекта	47
7.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	48
7.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	48
7.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	50
7.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)	51
7.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.	51
7.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта	52
7.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара	53
7.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	54
7.5.1 Идентификация негативных экологических факторов при реализации производственно-технического процесса	55
7.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.	55
7.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».	56
8 Экономическая эффективность работы	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	63
ПРИЛОЖЕНИЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ	65

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение -отрасль, играющая важную роль в развитие народного хозяйства. Достижения науки и техники позволяют разработать и внедрить новое более усовершенствованное оборудование: высокопроизводительные станки, автоматические линии, кузнечнопрессовое оборудование. Это во многом способствует решению вопросов, связанных с развитием автоматизированного проектирования технологической подготовки производства и гибких автоматизированных систем. Уменьшить металлоемкость машин и оборудования возможно за счет улучшения конструкции оборудования, замены прессов на более усовершенствованные, использование металла с улучшенными качествами, многообразия фасонных профилей, высокоточного проката.

Максимально широкое применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ) обеспечивается их универсальностью, высокой степенью автоматизации и повышенной производительностью процесса обработки деталей, получение высоких параметров качества изготавливаемых деталей, а также отсутствием большого количества различной станочной оснастки.

Использование прутковых автоматов продольного точения во многих случаях позволяет оптимизировать технологические процессы изготовления изделий в условиях серийного производства, реализовать технологические приемы, которые невозможны к исполнению в условиях использования обычных токарных станков.

1 Анализ исходных данных. Цель и задачи работы

1.1 Общий обзор металлорежущих станков для обработки высокопрочных винтов

Группа токарных станков занимает значительное место в парке металлорежущего оборудования. Она состоит из девяти типов станков, они в свою очередь, различаются по назначению, области применения, технологическим возможностям, конструктивной компоновке, степени автоматизации и некоторым другим признакам.

Токарные автоматы получили широкое распространение в машиностроительном производстве. Автомат- это станок, в котором автоматизируются все основные и вспомогательные движения, требуемые для выполнения полного цикла обработки заготовки и получение по окончании цикла готовой детали с требуемыми параметрами качества. Обслуживание такого станка сводится к периодической подаче материала-заготовки или прутка и контролю параметров качества обработанных деталей.

В отличие от станков-автоматов в полуавтоматах автоматизированы только основные и вспомогательные движения, кроме подачи заготовки, составляющие цикл обработки одной заготовки. По окончании цикла полуавтомат останавливается и для возобновления рабочего цикла необходимо снять готовую деталь и установить на ее место новую заготовку и запустить станок.

Станки-автоматы применяют для изготовления деталей сложной пространственной формы путем обработки заготовки несколькими инструментами.

Автоматизация цикла обработки на современных станках осуществляется на основе применения новейших разработок в механики, гидравлики, электротехники и электроники, пневматики или одновременное совместное использование нескольких.

Станки с механической автоматизацией обладают высокой производительностью и надежностью в эксплуатации, однако для переналадки данных автоматов требуется значительное время. Поэтому по возможности их используют в условиях массового производства.

Особое место занимают станки с числовым (цифровым) программным управлением циклом. Данные станки эффективно используются в изготовления деталей мелких и средних серий.

Токарные автоматы классифицируются по следующим признакам:

- а) по назначению – на универсальные и специализированные;
- б) по виду заготовки – на прутковые и патронные;
- в) по количеству шпинделей – на одно- и многошпиндельные;
- г) по расположению шпинделей – на горизонтальные и вертикальные.

Более подробно проведем обзор токарных одношпиндельных автоматов.

1.2 Одношпиндельные токарные автоматы

Наибольшее распространение получили следующие одношпиндельные токарные автоматы: фасонно-отрезные автоматы, автоматы фасонно-продольного точения, часто называемые также автоматами продольного точения и токарно-револьверные автоматы.

Фасонно-отрезные автоматы применяются для изготовления из прутка (или бунта) коротких деталей небольшого диаметра и простой формы в условиях крупносерийного и массового производства. Схема работы такого автомата показана на рисунке 1.1. Заготовка крепится во вращающемся шпинделе 1 при помощи цангового патрона. Станок имеет два-четыре суппорта 2, перемещающихся только в поперечном направлении и несущих фасонные и отрезные резцы. Для получения детали заданной длины станок снабжен подвижным упором 3, автоматически устанавливающимся по оси шпинделя после окончания цикла. Материал подается с помощью механизма подачи до соприкосновения с упором.

Главным движением (v) в этих станках является вращение шпинделя, движения подачи (s) – перемещения поперечных суппортов.

Некоторые модели фасонно-отрезных автоматов имеют продольный суппорт, перемещающийся вдоль оси шпинделя, позволяющий производить сверление отверстий.

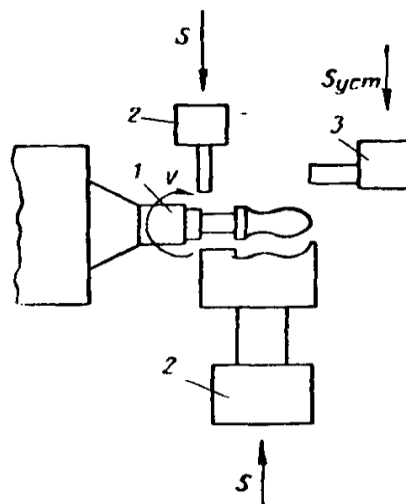


Рисунок 1.1 – Схема работы фасонно – отрезного автомата

Некоторые характерные детали обрабатываемые на фасонно-отрезных автоматах, показаны на рисунке 1.2.

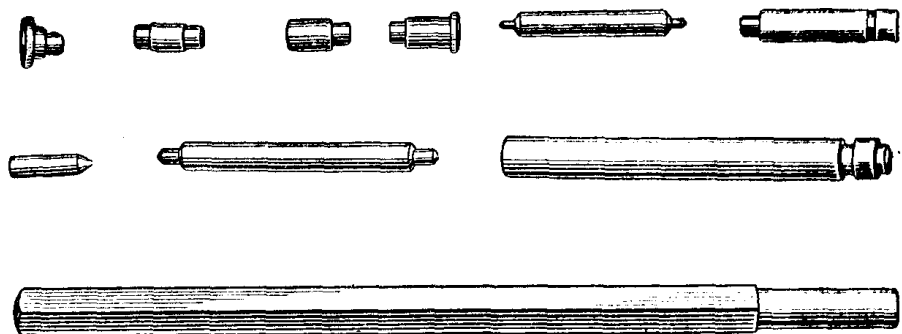


Рисунок 1.2 – Типовые детали, изготавливаемые на фасонно – отрезных автоматах

1.3 Автоматы продольного точения

Автоматы продольного точения предназначены для изготовления длинных деталей малого диаметра из прутка или бунта в условиях массового производства. Используются главным образом на предприятиях точной индустрии, например, в часовой промышленности, приборостроении, радиотехнической промышленности и т. п.

Высокие требования к точности и чистоте поверхности обрабатываемых деталей, предъявляемые точной индустрией, обусловили ряд конструктивных особенностей автоматов продольного точения.

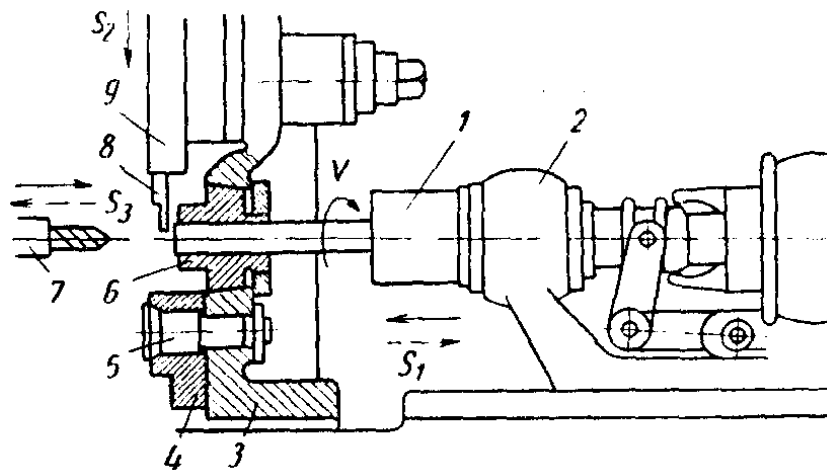


Рисунок 1.3 – Схема работы пруткового автомата продольного точения

На рисунке 1.3 приведена схема работы автомата. Заготовка закрепляется во вращающемся шпинделе 1 при помощи цангового патрона. Шпиндельная бабка 2 перемещается по направляющим станины, сообщая тем самым заготовке движение подачи (s_1) относительно неподвижного резца 8, закрепленного в суппорте 9. Суппорт сообщает резцу установочные перемещения при переходе на обработку ступени другого диаметра и движение поперечной подачи (s_2) при отрезке и фасонном обтачивании. Станок имеет два-три вертикальных суппорта и суппорт балансирного типа 4, несущий два резца и совершающий качательное движение вокруг оси 5.

Обработка центрального отверстия – сверление, зенкерование, нарезание резьбы метчиками и плашками и т. д. – производится с помощью специальных приспособлений 7, устанавливаемых на левой стороне станины.

Шпиндели приспособлений часто имеют независимое поступательное (s_3) и вращательное движения. Для уменьшения прогиба и вибрации прутка под действием сил резания передний конец его пропускается через калиброванное отверстие люнета 6, закрепленного на суппортной стойке 3, установленной на станине. Такая компоновка обеспечивает высокопроизводительную обработку деталей значительной длины без опасения возникновения значительного прогиба и вибраций. При этом достигается высокая точность и чистота обработанных поверхностей.

Следует отметить, что к прутковым заготовкам, обрабатываемым на этих

автоматах, предъявляются повышенные требования по точности.

Главным движением (v) в этих автоматах является вращение шпинделя. При цилиндрическом обтачивании движением продольной подачи s_1 является перемещение шпиндельной бабки, при отрезке – поперечная подача s_2 , осуществляемая перемещением вертикальных суппортов или поворотом суппорта балансирного типа. При фасонной обработке подача получается как геометрическая сумма продольной и поперечной подачи (s_1 и s_2).

При сверлении, зенкеровании, развертывании продольная подача представляет собой алгебраическую сумму продольных подач шпинделя станка s_1 , и шпинделя приспособления s_3 .

Автоматы продольного точения имеют один распределительный вал, управляющий рабочими и холостыми движениями (автоматы первой группы).

Характерные детали, обрабатываемые на таких автоматах, показаны на рисунке 1.4

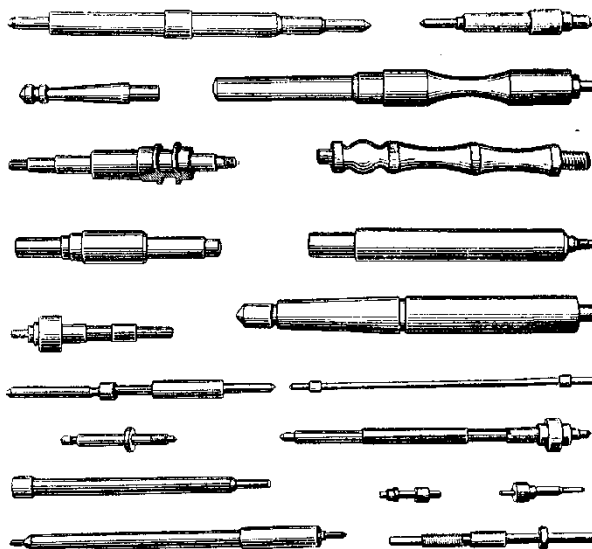


Рисунок 1.4 - Примеры типовых деталей, изготавливаемых на автоматах фасонно-продольного точения

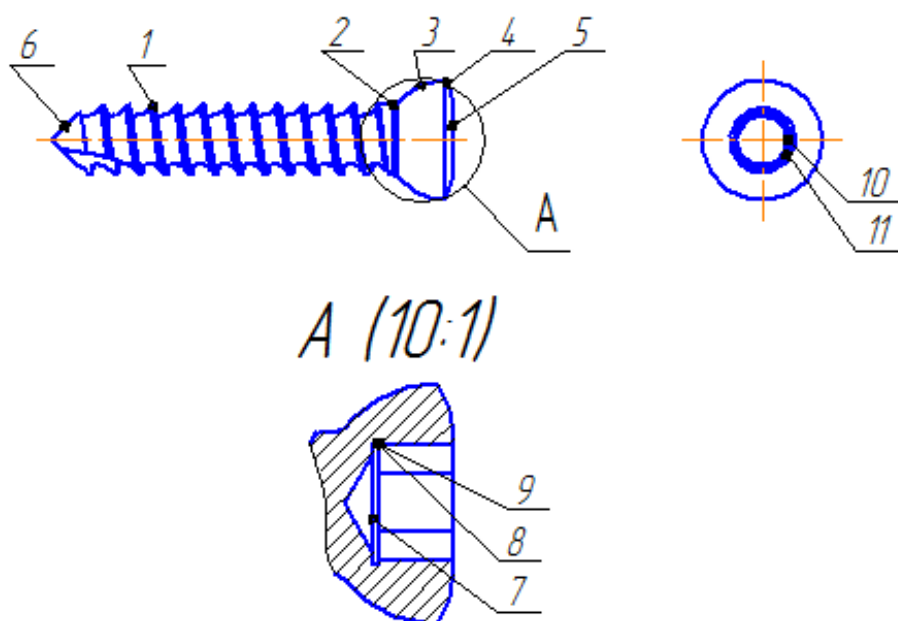
Основным размером автоматов продольного точения является наибольший диаметр обрабатываемого прутка.

В табл. 1.1 приведены основные технические параметры современных автоматов продольного точения.

Таблица 1.1 - Основные характеристики автоматов продольного точения

Характеристика	Модели станков						
	1104	116А	1А10П	1110А	1П12	1П25	1П25Р*
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм	4	6	7	10	12	25	25
Скорости главного движения, об/мин	1474–9980	2235–10000	1030–6250	1790–7000	800–6300	315–4000	315–4000
Мощность приводного электродвигателя, кВт	1,7	1,5	1,7	1,7	2,8	4,5	4.5
Вес, кН.	8	6,2	5,5	6,5	8	16	16
* Станок имеет револьверную головку.							

1.4 Описание вариантов систем резьбовой фиксации с использованием высокопрочных титановых винтов



1 – резьбовая поверхность; 2 – переходная поверхность; 3- коническая установочная поверхность; 4 – переходная поверхность, 5 – торцевая поверхность винта; 6 - заходная поверхность винта; 7, 8,9 – поверхности внутреннего шестигранника винта.

Рисунок 1.5 – Эскиз высокопрочного винта

На рисунке 1.5 представлен эскиз высокопрочного винта, выполняемого

из титанового сплава, и предназначенного для использования в специальных системах резьбовой фиксации. Партийность выпуска представленных винтов составляет 10 000 – 50 000 штук в год, что позволяет говорить о том, что целесообразно изготавливать изделия с использованием технологических процессов механической (лезвийной и абразивной) обработки. В отличие от изделий с массовой партийностью (при программе выпуска от 500 000 штук в год) в нашем случае исключается возможность применения высокоэффективных операций по накатке резьбовых поверхностей заготовок, так как это сопряжено с изготовлением крайне дорогой технологической оснастки. До настоящего момента на многих производствах подобные изделия при заданной производительности выпускались на «классических» токарных станках (в том числе с системами ЧПУ). Такой технологический подход предусматривает установку заготовки и перемещение относительно нее на суппорте режущего инструмента, что вызывает при перемещении инструмента снижение технологической жесткости системы ЗИПС (заготовка-инструмент-приспособление – станок). Это связано с тем, что с перемещением инструмента увеличивается интенсивность его вибрации, снижается точность обработки, возможны поломки режущих кромок. В то же время использование станков типа «прутковый фасонный автомат продольного точения» обеспечивает постоянство точки приложения силы резания, которая сосредоточена в непосредственной близости с зажимом заготовки. Движение продольной подачи в таком случае осуществляется выдвиганием вращающейся заготовки относительно неподвижного режущего инструмента.

Высокопрочный винт устанавливается по принципу самореза (вворачивается в ответную часть специальной пластины) и обеспечивает взаимное фиксирование соответствующих элементов. В последующем разделе работы приведено математическое моделирование оптимальных конфигураций и размеров всех элементов систем резьбовой фиксации.

1.5 Цель и задачи выпускной квалификационной работы

Целью работы является обеспечение среднесерийного выпуска высоко-

прочных винтов в современных производственных условиях. Для обеспечения цели требуется решить несколько задач, в числе которых:

а) определение оптимальных конфигураций компонентов систем резьбовой фиксации с использованием винтов и пластин (используются пакеты математического моделирования);

б) разработка актуального технологического процесса полного цикла механической обработки высокопрочного винта с использованием станков типа «прутковый автомат продольного точения», а также с использованием всего необходимого для данного станка комплекта зажимной, установочно - базировочной оснастки, режущего и контрольно – измерительного инструмента;

в) выявить опасные и вредные производственные факторы, сопутствующие технологическому процессу изготовления, предложить инженерные методы защиты человека и окружающей среды от действия этих факторов;

г) определить показатели экономической эффективности от внедрения в условия реального производства предлагаемых технических решений.

Решению указанных задач и достижению поставленной цели посвящены нижеследующие разделы выпускной квалификационной работы.

2 Аналитическое исследование систем винтовой фиксации с применением высокопрочных винтов и ответных пластин с моделированием системы

На листах графической части работы представлены предложенные нами варианты высокопрочных винтов. Разработка велась с прототипированием существующих передовых конструкций специальных винтовых соединений. На листах графической части представлены как содержащие всю необходимую информацию рабочие чертежи пластин, так и элементы разработанных нами 3-D моделей пластин.

Моделирование систем фиксации с использованием пакета твердотельного моделирования ANSYS

Данный раздел посвящен численному моделированию и оптимизации пятна контакта соединения с пластиной, общий вид которой представлен на рисунке 2.1

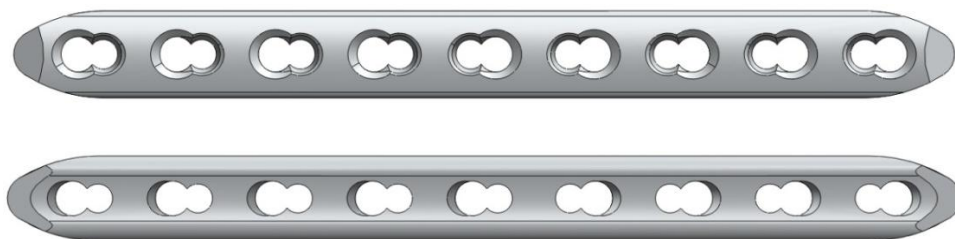


Рисунок 2.1– Пластины для фиксации

Для снижения повреждения сопрягаемого материала при фиксации пластины, требуются сделать специальные вырезы, которые уменьшат площадь давления на сопрягаемый материал.

Целью моделирования является определение изменения полей напряжений и деформаций пластины и сопрягаемого материала, при различных вариациях выточек, в заданном диапазоне.

Рассматриваются несколько вариантов расчета пластин при различных вырезах в статической постановке, после чего сравниваются с ее базовым вариантом и прочностным расчетом.

2.1 Описание

Пластины располагают с двух сторон необходимого для соединения элемента. Пластинами производят фиксацию двух частей. Для фиксации пластин используют винты. Отверстия для винтов в пластинах бывают круглыми, овальными, прорезанными под углом.

2.2 Общий вид конечно-элементной модели.

На основании геометрии пластины и сопрягаемой поверхности была выделена расчетная область и построена геометрия, представленная на рисунке 2.2.

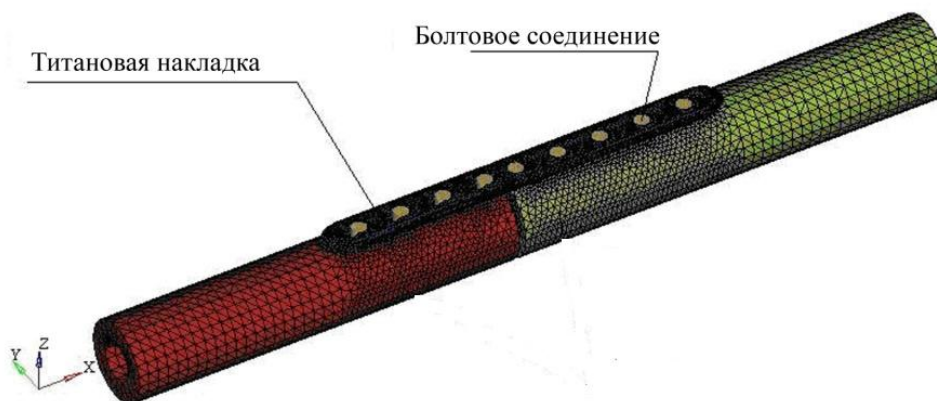


Рисунок 2.2 – Расчетная схема

Сопрягаемые элементы смоделированы двумя полыми цилиндрами. Внешний радиус 24 мм, внутренний радиус 12 мм. Общая длина цилиндров 250 мм. Вырезы представляют собой цилиндрические участки диаметром $A = 5..20$ мм, расположенных перпендикулярно оси пластины под углом $B = 0..20$

Для проверки на прочность системы сопряжения был принят следующий вид нагружения представленный на рисунке 2.3. Одна из торцевых поверхностей жестко закреплена, а к противоположному торцу приложена сила 310 Н, соответствующая предельному значению нагрузки для объекта. Сила направлена вдоль оси Z.



Рисунок 2.3 – Расчетная модель

2.3. Физико-механические свойства материалов, используемых в модели
Пластина и болты состоят из материала титан ВТ 6-00. В таблице 2.1 представлены их физико-механические свойства.

Таблица 2.1-Физико – механические свойства материала

Элемент конструкции	Физико-механические свойства материала			
	Плотность, кг/м ³	Модуль упругости, МПа	Коэффициент Пуассона	Предел текучести, МПа
Накладка (титан ВТ 6-00)	4650	123000	0,33	1070
Объект	520	14500	0,49	61
Болт (титан ВТ 6-00)	4650	123000	0,33	1070

2.4. Результаты расчета на прочность

2.4.1 Сделаем расчет объекта на прочность без пластины

Для сравнения системы фиксации проведен расчет на прочность объекта без пластины, для этого было выбрано нагружение аналогичное нагружению с пластиной.

В результате расчета были получены следующие значения:

- максимальная деформация сопрягаемого материала 7,2 мм;
- максимальное напряжение в сопрягаемом материал 58.78 МПа.

2.4.2 Сделаем расчет базового варианта системы винтовой фиксации

Результаты расчета представлены на рисунках 2.4, 2.5 и 2.6.

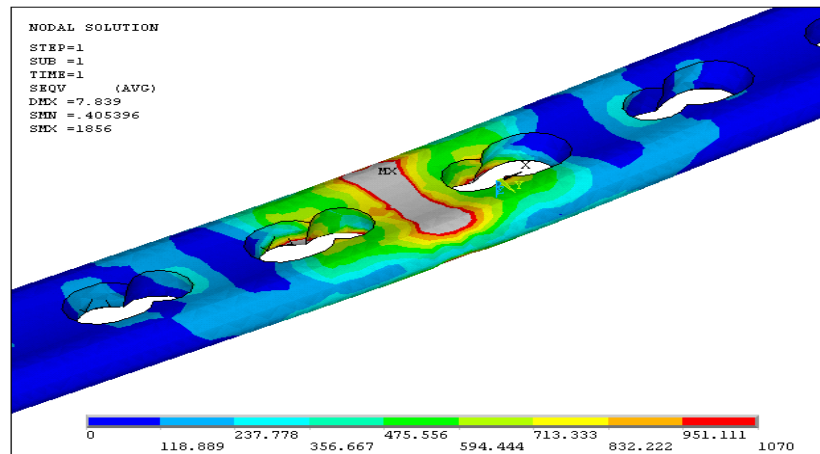


Рисунок 2.4 - Напряженно-деформированное состояние пластины, МПа

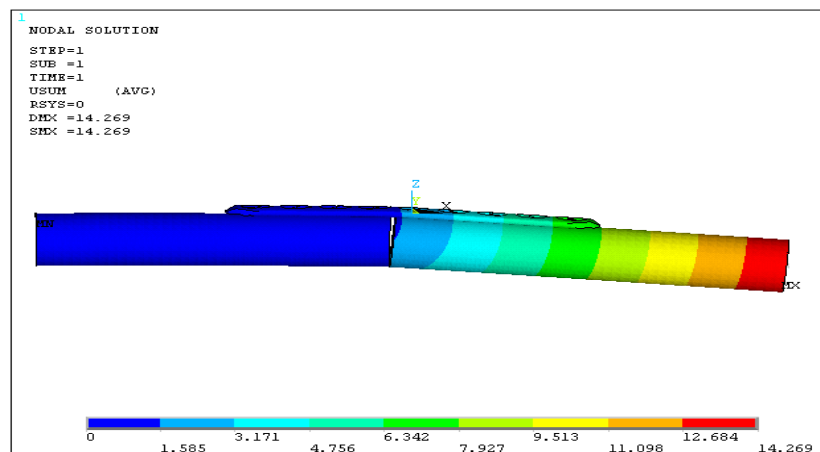


Рисунок 2.5 - Деформация сопрягаемого материала, мм

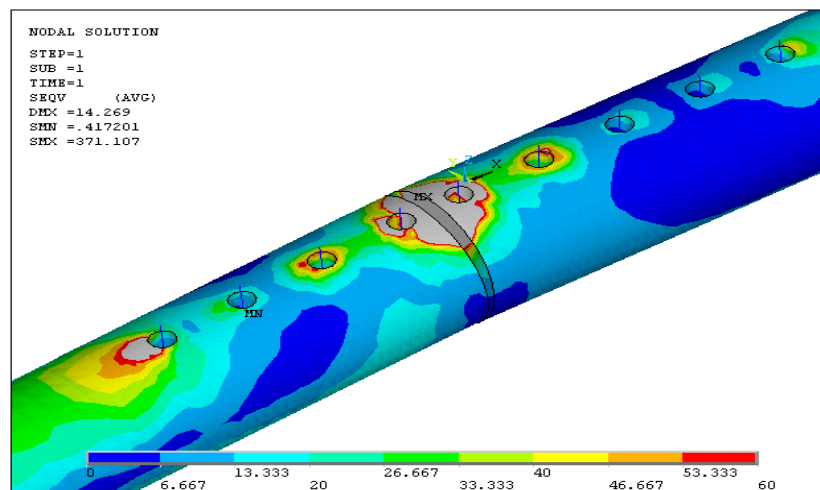


Рисунок 2.6 - Напряженно-деформированное состояние сопрягаемого материала, МПа

В результате расчета были получены следующие значения:

- максимальная деформация 14,27 мм;
- максимальное напряжение 1856 Мпа;

2.4.3 Сделаем расчеты пластин при $B = 0^\circ$.

Расчет пластины $B = 0^\circ$, $A = 5$ мм.

Результаты расчета представлены на рисунках 2.7, 2.8 и 2.9

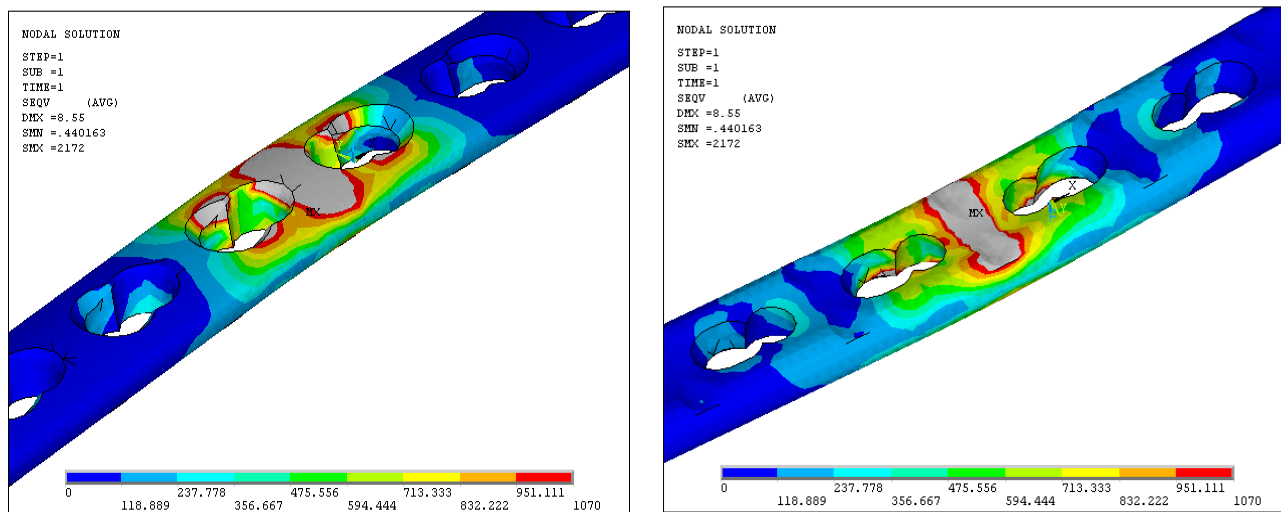


Рисунок 2.7 - Напряженно-деформированное состояние пластины, МПа.

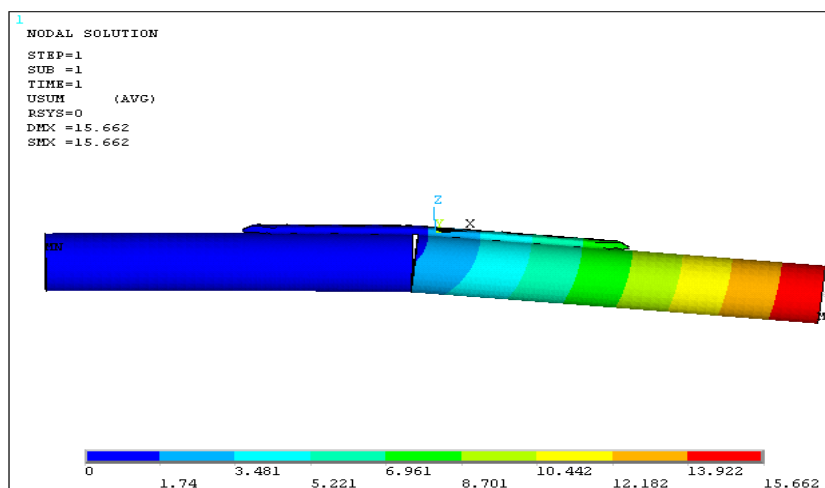


Рисунок 2.8 - Деформация сопрягаемого материала, мм.

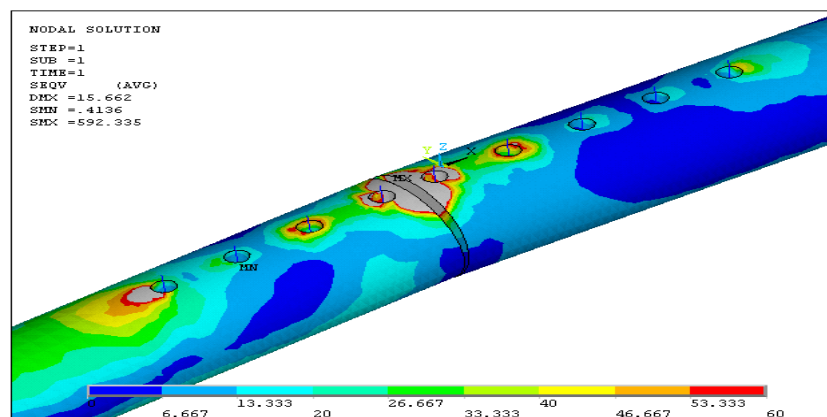


Рисунок 2.9 - Напряженно-деформированное состояние сопрягаемого материала, МПа

В результате расчета были получены следующие значения:

- максимальная деформация 15,66 мм;
- максимальное напряжение 2172 Мпа;
- максимальное напряжение в сопрягаемом материале 592,3 Мпа.

Расчет пластины $B = 0^\circ$, $A = 10$ мм.

Результаты расчета представлены на рисунках 2.10, 2.11, 2.12

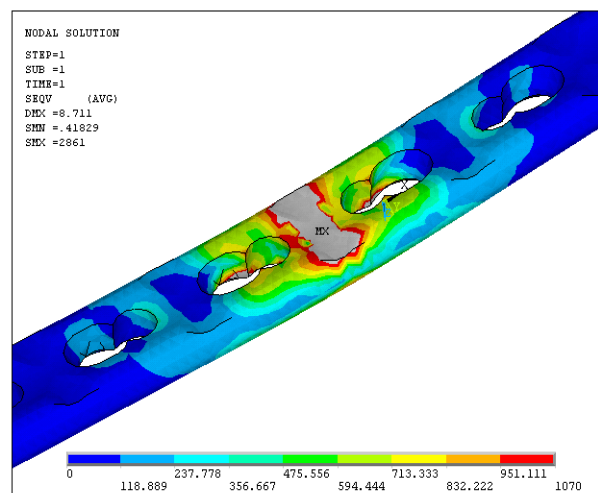
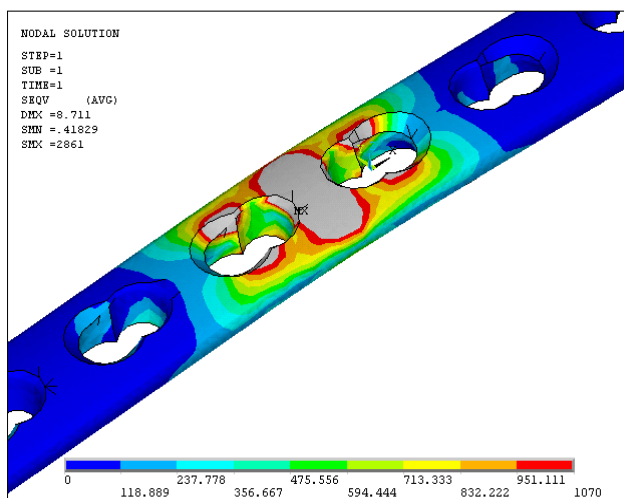


Рисунок 2.10 - Напряженно-деформированное состояние пластины, МПа.

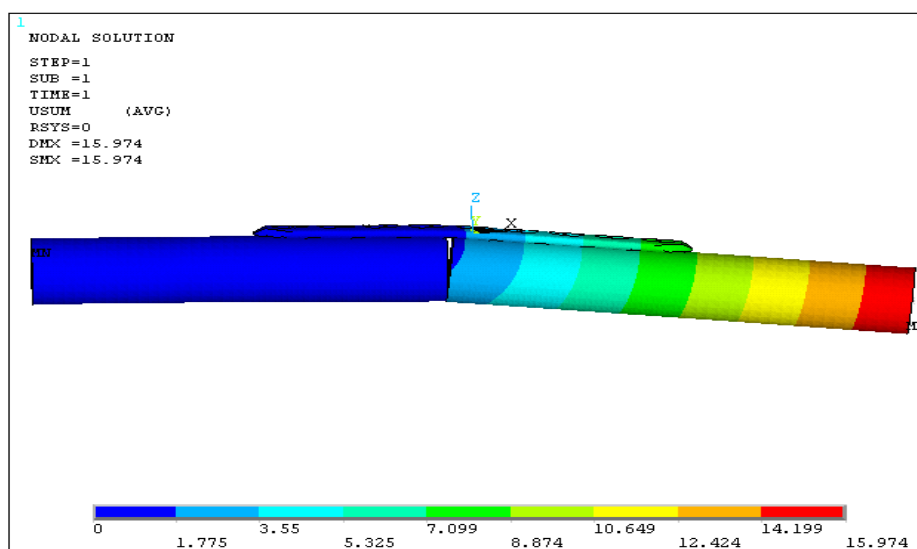


Рисунок 2.11 - Деформация сопрягаемого материала, мм.

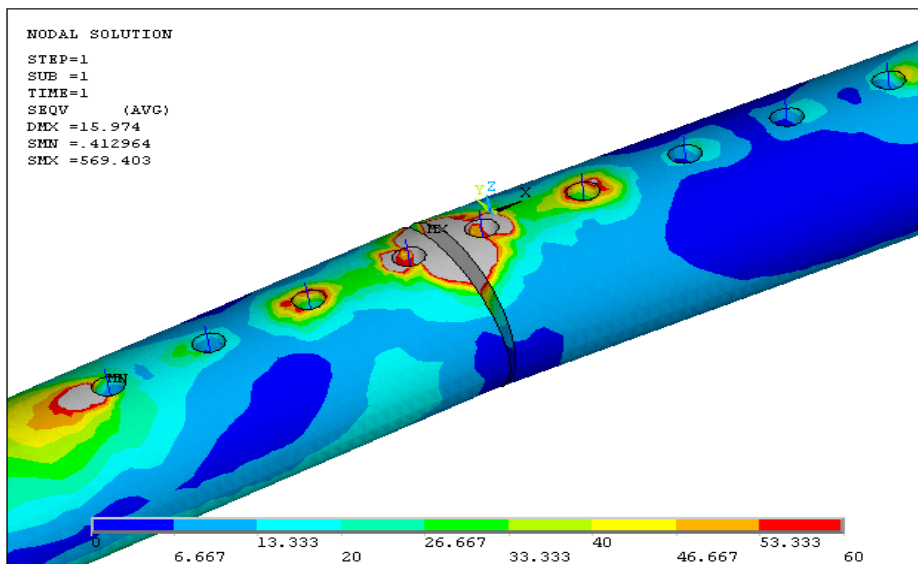


Рисунок 2.12 - Напряженно-деформированное состояние сопрягаемого материала, МПа.

В результате расчета были получены следующие значения:

- максимальная деформация 15,97 мм;
- максимальное напряжение 2861 МПа;
- максимальное напряжение в сопрягаемом материале 569,4 МПа.

Расчет пластины $B = 0^\circ$, $A = 20$ мм.

Результаты расчета представлены на рисунках 2.13, 2.14 и 2.15

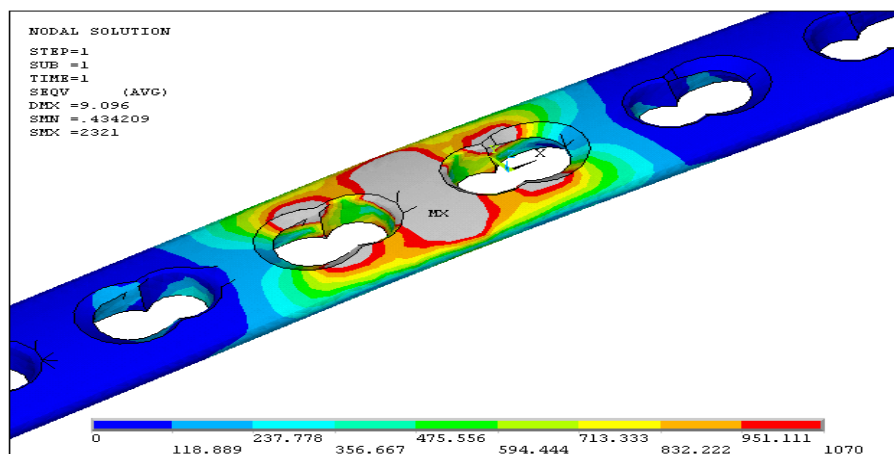


Рисунок 2.13 - Напряженно-деформированное состояние пластины, МПа

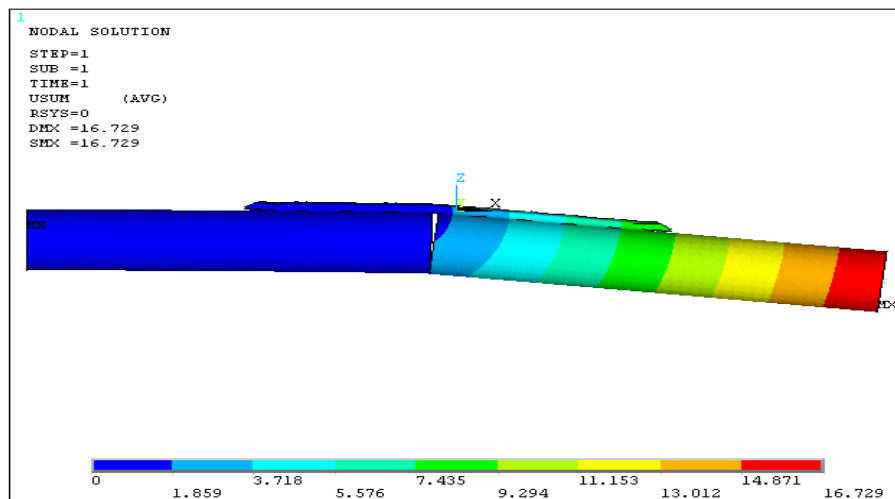


Рисунок 2.14 - Деформация сопрягаемого материала, мм

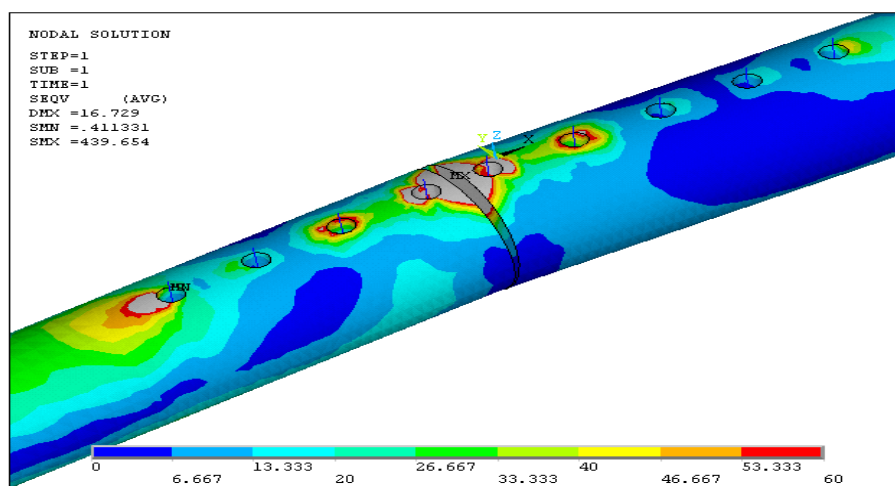


Рисунок 2.15 - Напряженно-деформированное состояние сопрягаемого материала, МПа.

В результате расчета были получены следующие значения:

- максимальная деформация 16,73 мм;
- максимальное напряжение 2321 Мпа;
- максимальное напряжение в сопрягаемом материала 439,65 Мпа.

Сводные графики расчета пластины $B = 0^\circ$, $A = 5..20$ мм.

Результаты расчета представлены на графиках 2.1, 2.2.

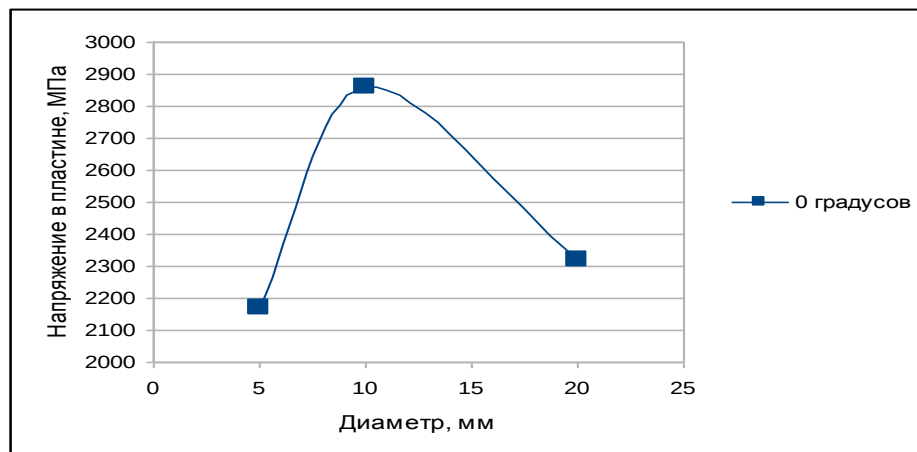


График 2.1 - Напряжение в пластине, МПа

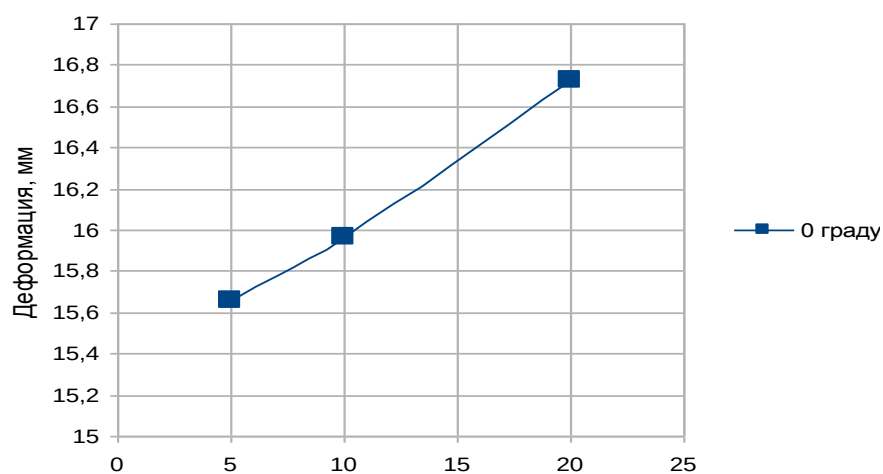


График 2.2 - Деформация, мм

2.4.4 Сделаем расчеты пластин при $B = 10^\circ$.

Расчет пластины $B = 10^\circ$, $A = 5$ мм.

Результаты расчета представлены на рисунках 2.16, 2.17 и 2.18.

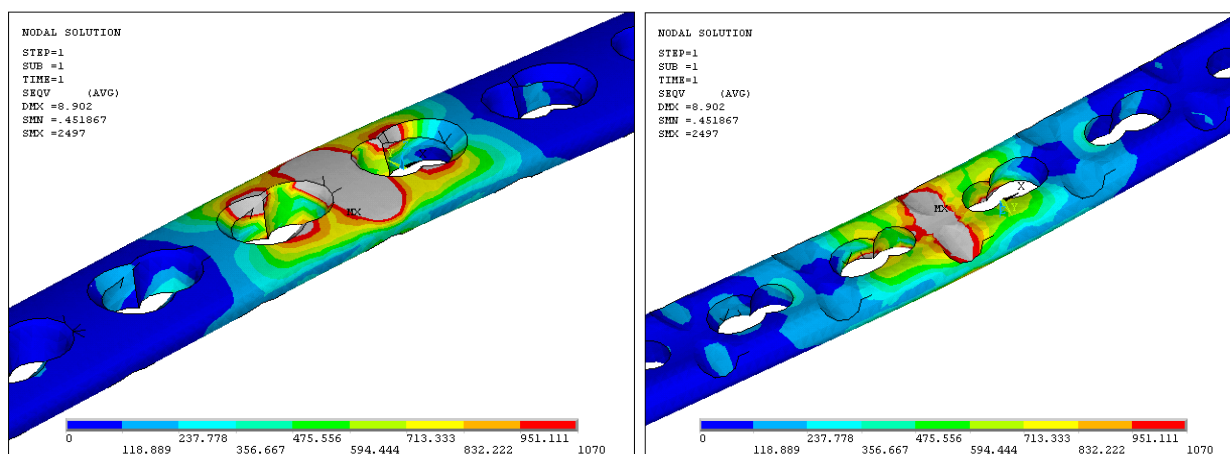


Рисунок 2.16 - Напряженно-деформированное состояние пластины, МПа

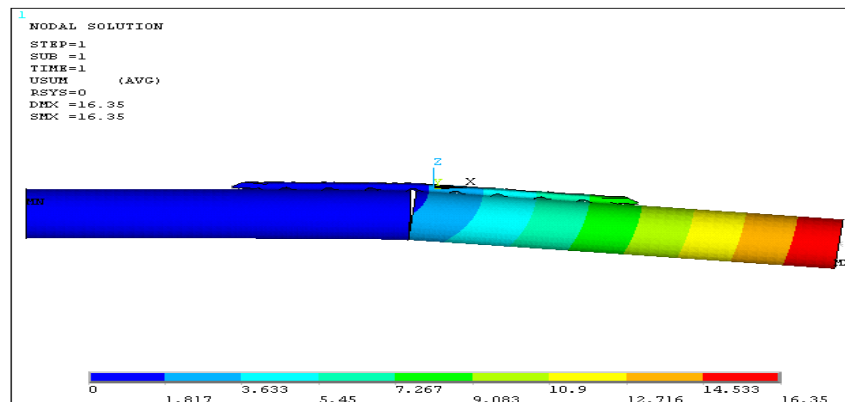


Рис. 2.17. Деформация объекта, мм.

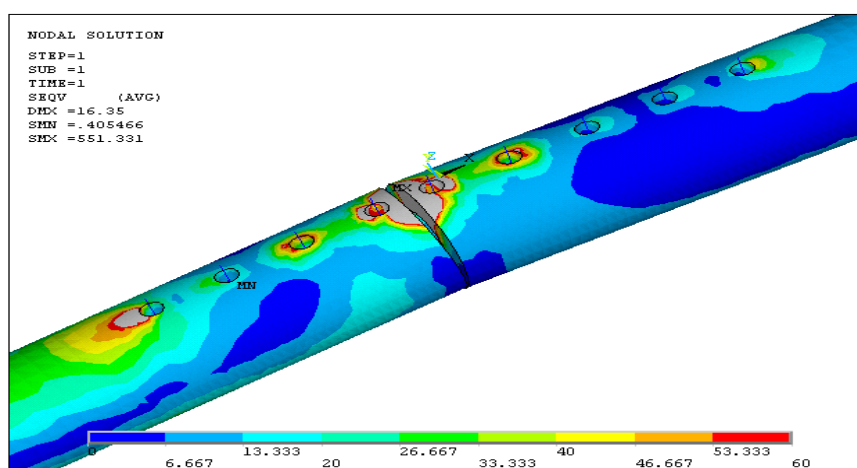


Рисунок 2.18 - Напряженно-деформированное состояние сопрягаемого материала, МПа.

В результате расчета были получены следующие значения:

- максимальная деформация 16,35 мм;
- максимальное напряжение 2497 Мпа;
- максимальное напряжение в сопрягаемом материале 551,33 МПа.

Расчет пластины $B = 10^\circ$, $A = 10$ мм.

Результаты расчета представлены на рисунках 2.19, 2.20 и 2.21.

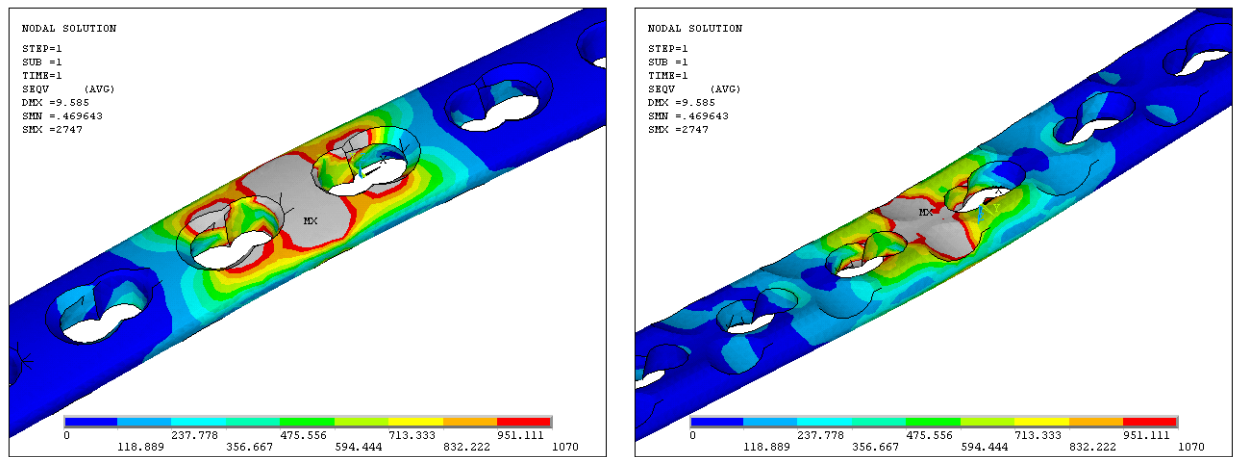


Рисунок 2.19 - Напряженно-деформированное состояние пластины, МПа

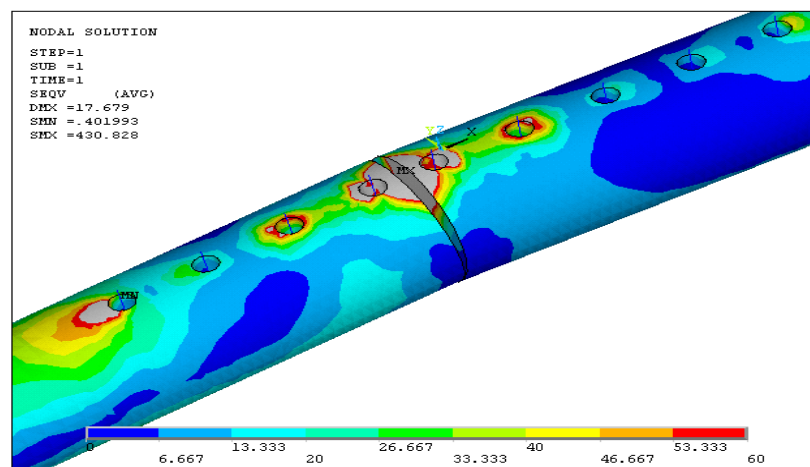


Рисунок 2.20 - Деформация объектов.

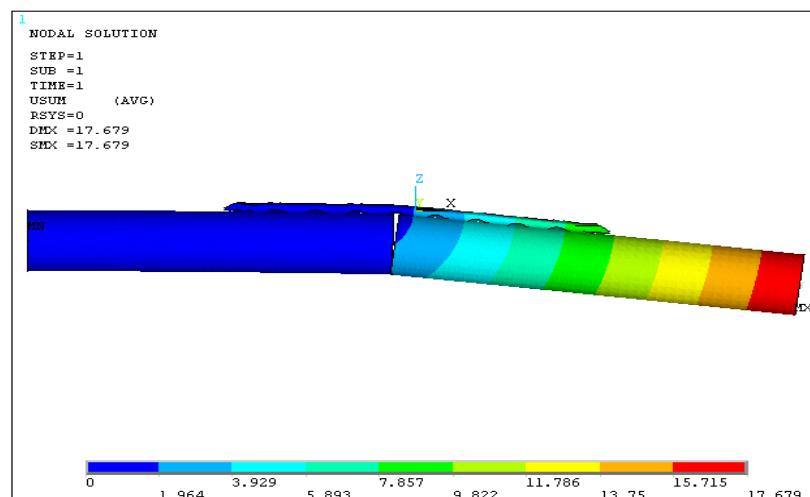


Рисунок 2.21 - Напряженно-деформированное состояние сопрягаемого материала, МПа.

В результате расчета были получены следующие значения:

- максимальная деформация 17,68 мм;
- максимальное напряжение 2747 Мпа;
- максимальное напряжение в сопрягаемом материале 430,83 МПа.

Расчет пластины $B = 10^\circ$, $A = 20$ мм.

Результаты расчета представлены на рисунках 2.22, 2.23 и 2.24.

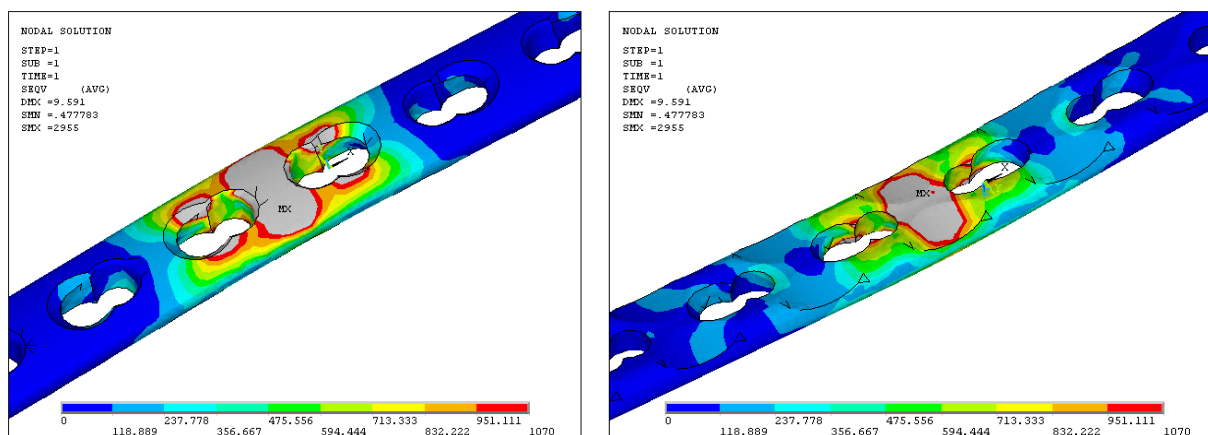


Рисунок 2.22 - Напряженно-деформированное состояние пластины, МПа

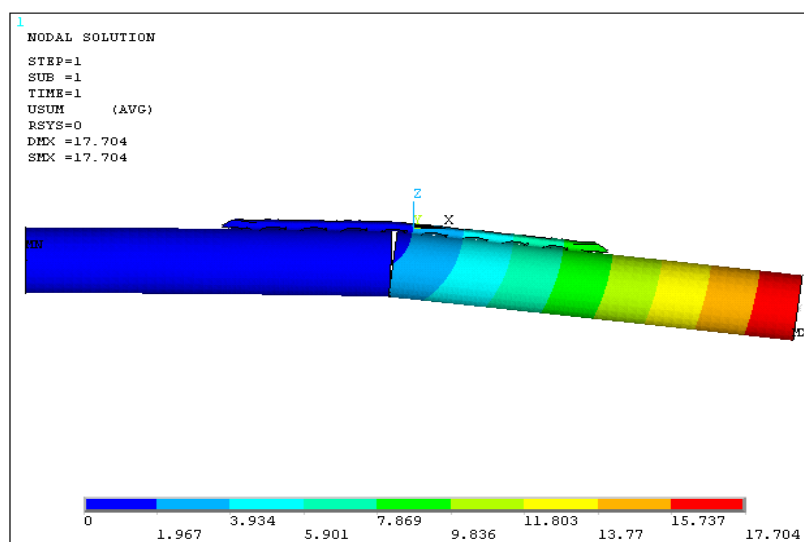


Рисунок 2.23 - Деформация сопрягаемого материала, мм

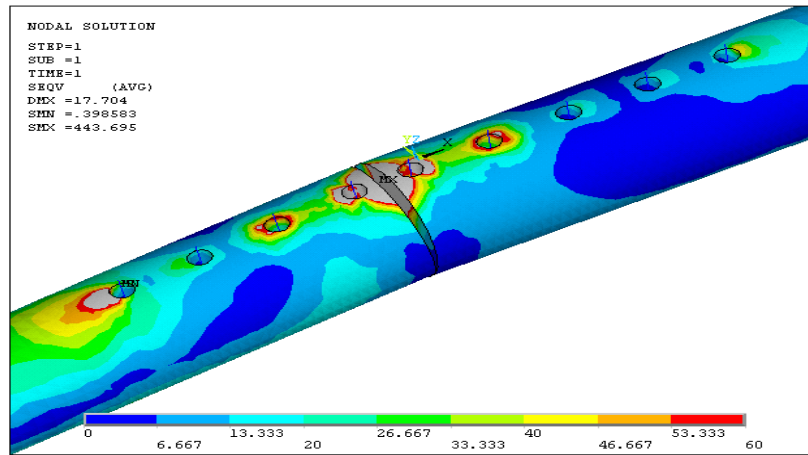


Рисунок 2.24 - Напряженно-деформированное состояние объекта, МПа

В результате расчета были получены следующие значения:

- максимальная деформация 17,7 мм;
- максимальное напряжение 2955 Мпа;
- максимальное напряжение в сопрягаемом материале 443,7 Мпа.

Сводные графики расчета пластины $B = 10^\circ$, $A = 5..20$ мм.

Результаты расчета представлены на графиках 2.4, 2.5.

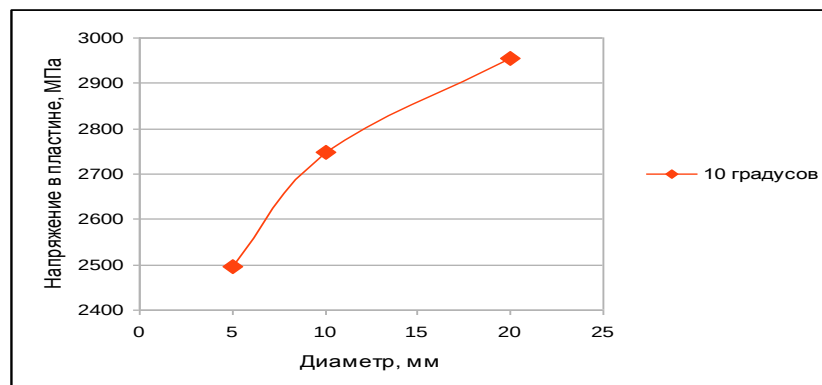


График 2.4 - Напряжение в пластине, МПа

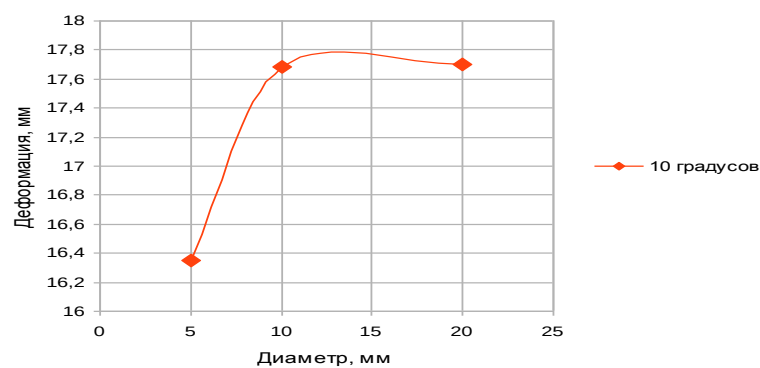


График 2.5 - Деформация, мм.

Результаты всех расчетов и данных моделирования сведем в таблицу 2.2.

Таблица 2.2- Сравнительная таблица двух типов сопряжения системы винтовой фиксации

	1 пластина	2 пластины
максимальная деформация	14,27 мм	4,2 мм
максимальное напряжение	1856 МПа	153 МПа
максимальное напряжение в сопрягаемом материале	371 МПа	83 МПа

В результате проведенного моделирования можно сделать следующие выводы:

1.Проведено численному моделированию и оптимизации пятна контакта сопрягаемого материала. Определены изменения полей напряжений и деформаций пластины и сопрягаемого материала, при различных вариациях выточек, в заданном диапазоне.

2.Полученные графиков дают возможность определять оптимальные основные прочностные характеристики при заданных площадях контакта.3

3.Расчет пластины базового варианта при симметричном закреплении на сопрягаемом материале показал большую эффективность. Максимальные перемещения уменьшилось в 1.7 раз, а запас прочности возрос в 7 раз в сравнение с объектом. Данный вариант может эксплуатироваться при максимальной нагрузке без разрушения целостности системы и каких-либо деформаций сопрягаемого материала.

3 Анализ типового технологического процесса изготовления высокопрочного винта

Данный винт со сферической головкой является частью сборочной конструкции, состоящей из пластины и опорного винта.

Деталь работает в условиях действия радиальной знакопеременной сосредоточенной нагрузки. Винт работает как саморез, он вкручивается в сопрягаемый материал и тем самым блокирует возможные перемещения пластины.

Материал винта – титановый сплав ВТ6 ГОСТ 19807-91.

Химический состав и механические свойства титанового сплава ВТ6 ГОСТ 19807-74 представлены в таблицах 3.1. и 3.2.

Таблица 3.1-Химический состав сплава ВТ6

Элемент	Fe	C	Si	V	N	Ti	Al	Zr	O	Прочие примеси
Содержание, %	до 0,3	до 0,1	до 0,15	3,5-5,3	до 0,05	86,485-91,2	5,3-6,8	до 0,3	до 0,2	до 0,315

Таблица 3.2-Механические свойства сплава ВТ6

δ_T	δ_B	δ_5	ψ	KCU
МПа	МПа	%	%	Дж/см ²
-	900-1100	8-20	20-45	400

Обозначения в таблице 3.2

δ_B - Предел кратковременной прочности, [МПа]

δ_T - Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа]

δ_5 - Относительное удлинение при разрыве, [%]

ψ - Относительное сужение, [%]

KCU - Ударная вязкость, [Дж /см²]

Химический состав и физико – механические свойства титанового сплава ВТ6 обеспечивают заданные и необходимые характеристики детали.

Выполним систематизацию поверхностей (см. Табл. 3.3)

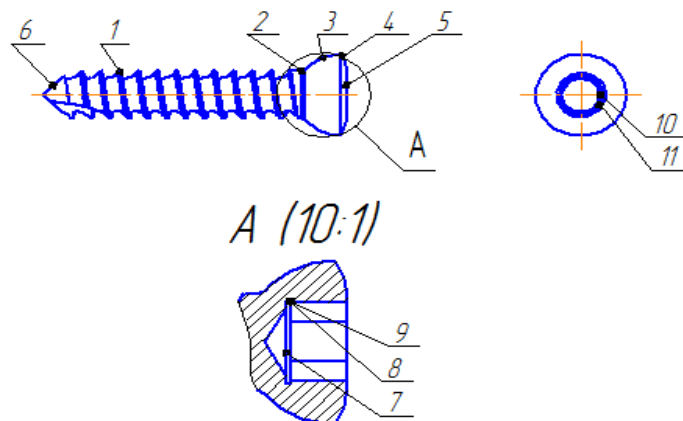


Рисунок 3.2 - Систематизация поверхностей высокопрочного винта

Таблица 3.3-Вид поверхностей винта

Нпов.	Вид поверхностей	IT	Ra
1,3	Исполнительные поверхности	14	2,5
1	Основные конструкторские базы	14	2,5
3	Вспомогательные конструкторские базы	14	2,5
7		12	2,5
остальные	Свободные	14	2,5

Описание выполняем по рабочему чертежу детали.

Чертеж детали содержит необходимые виды, разрезы, увеличенные выносные элементы и разрезы, достаточные для представления о конструкции детали и составления технологии на ее обработку.

Марка материала – титановый сплав ВТ6 ГОСТ 19807-91, указана в основной надписи. Твердость данного сплава 275 ± 20 НВ.

На чертеже даны все размеры, необходимые для изготовления и контроля детали. Точность размеров задана предельными отклонениями по ГОСТ 2.307-79. Точность свободных размеров 14 квалитет, п.2 технических требований. Шероховатость поверхностей указана в правом верхнем углу чертежа. Предельные отклонения формы и расположения поверхностей должны укладываться в допуск на размер.

В технических требованиях также сказано о недопустимости наличия посторонних частиц, загрязнений и смазок на поверхности винта.

4 Выбор технологических баз. Технологический маршрут и план обработки

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

Анализируя конструкцию детали с точки зрения этих критериев, выясняем, что в качестве черновых баз используем наружную поверхность круглого калиброванного проката (заготовки винта).

Теоретическая схема базирования при первом установе приведена в плане обработки для операции 005. Двойной направляющей базой (опорные точки 1, 2, 3, 4) является ось цилиндрической наружной поверхности

На всех дальнейших операциях используются наружные поверхности, по которым при закреплении в соответствующих цанговых зажимах производится выдвигание заготовки.

Условные обозначения принятых черновых и чистовых технологических баз в теоретических схемах базирования на различных операциях технологического процесса изготовления вала приведены в плане обработки.

План обработки детали представлен в графической части выпускной квалификационной работы.

5 Проектирование технологических операций

5.1 Расчет припусков по переходам

Элементы припуска- величину микронеровностей Rz и глубину дефектного слоя h назначаем по таблицам [4, с. 66] и [6, с. 69]

Определим элементы припуска ρ_0 и $\varepsilon_{уст}$

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{ксм}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}, (5.1)$$

где $\rho_{ксм} = 0,8$ мм

$$\rho_{см} = \Delta_k \cdot L = 1.0 \cdot 67 = 67 \text{ мкм} (5.2)$$

где L-длина заготовки

Величина отклонения расположения заготовки центровки:

$$\rho_{ц} = 0.25 \cdot \sqrt{\delta_3^2 + 1}, (5.3)$$

где δ_3 – допуск на поверхности, используемые в качестве базовых на фрезерно-центровальных операциях.

$$\delta_3 = 2,4 \text{ мм}$$

$$\rho_{ц} = 0.25 \cdot \sqrt{2.4^2 + 1} = 0.650 \text{ мм}$$

Суммарное отклонение расположения

$$\rho_0 = \sqrt{0.8^2 + 0.067^2 + 0.650^2} = 1.072 \text{ мм}$$

Погрешность установки при базировании заготовки в центрах

$$\varepsilon_{уст} = 0.25 \varepsilon_{заг} \quad (5.4)$$

$$\varepsilon_{уст} = 0.25 \cdot 2.4 = 0.600 \text{ мм}$$

Остаточное суммарное расположение заготовки после черновой обработки

$$\rho_{\text{ост}} = K_y \cdot \rho_0, \quad (5.5)$$

где K_y - коэффициент уточнения [12,с. 190]

для перехода 2 $K_y = 0,06$

для перехода 3 $K_y = 0,04$

для перехода 4 $K_y = 0,02$,

тогда

$$\rho_2 = K_{y2} \cdot \rho_0 = 1072 \cdot 0,06 = 64$$

$$\rho_3 = K_{y3} \cdot \rho_0 = 1072 \cdot 0,04 = 43$$

$$\rho_4 = K_{y4} \cdot \rho_0 = 1072 \cdot 0,02 = 21$$

погрешность установки

$$\varepsilon_{\text{уст}3} = \varepsilon_{\text{уст}} \cdot K_{y2} = 600 \cdot 0,06 = 36 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{уст}4} = \varepsilon_{\text{уст}} \cdot K_{y3} = 600 \cdot 0,04 = 24 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на черновую обработку

$$2Z_{\text{min}} = 2(Rz + h + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) \quad (5.6)$$

$$2Z_{\text{min}} \text{ токар черн} = 2(160 + 200 + \sqrt{1072^2 + 600^2}) = 1308 \text{ мкм}$$

минимальный припуск на чистовые операции

$$2Z_{\text{min}} \text{ токар чист} = 2(50 + 50 + \sqrt{64^2 + 36^2}) = 400 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{min}} \text{ полиров.} = 2(25 + 25 + \sqrt{43^2 + 24^2}) = 50 \text{ мкм}$$

Промежуточные расчетные размеры по обрабатываемым поверхностям

$$d^{i-1}_{\text{min}} = d^i_{\text{min}} + 2Z_{\text{min}} \quad (5.7)$$

$$d_{\text{min}} \text{ полиров.} = 3,38 \text{ мм}$$

$$d_{\text{min}} \text{ токарчист.} = 3,38 + 0,17 = 3,55 \text{ мм}$$

$$d_{\min \text{ токарчерн}} = 3,55 + 0,655 = 4,205 \text{ мм}$$

$$d_{\min \text{ заготов}} = 4,205 + 1,615 = 5,82 \text{ мм}$$

$$d^i_{\max} = d^i_{\min} + Td^i(5.8)$$

$$d_{\max \text{ полиров.}} = 3,38 + 0,1 = 3,48 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{ токарчист}} = 3,55 + 0,1 = 3,65 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{ токарчерн}} = 4,205 + 0,15 = 4,355 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{ заготов}} = 5,82 + 0,18 = 6 \text{ мм}$$

Максимальные припуски

$$2Z_{\max} = d^{i-1}_{\max} - d^i_{\min} (5.9)$$

$$2Z_{\max \text{ полиров.}} = 3,48 - 3,38 = 0,1 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{ токарчист}} = 3,65 - 3,55 = 0,1 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{ токарчерн}} = 4,355 - 4,205 = 0,15 \text{ мм}$$

Минимальные припуски

$$2Z_{\min} = d^{i-1}_{\min} - d^i_{\max} (5.10)$$

$$2Z_{\min \text{ полиров.}} = 3,483 - 3,388 = 0,159 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min \text{ токарчист}} = 3,658 - 3,554 = 0,244 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min \text{ токарчерн}} = 4,359 - 4,203 = 0,186 \text{ мм}$$

Проверка результатов расчёта

$$2Z^i_{\max} - 2Z^i_{\min} = TD^i + TD^{i-1} - \text{условие проверки} \quad (5.11)$$

$$2Z^4_{\max} - 2Z^4_{\min} = 0,239 - 0,1 = 0,139$$

$$TD^i + TD^{i-1} = 0,100 + 0,039 = 0,139$$

$$2Z^4_{\max} - 2Z^4_{\min} = TD^i + TD^{i-1} = 0,139 - \text{условие проверки выполнено, значит,}$$

расчёт припусков выполнен верно.

5.2. Расчет режимов резания аналитическим методом

Расчет режимов резания аналитическим методом проводим на токарную операцию 005.

Исходные данные

- Деталь- винт
- Материал- титановый сплав ВТ6 $\sigma_b = 900$ МПа
- Заготовка- прокат
- Обработка- токарная черновая
- Тип производства- серийное
- Приспособление- патрон поводковый с центром. Центр вращающийся
- Смена детали- автоматизированная
- Жесткость станка – средняя

Структура операции (последовательность переходов)

Оп 005 Токарная черновая

Содержание операции: Точить $\varnothing 4,5_{-0,3}$.

Выбор режущих инструментов

Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин PSKNR 4040S19 L-180 (Sandvik).

Пластина 4-хгранная из твердого сплава TCMT 16T308E

Данные оборудования

Модель- HanwhaXP12S

Мощность 2,2 кВт

Число скоростей шпинделя б/с

Частота вращения шпинделя 12-12000 об/мин

Подача суппорта:

Продольная 3-5000 мм/мин

Поперечная 1,5-3500 мм/мин

Число ступеней подач: б/с

Глубина резания t , мм

$t = 0,75$ мм

Подача S , мм/об

$S = 0.5$ мм/об [12, с.268].

Расчётная скорость резания V , м/мин

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (5.12)$$

где C_U - поправочный коэффициент; $C_U = 350$ [12, с.270];

T - стойкость, мин; $T = 60$ мин

t - глубина резания, мм;

m, x, y - показатели степени; $m = 0.2, x = 0.15, y = 0.35$, [12, с.270];

K_U - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания [12, с.282];

$$K_U = K_{MU} \cdot K_{ПУ} \cdot K_{ИУ}, \quad (5.13)$$

где K_{MU} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала [12, с.261];

$K_{ПУ}$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ПУ} = 1.0$ [12, с.263];

$K_{ИУ}$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$K_{ИУ} = 0,8$ [12, с.263];

$$K_{MU} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\text{в}}}\right)^{n_U}, \quad (5.14)$$

где K_{Γ} - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

$K_{\Gamma} = 1.0$ [12, с.262];

$\sigma_{\text{в}}$ - предел прочности;

n_U - показатель степени; $n_U = 1,0$ [12,с.262];

$$K_{MU} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{900}\right)^{1,0} = 0,83$$

$$K_U = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,83 = 0,664 .$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,664 = 181,9 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя n , мин⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (5.15)$$

где V - расчётная скорость резания, м/мин;

Тогда:

Переход 1: точение $\varnothing 4,5$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 181,9}{3,14 \cdot 4,5} = 1880 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректировка режимов резания по паспортным данным станка:

Фактическая частота вращения шпинделя (бесступенчатое регулирование)

Переход 1: $n_1 = 1880 \text{ мин}^{-1}$;

6 Особенности обработки винта с использованием токарного пруткового автомата продольного точения

6.1 Особенности металлорежущего станка

Данный станок представляет собой токарный автомат продольного точения, сохраняющий устойчивость при высокоскоростной обработке и изготовленный с учетом возможностей как массового производства, так и гибкой прецизионной обработки деталей машин, электрического и электронного оборудования, часов и автомобилей и рассчитанный на длительную, бесперебойную работу. Используемый станок выполнен в специальной комплектации.

Станок содержит:

- 1) Механизм уменьшения времени обработки (быстрый ход 24м/мин.)
- 2) Жесткий неподвижный корпус, обеспечивающий высоко прецизионную обработку
- 3) Жаропрочная конструкция
- 4) Вращающаяся направляющая втулка с синхронизацией по всей длине хода

Обозначение станка: Токарный автомат с ЧПУ. (Токарный автомат продольного точения)

Модель: XP12S/16S

Габариты: 1,650×1,150×1,650 (мм)

Станок состоит из главного шпинделя, подающих осей, инструмента, бака СОЖ, металлического корпуса, а также опций, подобранных заказчиком. Далее на рисунках дается детальное описание комплектующих.

Особенностью станка является использование «приводного инструмента» - осевого вращающегося инструмента, имеющего возможность подачи на вращающуюся заготовку. При использовании этого инструмента (а также при возможности индексации угловых поворотов при вращении заготовки в основном шпинделе и в противושпинделе) имеется технологическая возможность получения на наружных цилиндрических поверхностях лысок, пазов и тд. На рисунке 6.1 представлен общий вид станка.

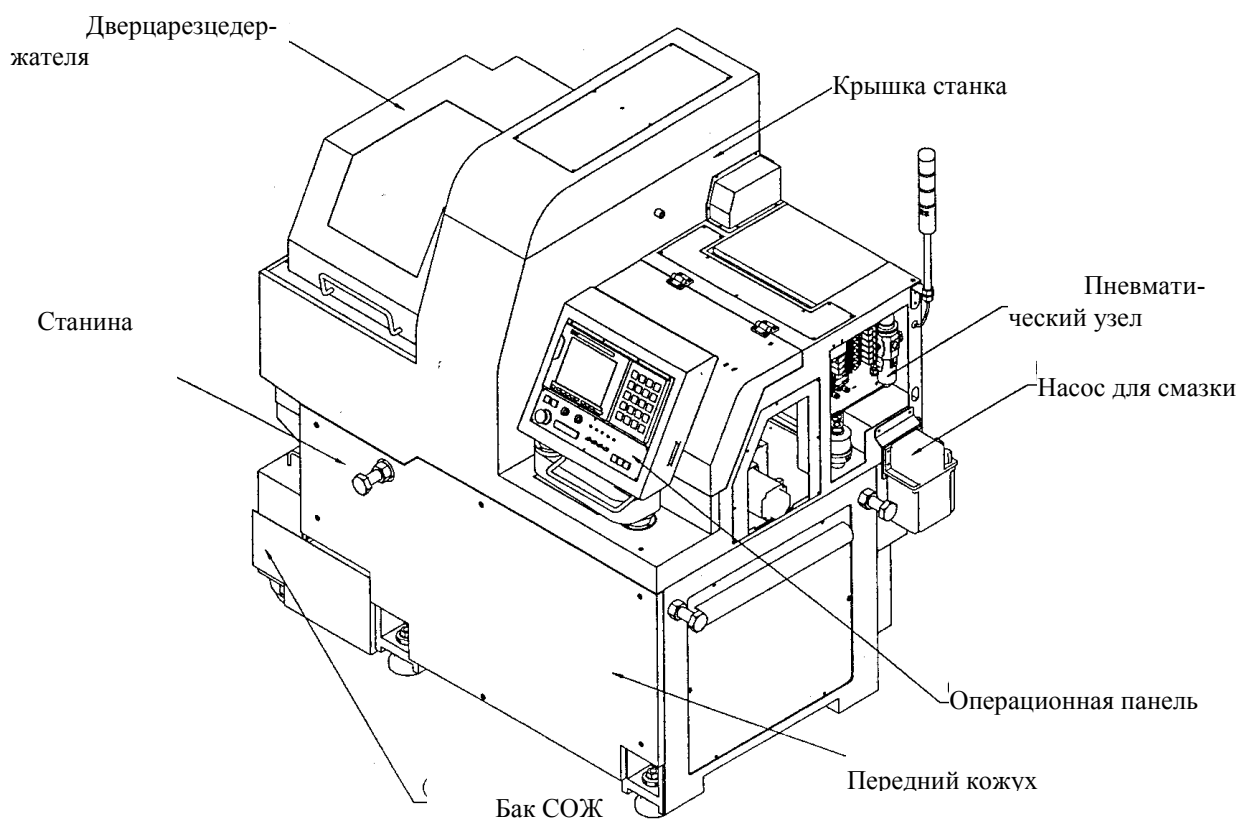


Рисунок 6.1 – Общий вид токарного пруткового автомата продольного точения

На Рисунке 6.2 представлен эскиз, поясняющий расположение приводов и шпинделей – гнезд для инструментов

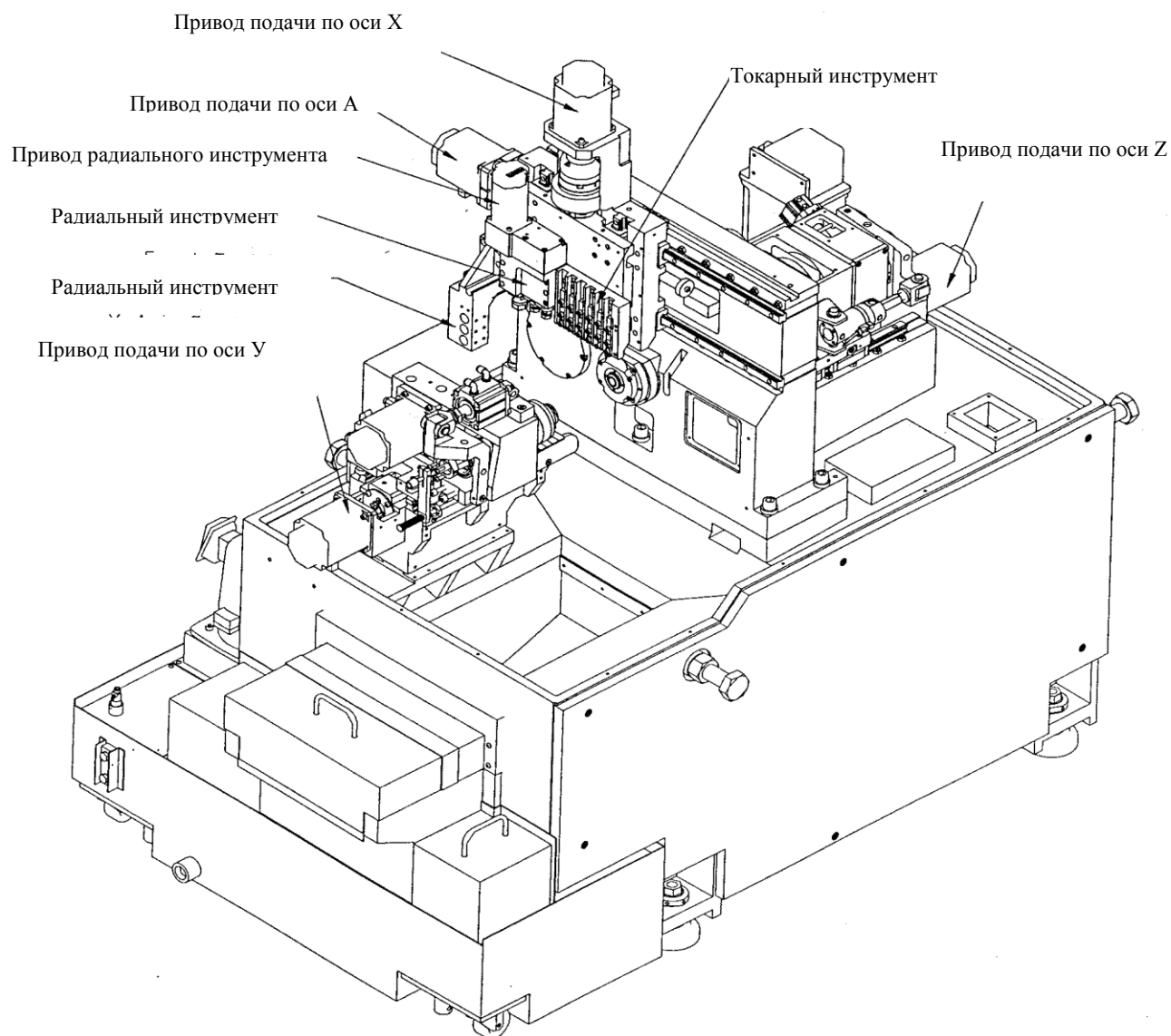


Рисунок 6.2 – Основные элементы шпиндельного и инструментального узлов

6.2 Особенности режущего инструмента, используемого совместно с токарным прутковым автоматом продольного точения

-Подбор токарного инструмента

Размер хвостовика токарного инструмента, используемого на станке ХР12, имеет в сечении квадрат 12×12 -85мм.

-Установка, смена и настройка токарного инструмента

Инструмент планируют к использованию в соответствии со схемой расположения инструмента.

-Загружают используемый пруток

-Задают номер каждого инструмента, после чего устанавливают инстру-

менты в определенную позицию по оси X, не переходя в режим MDI.

Например, если диаметр прутка 10.0 мм, командой 'G00 X10.0' резцедержатель переводится в необходимое положение.

-Аккуратно вставляют инструмент.

При этом конец инструмента касается прутка. Опустив резец в резцедержателе, его фиксируют болтами.

-Далее отводят ось X от прутка.

-При смене инструмента используются отдельные болты для зажима инструмента в резцедержателе

При необходимости установки или замены инструмента проверяют, чтобы инструмент был плотно зафиксирован.

-Задают команду «T0» до вызова нового инструмента.

На рисунке 6.3 представлена схема расположения на станке токарного инструмента.

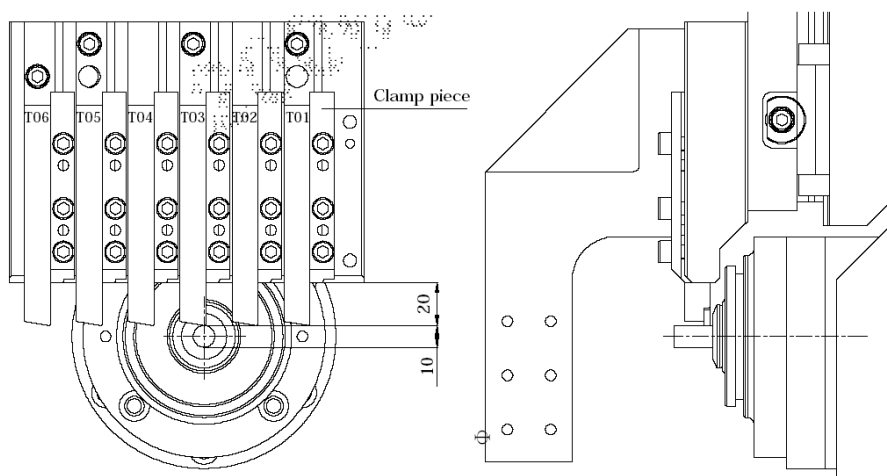


Рисунок 6.3 – Схема расположения токарного инструмента

Подбор инструмента для обработки передней части заготовки.

Инструмент для обработки передней части заготовки устанавливается на направляющей по оси X1 и предназначен для обработки при перемещении главного шпинделя вперед-назад по оси X1. Далее перечислены технические характеристики и назначение данного инструмента.

Установка, замена и настройка инструмента для обработки торца

-Перед установкой подготавливают инструмент и цанги в соответствии со схемой расположения инструмента.

- Далее вставляют инструмент в цангу сверлильного патрона и затяните с помощью гаечного ключа.

- Подрезают пруток и запоминают показатель расположения по оси Z . (Если задать команду 'G50 Z0' в режиме MDI, то показатель вернется к значению Z0, поэтому вы без проблем сможете его восстановить.) В целях защиты отводят инструмент от прутка и немного перемещают по оси Z для предотвращения столкновения с другим инструментом. Задают номер используемому инструменту и перемещают его в исходное положение по оси Z Задают команду 'T0', прежде чем приступить к обозначению следующего инструмента. Далее выравнивают расположение режущей кромки инструмента в соответствии со схемой расположения инструмента.

После завершения настройки инструмента плотно затягивают инструмент винтами.

На рисунке 6.4 показана схема расположения осевого инструмента.

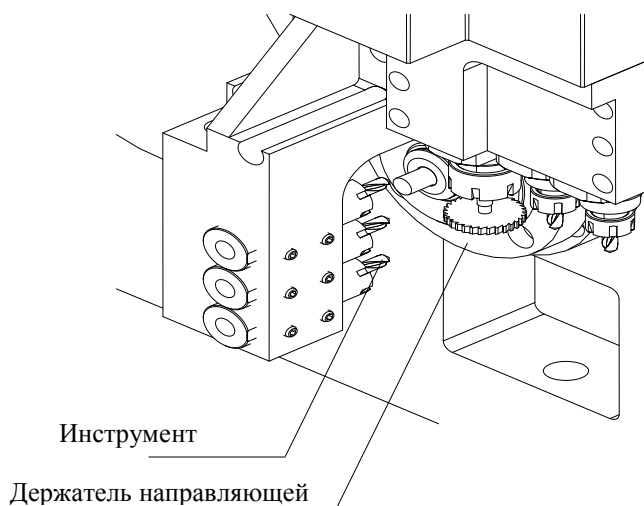


Рисунок 6.4 – Схема расположения осевого инструмента

Установка, смена и настройка токарного инструмента для обработки задней части заготовки

Подбор инструмента для обработки задней части заготовки

Инструмент устанавливается с обратной стороны резцедержателя для обработки переднего торца. Спецификация и назначение инструмента аналогично инструменту для обработки передней стороны детали. Кол-во инструмента также совпадает.

Установка, смена и настройка приводного радиального инструмента

.Инструмент и цанги готовят в соответствии со схемой их расположения.

Устанавливают цанги и инструмент в соответствующее положение и закрепляют их. Проверяют, чтобы номера инструмента в программе соответствовали номерам на схеме расположения инструмента.

Далее следят за съемом за один проход при осуществлении фрезерования по кругу или при поперечном прорезании пазов.

При поперечном прорезании пазов определяют точные точки начала и конца обработки, учитывая полностью диаметры заготовки и пазовой фрезы, а также условия обработки, составляют программу обработки.

Установка, смена и настройка приводного радиального инструмента

Подбор приводного радиального инструмента производят следующим образом:

Радиальный инструмент устанавливается на направляющей по оси X1 и перемещается по оси Y. Данный инструмент объединен в группу токарного инструмента.

Таблица 6.1-Описание и назначение возможного к использованию токарного инструмента

Наименование	Описание	Кол-во	Макс.диаметр зажима	Назначение
Шпиндель(#07, #08)	ER11	2	Ø 7.0	Сверление, фрезерование, расточка и т.д.
Шпиндель(#09)	ER16	1	Ø 10.0	Жесткое нарезание резьбы, фрезерование, нарезание пазов

* Макс. диаметр прорезного резца для резцедержателя #09 равен диаметру 30.0 mm.

Установка, смена и настройка приводного радиального инструмента

Подготавливают инструмент и цанги в соответствие со схемой расположения инструмента.

Далее устанавливают цанги и инструмент в соответствующее положение и закрепляют их. В это же время вставляют инструмент до тех пор, пока он не коснется материала и, либо используют кнопку «MEASURE» для позиции X, либо запоминается положение координаты X для просчета величины перемещения в программе. При написании программы следует правильно определять съём за один проход при осуществлении фрезерования или при прорезании пазов. При пробной обработке следят за перемещением инструмента, чтобы избежать столкновения с прутком. На рисунке 6.5 показана схема установки радиального приводного инструмента

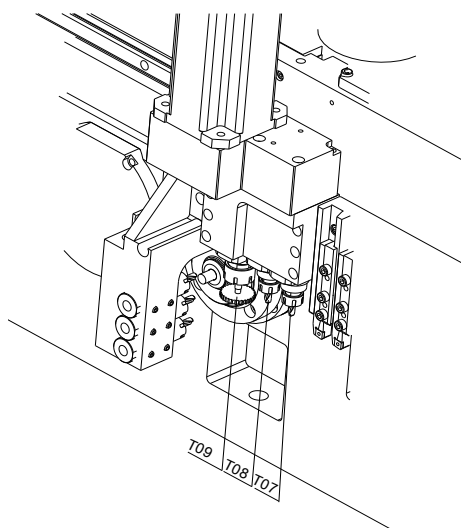


Рисунок 6.5 – Схема установки радиального приводного инструмента

Установка приспособления для выталкивания деталей вперед/ обнаружения

Приспособление для выталкивания деталей / обнаружения деталей выталкивает обработанную деталь из противопинделя в приемник обработанных деталей или на транспортер. Детали выталкиваются из противопинделя толкателем, активируемым силой сжатия пружины или пневмоцилиндром. К концу толкателя присоединяется наконечник, который выталкивает деталь после разжима цанги противопинделя. Максимальная величина выталкивания составляет 70

мм. Имеется система продувки воздухом, помогающая удалять стружку из противопинделя и обеспечивающая хорошие условия зажима. На рисунке 6.6 показано приспособление для выталкивания деталей.

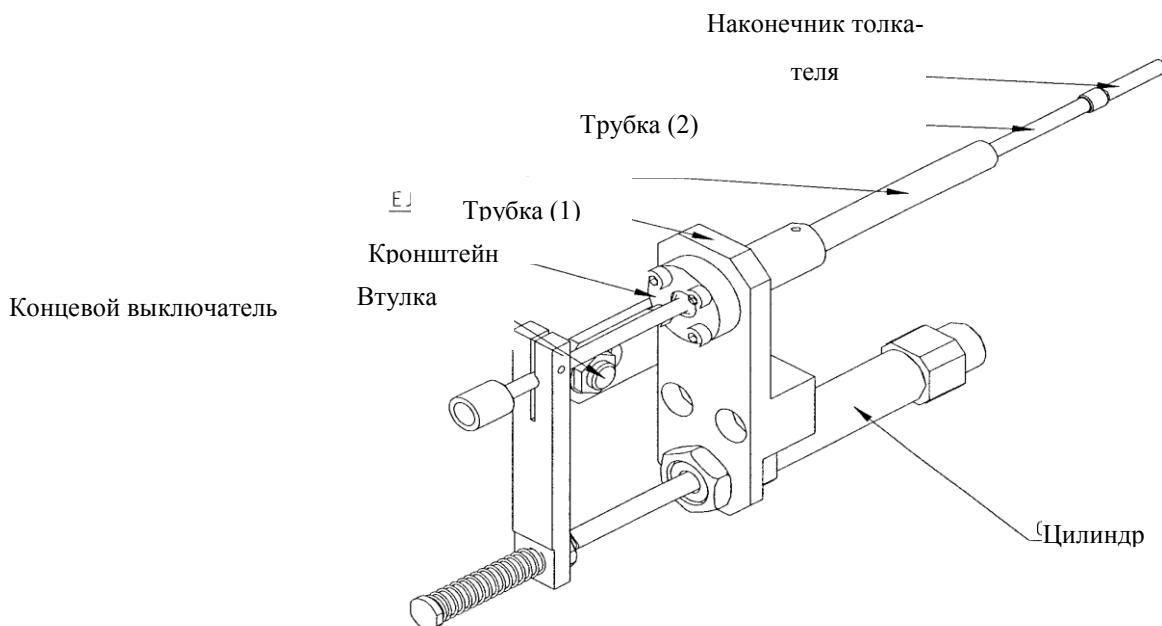


Рисунок 6.6 - Приспособление для выталкивания деталей вперед/ обнаружения

Конец толкателя производится по детали. Один стандартный наконечник поставляется со станком. При изготовлении новых толкателей руководствуются приведенной ниже схемой.

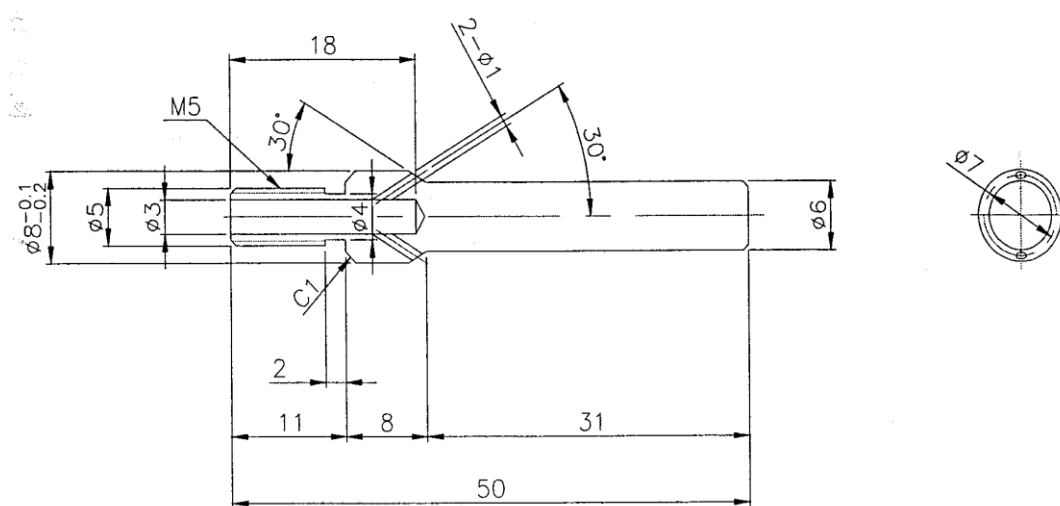
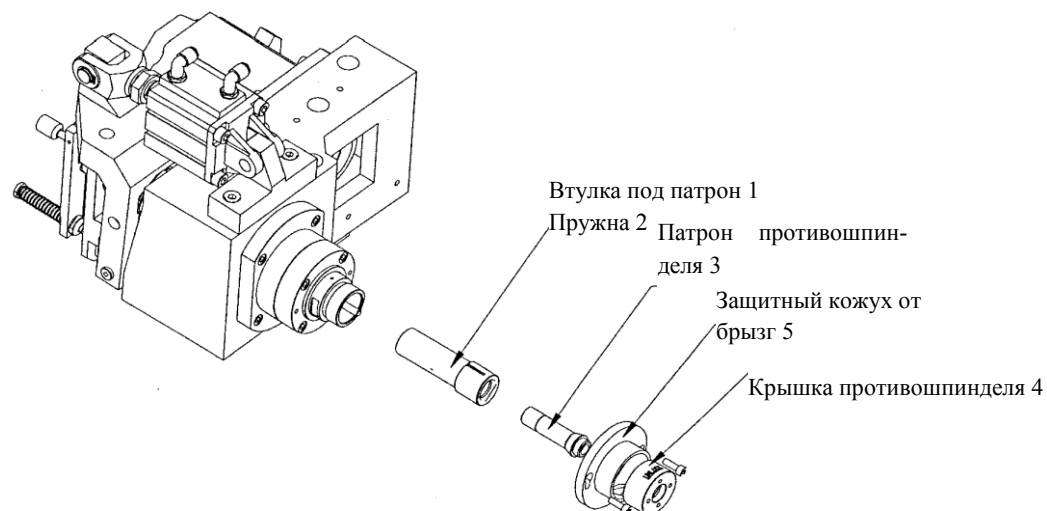


Рисунок 6.7 - Чертеж наконечника выталкивателя



1. Переходная цанга 2. Пружина 3. Цанговый патрон субшпинделя
4. Крышка субшпинделя 5. Ограждение от брызг

Рисунок 6.8 - Замена наконечника выталкивателя

Замена конца приспособления для выталкивания деталей вперед состоит из следующих операций:

Продвигают выталкиватель (6) (M78) в режиме MDI так, чтобы на конце вспомогательного шпинделя был виден наконечник. Далее нажимают кнопку аварийного останова и осуществляют проверку уровня безопасности.

Снимают ограждение от брызг (5). Снимают крышку противощпинделя (4) с шпинделя. Снимают цанговый патрон (3) и пружину цанги (2). Снимают цангу (1). Удерживая, немного перемещают вперед наконечник. Удерживая трубку (в задней части субшпинделя), снимают наконечник. Заменяют на новый наконечник. Сборку механизма производят в обратной последовательности.

После активирования толкатель выталкивает деталь посредством пружины и пневмоцилиндра. При неадекватной работе механизма, когда деталь не выталкивается и застревает в субшпинделе, не срабатывает датчик, в результате чего срабатывает аварийный сигнал и станок останавливается.

7Безопасность и экологичность технического объекта

Современное машиностроительное производство включает в себя широкий перечень оборудования, технологической оснастки и рабочего инструмента. При помощи этих средств технологического оснащения возможны для реализации самые различные технологические процессы: Заготовительное производство (технологические процессы сварки, штамповки, литья и тд), металлообрабатывающее производство (лезвийная и специальная обработка), специальные физико – химические и комбинированные процессы (лазерные, электроэрозионные, электрохимические). Большинство из применяемого оборудования в настоящий момент характеризуется высоким уровнем автоматизации. Предлагаемый к использованию в разрабатываемом технологическом процессе в качестве основного оборудования металлорежущий станок относится к группе токарных прутковых автоматов продольного точения. Этот станок характеризуется тем, что после отработки управляющих программ и опытных технологий станок позволяет производить средние и крупные серии деталей в практически автоматическом режиме. Функции рабочего персонала в данном случае заключаются в систему подачи заготовок круглого прутка (калиброванного проката), а также к периодическому (согласно требований технологического процесса и регламента) контролю размеров получаемых деталей.

Знание и понимание вопросов экологической безопасности, охраны труда со стороны инженерно – технического персонала, реализующего рассматриваемый технологический процесс имеет первоочередное и крайне важное значение.

7.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 7.1-Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материал, вещества
Точение	Автоматно-токарная операция	Оператор станка с ЧПУ Код по ОКС 8211	Прутковый автоматный станок модель HanwhaXP12S	Металл, СОЖ
Резьбонарезание	Резьбонарезная операция	Оператор станка с ЧПУ Код по ОКС 8211	Прутковый автоматный станок модель HanwhaXP12S	Металл, СОЖ
Фрезерование	Фрезерная операция	Оператор станка с ЧПУ Код по ОКС 8211	Прутковый автоматный станок модель HanwhaXP12S	Металл, СОЖ
Сверление	Сверлильная операция	Оператор станка с ЧПУ Код по ОКС 8211	Прутковый автоматный станок модель HanwhaXP12S	Металл, СОЖ

7.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 7.2-Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая операция	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Автоматно-токарная операция	-движущиеся машины и механизмы; -подвижные части производственного оборудования; -передвигающиеся изделия, заготовки; -повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; -повышенный уровень шума на рабочем месте -раздражающее действие СОЖ на слизистые оболочки и кожные покровы; -работа в стоячем положении	Прутковый автоматный станок модель HanwhaXP12S
Резьбонарезная операция	-движущиеся машины и механизмы; -подвижные части производственного оборудования; -передвигающиеся изделия, заготовки; -повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; -повышенный уровень шума на рабочем месте -раздражающее действие СОЖ на слизистые оболочки и кожные покровы; -работа в стоячем положении	Прутковый автоматный станок модель HanwhaXP12S
Фрезерная операция	-движущиеся машины и механизмы; -подвижные части производственного оборудования; -передвигающиеся изделия, заготовки; -повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; -повышенный уровень шума на рабочем месте -раздражающее действие СОЖ на слизистые оболочки и кожные покровы; -работа в стоячем положении	Прутковый автоматный станок модель HanwhaXP12S

Продолжение таблицы 7.2

Сверлильная операция	-движущиеся машины и механизмы; -подвижные части производственного оборудования; -передвигающиеся изделия, заготовки; -повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; -повышенный уровень шума на рабочем месте -раздражающее действие СОЖ на слизистые оболочки и кожные покровы; -работа в стоячем положении	Прутковый автоматный станок модель HanwhaXP12S
----------------------	---	--

7.3 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 защиты.

Таблица 7.3-Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Движущиеся машины и механизмы	-соблюдение правил безопасности выполнения работ; -применение ограждений ГОСТ 12.003-91ССБТ	Каска защитная ГОСТ12.4.207-99, очки защитные ГОСТ12.4253-2013
Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	-ограждение оборудования ГОСТ 12.2.062-81; -выделение с помощью окрашивания в яркий цвет подвижных частей оборудования ГОСТ Р 12.4.026-2001; -оснащение оборудования защитными устройствами ГОСТ 12.2 009-99	Очки защитные ГОСТ12.4253-2013

Продолжение таблицы 7.3		
Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	-ограждение оборудования; -знак предупреждения об опасности –желтый треугольник с черной каймой и черным восклицательным знаком ГОСТ Р 12.4.026-2001	Защитная маска, очки ГОСТ12.4253-2013
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Наладка оборудования ГОСТ 12.1 003-2014	Беруши, наушники ГОСТ Р12.4.209-99
Раздражающее действие СОЖ на слизистые оболочки и кожные покровы;	Состав СОЖ должен соответствовать СП 3935-85	Защитные мази, пасты ГОСТ 12.4.068
Работа в стоячем положении	- эргономика рабочего места ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ - соблюдение режима труда и отдыха	

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

Необходимо произвести идентификацию потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара; указать технические средства и/или организационные методы по обеспечению (улучшению) пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования), произведенной продукции, используемых сырьевых материалов; указать реализующиеся пожаробезопасные характеристики произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации (хранения, конечной утилизации по завершению жизненного цикла).

7.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 7.4 Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок механической обработки	Прутковый автоматный станок модель HanwhaXP12S	-пожары связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е) -пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	-пламя и искры; -повышенная температура окружающей среды; -снижение видимости в дыму.	-образующиеся в процессе пожара осколки энергетического оборудования, приводственного и инженерно-технологического оборудования, технологических установок; -замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования.

7.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта

Таблица 7.5-Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
-огнетушители; -внутреннее пожарожарные краны ящики с песком; -пожарный инвентарь	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Оборудование для пенного пожаротушения	-приборы приемно-контрольные пожарные; -пожарные извещатели	-напорные пожарные рукава; рукавные разветвления; -гидрант; -щит пожарный	-противогазы; -респираторы; -веревки пожарные; -кабины пожарные,	-пожарные топоры и лопаты, ломы, комплект диэлектрический	Автоматическая установка пожарной сигнализации.

7.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Организационные (организационно-технические) мероприятия направлены на предотвращение возникновения пожара или опасных факторов способствующих возникновению пожара.

Таблица 7.6 -Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Мехобработка с использованием токарного автомата продольного точения модель HanwhaXP12S	-контроль за правильной эксплуатацией оборудования; -содержание в исправном состоянии оборудования; -проведение плановых общих инструктажей по пожарной опасности; -размещение первичных средств пожаротушения на производственном участке.	- знание правил поведения при начале и распространении пожара; -применение средств пожаротушения; -применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре; -соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ. -запрет на курение и применение открытого огня в недопозволенных местах;

7.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

В данном разделе необходимо произвести идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации технологического процесса. Также ,необходимо, разработать конкретные технические и организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимом данным техническим объектом в процессе его производства, технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла.

7.5.1. Идентификация негативных экологических факторов при реализации производственно-технического процесса.

Таблица 7.7-Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического	Структурные составляющие	Воздействие технического	Воздействие технического	Воздействие тех-
---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	------------------

объекта, технологического процесса	технического объекта, технологического процесса	объекта на атмосферу	объекта на гидросферу	технического объекта на литосферу
Механическая обработка	Прутковый автоматный станок модель HanwhaXP12S	Пыль металлическая	Взвешенные вещества, нефтепродукты	Отходы титановых сплавов хранятся в герметичной таре

7.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Таблица 7.8-Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Механическая обработка с использованием токарного автомата продольного точения.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение «сухих» механических пылеуловителей
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	-переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения; -применение инновационных технологий очистки сточных вод.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение правил хранения, периодичности вывоза отходов на переплавку(металлическая стружка)

7.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

В данном разделе приведена характеристика технологического процесса изготовления специального высокопрочного винта, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инже-

нерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 7.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу изготовления специального высокопрочного винта, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ (таблица 7.2).

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 7.3).

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта:

- проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 7.4).

- разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 7.5).

- разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 7.6).

Для обеспечения экологической безопасности технического объекта:

- идентифицированы экологические факторы (таблица 7.7)

- разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 7.8).

8 Экономическая эффективность работы

В данном разделе выполняем экономическое обоснование предлагаемых в работе технических решений.

В базовом варианте технологического процесса обработка винта производится с использованием токарного станка с ЧПУ (универсального токарного

станка, например, 16K20Ф3 с ПУ «МодМашСофт», токарном станке LeadWell». винторезный 16K20.

Оснастка – патрон 3-хкулачковый, упор.

Инструмент – набор резцов с твердосплавными режущими пластинами.

Фрезерование лыски производится на отдельном фрезерном переходе (с использованием координатно – расточного станка 2С150ПМФ4).

Оснастка – патрон 3-хкулачковый, координатный стол, упор.

Инструмент – фреза концевая твердосплавная SGS диаметром 4мм.

Получение внутреннего шестигранника «под ключ» на торце винта выполняется путем предварительной сверловки отверстия с последующей доработкой ручным пробойником.

Оборудование – обрабатывающий центр 2С150ПМФ4

Оснастка – тиски машинные с призматическим губками.

Инструмент – сверло из быстрорежущей стали Р6М5 диаметром 2мм

Инструмент – пробойник специальный.

В проектируемом варианте технологического процесса полный цикл изготовления винта осуществляется с использованием токарного пруткового автомата продольного точения HANWHAXP-12S.

Оснастка – патрон цанговый.

Инструмент – специальный сборный резец (механическое крепление режущей рабочей части) PSKNR 4040S19 L-180 (Sandvik). Пластина 4-х гранная из твердого сплава TCMT 16T304E.

Фрезерование лыски получается при помощи приводного инструмента токарного пруткового автомата продольного точения (в гнездо которого устанавливается фреза).

Оснастка – патрон цанговый.

Инструмент – фреза концевая, твердосплавная SGS диаметром 8 мм.

Получение внутреннего шестигранника винта производится на одной из позиций токарного пруткового автомата продольного точения.

Инструмент для получения внутреннего шестигранника-сверло твердосплавное диаметром 2 мм. После сверления производится получение боковых граней шестигранника «под ключ» методом волновой нарезки с угловой индексацией установленной в основном шпинделе заготовки. Пробойник (двухгранный) совершает возвратно – поступательные перемещения, будучи установленным в гнездо для осевого инструмента станка (в гнездо для сверел).

Из двух вариантов, оптимальным считается вариант с наименьшими затратами. В нашем случае приведенные затраты на единицу изделия, наименьшие в разрабатываемом варианте.

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

$$P_{p.ож} = \Delta_{уг} = (C_{пол.баз} - C_{пол.пр}) \cdot P_{г} \quad (8.1)$$

$$P_{p.ож} = (185.94 - 94.43) \cdot 10000 = 915100 \text{ руб.}$$

Налог на прибыль

$$H_{приб} = P_{p.ож} \cdot K_{нал} \quad (8.2)$$

$$H_{приб} = 915100 \cdot 0.2 = 183020 \text{ руб.,}$$

где $K_{нал}$ – коэффициент налогообложения прибыли (принимается = 0,2)

Чистая ожидаемая прибыль

$$P_{p.чист} = P_{p.ож} - H_{приб} \quad (8.3)$$

$$P_{p.чист} = 915100 - 183020 = 732080 \text{ руб}$$

Расчетный срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций), необходимый для осуществления проектируемого варианта

$$T_{ок.расч} = \frac{K_{вв.пр}}{P_{p.чист}} + 1 \text{ года} \quad (8.4)$$

где $K_{вв.пр}$ – капитальные вложения (инвестиции), необходимые для приобрете-

ния вновь вводимого оборудования, дорогостоящей оснастки, инструмента, а также затраты на эксплуатацию дополнительной площади.

$$K_{ВВ.ПР} = 938509,7 \text{ руб.}$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{938509,7}{732080} + 1 = 2,282 \text{ лет}$$

Расчетный срок окупаемости инвестиций принимается

$T = 3$ года (максимально ожидаемое время окупаемости инвестиций).

Для определения экономической эффективности капитальных вложений применяем метод дисконтирования. Это поможет решить вопрос о вложении средств в разработанный вариант, который в течение расчетного срока будет давать дополнительную прибыль, или в размещении денег в банке при существующей процентной ставке на капитал.

Общая текущая стоимость доходов (чистой дисконтированной прибыли) в пределах принятого горизонта расчета(T):

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = \Pi_{Р.ЧИСТ.ДИСК}(T) = \sum_1^T \Pi_{Р.ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (8.5)$$

где T – горизонт расчета, лет (месяцев);

E – процентная ставка на капитал (при 20% $E = 0,2\%$.);

t – 1-ый, 2-ой, 3-й год получения прибыли в пределах принятого горизонта расчета.

В результате получены следующие выходные данные:

-размер требуемых инвестиций ($K_{ВВ.ПР.}$) = 938509,7 руб.;

- ежегодная ожидаемая чистая прибыль ($\Pi_{Р.ЧИСТ}$) составляет 732080 руб.,

-расчетный срок окупаемости (горизонт расчета) составляет 3 года.

Процентная ставка на капитал равна 20% в год ($E=0,2$),

дисконт для первого года составит $1/(1+0,2)^1 = 0,833$,

для второго года – $1/(1+0,2)^2 = 0,694$,

для третьего года – $1/(1+0,02)^3 = 0,579$,

тогда ожидаемая за 3 года общая чистая дисконтированная прибыль (текущая стоимость денежных доходов) составит:

$$D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} = P_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) \quad (8.6)$$

$$D_{\text{ОБ.ДИСК.}} = 732080 \cdot (0.833 + 0.694 + 0.579) = 1541760.48 \text{ руб}$$

Интегральный экономический эффект (чистый дисконтированный доход):

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД} = D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} - K_{\text{ВВ.ПР}} \quad (8.7)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = 1541760.48 - 938509.7 = 603250.78 \text{ руб}$$

Общая стоимость доходов (ЧДД) больше текущей стоимости затрат ($K_{\text{ВВ.ПР}}$) – данный вариант эффективен, поэтому определяем индекс доходности, который покажет прибыль на каждый вложенный рубль.

Индекс доходности :

$$ИД = \frac{D_{\text{ОБЩ.ДИСК}}}{K_{\text{ВВ.ПР}}} \quad (8.8)$$

$$ИД = \frac{1541760.48}{603250.78} = 2.25 \frac{\text{руб}}{\text{руб}}$$

Таблица 8.1-Технико-экономические показатели эффективности

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
			Проектир. вариант	Базовый вариант
1	2	3	4	5

Технические показатели вариантов				
1	Количество оборудования	$C_{пр,шт}$	5	3
2	Средний коэффициент загрузки оборудования	$K_{з,ср}$	0,147	0,02
3	Длительность производственного цикла	$T_{ц}, дней$	—	0,35
Экономические показатели				
1	Годовая программа выпуска	$П_{г,шт}$	10000	
2	Капитальные вложения	$K_{общ}, руб$	502043,5	938509,7
3	Себестоимость единицы изделия	$C_{полн}, руб$	185,94	94,43
4	Приведенные затраты на единицу изделия	$З_{пр.ед}, руб$	202,52	125,39
5	Необходимые инвестиции	$K_{вв.пр}, руб$	938509,7	
6	Чистая ожидаемая прибыли	$П_{р.чист}, руб$	732080	
7	Срок окупаемости инвестиций	$T_{ок}, год$	3	
8	Общий дисконтированный доход	$Д_{общ.диск}, руб.$	1541760.48	
9	Интегральный экономический эффект (чистый дисконтируемый доход)	$Э_{инт} = ЧДД$ $руб$	603250.78	
10	Индекс доходности	$ИД, руб / руб$	2,25	

Технико-экономические расчеты показали, что проектируемый вариант ТП можно считать эффективным, т.к. интегральный экономический эффект составит – 603250.78руб. При внедрении предложенных изменений в данный вариант, прибыль составит 732080 руб., а срок окупаемости в данном случае будет около 3-х лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была решена актуальная производственная задача – разработан и реализован оптимальный для современных условий и серийной программы выпуска технологический процесс изготовления высокопрочного винта. Технологический про-

цесс реализуется с использованием современного токарного пруткового автомата продольного точения. Применение данного оборудования и комплекта средств технологического оснащения (зажимных, базировочных, контрольных приспособлений, режущего инструмента) позволило сосредоточить полный цикл необходимых переходов на одной единице оборудования. В отличие от базовых вариантов технологического процесса изготовления аналогичных винтов с использованием токарных станков с ЧПУ, в предлагаемом процессе на одной рабочей позиции производится как наружная обточка поверхностей винта, так и нарезание резьбы, формирование режущей канавки, получение внутреннего шестигранника «под ключ».

Также произведено моделирование систем резьбовой фиксации, что позволило определить оптимальные геометрические размеры винта и сопрягаемой пластины.

Разработанный технологический процесс реализован в условиях реального производства.

Экономические расчеты показали целесообразность внедрения в производственную практику предлагаемых технических решений. Также предложены мероприятия по обеспечению экологической безопасности технических объектов и охране труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

2 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.

3 www.vniiinstrument.ru

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 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.

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

8 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.

9 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.

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

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

12 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурashкина . - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 278 с.

13. 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.

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

15 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.

16 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.

17 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.

18 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.

19 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.

20 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.

ПРИЛОЖЕНИЯ

