

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский институт)
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензет

_____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____ В.И.Гузеев
_____ 2019 г.

Разработка технологических процессов изготовления детали "Крышка
подшипникового узла" для обеспечения эффективности производства

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ– 15.04.05.2019.172.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер
_____ Т.В. Столярова
_____ 2019 г.

Руководитель, к.т.н., доцент,
_____ В.Л. Кулыгин
_____ 2019 г.

Автор работы
студент группы П-261
_____ Г.А. Крпко
_____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Кропко Г.А. Разработка технологических процессов изготовления детали "Крышка подшипникового узла" для обеспечения эффективности производства – Челябинск: ЮУрГУ, П-261, 117 с, 82 ил., 13 табл., библиогр. список – 14 наим., 10 прил, 28 листов карт техпроцесса

С целью повышения эффективности машиностроительного производства и снижение себестоимости продукции, в выпускной квалификационной работе разработаны два варианта технологического процесса изготовления детали "Крышка подшипникового узла" в условиях серийного производства. На основании сравнительного анализа затрат на изготовление детали по двум вариантам технологии, сделан выбор наиболее эффективного технологического процесса для принятых условий. Выполнена разработка управляющих программ для обработки детали на станках с ЧПУ с помощью САМ-системы для наиболее эффективного варианта технологии производства изделия.

К пояснительной записки прилагается графический материал, состоящий из чертежа заготовки, операционных эскизов двух вариантов технологического процесса и комплекта документов на единичный технологический процесс механической обработки детали.

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
					<i>Разработка технологических процессов изготовления детали "Крышка подшипникового узла" для обеспечения эффективности производства</i>		
Разраб		Кропко Г.А			Лит	Лист	
Пров		Кулыгин В.Л.			Д	2	
Н. Контр.					ЮУрГУ Кафедра ТАМ		
Утв							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	6
1.1 Назначение узла изделия и анализ конструкции детали "Крышка подшипникового узла"	6
1.2 Актуальность разработки технологических процессов на машиностроительном предприятии	7
1.3 Особенность изготовления деталей типа "Крышка" в условиях серийного производства	9
Выводы	10
1.4 Цель и задачи ВКР	11
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАНТА № 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ	12
2.1 Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки.....	12
2.2 Выбор основного технологического оборудования	13
2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии	20
2.4 Размерно-точностной анализ	23
2.5 Расчёт режимов резания и норм времени	28
2.6 Выбор стандартизированной технологической оснастки, режущего и мерительного инструмента	56
Выводы	66
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАНТА №2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ	67
3.1 Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки.....	67
3.2 Выбор основного технологического оборудования	68
3.3 Формирование операционно-маршрутной технологии	69
3.4 Размерно-точностной анализ	71
3.5 Расчёт режимов резания и норм времени	73
3.6 Выбор стандартизированной технологической оснастки, режущего и мерительного инструмента	77
Выводы	81
4 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ	82
4.1 Симуляция обработки детали в САМ-системе	82
4.2 Формирование кодов управляющих программ.....	97
Выводы	98
5 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	99
5.1 Анализ времени простоя оборудования.....	99
5.2 Анализ затрат на амортизационные отчисления	102
4.3 Анализ затрат на режущий инструмент.....	106
5.4 Анализ дополнительных затрат и затрат на заготовку.....	110

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	115
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	117

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

4

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВВЕДЕНИЕ

Нефтедобыча является одной из главных отраслей в Российской Федерации, которая постоянно развивается. В связи с этим, продукция компаний, связанных с изготовлением деталей и узлов трубопровода постоянно совершенствуется, а процесс ее изготовления непрерывно улучшается. Кроме того, в настоящий момент большое количество российских и международных компаний ориентировано на изготовление нефтедобывающих агрегатов. По данным различных научно-технического журналов, например, издания "Нефть. Газ" более 50 различных компаний предметом своей деятельности находят производство нефтедобывающих насосов.

Представляется, что наиболее рациональной политикой таких компаний, в указанных условиях, является ориентированность на снижение себестоимости продукции без значительной потери в производительности и снижение металлоёмкости, сокращение отходов и потерь металла. Следовательно, для повышения конкурентоспособности таких предприятий необходимо улучшать существующие технологии изготовления деталей нефтедобывающих насосов и рассматривать возможность использования новых технологий изготовления деталей.

Разработке и совершенствованию технологических процессов изготовления деталей в условиях серийного производства посвящены многие работы различных специалистов в области технологии машиностроения. Например, "Основы технологии машиностроения" за авторством Базрова Б.М. и "Автоматизированное проектирование технологических процессов механической обработки заготовок на станках с ЧПУ" за авторством Самсонов Ю.И. Однако, большинство методов совершенствования технологии происходит за счет повышения себестоимости продукции, что тем самым снижает конкурентоспособность предприятия.

Таким образом, возникает противоречие: повышение эффективности производства и снижение себестоимости продукции.

В соответствии с сформулированным противоречием, вытекает проблема, на решение которой направлена выпускная квалификационная работа, а именно: разработка эффективного технологического процесса.

Для решения проблемы, можно выдвинуть гипотезу о том, что для нахождения эффективного варианта построения технологии производства детали необходимо спроектировать нескольких вариантов технологического процесса и сравнить их по себестоимости изготовления. Следовательно, актуальность выпускной квалификационной работы заключается в повышении конкурентоспособности предприятия за счет улучшения технологии изготовления деталей насосов и сокращения себестоимости изделий.

Направленностью данной работы является обеспечение эффективности машиностроительного производства. Объектом разработки данной работы является механическая обработка детали типа "Крышка". Предметом разработки в данной работе является сравнительный анализ технологических процессов изготовления детали "Крышка подшипникового узла".

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение узла изделия и анализ конструкции детали "Крышка подшипникового узла"

Подшипниковый узел магистрального насоса служит для восприятия осевого усилия, создаваемого ротором насоса. Данный подшипник относится к классу "Подшипник скольжения". Он состоит из двух половин с камерами для упорного подшипника и с камерой для опорного подшипника. Следовательно, подшипник представляет собой комбинацию упорного и опорного подшипника. Автономная маслоустановка обеспечивает смазку подшипников негорючим маслом.

Схема узла подшипника представлена на рисунке 1.1.

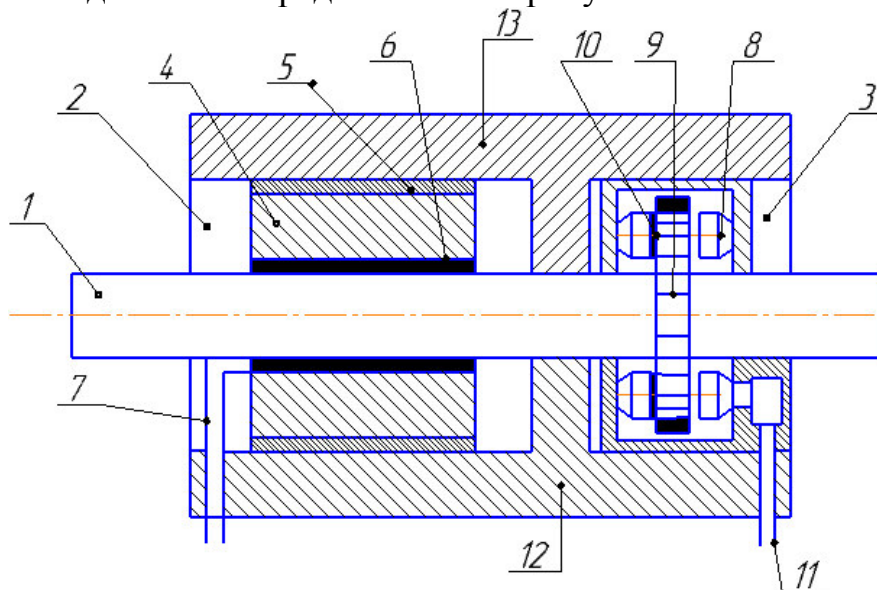


Рисунок 1.1 – Схема узла подшипникового узла

На вал магистрального насоса 1 надевается подшипник. Этот подшипник состоит из двух камер: камера под опорный подшипник 2 и камера под упорный подшипник 3. Шейка вала 1 вращается в расточке вкладыша 4, диаметр которой несколько больше диаметра шейки вала. Вкладыш, состоящий из двух половин, устанавливается на опорные колодки 5. В расточку вкладыша по трубопроводу 7 подается масло от маслостанций. Между шейкой вала и вкладышем образуется масляная пленка 6, на которой в нормальных условиях и вращается вал. Таким образом, усилие от вала передается через вкладыш и опорные колодки на корпус и крышку.

В другой камере расположен упорный подшипник. На валу 1 выполняют упорный диск (гребень) 9, который через масляный слой опирается в зависимости от направления осевого усилия на левые или правые упорные колодки (сегменты) 8. Масло для смазки подводится от насоса через каналы 11, из которого подается к сегментам 8. Между упорным сегментом и гребнем образуется масляная пленка 10, препятствующая их контакту.

Подшипник установлен в корпус 12 с маслоотводными каналами и закрыт крышкой 13.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

6

Производственный процесс отличается большой сложностью. Он включает в себя не только обработку деталей на различных станках, но также контроль качества, транспортировку и хранение продукции на складах, снабжение рабочих мест электроэнергией, режущим инструментом, технологической оснасткой и т. д. Составной частью производственного процесса, связанной с обработкой деталей и сборкой из них узлов и механизмов, является технологический процесс.

Технологическим процессом называется часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. Технологический процесс представляет собой совокупность различных операций, в результате выполнения которых изменяются размеры и формы изделия, шероховатость и физико-механические свойства поверхности.

Для управления технологической подготовкой производства в соответствии с ГОСТ14.301–83 технологические процессы подразделяют на три вида: единичный, типовой и групповой.

Технологический процесс изготовления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства, относится к единичному технологическому процессу. Разработка единичных технологических процессов производится для изделий, не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, изготавливаемыми на данном предприятии. Технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками называется типовым технологическим процессом. Разработка типовых технологических процессов производится для группы изделий, отнесённых к одному классу, имеющих одинаковые: маршрут операций, схемы базирования, технологическое оборудование, приспособления и режущий инструмент. Технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками называется групповым технологическим процессом. Разработка групповых технологических процессов производится для изделий разных классов, но близких друг к другу по конфигурации, размерам и точности.

Проектирование технологических процессов изготовления новых конкурентно способных изделий в машиностроении – сложная комплексная задача, связанная с обеспечением требуемого технического уровня этих изделий, максимально высоких потребительских качеств, при приемлемой, для потребителя, стоимости изделий, расходов на их эксплуатацию и обслуживание, и, если это необходимо, то и на их утилизацию.

Серийное производство является основным типом машиностроительного производства. Примерно 80 % всей продукции машиностроения изготавливается на заводах серийного типа производства. В связи с этим, для серийного производства необходимо выполнить проектирование типового технологического процесса.

Для создания современной конкурентоспособной продукции необходимо проектирование гибкого серийного производства, которое позволяло бы на определённом технологическом оборудовании изготавливать различные изделия, сходные по конструкторским и технологическим признакам с минимальной переналадкой оборудования при переходе с изготовления одной партии изделий на

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

8

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

другую партию. Этот стандартный способ обеспечения конкурентоспособности высокотехнологичных отраслей промышленности применяется практически во всех развитых странах мира.

1.3 Особенность изготовления деталей типа "Крышка" в условиях серийного производства

В соответствии с требованиями чертежа на деталь "Крышка подшипникового узла" обработку следует вести в сборе с ответной деталью "Корпус подшипникового узла". Тем самым, при определении к какой группе типовых изделий относится объект разработки, необходимо рассматривать Корпус и Крышку вместе.

Детали типа "Крышка" в общем случае можно разделить по типовым группам (рис. 1.3). Детали, принадлежащие каждой из групп, имеют общность служебного назначения, что означает наличие одинаковых поверхностей и идентичное по форме конструктивное исполнение. Все это определяет особенности технологических решений, обеспечивающих достижение требуемых параметров точности при изготовлении деталей каждой из групп.

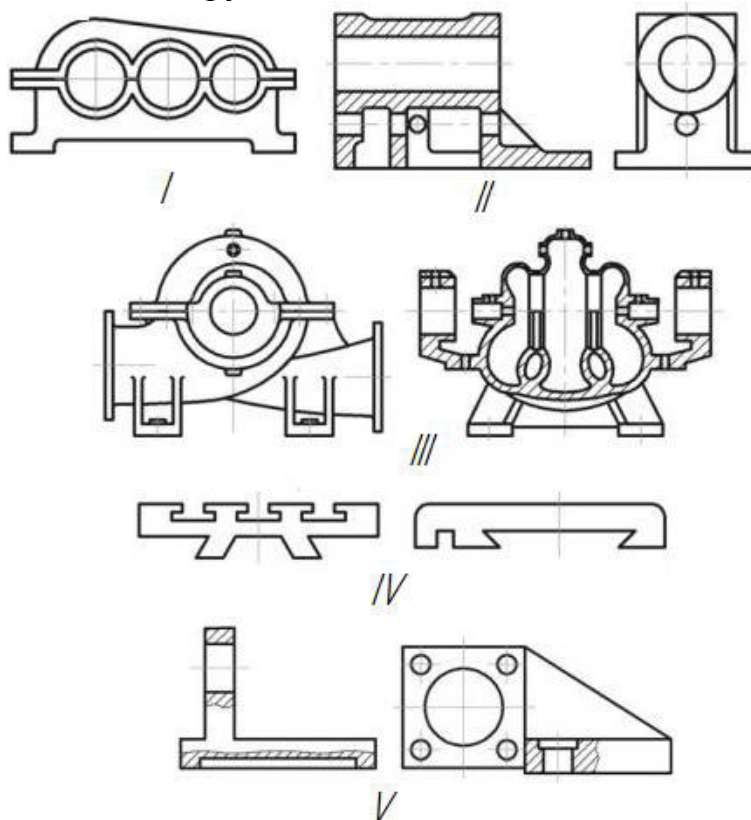


Рисунок 1.3 – Группы типовых деталей "Корпус" и "Крышка"

Исходя из служебного назначения детали "Крышка подшипникового узла" и геометрических параметров, можно отнести ее к 3 группе, т.е. корпусные детали сложной пространственной геометрической формы. Детали этой группы характеризуются высокими требованиями к точности изготовления базисующих плоскостей и рабочего отверстия.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

9

В серийном производстве процесс изготовления деталей построен по принципу дифференциации операций. Отдельные операции закреплены за определённым рабочим местом. Поэтому производство этого типа требует переналадки технологического оборудования при переходе на изготовление деталей другой партии. При этом применяются станки различных видов: универсальные, специализированные, специальные, автоматизированные, агрегатные и т.п. Широко используются станки с числовым программным управлением, в том числе многоцелевые станки в сочетании с роботами, гибкие производственные системы. Целесообразно применение специальных приспособлений, режущего и мерительного инструментов.

Так как деталь "Крышка подшипникового узла" является представителем деталей типа "Крышка", то разработку нескольких вариантов технологических процессов изготовления следует вести на основании типовой технологии:

1. Черновая обработка базовых поверхностей. (установочная плоскость)
2. Обработка вспомогательных технологических баз (отверстий).
3. Черновая и получистовая обработка рабочих отверстий (базирование осуществляется от обработанной плоскости)
4. Черновая и получистовая обработка рабочих плоскостей (базирование осуществляется от обработанного отверстия)
5. Термическая или механическая обработка (искусственное старение) для снятия внутренних напряжений.
6. Чистовая обработка базовых плоскостей и базовых отверстий
7. Чистовая обработка рабочих плоскостей, отверстий, различных конструктивных элементов, характерных для данного типа корпуса (резьбовые отверстия, посадочные и уплотнительные пояса, масляные и водяные каналы и др.)
8. Слесарная обработка, подгонка и регулировка, окончательные испытания и контроль.

На основании указанной типовой технологии выполним разработку двух вариантов технологического процесса изготовления детали "Крышка подшипникового узла"

Выводы

1. Конструкция детали "Крышка подшипникового узла" имеет недостатки в виде труднодоступных и высокоточных обрабатываемых поверхностей, однако обладает легкообрабатываемым материалом и поверхностями для базирования детали, тем самым при изготовлении и обслуживании данной детали возможно достичь оптимальных затрат.
2. Разработку технологии изготовления детали "Крышка подшипникового узла" следует вести в условиях среднесерийного производства.
3. С учетом типа производства и анализа технологичности детали, обработку рационально выполнять на станках с ЧПУ с нормальной точностью

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

На заводе изготовителя заготовка проходит испытания на растяжения, определение ударной вязкости и твердости и после отправляется в цех для механической обработки. Непосредственно перед обработкой в цехе происходит входной контроль отливки "Крышки подшипникового узла" на герметичность методом капиллярной дефектоскопии, т.е. проникновение специального красителя в поверхностные и сквозные дефекты заготовки. Таким образом, исходная заготовка "Крышки подшипникового узла", полученная методом литья в песчано-глинистую форму представлена на рисунке 2.1.

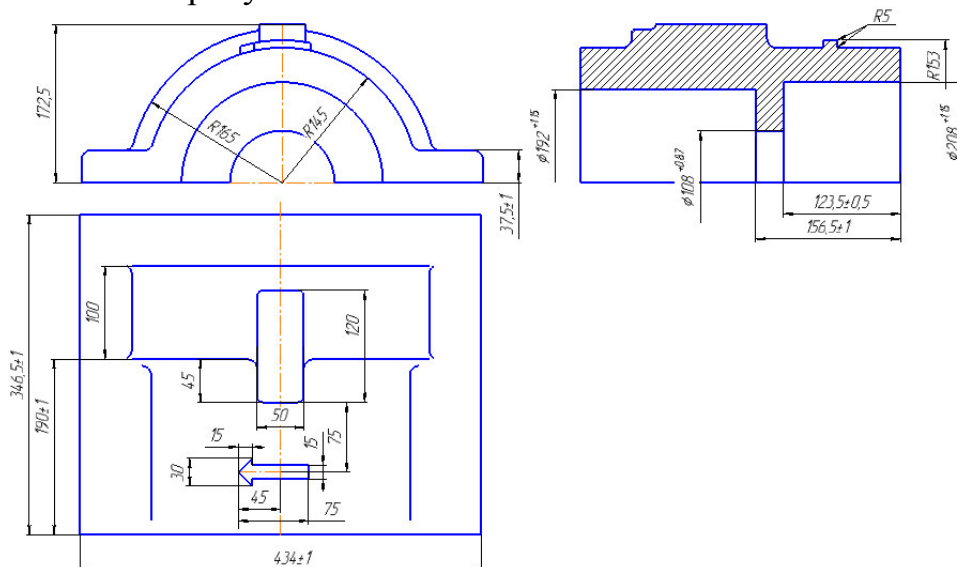


Рисунок 2.1 – Отливка детали "Крышка подшипникового узла"

2.2 Выбор основного технологического оборудования

Выбор технологического оборудования играет первостепенную роль при проектировании технологического процесса. Успешный подбор металлообрабатывающих станков может значительно повысить производительность процесса изготовления деталей машин и может позволить уменьшить количество затрат.

На первых двух операциях механической обработки детали "Крышки подшипникового узла" производится фрезерование плоскости разъема крышки и корпуса, обработка торцов детали, образование гладких отверстий с $\varnothing 22$ мм и $\varnothing 14$ мм и резьбовых отверстий M12-6H и M4-7H.

Обработка детали "Крышка подшипникового узла" должна включать в себя обработку плоскости разъема, фрезеровку плоских поверхностей и обработку отверстий. В связи с этим, в качестве основного технологического оборудования необходимо рассматривать станки фрезерной группы.

Самой точной поверхностью, получаемой на первой операции, является поверхность разъема крышки и корпуса (отклонение от плоскостности 0,04 мм и шероховатость $Ra(0,8)$). Тогда одним из главных параметров для выбора технологического оборудования будет являться точность позиционирования станка. Также размеры рабочей зоны станка должны быть больше габаритов заготовки "Крышки подшипникового узла", т.е. больше чем 435x347x172 мм. Кроме того,

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Таблица 1 – Характеристики станка WELE AA-1480

Параметры	Значение
Рабочие перемещения	
Ось X (влево/вправо), мм	1400
Ось Y (вперед/назад), мм	800
Ось Z (вверх/вниз), мм	700
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	200-900
Рабочий стол	
Размер стола (по оси X), мм	1550
Размер стола (по оси Y), мм	800
Максимальная нагрузка, кг	1800
Шпиндель	
Максимальная скорость вращения, об/мин	6000 (ременной привод)
Мощность двигателя привода (номинальная/30 мин.), кВт	11/15
Внутренний конус	BT #50
Быстрые перемещения и подачи	
Быстрый ход (ось X), мм/мин	15000
Быстрый ход (ось Y), мм/мин	15000
Быстрый ход (ось Z), мм/мин	12000
Рабочие подачи, мм/мин	1-8000
Магазин инструментов	
Емкость магазина, шт.	16
Максимальный диаметр инструмента/при свободных соседних ячейках, мм	110/200
Максимальная длина инструмента, мм	300
Максимальный вес инструмента, кг	15
Параметры точности станка	
Точность позиционирования (по стандарту VDI/DGQ3441), мм	P 0,015
Повторяемость позиционирования (по стандарту VDI/DGQ3441), мм	Ps 0,008
Габаритные размеры и вес	
LxWxH, мм	4050x3100x3343
Вес, кг	12000

Конструкция детали "Крышка подшипникового узла" подразумевает обработку внутренних диаметров. Учитывая габариты детали (435x347x172 мм) и ее форму возможно использовать токарно-карусельные станки для этих операций.

Для обеспечения заданной точности необходимо, чтобы точность позиционирования станка была не больше 0,05 мм. Тогда для токарных операции механической обработки детали "Крышка подшипникового узла" будем

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

использовать токарно-карусельный обрабатывающий центр WELE VTC1612-20 (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Токарно-карусельный обрабатывающий центр WELE VTC1612-20

Выбранный станок оснащен двойным сервоприводом для перемещения траверсы по оси W, при этом достигается скорость перемещения до 20 м/мин. Вращение стола обеспечивается встроенным в станину гидростатическим подшипником. Благодаря данному подшипнику к столу применимы высокие нагрузки и большая сила резания, т.к. температурные расширения сведены к минимуму благодаря автоматической системе контроля температуры и давления масла. Кроме того, магазин инструментов станка имеет специальную конструкцию, состоящую из полноразмерной муфты с торцевым зубчатым соединением для тяжелых режимов резания, вертикального автоматического сменщика инструментов и сменщика шпиндельных головок, угловой фрезерной головки жесткого зацепления со встроенным механизмом освобождения инструмента позволяющая менять режущие инструменты за короткое время и механизма зажима инструментов состоит из 4-х самоблокирующихся цилиндров с гидравлической фиксацией.

Основные технические характеристики станка представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики станка WELE VTC1612-20

Параметр	Значение
Рабочая зона	
Диаметр поворотного стола, мм	1600
Максимальная высота (длина) точения, мм	1200
Максимальный диаметр заготовки, мм	2000
Расстояние от верхней поверхности стола до резцедержателя, мм	1400
Перемещения по оси X, мм	от -810 до 1180

Окончание таблицы 2

Параметр	Значение
Перемещения по оси Z, мм	1050
Перемещения по оси W, мм	800
Поворотный стол и система шпинделя	
Скорость вращения стола, об/мин	2~260
Мощность привода стола, кВт	37/45
Крутящий момент стола, Нм	20063
Нагрузка на стол, кг	14000
Квадратное сечение ползуна, мм	226
Мощность привода фрезерного шпинделя, кВт	11/15
Скорость вращения фрезерного шпинделя, об/мин	1600
Крутящий момент фрезерного шпинделя, Нм	304
Конус токарного шпинделя	ISO50
Конус фрезерного шпинделя	ISO50
Инструментальный магазин	16Т
Подача	
Быстрый ход по оси X, мм	12000
Быстрый ход по оси Z, мм	8000
Рабочие подачи по осям X/Z, мм	2000
Рабочие подачи по оси W, мм	2000
Точность	
Точность позиционирования на осях X, Z (VDI), мм	0,015
Повторяемость на осях X, Z (VDI), мм	0,008
Точность позиционирования на оси Cs (VDI), угл.сек.	30"/360 град.
Повторяемость на оси Cs (VDI), мм	15"
Габариты станка	
Высота станка, мм	5175
Вес станка, кг	30000

Для обработки отверстий с конической резьбой под температурные датчики, расположенных под углом к оси симметрии детали необходимо применять станки фрезерной группы, обладающим поворотным столом. С учетом выбранной схемы базирования заготовки (установочной базой является передний торец) будем выбирать станок с горизонтальным расположением шпинделя. Аналогично тому по каким параметрам производили выбор оборудования ранее (размеры рабочей зоны, точность позиционирования), выберем для выполнения последней операции механической обработки детали "Крышка подшипникового узла" горизонтальный обрабатывающий центр HN50D фирмы NIIGATA (Рисунок 2.4)

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17



Рисунок 2.4 – Горизонтальный обрабатывающий центр NIIGATA HN50D

Особенностью данного станка является то, что все литые конструкции, такие как станина, стойка, каретка, шпиндельная головка и стол выполнены из высококачественного литейного сырья, что обеспечивает станку стабильность и устойчивость к вибрации. Монолитная Т-образная станина с большим числом ребер жесткости обеспечивает ее износостойкость, большую устойчивость и поддержание стабильной точности на долгий срок. Закалённые и шлифованные прямоугольные направляющие с покрытием из туриста В обеспечивают возможность обработки при тяжёлых режимах резания. Технические характеристики станка представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики станка NIIGATA HN50D

Параметры	Значение
Рабочие перемещения	
Перемещение стола по оси X, мм	800
Вертикальное перемещение головки по оси Y, мм	700
Перемещение стойки по оси Z, мм	580
Расстояние от центральной линии шпинделя до поверхности паллеты, мм	0~700
Расстояние от торца шпинделя до центральной линии стола, мм	150~730
Стол	
Рабочая поверхность стола, мм	500x500
Шаг стола, град.	1° (0,001° опционально)
Максимальная нагрузка на паллету, кг	800

Окончание таблицы 3

Параметры	Значение
Шпиндель	
Двигатель шпинделя, кВт	АС26/22
Скорость вращения шпинделя, мин ⁻¹	6000
Максимальный крутящий момент шпинделя, Нм	901
Конус шпинделя	№50
Скорость подачи	
Быстрый ход по оси X, м/мин	30
Быстрый ход по оси Y, м/мин	30
Быстрый ход по оси Z, м/мин	30
Резание по осям X/Y/Z, мм/мин	1~15000
Скорость поворота стола/90°, сек	4,5
Устройство автоматической смены инструментов	
Вместимость цепного магазина	60 (119/179 опционально)
Вместимость матричного магазина	126/178/230 опционально
Хвостовик режущего инструмента	BT50
Максимальная длина инструмента, мм	400
Максимальный диаметр фрезерного инструмента, мм	100
То же, если соседние гнезда пусты, мм	240
Максимальный диаметр расточки, мм	410
Максимальный вес инструмента, кг	20 (30 опция)
Время смены инструмента, с	6,8
Автоматический сменщик паллет	
Тип	параллельный шаттл
Время смены паллет, сек	20
Число паллет, мм	2
Точность	
Позиционирование/полный ход по осям X/Y/Z, мм	±0,004
Повторяемость по осям X/Y/Z, мм	±0,0015
Вес и габариты станка	
Вес, кг	12000
Ширина/длина станка, мм	3330/5080
Высота станка, мм	3300
Расстояние от пола до стола, мм	1166

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

19

2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии

Обработка детали "Крышка подшипникового узла" согласно проектному варианту технологического процесса будет вестись согласно следующему маршруту:

- 000 Заготовительная операция;
- 005 Комплексная операция с ЧПУ;
- 010 Комплексная операция с ЧПУ;
- 015 Сборочная операция;
- 020 Комплексная операция с ЧПУ;
- 025 Токарная операция с ЧПУ;
- 030 Токарная операция с ЧПУ;
- 035 Сборочная операция;
- 040 Комплексная операция с ЧПУ;
- 045 Контрольная операция.

На 005 комплексной операции будет производиться фрезерование плоскости основного разъема и боковых поверхностей (рисунок 2.6). Комплект баз: установочная, направляющая и опорная. Операция выполняется на вертикальном обрабатывающем центре WELE AA-1480.

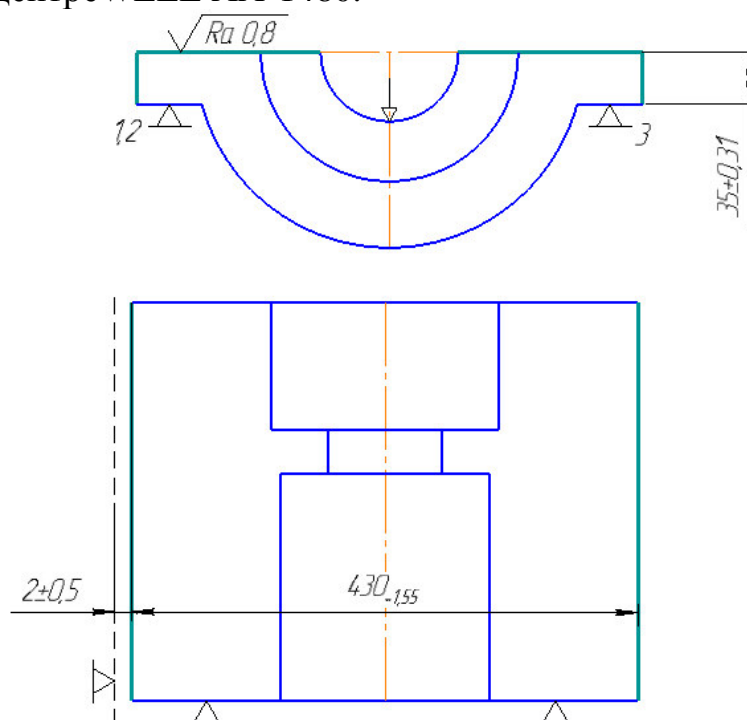


Рисунок 2.6 – 005 Комплексная операция с ЧПУ

На 010 операции производиться обработка переднего и заднего торца заготовки, сверление отверстий с $\varnothing 14$ мм и $\varnothing 22$ мм, обработка резьбовых отверстий М4-7Н и М12-6Н и образование углублений с $\varnothing 32$ мм и $\varnothing 44$ мм (рисунок 2.7). Комплект баз: установочная, установочная, направляющая и опорная. Операция выполняется на вертикальном обрабатывающем центре WELE AA-1480.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

20

отверстий с $\varnothing 34$ мм (рисунок 2.9). Комплект баз: установочная и двойная опорная. Операция выполняется на токарно-карусельном обрабатывающем центре WELE VTC1612-20.

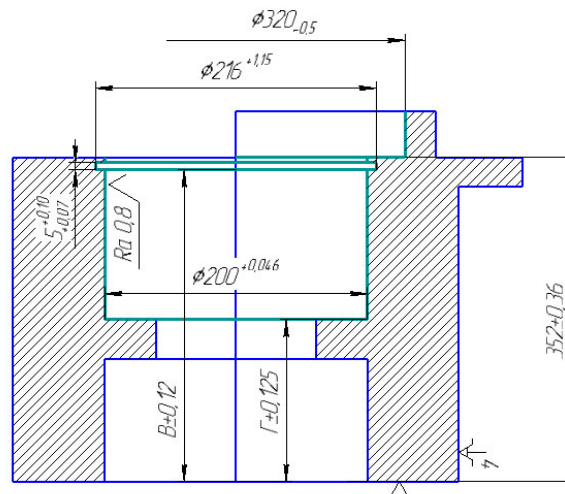


Рисунок 2.9 – 025 Токарная операция

На 030 токарной операции производится предварительное и окончательное растачивание внутренних отверстий до $\varnothing 215,85$ мм и до $\varnothing 112$ мм с образованием канавки шириной 5 мм (рисунок 2.10). Также, на переднем торце корпуса и крышки обрабатываются четыре резьбовых отверстия М12-6Н. Комплект баз: установочная, двойная опорная и опорная. Токарно-карусельный обрабатывающий центр WELE VTC1612-20.

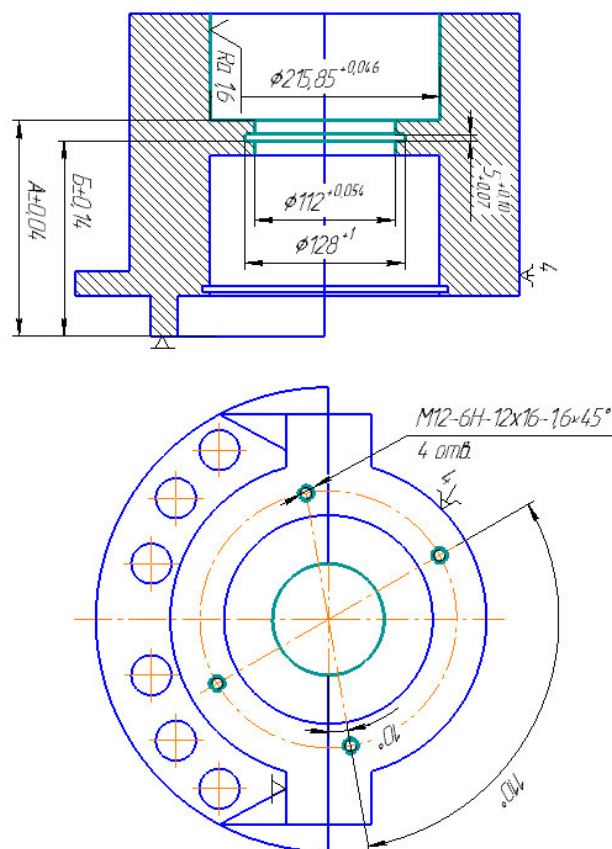


Рисунок 2.10 – 030 Токарная операция

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

22

На 035 операции производится демонтаж крышки и корпуса подшипникового узла.

На 040 операции производится сверление отверстий под резьбой и нарезание конической резьбы К1/2" ГОСТ 6111-52 в крышке подшипника (рисунок 2.11). Комплект баз: установочная и направляющая. Операция выполняется на горизонтальном обрабатывающем центре NIIGATA HN50D.

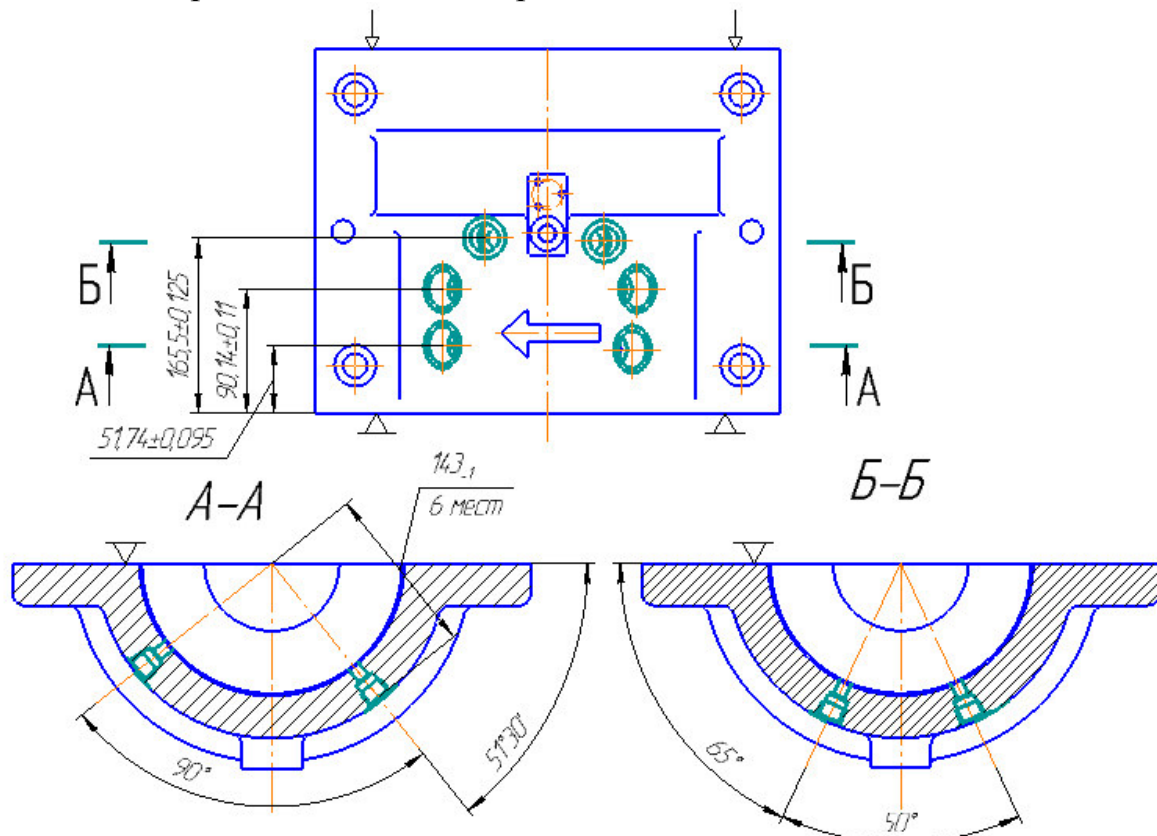


Рисунок 2.11 – 040 Комплексная операция с ЧПУ

2.4 Размерно-точностной анализ

Проведем размерный анализ проектного технологического процесса детали "Крышка подшипникового узла" с целью проверить выполняемость замыкающих звеньев и найти значения припусков (рисунок 2.12).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

23

$$(0_8 \dots 7_8) = B = 249,5 \begin{matrix} +0,2 \\ -0,08 \end{matrix}$$

Тогда,

$$[8_8 \dots 9_8] = 257_{-0,08} - 249,5 \begin{matrix} +0,2 \\ -0,08 \end{matrix} + 5_{+0,07}^{+0,1} = 12,5_{-0,21}^{+0,18} \text{ мм.}$$

Графическое представление расположения поле рассеивания замыкающего звена $[8_8 \dots 9_8]$ представлено на рисунке 2.14.



Рисунок 2.14 – Графическое представление звена $[8_8 \dots 9_8]$

Также, решим уравнение для замыкающего звена $[3_8 \dots 9_8]$.

$$[3_8 \dots 9_8] = (9_8 \dots 0_8) - (0_8 \dots 10_8) + (10_8 \dots 3_8) = 257_{-0,08} - 380_{-0,1} + B \pm 0,12 \quad .$$

$$[3_8 \dots 9_8] = 206,77 + \frac{0,42}{2} - (-0,04 - (-0,05)) = 206,97 \text{ мм;}$$

$$(10_8 \dots 6_8) = B = -257 + 380 + 206,97 = 329,97 \approx 330 \text{ мм;}$$

$$[3_8 \dots 9_8] = 257_{-0,08} - 380_{-0,1} + 330 \pm 0,12 = 207_{-0,2}^{+0,22} \text{ мм.}$$

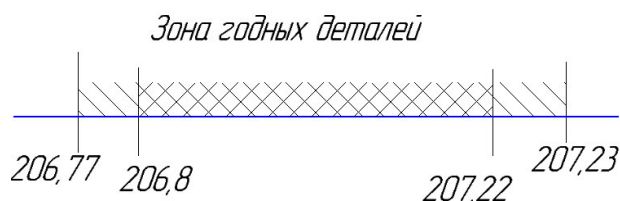


Рисунок 2.15 – Графическое представление звена $[3_8 \dots 9_8]$

Аналогично решим уравнение для замыкающего звена $[6_8 \dots 9_8]$.

$$[6_8 \dots 9_8] = (9_8 \dots 0_8) - (0_8 \dots 10_8) + (10_8 \dots 6_8) = 257_{-0,08} - 380_{-0,1} + \Gamma \pm 0,125.$$

$$[6_8 \dots 9_8] = 29,48 + \frac{0,43}{2} - (-0,04 - 0,05) = 29,685 \text{ мм;}$$

$$(10_8 \dots 6_8) = \Gamma = 380 - 257 + 29,685 = 152,685 \approx 152,7 \text{ мм;}$$

$$[6_8 \dots 9_8] = 257_{-0,08} - 380_{-0,1} + 152,7 \pm 0,125 = 29,7_{-0,205}^{+0,225} \text{ мм.}$$

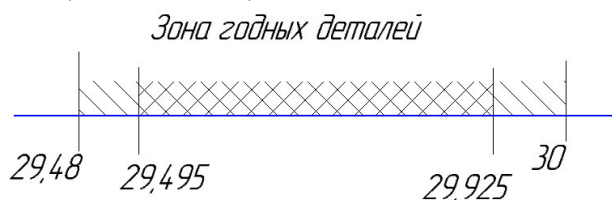


Рисунок 2.16 – Графическое представление звена $[6_8 \dots 9_8]$

Аналогично находить значения звена $[1_8 \dots 4_8]$:

$$[1_8 \dots 4_8] = (1_8 \dots 10_8) + (10_8 \dots 10_7) - (10_7 \dots 4_8) = 343_{-0,36} + 2 \pm 0,2 - E \pm 0,05$$

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

8 и главным углом в плане $\varphi = 67^\circ$ Для обработки площадки: $D = 63$ мм с режущей частью Т15К6, число зубьев $z = 6$ и главным углом в плане $\varphi = 67^\circ$.

По карте 57 [1, с. 180] определим величину подачи на зуб. Для фрезы диаметром до 250 мм и глубиной резания 2 мм $S_z^T = 0,16$ мм/зуб, для площадки – $S_z^T = 0,15$ мм/зуб.

По карте 60 и 66 [1, с. 183 и с. 194] определим остальные поправочные коэффициенты на подачу инструмента для измененных условий обработки в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{SM} = 1,1$;
- материала режущей части фрезы $K_{Si} = 1$;
- отношение фактической ширины фрезерования к нормативной $K_{SB} = 0,9$ ($K_{SB} = 1,1$ – для площадки);
- главного угла в плане $K_{S\varphi} = 1$;
- способа крепления пластины и наличия покрытия $K_{Sn} = 1$;
- схемы установки фрезы $K_{Sc} = 1$;
- группы обрабатываемого материала $K_{So} = 1$.

Таким образом скорректированная подача равна:

- для плоскости разъема

$$S_o = S_z^T \cdot K_{SM} \cdot K_{Si} \cdot K_{SB} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Sc} \cdot K_{So} = 0,16 \cdot 1,1 \cdot 0,9 = 0,158$$
 мм/зуб.
- для площадки

$$S_o = 0,15 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 0,181$$
 мм/зуб.

По карте 61 [1, с. 185] произведем проверку полученной подачи по обеспечению требуемой шероховатости ($Ra 0,8$). То есть $S_z^T = 0,05$ мм/зуб. С учетом поправочного коэффициента в зависимости от твердости обрабатываемого материала ($K_{SM} = 1$) подача по шероховатости равна:

$$S_o = S_z^T \cdot K_{SM} = 0,05$$
 мм/зуб.

Именно эту подачу мы и принимаем в качестве окончательной для обработки плоскости. По карте 65 [1, с. 188] выберем скорость и мощность резания для обработки плоскости разъема. При полуступенчатой обработке поверхности с глубиной резания $t=1$ мм, количеством проходов – 2 шт. и подачей $S_o = 0,05$ мм/зуб скорость резания $v_T = 422$ м/мин, мощность резания $N_T = 6,2$ кВт; для площадки – $v_T = 248$ м/мин, $N_T = 16,2$ кВт. По этой же карте выберем поправочные коэффициенты на скорость и мощность резания для измененных условий в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{VM} = 1,1$ и $K_{NM} = 0,95$;
- материала режущей части фрезы $K_{Vi} = 1$;
- состояния поверхности заготовки $K_{Vn} = 0,8$ и $K_{Nn} = 0,8$;
- главного угла в плане $K_{V\varphi} = 1$ и $K_{N\varphi} = 1$;
- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы $K_{VB} = 0,9$ и $K_{NB} = 1,4$ ($K_{VB} = 1$ и $K_{NB} = 1,2$ – для площадки);
- периода стойкости режущей части фрезы $K_{VT} = 0,6$ ($T = 240$ мин);
- способа крепления пластины и наличия покрытия $K_{Vn} = 1$;
- наличия СОЖ $K_{Vж} = 1$;

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

29

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

- для отверстий с $\varnothing 14$ мм: $S_0^T = 0,39$ мм/об; $v_T = 19,4$ м/мин; $P_T = 6124$ Н; $N_T = 1,64$ кВт; черновое развертывание – $S_0^T = 1$ мм/об; $v_T = 9,3$ м/мин; $P_T = 114$ Н; $N_T = 1$ кВт;
- для отверстий с $\varnothing 22$ мм: $S_0^T = 0,42$ мм/об; $v_T = 17,6$ м/мин; $P_T = 10665$ Н; $N_T = 2,5$ кВт; получистовое зенкерование – $S_0^T = 0,61$ мм/об; $v_T = 21$ м/мин; $P_T = 386$ Н; $N_T = 1,25$ кВт; чистовое зенкерование – $S_0^T = 0,43$ мм/об; $v_T = 28,4$ м/мин; $P_T = 157$ Н; $N_T = 1,03$ кВт;
- для отверстия с $\varnothing 25$ мм: $S_0^T = 0,42$ мм/об; $v_T = 17,6$ м/мин; $P_T = 10665$ Н; $N_T = 2,5$ м/мин; чистовое зенкерование – $S_0^T = 0,43$ мм/об; $v_T = 28,4$ м/мин; $P_T = 157$ Н; $N_T = 1,03$ кВт; черновое развертывание – $S_0^T = 1,01$ мм/об; $v_T = 8,6$ м/мин; $P_T = 122$ Н; $N_T = 0,97$ кВт; получистовое развертывание – $S_0^T = 0,85$ мм/об; $v_T = 11,6$ м/мин; $P_T = 33,6$ Н; $N_T = 0,48$ кВт.

По карте 53 определим поправочные коэффициенты на режимы резания в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала: $K_{SM} = K_{VM} = K_{PM} = K_{NM} = 1,05$;
- применения охлаждения: $K_{VЖ} = 1$;
- состояния поверхности заготовки $K_{VW} = 0,85$;
- инструментального материала $K_{Vi} = 1$;
- формы заточки инструмента $K_{Vз} = 1$;
- длины рабочей части сверла $K_{Vl} = 1$;
- покрытия инструментального материала $K_{Vn} = 1,1$;
- отношение фактического периода стойкости к нормативному $K_{VT} = 1$;
- последовательности переходов: для чернового развертывания отверстий с $\varnothing 10$ мм и с $\varnothing 14$ мм – $K_{Vl} = 0,84$; $K_{Nl} = 2,2$; $K_{Pl} = 2,4$; для получистового зенкерования отверстий с $\varnothing 22$ мм – $K_{Vl} = 0,98$; $K_{Nl} = 1,08$; $K_{Pl} = 1,1$; для чистового зенкерования отверстий с $\varnothing 22$ мм – $K_{Vl} = 0,9$; $K_{Nl} = 1,6$; $K_{Pl} = 2$.

Таким образом скорректированные режимы резания равны для обработки отверстий под резьбу М4:

$$S_0 = S_0^T \cdot K_{SM} = 0,07 \cdot 1,05 = 0,073 \text{ мм/об};$$

$$v = v_T \cdot K_{VM} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VW} \cdot K_{Vi} \cdot K_{Vз} \cdot K_{Vl} \cdot K_{Vn} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vl} = 29 \cdot 1,05 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 28,47 \text{ м/мин};$$

$$P = P^T \cdot K_{Pl} / K_{PM} = 460 / 1,05 = 438 \text{ Н};$$

$$N = N_T \cdot K_{Nl} / K_{NM} = 0,13 / 1,05 = 0,124 \text{ кВт};$$

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D} = 1000 \cdot \frac{28,47}{\pi \cdot 3,3} = 2746 \text{ об/мин};$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,073 \cdot 2746 = 200,47 \text{ мм/мин}.$$

Скорректированные режимы резания для обработки отверстий под М12:

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

$$S_o = 0,29 \cdot 1,05 = 0,3 \text{ мм/об};$$

$$v = 21,6 \cdot 1,05 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 21,2 \text{ м/мин};$$

$$P = 3755/1,05 = 3576,2 \text{ Н};$$

$$N = 1,1/1,05 = 1,05 \text{ кВт};$$

$$n = 1000 \cdot \frac{21,2}{\pi \cdot 10,2} = 662 \text{ об/мин};$$

$$S_M = 0,3 \cdot 662 = 198,48 \text{ мм/мин.}$$

Скорректированные режимы резания для обработки отверстий с Ø18 мм:

$$S_o = 0,4 \cdot 1,05 = 0,42 \text{ мм/об};$$

$$v = 18,4 \cdot 1,05 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 18,06 \text{ м/мин};$$

$$P = 7982/1,05 = 7601,9 \text{ Н};$$

$$N = 2,15/1,05 = 2,05 \text{ кВт.}$$

$$n = 1000 \cdot \frac{18,06}{\pi \cdot 18} = 320 \text{ об/мин};$$

$$S_M = 0,42 \cdot 320 = 134,14 \text{ мм/мин.}$$

Скорректированные режимы резания для обработки отверстий с Ø10 мм:

а) для сверления:

$$S_o = 0,18 \cdot 1,05 = 0,19 \text{ мм/об};$$

$$v = 25 \cdot 1,05 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 24,54 \text{ м/мин};$$

$$P = 2189/1,05 = 2084,76 \text{ Н};$$

$$N = 0,62/1,05 = 0,59 \text{ кВт.}$$

$$n = 1000 \cdot \frac{24,54}{\pi \cdot 9} = 868 \text{ об/мин};$$

$$S_M = 0,19 \cdot 868 = 164,9 \text{ мм/мин.}$$

б) для черногого развертывания:

$$S_o = 0,88 \cdot 1,05 = 0,92 \text{ мм/об};$$

$$v = 9,7 \cdot 1,05 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 0,84 = 8 \text{ м/мин};$$

$$P = 95 \cdot 2,4/1,05 = 217,14 \text{ Н};$$

$$N = 0,87 \cdot 2,2/1,05 = 1,82 \text{ кВт};$$

$$n = 1000 \cdot \frac{8}{\pi \cdot 10} = 255 \text{ об/мин};$$

$$S_M = 0,92 \cdot 255 = 234,28 \text{ мм/мин.}$$

Скорректированные режимы резания для обработки отверстий с Ø14 мм:

в) для сверления:

$$S_o = 0,39 \cdot 1,05 = 0,41 \text{ мм/об};$$

$$v = 19,4 \cdot 1,05 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 19,05 \text{ м/мин};$$

$$P = 6124/1,05 = 5832,4 \text{ Н};$$

$$N = 1,64/1,05 = 1,56 \text{ кВт};$$

$$n = 1000 \cdot \frac{19,05}{\pi \cdot 12,9} = 470 \text{ об/мин};$$

$$S_M = 0,41 \cdot 470 = 192,73 \text{ мм/мин.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

33

г) для чернового развертывания:

$$\begin{aligned}S_o &= 1 \cdot 1,05 = 1,05 \text{ мм/об}; \\v &= 9,3 \cdot 1,05 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 0,84 = 7,67 \text{ м/мин}; \\P &= 114 \cdot 2,4/1,05 = 260,6 \text{ Н}; \\N &= 1 \cdot 2,2/1,05 = 2,1 \text{ кВт}; \\n &= 1000 \cdot \frac{7,67}{\pi \cdot 14} = 174,4 \text{ об/мин}; \\S_M &= 1,05 \cdot 174,4 = 183,1 \text{ мм/мин}.\end{aligned}$$

Скорректированные режимы резания для обработки отверстий с Ø22 мм:

д) для сверления:

$$\begin{aligned}S_o &= 0,42 \cdot 1,05 = 0,44 \text{ мм/об}; \\v &= 17,6 \cdot 1,05 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 17,28 \text{ м/мин}; \\P &= 10665/1,05 = 10157,1 \text{ Н}; \\N &= 2,5/1,05 = 2,38 \text{ кВт}; \\n &= 1000 \cdot \frac{17,28}{\pi \cdot 18,9} = 291 \text{ об/мин}; \\S_M &= 0,44 \cdot 291 = 128,05 \text{ мм/мин}.\end{aligned}$$

е) для полустого зенкерования:

$$\begin{aligned}S_o &= 0,61 \cdot 1,05 = 0,64 \text{ мм/об}; \\v &= 21 \cdot 1,05 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 0,98 = 20,2 \text{ м/мин}; \\P &= 386 \cdot 1,1/1,05 = 404,38 \text{ Н}; \\N &= 1,25 \cdot 1,08/1,05 = 1,29 \text{ кВт}; \\n &= 1000 \cdot \frac{20,2}{\pi \cdot 20,4} = 315 \text{ об/мин}; \\S_M &= 0,64 \cdot 315,2 = 201,72 \text{ мм/мин}.\end{aligned}$$

ж) для чистового зенкерования:

$$\begin{aligned}S_o &= 0,43 \cdot 1,05 = 0,45 \text{ мм/об}; \\v &= 28,4 \cdot 1,05 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 27,88 \text{ м/мин}; \\P &= 157/1,05 = 149,5 \text{ Н}; \\N &= 1,03/1,05 = 0,98 \text{ кВт}; \\n &= 1000 \cdot \frac{27,88}{\pi \cdot 22} = 403,4 \text{ об/мин}; \\S_M &= 0,45 \cdot 403,4 = 181,52 \text{ мм/мин}.\end{aligned}$$

Скорректированные режимы резания для обработки отверстий с Ø25 мм:

з) для сверления:

$$\begin{aligned}S_o &= 0,42 \cdot 1,05 = 0,44 \text{ мм/об}; \\v &= 17,6 \cdot 1,05 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 17,28 \text{ м/мин}; \\P &= 10665/1,05 = 10157,1 \text{ Н}; \\N &= 2,5/1,05 = 2,38 \text{ кВт}; \\n &= 1000 \cdot \frac{17,28}{\pi \cdot 22,8} = 241 \text{ об/мин}; \\S_M &= 0,44 \cdot 241 = 106,15 \text{ мм/мин}.\end{aligned}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

34

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D} = 1000 \cdot \frac{10,71}{\pi \cdot 4} = 852 \text{ об/мин};$$

$$S_m = S_o \cdot n = 0,7 \cdot 852 = 596,6 \text{ мм/мин.}$$

Скорректированные режимы резания для отверстий М12 равны:

$$V = V^T \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_K} = 10,7 \cdot 1,05 = 11,23 \text{ м/мин};$$

$$P = P^T \cdot K_{P_M} = 40 \cdot 1,05 = 42 \text{ Н};$$

$$N = N^T \cdot K_{N_M} = 0,53 \cdot 1,05 = 0,56 \text{ кВт.}$$

$$n = 1000 \cdot \frac{11,23}{\pi \cdot 12} = 298 \text{ об/мин};$$

$$S_m = 1,75 \cdot 298 = 521,3 \text{ мм/мин.}$$

Определим режимы резания при растачивании отверстий с Ø200 мм на операции 025, с Ø112 мм и с Ø215,87 мм на операции 030.

По карте 1 [1, с.35] определяем необходимые стадии обработки. Для получения размеров по 7-8 качеству точности из заготовки 14 качества необходимо проводить обработку в три стадии: получистовая, чистовая и отделочная.

По карте 2 [1, с.37] определяем минимальную глубину резания для выбранных стадий обработки. Для получистовой обработки отверстий с Ø200 мм и с Ø215,87 мм глубину резания примем равной $t = 2,2$ мм; для отверстия с Ø112 мм – $t = 1,7$ мм. Для чистовой обработки отверстий с Ø200 мм и с Ø215,87 мм – $t = 1,1$ мм; для отверстия с Ø112 мм – $t = 0,9$ мм для отделочной обработки отверстий с Ø200 мм и с Ø215,87 мм – $t = 0,4$ мм; для отверстия с Ø112 мм – $t = 0,3$ мм.

По приложению 1, 5 [1, с. 299 и с.302] принимаем в качестве формы режущей пластины выберем ромбическую пластину с углом при вершине $\varepsilon = 80^\circ$ из твердого сплава Т15К6 для получистовой стадии стадий обработки, и для чистовой и отделочной – сплав Т30К4. Сечение державки примем равной 25x25 мм

Для всех стадии обработки выберем подачу по карте 10 [1, с. 51]. Для обработки отверстий с Ø200 мм, с Ø215,87 мм и с Ø112 мм:

- получистовая $S_o^T = 0,38$ мм/об;
- чистовой $S_o^T = 0,26$ мм/об;
- отделочной $S_o^T = 0,23$ мм/об.

По карте 11 [1, с. 52] определим поправочные коэффициенты на получистовую подачу инструмента для измененных условий получистовой обработки в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{S_M} = 1,05$;
- состояния поверхности заготовки $K_{S_{П}} = 0,85$;
- отношения вылета резца к его высоте $K_{S_1} = 1$;
- геометрических параметров резца $K_{S_{Ф}} = 1$;
- способа крепления пластин $K_{S_{П}} = 1$;
- инструментального материала $K_{S_{И}} = 1$.

По карте 14 [1, с. 58] определим поправочные коэффициенты на чистовую и отделочную подачу инструмента для измененных условий получистовой обработки в зависимости от:

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Частота вращения шпинделя равна:

- для получистовой обработки всех отверстий: $n = 1000 \cdot \frac{174,9}{\pi \cdot 200} = 192$ об/мин;
- для чистовой обработки всех отверстий и отделочной обработки отверстий с $\varnothing 112$ мм: $n = 1000 \cdot \frac{473}{\pi \cdot 112} = 520$ об/мин;
- для отделочной обработки отверстий с $\varnothing 200$ мм и с $\varnothing 215,87$ мм: $n = 1000 * \frac{535,7}{\pi \cdot 215,87} = 590$ об/мин;

По карте 25 [1, с. 86] для получения необходимой шероховатости ($Ra = 0,8$ мкм в отверстие с $\varnothing 200$ мм и $Ra = 1,6$ мкм в отверстие с $\varnothing 112$ мм и с $\varnothing 215,87$ мм) рекомендуется подача $S_o^T = 0,15$ мм/об. По карте 26 [1, с. 88] определим поправочные коэффициенты на подачу в зависимости от шероховатости обработанной поверхности 1 и 3 для измененных условий в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{SM} = 0,92$;
- инструментального материала $K_{Si} = 1$;
- вида обработки и наличия охлаждения $K_{Sж} = 1$ и $K_{So} = 1$;

Окончательно максимальную допустимую подачу по шероховатости:

$$S_o = 0,15 \cdot 0,92 = 0,138 \text{ мм/об.}$$

Определим минутную подачу:

- для получистовой обработки всех отверстий
 $S_M = S_o \cdot n = 0,339 \cdot 192 = 65,088$ мм/мин
- для чистовой обработки отверстий с $\varnothing 200$ мм и с $\varnothing 215,87$ мм
 $S_M = 0,121 \cdot 520 = 62,92$ мм/мин
- для чистовой обработки отверстий с $\varnothing 112$ мм
 $S_M = 0,142 \cdot 520 = 73,84$ мм/мин
- для отделочной обработки отверстий с $\varnothing 200$ мм и с $\varnothing 215,87$ мм
 $S_M = 0,107 \cdot 590 = 63,13$ мм/мин
- для отделочной обработки отверстий с $\varnothing 112$ мм
 $S_M = 0,126 \cdot 520 = 65,52$ мм/мин

Определим режимы резания для прорезания канавок шириной 5 мм и глубиной 8 мм. По карте 27 [1, с. 89] определим подачу инструмента: для канавки в отверстии с $\varnothing 112$ мм $S_o^T = 0,14$ мм/об; для канавки в отверстии с $\varnothing 200$ мм $S_o^T = 0,16$ мм/об. По карте 27 и 29 определим поправочные коэффициенты на измененные условия резания в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{SM} = 1,05$;
- схемы установки заготовки $K_{Sy} = 1$;
- шероховатости обработанной поверхности $K_{Sш} = 0,35$;
- отношения конечного и начального диаметров обработки $K_{Sd} = 1,1$;
- вида обработки $K_{So} = 0,85$.

Тогда, скорректированная подача для канавки в отверстии с $\varnothing 112$ мм равна:

$$S_o = S_o^T \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{SM} \cdot K_y \cdot K_{Sш} \cdot K_{Sd} \cdot K_{So} = 0,14 \cdot 1,05 \cdot 0,35 \cdot 1,1 \cdot 0,85 = 0,048 \text{ мм/об.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

38

Также необходимо учитывать время выполнение вспомогательной ручной работы. Это время учитывает коэффициент $K_{ТВ}$, который определяется в зависимости от партии деталей по карте 1 [2, с. 50], т.е. $K_{ТВ} = 1$.

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности $a_{мех}$, $a_{орг}$, $a_{от}$ приведено в процентах от оперативного времени в карте 16 [2, с.90], т.е. 9% от $T_o + T_B$. Таким образом штучное время на 005 операцию равно:

$$T_{шт} = ((8,62 + 5,36) + 1 \cdot 5,39) \cdot \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 21,113 \text{ мин.}$$

Аналогично найдем времена на все остальные операции. На 010 операции – обработка переднего и заднего торца заготовки, обработка площадки, обработка отверстий с $\varnothing 14$ мм и $\varnothing 22$ мм, обработка резьбовых отверстий М4-7Н и М12-6Н и образование углублений с $\varnothing 32$ мм и $\varnothing 44$ мм.

Основное время и время цикла автоматической работы станка по переходам.

1. Обработка переднего и заднего торца

а) для черновой стадии

$$T_o = \frac{125 \cdot 3,14 + (430 - 125 \cdot 2) + 5 + 16}{136,95} = 4,335 \text{ мин}$$

$$T_{МВ} = 0 + \frac{2 \cdot 330 + 60 + \sqrt{436^2 + 338^2} + 20 + 430}{15000} = 0,13 \text{ мин}$$

$$T_{Ц,А} = 0,13 + 4,335 = 4,465 \text{ мин.}$$

б) для полуступенчатой стадии

$$T_o = \frac{572,7 + 21}{119,04} = 4,987 \text{ мин}$$

$$T_{МВ} = 0,1 + \frac{2 \cdot 330 + 60 + \sqrt{436^2 + 338^2} + 20 + 430}{15000} = 0,23 \text{ мин}$$

$$T_{Ц,А} = 0,23 + 4,987 = 5,217 \text{ мин.}$$

2. Обработка площадки

$$T_o = \frac{120 + 5 + 49}{718,932} = 0,242 \text{ мин}; T_{МВ} = 0,1 + \frac{330 \cdot 2}{15000} = 0,126 \text{ мин.}$$

$$T_{Ц,А} = T_o + T_{МВ} = 0,242 + 0,126 = 0,368 \text{ мин.}$$

3. Обработка четырех отверстий с $\varnothing 22$ мм;

а) для сверления

$$T_o = \frac{4 \cdot (33 + 5 + 10)}{128,05} = 1,499 \text{ мин.}$$

$$T_{МВ} = 0,1 + \frac{2 \cdot 100 + 200 + 292 + 350 + 292}{15000} = 0,189 \text{ мин.}$$

$$T_{Ц,А} = 1,499 + 0,189 = 1,688 \text{ мин.}$$

б) для полуступенчатого зенкерования

$$T_o = \frac{4 \cdot (33 + 5 + 3)}{201,72} = 0,813 \text{ мин.}$$

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$T_{ц.а} = 0,88 + 0,125 = 1,005 \text{ мин.}$$

в) для чернового конического развертывания

$$T_0 = \frac{2 \cdot (55 + 5 + 19)}{114,83} = 1,376 \text{ мин.}$$

$$T_{мв} = 0,1 + \frac{2 \cdot 110 + 158 + 376}{15000} = 0,126 \text{ мин.}$$

$$T_{ц.а} = 1,376 + 0,126 = 1,502 \text{ мин.}$$

г) для получистового конического развертывания

$$T_0 = \frac{2 \cdot (55 + 5 + 19)}{129,1} = 1,224 \text{ мин.}$$

$$T_{мв} = 0,1 + \frac{2 \cdot 110 + 158 + 376}{15000} = 0,126 \text{ мин.}$$

$$T_{ц.а} = 1,224 + 0,126 = 1,35 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на операцию равно:

$$T_B = 4 + (0,6 + 0,2 + 0,04) + (2 \cdot 0,36 + 0,11) = 5,67 \text{ мин}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности $a_{мех}$, $a_{опз}$, $a_{ом}$ – 9% от $T_0 + T_B$.

Таким образом штучное время на 005 операцию равно:

$$T_{шт} = ((1,444 + 1,005 + 1,502 + 1,35) + 1 \cdot 5,67) \cdot 1,09 = 11,958 \text{ мин.}$$

025 операция – растачивание внутреннего отверстия до $\varnothing 200$ мм в крышке и в корпусе подшипника с подрезкой торца и образованием канавки шириной 5 мм.

1. Обработка отверстия с $\varnothing 200$ мм

а) для получистовой обработки

$$T_0 = \frac{210 + 5 + 2,5}{65,088} = 3,342 \text{ мин}$$

$$T_{мв} = 0 + \frac{2 \cdot 100 + 217,5}{8000} = 0,052 \text{ мин.}$$

$$T_{ц.а} = T_0 + T_{мв} = 3,342 + 0,052 = 3,394 \text{ мин.}$$

б) для чистовой обработки

$$T_0 = \frac{210 + 5 + 2,5}{62,92} = 3,457 \text{ мин}$$

$$T_{мв} = 0,08 + \frac{2 \cdot 100 + 217,5}{8000} = 0,132 \text{ мин.}$$

$$T_{ц.а} = T_0 + T_{мв} = 3,457 + 0,132 = 3,589 \text{ мин.}$$

в) для отделочной обработки

$$T_0 = \frac{210 + 5 + 2,5}{63,13} = 3,436 \text{ мин}$$

$$T_{мв} = 0,08 + \frac{2 \cdot 100 + 217,5}{8000} = 0,132 \text{ мин.}$$

$$T_{ц.а} = T_0 + T_{мв} = 3,436 + 0,132 = 3,568 \text{ мин.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

49

030 операция –расточивание внутренних отверстий до Ø215,85 мм и до Ø112 мм с обработкой торца и образованием канавки шириной 5 мм. Также, на переднем торце крышки обрабатываются два резьбовых отверстия М12-6Н.

1. Обработка отверстия с Ø112 мм

а) для получистовой стадии

$$T_0 = \frac{30 + 5 + 5}{65,088} = 0,615 \text{ мин}; T_{\text{МВ}} = 0 + \frac{2 \cdot 100 + 40}{8000} = 0,03 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = T_0 + T_{\text{МВ}} = 0,615 + 0,03 = 0,625 \text{ мин.}$$

б) для чистовой стадии

$$T_0 = \frac{30 + 5 + 5}{73,84} = 0,542 \text{ мин}; T_{\text{МВ}} = 0,08 + \frac{2 \cdot 100 + 40}{8000} = 0,11 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = T_0 + T_{\text{МВ}} = 0,542 + 0,11 = 0,652 \text{ мин.}$$

в) для отделочной стадии

$$T_0 = \frac{30 + 5 + 5}{65,52} = 0,61 \text{ мин}; T_{\text{МВ}} = 0,08 + \frac{2 \cdot 100 + 40}{8000} = 0,11 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = T_0 + T_{\text{МВ}} = 0,61 + 0,11 = 0,72 \text{ мин.}$$

2. Обработка отверстия с Ø215,87 мм

а) для получистовой стадии

$$T_0 = \frac{123 + 5 + 2,5}{65,088} = 2,005 \text{ мин}; T_{\text{МВ}} = 0 + \frac{130,5}{8000} = 0,016 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = T_0 + T_{\text{МВ}} = 2,005 + 0,016 = 2,021 \text{ мин.}$$

б) для чистовой стадии

$$T_0 = \frac{123 + 5 + 2,5}{62,92} = 2,074 \text{ мин};$$

$$T_{\text{МВ}} = 0,08 + \frac{2 \cdot 100 + 130,5}{8000} = 0,121 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = T_0 + T_{\text{МВ}} = 2,074 + 0,121 = 2,195 \text{ мин.}$$

в) для отделочной стадии

$$T_0 = \frac{123 + 5 + 2,5}{63,13} = 2,067 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{МВ}} = 0,08 + \frac{2 \cdot 100 + 130,5}{8000} = 0,121 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = T_0 + T_{\text{МВ}} = 2,067 + 0,121 = 2,188 \text{ мин.}$$

3. Обработка канавки в отверстии с Ø112 мм

$$T_0 = \frac{8 + 2 + 3}{9,408} = 1,382 \text{ мин}$$

$$T_{\text{МВ}} = 0,08 + \frac{2 \cdot 100 + 3 + 13}{8000} = 0,107 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = 3 * (T_0 + T_{\text{МВ}}) = 3 * (1,382 + 0,107) = 4,467 \text{ мин.}$$

4. Обработка торца отверстия с Ø215,87 мм

а) для получистовой стадии

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$T_0 = \frac{(215,87 - 0,8 - 112 + 0,6)/2 + 5 + 2,5}{132,7} = 0,443 \text{ мин}$$

$$T_{\text{МВ}} = 0 + \frac{0}{8000} = 0 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = T_0 + T_{\text{МВ}} = 0,443 \text{ мин.}$$

б) для чистовой стадии

$$T_0 = \frac{(215,87 - 112)/2 + 2 + 2,5}{51,336} = 1,158 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{МВ}} = 0 + \frac{0}{8000} = 0, \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = T_0 + T_{\text{МВ}} = 1,158 \text{ мин.}$$

5. Обработка двух отверстий под резьбу М12

$$T_0 = \frac{2 \cdot (16 + 5 + 2,75)}{198,8} = 0,239 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{МВ}} = 0,1 + \frac{2 \cdot 100 + 47,5 + 205}{15000} = 0,13 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = 0,239 + 0,13 = 0,369 \text{ мин.}$$

6. Нарезание резьбы М12 в двух отверстиях

$$T_0 = 2 \cdot \frac{12 + 5 + 2,5 \cdot 1,75}{521,3} = 0,082 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{МВ}} = 0,1 + \frac{2 \cdot 200 + 21,375 + 205}{15000} = 0,142 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = 0,082 + 0,142 = 0,224 \text{ мин.}$$

7. Обработка фасок

а) для фасок 0,5 мм

$$T_0 = 2 \cdot \frac{0,5 + 2 + 2}{187,692} = 0,048 \text{ мин}$$

$$T_{\text{МВ}} = 0,08 + \frac{2 \cdot 100 + 18 + 5}{8000} = 0,108 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = T_0 + T_{\text{МВ}} = 0,048 + 0,108 = 0,156 \text{ мин.}$$

б) для зенкование фасок 1 мм

$$T_0 = \frac{1 + 2 + 2}{163,086} = 0,03 \text{ мин}$$

$$T_{\text{МВ}} = 0 + \frac{10 + 30}{8000} = 0,005 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = T_0 + T_{\text{МВ}} = 0,03 + 0,005 = 0,035 \text{ мин.}$$

в) для зенкование фасок 1,6 мм в отверстиях М12-6Н

$$T_0 = 2 \cdot \frac{1,6 + 2 + 2}{23,56} = 0,475 \text{ мин}$$

$$T_{\text{МВ}} = 0 + \frac{11,2 + 205}{8000} = 0,027 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = T_0 + T_{\text{МВ}} = 0,475 + 0,027 = 0,502 \text{ мин.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

52

Таблица 4 – Режим резания и нормы времени I варианта ТП

№ опер	№ пер	Наименование	Стадия обработки	t, мм	v, м/мин	S _м ,	T ₀ , мин	T _{ЦА} , мин	T _в , мин	T _{шт} , мин	T _{ПЗ} , мин
						мм/мин					
005	1	Фрезерование плоскости	п/чист	1,50	200,50	204,00	4,26	4,31			
			чист	0,50	200,50	204,00	4,26	4,31			
	2	Фрезерование левого и правого торца	черн	2,20	69,00	136,95	5,16	5,36			
ИТОГО НА ОПЕРАЦИЮ							13,68	13,98	5,39	21,11	30,95
010	1	Фрезерование передней и задней поверхности	черн	3,2/ 2,40	69,00	136,95	4,34	4,47			
			п/чист	0,36/ 0,30	76,60	117,00	4,99	5,22			
	2	Фрезерование площадки	п/чист	2,30	130,90	718,90	0,24	0,37			
	3	Обработка 4 отверстий с Ø22 мм	сверл	9,75	17,28	128,05	1,50	1,69			
			п/ч зенк.	0,81	20,20	201,72	0,81	1,00			
			чист зенк	0,43	27,88	181,25	0,90	1,09			
	4	Обработка цековки с Ø44 мм	—	2,00	8,35	8,87	1,80	1,80			
	5	Обработка отверстия под М12	сверл	5,10	21,20	198,48	0,16	0,27			
	6	Обработка отверстия с Ø14 мм	сверл	6,45	19,05	192,73	0,11	0,22			
			черн. разв	0,55	7,67	183,10	0,18	0,29			
	7	Нарезание резьбы М12	—		11,23	521,30	0,06	0,19			
8	Обработка цековки Ø32 мм	—	2,00	8,64	11,69	0,60	0,71				
9	Обработка отверстий под М4	сверл	1,65	28,47	200,47	0,31	0,43				
10	Нарезание резьбы М4	—	—	10,71	596,60	0,08	0,22				
11	Обработка 3 фасок 0,5 мм	—	0,50	17,08	34,26	0,39	0,51				
ИТОГО НА ОПЕРАЦИЮ							16,46	18,48	6,67	27,41	36,05
020	1	Обработка 2 конических отверстий с Ø25 мм	сверл	11,40	17,28	106,15	1,32	1,44			
			чист зенк.	0,75	18,55	140,94	0,88	1,01			
			черн разв.	0,24	8,44	114,83	1,38	1,50			
			п/ч. разв.	0,10	11,39	129,10	1,22	1,35			
ИТОГО НА ОПЕРАЦИЮ							4,80	5,30	5,67	11,96	33,55
025	1	Обработка внутреннего отверстия Ø200 мм	п/чист	2,20	174,90	65,09	3,34	3,39			
			чист	1,10	437,00	62,92	3,46	3,59			
			отделоч	0,40	535,70	63,13	3,44	3,57			
	2	Обработка торца отверстия Ø200 мм	п/чист	2,00	122,10	132,70	0,38	0,38			
			чист	1,00	338,80	98,58	0,49	0,49			
	3	Обработка канавки в отверстии Ø200 мм		3,00	203,50	12,27	1,06	1,18			
				1,00	203,50	12,27	1,06	1,18			
				1,00	203,50	12,27	1,06	1,18			
	4	Обработка фасок 0,5 мм, 1 мм, 2 мм	—	0,50	12,76	187,69	0,05	0,16			
—			1,00	11,09	163,10	0,03	0,04				
—			2,00	10,21	150,15	0,04	0,04				
ИТОГО НА ОПЕРАЦИЮ							14,41	15,21	6,83	24,02	25,15

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

55

Окончание таблицы 4

№ опер	№ пер	Наименование	Стадия обработки	t, мм	v, м/мин	S _м ,	T ₀ , мин	T _{ЦА} , мин	T _в , мин	T _{шт} , мин	T _{ПЗ} , мин
						мм/мин					
030	1	Обработка внутреннего отверстия с Ø112 мм	п/чист	1,70	174,90	65,09	0,62	0,65			
			чист	0,90	437,00	73,84	0,54	0,65			
			отделоч	0,30	437,00	65,52	0,61	0,72			
	2	Обработка торца отверстия с Ø215,87	п/чист	1,00	122,10	132,70	0,44	0,44			
			чист	0,50	338,80	51,34	1,16	1,16			
	3	Обработка внутреннего отверстия с Ø215,87	п/чист	2,20	174,90	65,09	2,01	2,05			
			чист	1,10	437,00	62,92	2,07	2,20			
			отделоч	0,40	535,70	63,13	2,07	2,19			
	4	Обработка канавки в отверстии Ø112 мм		3,00	203,50	9,41	1,38	1,49			
				1,00	203,50	9,41	1,38	1,49			
				1,00	203,50	9,41	1,38	1,49			
	5	Обработка 2 отверстий под M12	сверл	5,10	21,20	198,48	0,24	0,37			
	6	Нарезание резьбы M12	—	-	11,23	521,30	0,08	0,22			
	7	Обработка фасок 0,5 мм, 1 мм, 1,6 мм	—	0,50	12,76	187,69	0,05	0,16			
—			1,00	11,09	163,10	0,03	0,04				
—			1,60	14,23	23,56	0,48	0,50				
ИТОГО НА ОПЕРАЦИЮ							14,53	15,80	7,45	25,34	32,65
040	1	Фрезерование уступов	черн	2,00	20,00	62,40	0,23	0,43			
	2	Обработка 6 отверстий с Ø10 мм	сверл	4,50	24,54	164,90	0,91	1,07			
			черн. разв	0,48	8,00	234,28	0,75	0,93			
	3	Обработка 6 отверстий с Ø18 мм	сверл	9,00	18,06	134,14	1,29	1,44			
	4	Резьбофрезерование конусной резьбы	—	-	45,00	118,72	1,77	1,90			
5	Обработка фасок 1,6 мм	—	1,60	14,73	44,07	0,71	0,84				
ИТОГО НА ОПЕРАЦИЮ							5,65	6,62	7,76	15,67	32,50
ВСЕГО на ТП							69,54	75,39	39,77	125,52	190,85

2.6 Выбор стандартизированной технологической оснастки, режущего и мерительного инструмента

Для обработки детали «Крышка подшипникового узла» в проектом варианте технологического процесса будем применять стандартизированные станочные приспособления и инструментальную оснастку.

Выбранное оборудование в пункте 2.1.2 имеет одинаковый номер конуса шпинделя, а именно ISO50. Таким образом, в качестве инструментальной оснастки для фрезерных операций будем применять патроны с конусом BT50.

Для установки торцовых фрез в шпиндель будем использовать оправки фирмы HAIMER. Например, для установки торцевой фрезы для обработки плоскости разъема ANX 640S-125B08AR – оправка BT50-50.550.40 (рисунок 2.18)

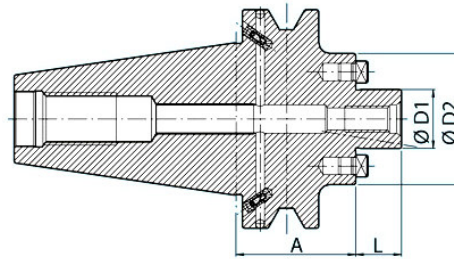


Рисунок 2.18 – Оправка BT50-50.550.40:
 $D_1=40\text{мм}$; $D_2=89\text{мм}$; $L= 27\text{мм}$; $A = 55 \text{ мм}$

Для крепления инструментов с цилиндрическим хвостовиком, таких как сверла малого диаметра, концевые фрезы, будем использовать цанговый патрон типа ER32 по ISO 15488 фирмы HAIMER. Сменные цанги этого типа имеют диапазоном зажима от 3 мм до 20 мм

Для крепления инструментов с конусом Морзе, будем использовать переходную втулку с соответствующим номером конуса Морзе фирмы HAIMER.

Для крепления метчиков M4x0,7 и M12x1,75 будем использовать стандартный резьбонарезной патрон с предохранительной головкой по ГОСТ 8255-86. Выберем патрон 6162-4002-13 с диапазоном нарезания резьбы M3 – M12.

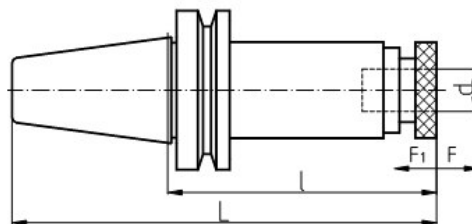


Рисунок 2.19 –Резьбонарезной патрон 6162-4002-13:
 $d = 19\text{мм}$; $L= 202 \text{ мм}$; $l= 100 \text{ мм}$; $F_1 = 5 \text{ мм}$; $F = 15 \text{ мм}$

Предохранительная головка предотвращает от поломок метчик в случае слишком большого увеличения крутящего момента. Выберем для метчика M4x0,7 головку 6251-4002-01, а для M12x1,75 – головку 6251-4002-06.

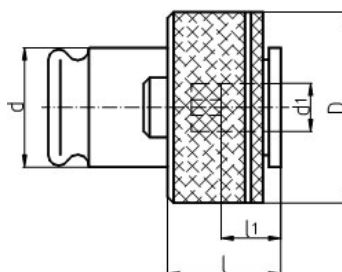


Рисунок 2.20 –Предохранительная головка 6251-4002-01:
 $d = 19\text{мм}$; $D=38\text{мм}$; $D_1 = 4,5 \text{ мм}$; $l=41 \text{ мм}$

Сверла с диаметром больше 20 мм имеют цилиндрический хвостовик с лыской типа Weldon, согласно DIN 1835. Для его крепления будем использовать

соответствующий патрон фирмы HAIMER. Так как диаметр хвостовика равен 25 мм, то в качестве патрона используем патрон Weldon50.500.25.

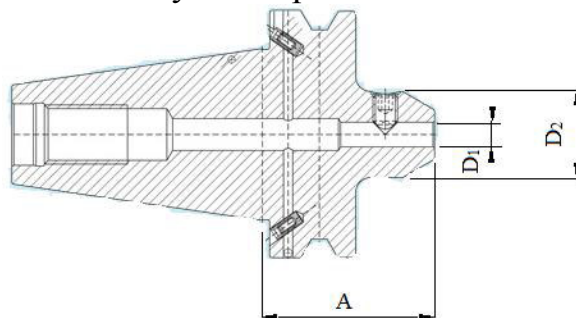


Рисунок 2.21 – Патрон Weldon 50.500.25 для сверла:
 $D_1=25\text{мм}$; $D_2=65\text{мм}$; $A = 100\text{ мм}$

Операции 025 и 030 производиться на токарно-карусельном станке, шпиндель которого также выполнен по ВТ50. Для крепления инструмента будем использовать специальный держатель для расточных и канавочных резцов фирмы EUROGLU 409.52.32 для диаметра хвостовика резца 32 мм.

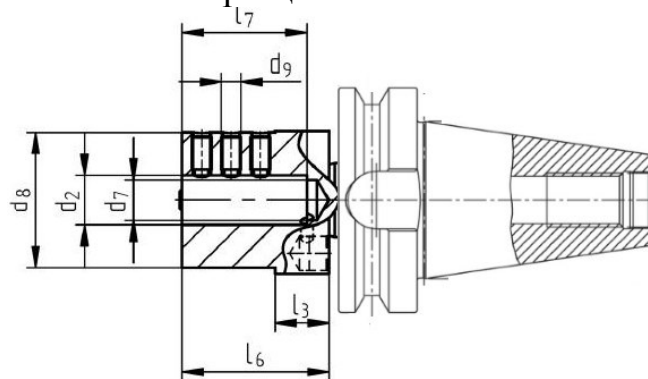


Рисунок 2.22 – Держатель EUROGLU 409.52.32: $d_2 = 32\text{ мм}$; $d_7 = 20,5\text{мм}$;
 $d_8 = 83\text{мм}$; $d_9 = \text{M10}$; $l_3 = 22\text{мм}$; $l_6 = 75$; $l_7 = 61\text{мм}$

На фрезерных операциях заготовку будем устанавливать на стол станка. Для зажима заготовки, как и в базовом техпроцессе, будем использовать вильчатые прихваты. На токарных операциях заготовку устанавливаем на планшайбу в четырех кулачках, т.к. деталь имеет не цилиндрическую форму. Аналогичная установка осуществляется и в базовом техпроцессе. Зажим будем производить по наружной цилиндрической поверхности крышки и сопрягаемого с ним корпуса подшипника с диаметром 290 мм (рисунок 2.23).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

58



Рисунок 2.23 – Планшайба с 4-мя кулачками

В ходе механической обработки детали "Крышка подшипникового узла" используется различный режущий инструмент. Произведем выбор режущего инструмента для обработки детали.

На 005 операции производится фрезерование плоскости основного разъема и обработка переднего и заднего торца. По найденным в пункте 2.2.5 параметрам инструмента для фрезерования плоскости основного разъема будем использовать торцовую фрезу с $\varnothing 125$ мм со сменными многогранными пластинами компании Mitsubishi. В соответствии с каталогом выбираем фрезу АНХ 640S-125B08AR, которая имеет 8 зубьев (Рисунок 2.24). [3, стр. К018]

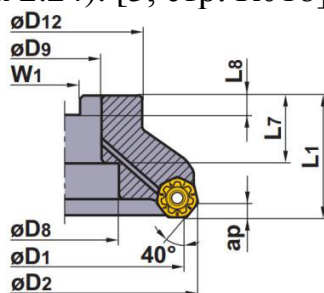


Рисунок 2.24 – Торцовая фреза АНХ 640S-125B08AR

Размеры инструмента представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Размеры торцовой фрезы

Размеры в миллиметрах

D_1	D_2	D_8	D_9	D_{12}	L_1	L_7	L_8	ap	W_1
125	137,6	56	40	89	63	42	9	6	16,4

В качестве режущих пластины будем использовать NNMU200708ZEN-MP (Рисунок 2.25). Материал пластины: VP15TF (русский аналог Т15К6). [3, стр. J024]

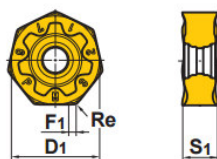


Рисунок 2.25 – Пластина NNMU200708ZEN-MP:

$S_1=8$ мм; $F_1=1$ мм; $D_1=20$ мм; $Re=0,8$ мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

59

Для обработки площадки на 010 операции будем применять торцовую фрезу с $\varnothing 63$ мм компании Mitsubishi. По каталогу выберем фрезу ARX4000-063A06RA, которая имеет 6 зубьев (Рисунок 2.26). [3, стр. K038]

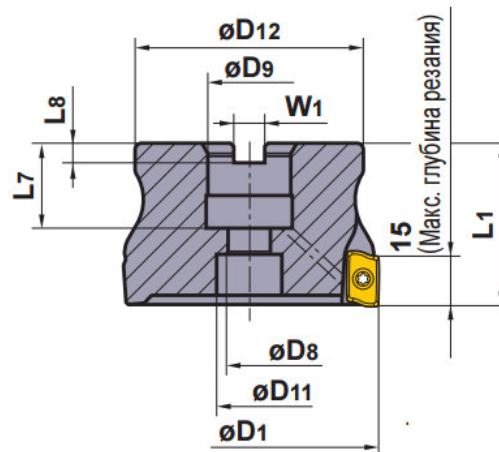


Рисунок 2.26 – Торцовая фреза ARX4000-063A06RA

Размеры инструмента представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Размеры фрезы ARX4000-063A06RA

В миллиметрах								
D_1	D_8	D_9	D_{11}	D_{12}	W_1	L_1	L_8	L_7
63	11	22	17	50	10,4	40	6,3	20

В качестве режущей пластины будем использовать рекомендуемую к этому виду фрез АОМТ 184816РЕЕР-Н (Рисунок 2.27). Материал режущей части – твердый сплав ТТ8080 (российский аналог Т5К10). [3, стр. J020]

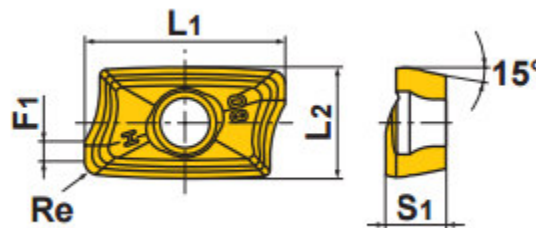


Рисунок 2.27 – Режущая пластина АОМТ 184816РЕЕР-Н: $S_1=4,8$ мм;
 $F_1=0,4$ мм; $L_1=18$ мм; $L_2=9$ мм; $Re=1,6$ мм.

Для обработки торцовых поверхностей крышки на 005 и на 010 операции будем применять концевую фрезу фирмы ISCAR с СМП шириной фрезерования 56 мм и $\varnothing 40$ мм. По каталогу выберем фрезу APKD40-50-W32-FE, которая имеет 3 канавки (рисунок 2.28). [4, стр. C149]

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

60

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

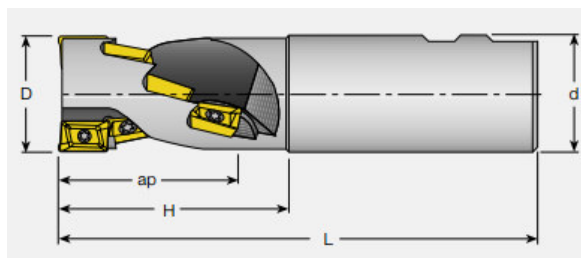


Рисунок 2.28– Концевая фрезаАРКD40-50-W32-FE: $D=40$ мм; $H=69$ мм;
 $L=130$ мм; $ap=56$ мм; $d=32$ мм

В качестве режущей пластины для черновой обработки будем использовать рекомендуемую к этому виду фрез АРКТ 1003PDR-НМ, для полустойковой – АРСТ 1003PDR-НМ (рисунок 2.29). Материал режущей части – твердый сплав ТТ8080 (российский аналог Т15К6). [4, стр. С292]

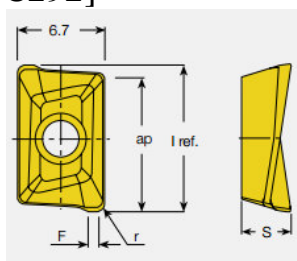


Рисунок 2.29– Режущая пластинаАРКТ 1003PDR-НМ: $S=3,55$ мм;
 $F=1,2$ мм; $l_{ref}=10,95$ мм; $ap=10,05$ мм; $r=0,5$ мм.

Для обработки уступов под отверстия наклонные к оси симметрии детали возьмем концевую фрезу фирмы Mitsubishi. В соответствии с каталогом [3, стр. I053] выберем фрезу MSMHDD1600 (Рисунок 2.30)

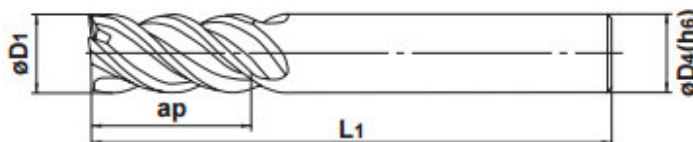


Рисунок 2.30 –Концевая фреза MSMHDD1600: $D_1=16$ мм;
 $D_4=16$ мм; $L_1=90$ мм; $ap=35$ мм

Для обработки цековок $\text{Ø}32$ ммбудет использоваться монолитная фреза фирмы Mitsubishi – MSMHDD1200.

В пункте 2.2.5 были найдены диаметры сверл для обработки отверстий. В качестве режущего инструмента будем использовать твердосплавное сверло с двойной ленточкой из KDG303 (Т5К10) компании Mitsubishi. Таким образом, по каталогу [3, стр. L028] выберем соответствующее сверло:

- для отверстий под М4 – MPS1-0330S-DIN-C (рисунок2.31);
- для отверстий под М12 – MPS1-1020S-DIN-C;
- для отверстий с $\text{Ø}18$ мм – MPS1-1800S-DIN-C;
- для отверстий с $\text{Ø}10$ мм – MPS1-0900S-DIN-C;
- для отверстий с $\text{Ø}14$ мм – MPS1-1290S-DIN-C;
- для отверстий с $\text{Ø}22$ мм – MPS1-1950S-DIN-C.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

61

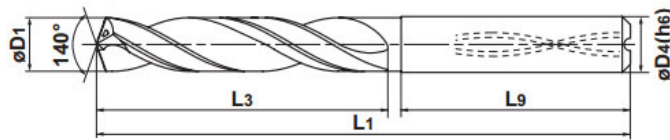


Рисунок 2.31 – Сверло Ø10,2 MPS1-1020S-DIN-C: $D_1=10,2$ мм;
 $D_4=12$ мм; $L_1=102$ мм; $L_3=55$ мм; $L_9=45$ мм.

Для обработки отверстия с Ø25 мм необходимо сверло с Ø22,8 мм. С учетом того, что диаметр и глубина резания большая (больше 3 диаметров), то рациональнее использовать сверло с многогранными пластинами. Для этого будем использовать сверло, наиболее подходящее по диаметру компании Mitsubishi, т.е. сверло с Ø23 мм MVX2300X4F25 (рисунок 2.32). [3, стр. L136]

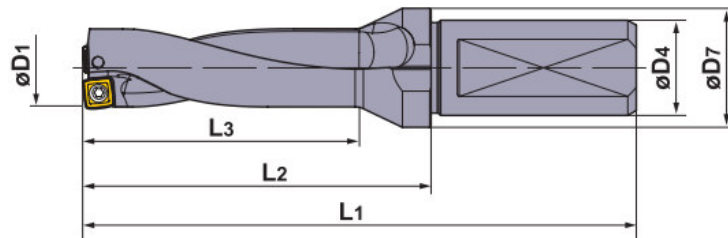


Рисунок 2.32 – Сверло MVX2300X4F25: $D_1=23$ мм; $D_4=25$ мм; $D_7=32$ мм;
 $L_1=169$ мм; $L_2=119$ мм; $L_3=99$ мм.

Режущую пластину возьмем из числа рекомендованных к использованию вместе с этим сверлом, т.е. пластина SOMX084005-UM (Рисунок 2.33). Материал пластины: VP15TF (русский аналог T14K8) [3, стр. L137].

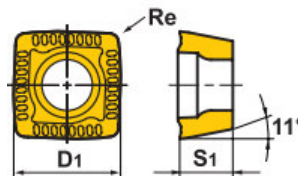


Рисунок 2.33 – Режущая пластина SOMX084005-UM: $S_1=4$ мм;
 $D_1=8,3$ мм; $Re=0,5$ мм.

Для нарезания резьбы М4-7Н и М12-6Н будем использовать машинный метчик фирмы IZAR. В соответствии с каталогом [5, стр.127], для нарезания резьбы используем метчик с винтовой канавкой из быстрорежущей стали HSSE-V (русский аналог P12Ф3). Для резьбы М4-7Н – метчик М4х0,7 HSSE-V 3153-69414 (Рисунок 2.34), выполненного по DIN 371 (ГОСТ 3266-81). Для М12-6Н – М12х1,75 HSSE-V 3253-69867.

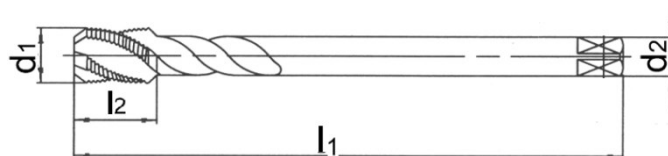


Рисунок 2.34 – Метчик М4х0,7 HSSE-V 3153-69414: $d=4$ мм;
 $l_1=63$ мм; $l_2=7$ мм; $d_2=4,5$ мм.

Для обработки отверстий необходимо применять зенкеры. По ГОСТ 12489-71 возьмем зенкер с Ø20 мм, с Ø22 мм и с Ø24 мм.

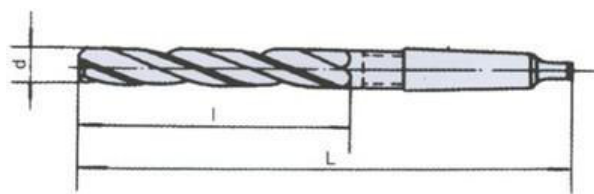


Рисунок 2.35 – Зенкер с $\varnothing 20$ мм – 2320-5707: $d=20$ мм; $l=140$ мм;
 $L=238$ мм

В качестве разверток будем использовать инструмент фирмы IZAR. По каталогу [5, стр.103] выберем развертки с цилиндрическим хвостовиком для отверстия с $\varnothing 10$ мм – 2060-74933; для отверстия с $\varnothing 14$ мм – 2060-74463.

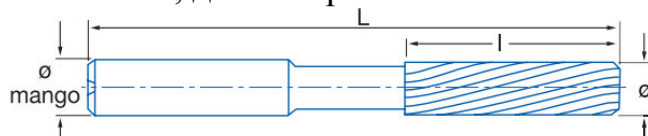


Рисунок 2.36 – Развертка с $\varnothing 10$ мм – 2060-74933: $d=10$ мм;
 $l=38$ мм; $L=133$ мм

Для получения точного отверстия (7 квалитет точности и Ra 1,6) с конусностью 1:50, рационально использовать коническую развертку, выполняемую по DIN 2180 (ГОСТ 10081-84). В качестве режущего инструмента выберем развертку фирмы GUNRING411. Материал режущей части – быстрорежущая сталь HSS-E (российский аналог P18). [6, стр.1329]

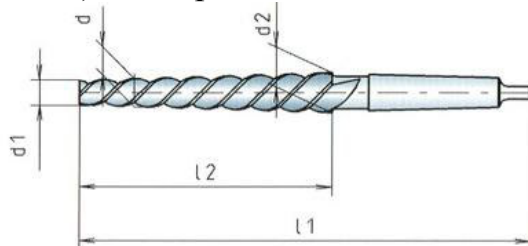


Рисунок 2.37– Развертка DIN 2180: $d_1=24,7$ мм; $d=25$ мм;
 $d_2 = 30,7$ мм; $l_1=427$ мм; $l_2= 300$ мм.

Для растачивания отверстий будем использовать резцы со сменными многогранными пластинами. Габариты резца должны быть меньше диаметра отверстия, для осуществления резания. Этим требованиям отвечает расточной резец компании Mitsubishi A32S-DCLNR-12, с главным углом в плане равным 95° и с рекомендованной твердосплавной пластиной для полустойковой обработки CNMG 120408-MP, для чистовой – CNMG 120404-LP, для финишной – CNMG 120402-FH. Материал пластин – GC4225. [3, стр. E014]

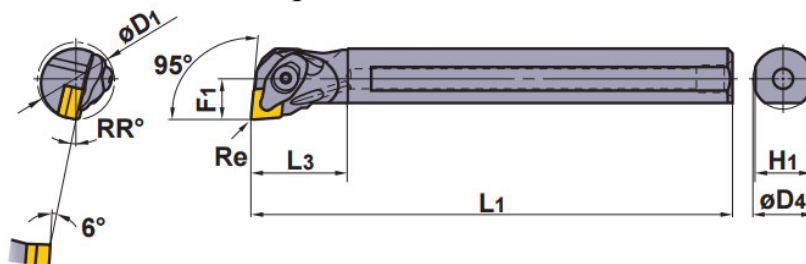


Рисунок 2.38 – Расточной резец A32S-DCLNR-12с пластиной CNMG 120408-MP

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

63

Параметры инструмента и пластины представлены в таблице 8.
Таблица 8 – Параметры резца A32S-DCLNR-12и пластины
CNMG 120408-RP

В миллиметрах

D_1	RR°	F_1	Re	L_1	L_3	H_1	D_4
40	13	22	0,8	250	50	30	32

Для обработки канавок с шириной 5 мм, будем использовать канавочный резец фирмы Mitsubishi. По каталогу [3, с. F116] выберем соответствующий резец, т.е. державка GYDR32S90C-M20L и пластину GY2G0500H080N-MF.

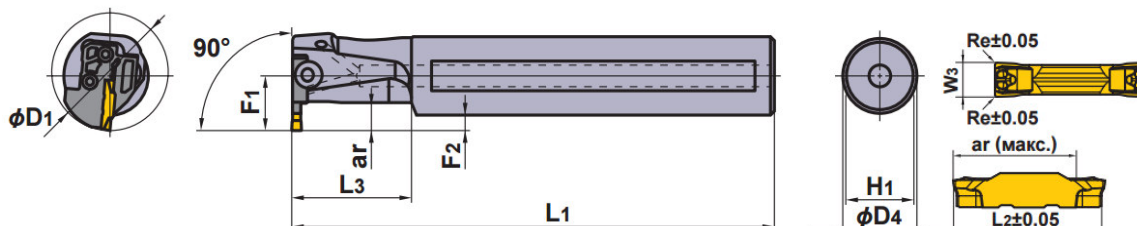


Рисунок 2.39 – Канавочный резец с державкой GYDR32S90C-M20L и пластиной GY2G0500H080N-MF

Параметры инструмента и пластины представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Параметры державки GYDR32S90C-M20L
и пластины GY2G0500H080N-MF

В миллиметрах

D_1	F_1	ar	F_2	L_1	L_3	D_4	H_1	W_3	L_2	Re
40	22	4,5-11,5	6	250	50	32	30	5	25,95	0,8

Для нарезания внутренней конической резьбы К 1/2" ГОСТ 6111-52 будем использовать цельную твердосплавную резьбофрезу компании VARGUS, которая будет двигаться по винтовой линии. В соответствии с числом витков на 1" из каталога выберем фрезу HC16142L19-EI14NPT. Материал режущей части VTS (русский аналог ВК6). [7, стр. 8]

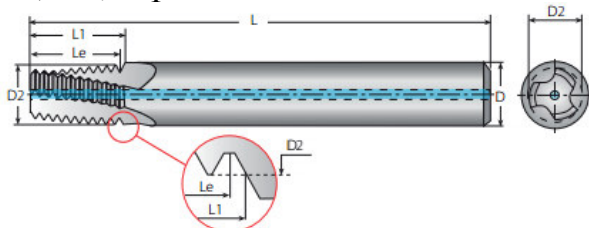


Рисунок 2.40 – Резьбофреза HC16142L19-EI14NPT: $D_2= 14,25\text{мм}; D = 16 \text{ мм}; L_1=19\text{мм}; L_e=18,1\text{мм}; L=95\text{мм}$

Фаски, которые необходимо сделать в отверстиях для сокращения вспомогательного времени, связанного с заменой инструмента, будем обрабатывать фасочной фрезой фирмы КОМЕТ. С учетом того, что минимальный диаметр обрабатываемого отверстия этой фрезой 4 мм, а максимальный 18,3, то по [8, стр.85]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

64

выберем фрезу SX20,5-90ZYL (Рисунок 2.40). Материал режущей части быстрорежущая сталь, русский аналог которой P18Ф2.

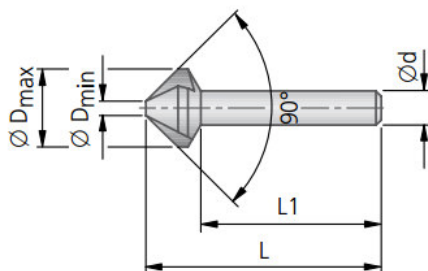


Рисунок 2.40 – Фреза для нарезания фасок SX20,5-90ZYL:
 $D_{max}=20,5\text{мм}; D_{min} = 3,5 \text{ мм}; d = 10\text{мм}; L_1= 44,6\text{мм}; L=63\text{мм}$

После выполнение механической обработки для проверки полученных размеров используется различное измерительное оборудование. Для межоперационного контроля после каждой операции произведем выбор мерительного инструмента.

Для проверки габаритных размеров будем применять штангенциркули с цифровым установочным устройством, т.к. они уменьшают влияния человеческого фактора и упрощают измерение. Наибольший измеряемый размер – 434 мм, поэтому выберем штангенциркуль фирмы Maht с диапазоном измерений до 500 мм (рисунок 2.41). Пределы допускаемой погрешности составляют 0,04 мм.[9, с. 1-15]

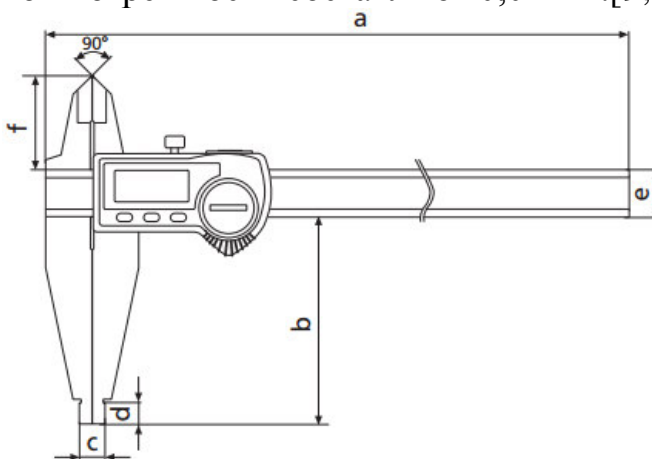


Рисунок 2.41 – Maht 18 EWR: $a = 650\text{мм}; b = 150 \text{ мм}; c = 20 \text{ мм}; d=20 \text{ мм}; e = 25 \times 5,5 \text{ мм}; f= 55 \text{ мм}$

Для проверки глубины отверстий будем использовать штангенглубиномеры фирмы Maht. Максимальный измеряемый размер будет не больше 220 мм, поэтому выберем инструмент Maht 30ER с диапазоном до 300 мм. Пределы допускаемой погрешности составляют 0,04 мм. [9, с. 1-21]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

65

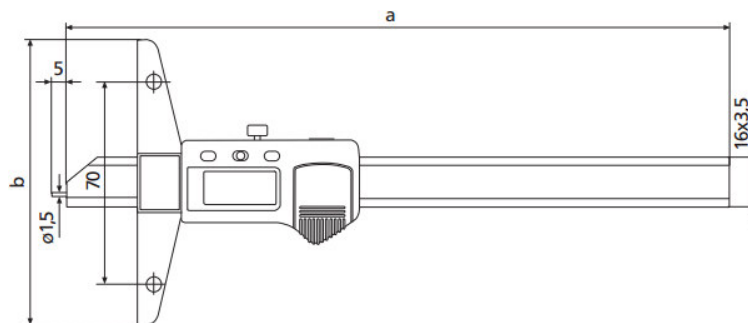


Рисунок 2.42– MarCal 30 ER: $a = 384$ мм; $b = 150$ мм

Для измерения внутреннего диаметра отверстий, имеющих высокую точность (допуск на изготовление отверстий – 0,046 мм) используем нутромер индикаторный по ГОСТ 868-82. Учитывая наибольший диаметр отверстия ($\varnothing 215,87$ мм) выберем нутромер с диапазоном измерений от 160 мм до 250 мм, т.е. НИ 160-250-1 ГОСТ 868-82. Для измерения отверстия с $\varnothing 112$ мм – НИ 100-160-1 ГОСТ 868-82.

Для проверки правильности изготовления гладких отверстий будем использовать гладкие проходные и непроходные калибры по ГОСТ 21401-78. Для проверки резьбовых отверстий М4-7Н и М12-6Н будем использовать резьбовые калибры по ГОСТ 18465-73. Коническую резьбу К 1/2" ГОСТ 6111-52 проверяем резьбовыми проходными и непроходными калибрами по ГОСТ 6485-69.

Проверку отклонения от плоскостности выполним методом "на просвет" при помощи поверочной линейки. С учетом размеров измеряемой плоскости (430x343 мм) выберем линейку с широкой рабочей поверхностью прямоугольного сечения и с длиной рабочей части 400 мм 2-го класса точности. Таким образом, в качестве мерительного инструмента примем линейку ШП-ТК-2-400 ГОСТ 8026-92 (рисунок 3.39).



Рисунок 2.43 – Поверочная линейка ШП-ТК-2-400 ГОСТ 8026-92

Выводы

1. Разработан технологический процесс изготовления детали «Крышка подшипникового узла», включающий в себя шесть операций механической обработки;
2. В качестве метода получения заготовки выбрано литье в песчано-глинистую форму. Масса заготовки составляет 70,3 кг.
3. Проведен размерный анализ технологического процесса. Результат: обеспечивается выполняемость всех замыкающих звеньев и все назначенные припуски гарантируют срезание минимально необходимого объема металла;
4. Рассчитан режим резания на все операции и норма времени изготовления детали. Штучное время и вспомогательное время соответственно равны: $T_{шт} = 125,52$ мин; $T_{всп} = 190,85$ мин.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

66

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАНТА №2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

3.1 Выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Второй проектный вариант технологического процесса обработки детали "Крышка подшипникового узла" будет построен по подходу укрупнения операции. Т.е. второй вариант техпроцесса будет отличаться от первого количеством и порядком операции, применяемым оборудованием и режущим инструментом.

В качестве метода получения заготовки будем использовать метод литья по газифицированным моделям. Данный метод позволяет получить более заготовку, чем литье в песчанно-глинястую форму. Тем самым сокращается время механической обработки заготовки, что позволяет увеличить производительность.

Для изготовления моделей используется литейный полистирол мелких фракций 0,3 мм — 0,9 мм. Полистирол предварительно подвспенивается на паровой ванне и просушивается. В пресс-формы задувается подвспененный полистирол, пресс-формы устанавливаются в автоклав и выдерживаются до спекания гранул полистирола. Затем охлаждают и достают готовые модели.

Заливка металла производится прямо в полистирольные стояки. Горячий металл выжигает (газифицирует) полистирол и занимает его место. Выделяющиеся газы отсасываются через слой краски в песок вакуумной системой. Металл точно повторяет форму полистирольного блока с моделями. После извлечения блоков из опоки и отрезки отливок от литниковой системы, они проходят очистку от остатков антипригарного покрытия.

Точность получаемых размеров отливки может достигать 10–12 квалитет, а шероховатость – Ra = 5–10 мкм. Учитывая данные возможности литья по газифицированным моделям, припуск на механическую обработку детали будет ниже, чем в заготовке в первом варианте ТП. Кроме того, некоторые поверхности можно получить уже на этапе заготовки и не выполнять обработку. Так, например, фрезерование левого и правого торца (размер 430 мм в чертеже детали) можно не выполнять, и получить данный размер на этапе заготовки. Также обработку заднего торца можно исключить, т.к. требуемую шероховатость поверхности (Ra 12,5) возможно получить выбранным методом литья.

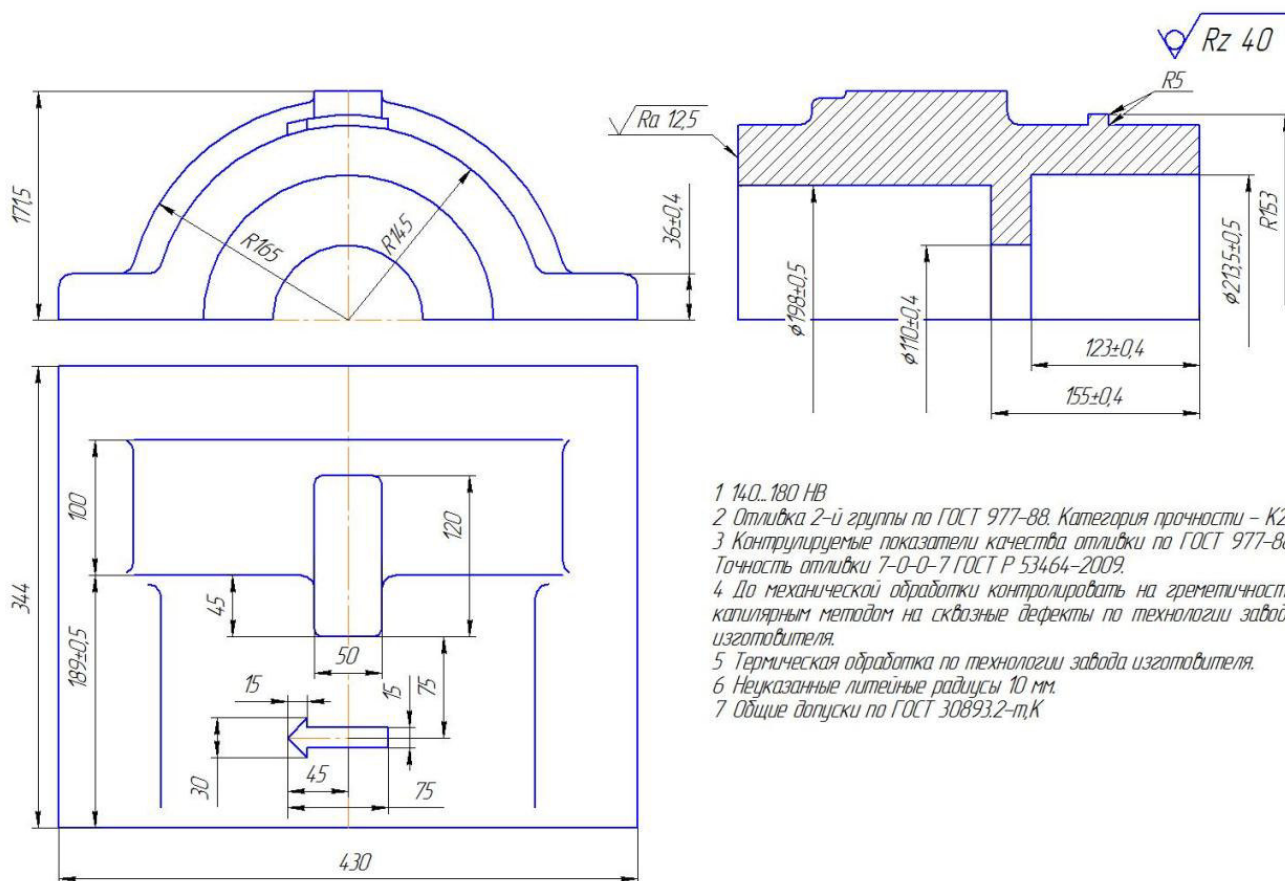
Таким образом, отливка "Крышки подшипникового узла" полученная методом литья по газифицированным моделям представлена на рисунке 3.1.

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

67

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



- 1 14.0. 180 НВ
- 2 Отливка 2-й группы по ГОСТ 977-88. Категория прочности – К20.
- 3 Контролируемые показатели качества отливки по ГОСТ 977-88. Точность отливки 7-0-0-7 ГОСТ Р 53464-2009.
- 4 До механической обработки контролировать на герметичность капиллярным методом на сквозные дефекты по технологии завода изготовителя.
- 5 Термическая обработка по технологии завода изготовителя.
- 6 Неуказанные литейные радиусы 10 мм.
- 7 Общие допуски по ГОСТ 30893.2-т,К

Рисунок 3.1 – Заготовка для второго варианта технологического процесса

3.2 Выбор основного технологического оборудования

Так как второй проектный вариант технологического процесса обработки детали "Крышка подшипникового узла" будет разработан в соответствии с подходом укрупнения операции, то в качестве основного оборудования будем использовать обрабатывающий центр с возможностью обработки горизонтально и вертикально. С учетом габаритов заготовки, точностью обработки (7 квалитет) для чистовой обработки детали "Крышка подшипникового узла" выберем обрабатывающий центр с пятью программируемыми осями вращения WELEUG550 (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Пятиосевой обрабатывающий центр WELE UG550

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

68

Станки данной серии обладают превосходными динамическими характеристиками, достигнутыми благодаря жесткой портальной конструкции. Система двойного привода по оси Y обеспечивает высокие показатели резания. Наклонно-поворотный стол Tunion обеспечивает крутящий момент 6000 Нм по оси А, 2000 Нм по оси С. Параметры станка представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики станка WELE UG550

Технические характеристики	Значение
Перемещение по оси X (влево/вправо)	550 мм
Перемещение по оси Y (вперед/назад)	700 мм
Перемещение по оси Z (вверх/вниз)	500 мм
Перемещение по оси А (наклон)	+30 / -120 град
Перемещение по оси С (вращение)	360 град
Диаметр стола	550 мм
Минимальное программируемое перемещение стола	0,001 мм
Максимальная вес заготовки	500 кг

3.3 Формирование операционно-маршрутной технологии

Второй проектный вариант технологического процесса обработки детали "Крышка подшипникового узла" будет построен с применением подхода укрупнения операции.

Таким образом обработка будет вестись по следующему маршруту:

- 000 Заготовительная операция;
- 005 Комплексная операция с ЧПУ;
- 010 Сборочная операция;
- 015 Комплексная операция с ЧПУ;
- 020 Контрольная операция.

На 005 комплексной операции будет производиться фрезерование плоскости основного разъема, торца и обработка 4 крепежных отверстий с помощью обратной цековки (рисунок 3.3). Комплект баз: установочная, направляющая и опорная. Операция выполняется на вертикальном обрабатывающем центре WELE AA-1480.

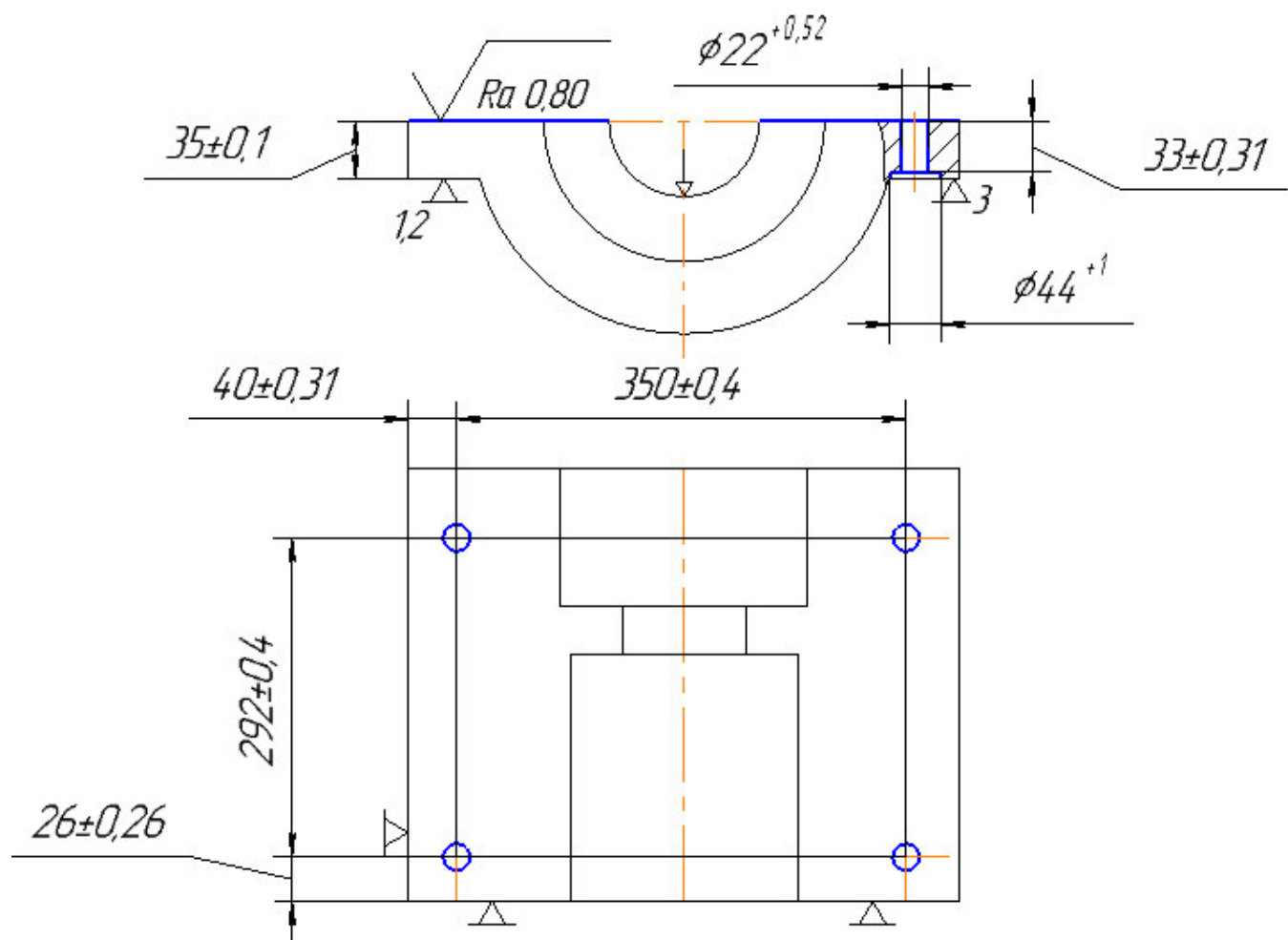


Рисунок 3.3 – 005 Комплексная операция

На 010 операции производится сборка крышки с корпусом подшипника для дальнейшей совместной обработки.

На 015 операции производится совместная обработка Крышки и Корпуса подшипника. Выполняется чистовая обработка посадочных диаметров, обработка переднего торца заготовок, сверление отверстия под рым-болт, обработка резьбовых отверстий М4-7Н и М12-6Н. Производится рассверливание отверстий под конические штифты (рисунок 3.4). Кроме того, производится сверление отверстий под резьбы и нарезание конической резьбы К 1/2" ГОСТ 6111-52. Комплект баз: установочная, направляющая и опорная. Операция выполняется на 5-осевом обрабатывающем центре WELEUG550.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

70

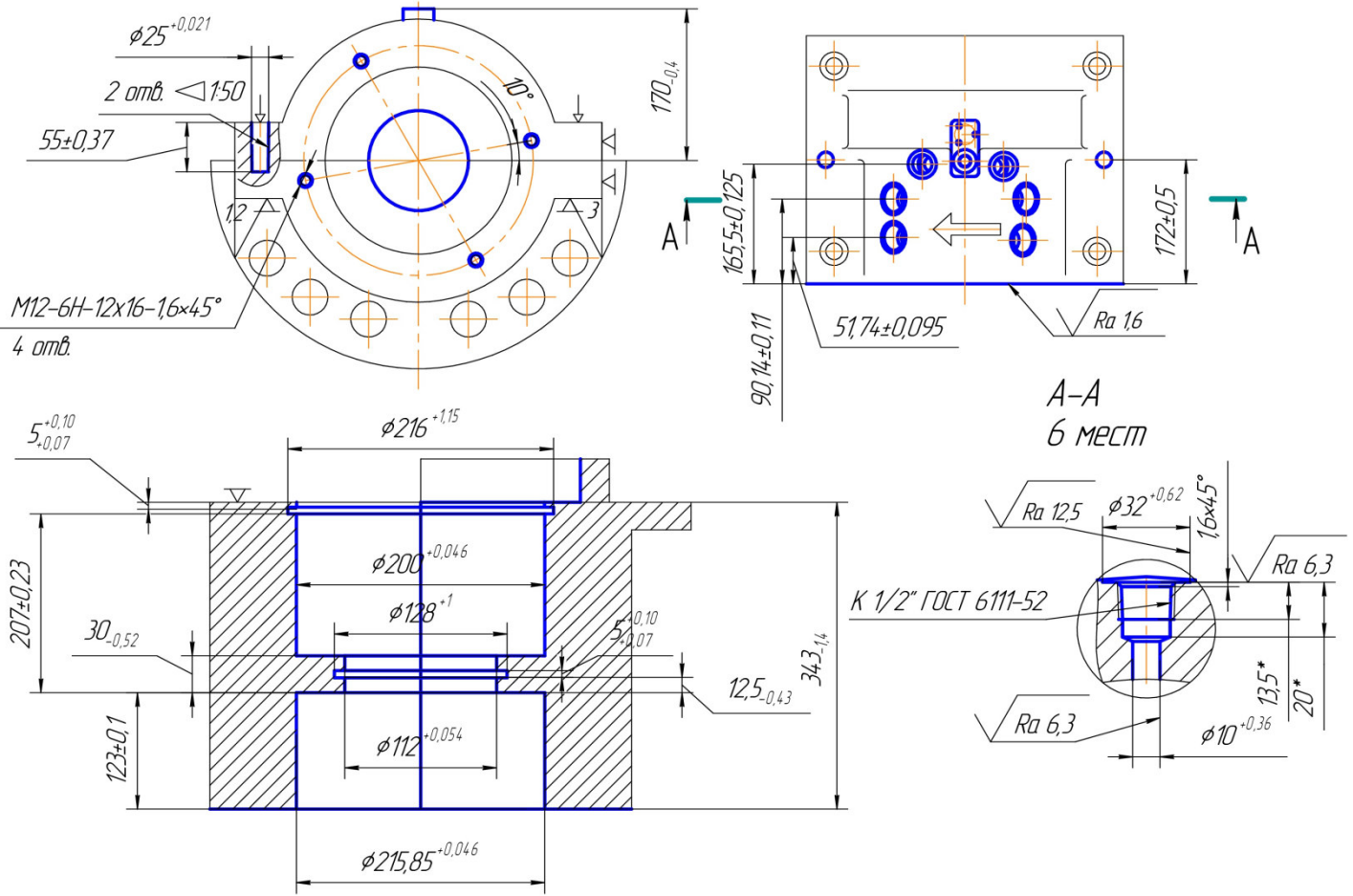


Рисунок 3.4 – 015 Комплексная операция

3.4 Размерно-точностной анализ

Проведем размерный анализ проектного технологического процесса детали "Крышка подшипникового узла" с целью проверить выполняемость замыкающих звеньев и найти значения припусков. Размерный анализ второго варианта техпроцесса представлен на рисунке 3.5.

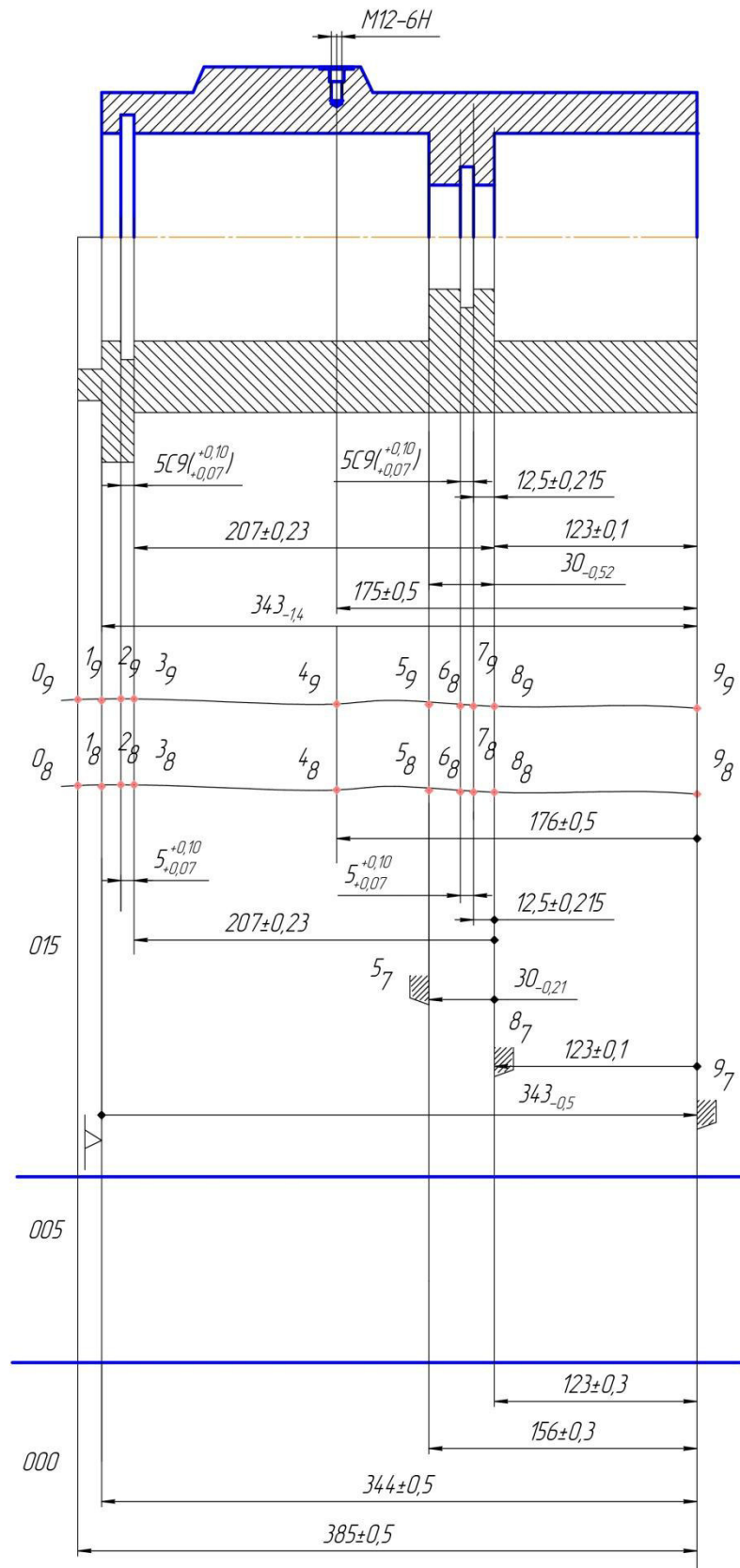


Рисунок 3.5 – Размерный анализ второго варианта техпроцесса

- при расточке $\varnothing 215,87$ мм

$$T_0 = \frac{123 + 5 + 2,5}{27,9} = 4,67 \text{ мин}$$

$$T_{\text{МВ}} = 0,08 + \frac{2 \cdot 100 + 130,5}{8000} = 0,121 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{Ц.А}} = 3 * (T_0 + T_{\text{МВ}}) = 3 * (4,67 + 0,121) = 14,67 \text{ мин.}$$

Обработку канавок шириной 5 мм будем выполнять расточной системой с закрепленным канавочным резцом. Расчет режима резания будет подобен расчету режима резания точению канавки на первом варианте ТП, однако, по карте 29 [1, с. 92] поправочный коэффициент на подачу при обработке канавки при растачивании составляет $K_{S0} = 0,85$. Таким образом, режим резания при расставании канавки составляет:

- для обработки канавки в отверстии с $\varnothing 200$ мм: $S_{\text{об}} = 0,055 * 0,85 = 0,046$ мм/об; $v = 203,5$ м/мин; $t = 3$ мм, $n = 223$ об/мин; $S_{\text{м}} = 10,5$ мм/мин.
- для обработки канавки в отверстии с $\varnothing 112$ мм: $S_{\text{об}} = 0,048 * 0,85 = 0,04$ мм/об; $v = 203,5$ м/мин; $t = 3$ мм, $n = 196$ об/мин; $S_{\text{м}} = 8$ мм/мин.

Таким образом, сведем все режимы резания и нормы времени для второго проектного варианта технологического процесса в таблицу 11.

Таблица 11 – Режим резания и нормы времени II варианта ТП

№ опер	№ пер	Наименование	Стадия обработки	t,	v,	S _м ,	T ₀ , мин	T _{Ц.А} ,	T _В ,	T _{шт} ,	T _{ПЗ} ,
				мм	м/мин	мм/мин		мин	мин		
005	1	Фрезерование плоскости	п/чист	0,50	200,50	204,00	4,26	4,31			
			п/чист	0,50	200,50	204,00	4,26	4,31			
	2	Обработка 4 отв. с $\varnothing 22$ мм	сверл	11,00	140,00	101,00	1,90	2,11			
	3	Обработка цековки с $\varnothing 44$ мм	—	2,00	200,00	32,34	0,50	0,70			
ИТОГО НА ОПЕРАЦИЮ							10,92	11,43	5,39	18,33	30,95
015	1	Фрезерование передней поверхности	черн	0,60	69,00	136,95	2,17	2,23			
			п/чист	0,40	76,60	117,00	2,49	2,61			
	2	Фрезерование площадки	п/чист	0,50	130,90	718,90	0,24	0,37			
	3	Обр-ка отв. под М12	сверл	5,10	21,20	198,48	0,16	0,27			
	4	Обр-ка отверстия с $\varnothing 14$ мм	сверл	7,00	52,80	84,00	0,38	0,50			
	5	Нарезание резьбы М12	—		11,23	521,30	0,06	0,19			
	6	Обр-ка цековки $\varnothing 32$ мм	—	2,00	8,64	11,69	0,60	0,71			

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

75

Окончание таблицы 11

№ опер	№ пер	Наименование	Стадия обра-ки	t,	v,	S _m ,	T ₀ , мин	T _{ЦА} ,	T _В ,	T _{шг} ,	T _{ПЗ} ,
				мм	м/мин	мм/мин		мин	мин	мин	мин
015	7	Обр-ка отв. под М4	сверл	1.65	28.47	200.47	0.31	0.43			
	8	Нарезание резьбы М4	—	—	10.71	596.60	0.08	0.22			
	9	Обр-ка 3 фасок 0,5 мм	—	0.50	17.08	34.26	0.39	0.51			
	10	Обр-ка 2 конических отв. с Ø25 мм	сверл	12.40	130.00	99.00	1.41	1.70			
			разв.	0.10	11.39	129.10	1.22	1.35			
	11	Обр-тка внутреннего отв. Ø200 мм	чист	0.40	250.00	59.68	3.64	3.84			
			чист	0.40	250.00	59.68	3.64	3.84			
			отделоч	0.10	250.00	27.85	7.78	7.92			
	12	Обработка торца отв. Ø200 мм	чист	1.00	250.00	59.68	0.84	1.10			
	13	Обр-ка канавки в отв. Ø200 мм		3.00	203.50	10.50	1.24	1.40			
				1.00	203.50	10.50	1.24	1.40			
				1.00	203.50	10.50	1.24	1.40			
	14	Обр-ка фасок 0,5 мм, 1 мм, 2 мм	0,5 мм	0.50	12.76	187.69	0.05	0.16			
			1 мм	1.00	11.09	163.10	0.03	0.04			
			2 мм	2.00	10.21	150.15	0.04	0.04			
	15	Обр-ка внутреннего отв. с Ø112 мм	чист	0.40	275.00	101.60	0.39	0.53			
			чист	0.40	275.00	101.60	0.39	0.53			
			отделоч	0.10	230.00	45.75	0.87	1.02			
	16	Обр-ка торца отверстия с Ø215,87 мм	чист	0.50	275.00	30.44	1.80	2.08			
	17	Обр-ка внутреннего отв. с Ø215,87 мм	чист	0.40	275.00	60.80	2.15	2.32			
			чист	0.40	275.00	60.80	2.15	2.32			
			отделоч	0.10	250.00	29.49	4.42	4.61			
	18	Обр-ка канавки в отв. Ø112 мм		3.00	203.50	8.00	1.63	1.75			
				1.00	203.50	8.00	1.63	1.75			
				1.00	203.50	8.00	1.63	1.75			
	19	Обр-ка 2 отв. под М12	сверл	5.10	21.20	9.40	0.31	0.42			
20	Нарезание резьбы М12	—	-	11.23	521.30	0.08	0.22				
21	Обработка фасок 0,5 мм, 1 мм, 1,6 мм и 2 мм	0,5 мм	0.50	12.76	187.69	0.05	0.16				
		1 мм	1.00	11.09	163.10	0.03	0.04				
		1,6 мм	1.60	14.23	23.56	0.48	0.50				
		2 мм	2.00	16.99	20.20	0.04	0.04				
22	Фрезерование уступов	черн	2.00	20.00	62.40	0.23	0.43				
23	Обработка 6 отв. с Ø10 мм	сверл	9.00	24.54	164.90	0.91	1.07				
		развер.	0.50	8.00	234.28	0.75	0.93				
24	Обработка 6 отв. Ø18 мм	сверл	9.00	150.00	130.00	1.33	1.60				
25	Фрезерование конусной резьбы	—	-	45.00	118.72	1.77	1.90				
26	Обработка фасок 1,6 мм	—	1.60	14.73	44.07	0.71	0.84				
ИТОГО НА ОПЕРАЦИЮ							52.98	59.03	7.76	72.80	32.50
ВСЕГО на ТП							63.90	70.46	13.15	91.13	63.45

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

76

3.6 Выбор стандартизированной технологической оснастки, режущего и мерительного инструмента

Для обработки детали "Крышка подшипникового узла" в проектом варианте технологического процесса будем применять стандартизированные станочные приспособления и инструментальную оснастку.

Выбранное оборудование в пункте 2.2.1 совпадает с оборудование для выполнения 005 операции во втором варианте ТП. Поэтому вся инструментальная оснастка соответствует выбранной ранее.

Параметр конуса шпинделя у обрабатывающего центра с пятью программируемыми осями вращения WELEUG550, также, как и станок на 005 операции, имеет ISO50. Следовательно, выбранные оправки для выполнения переходов, выполняемые на 015 операции, подойдут и для обработки на станке WELEUG550.

В основной своей части, режущий инструмент, применяемый в первом варианте ТП, можно использовать и на втором варианте. Однако, как отмечалось ранее, вместо твердосплавных сверл с $\varnothing 18$ мм и с $\varnothing 22$ мм будем использовать твердосплавные сверла фирмы Mitsubishi MVX1800X3F25 и MVX2200X3F25 (рисунок 3.5).

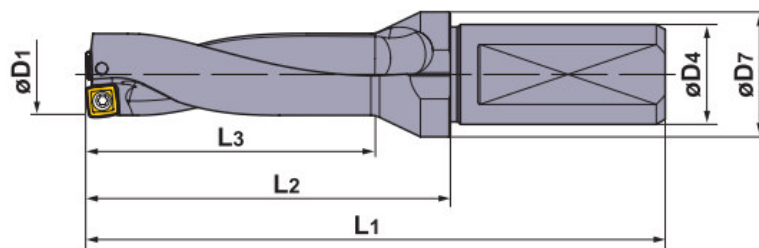


Рисунок 3.5 – Сверло MVX1800X3F25: $D_1=18$ мм; $D_4= 25$ мм; $D_7 = 32$ мм; $L_1=81$ мм; $L_2= 61$ мм; $L_3 = 54$ мм.

Режущую пластину возьмем из числа рекомендованных к использованию вместе с этим сверлом, т.е. пластина SOMX084005-UM (Рисунок 3.6). Материал пластины: VP15TF (русский аналог T14K8) [3, стр. L137].

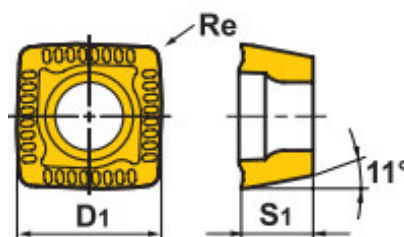


Рисунок 3.6 – Режущая пластина SOMX084005-UM: $S_1= 4$ мм; $D_1=8,3$ мм; $Re=0,5$ мм.

Также в качестве используемого инструмента для обработки отверстий с $\varnothing 14$ мм будем применять сверло фирмы Mitsubishi TAFL1400F20 со сменной пластиной GСMT040204-U1 (Рисунок 3.7). Подобное сверло и будем использовать при обработке отверстий под конический штифт, т.е. будем применять сверло TAFL2480F25 со сменной пластиной GРMT090304-U2.

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

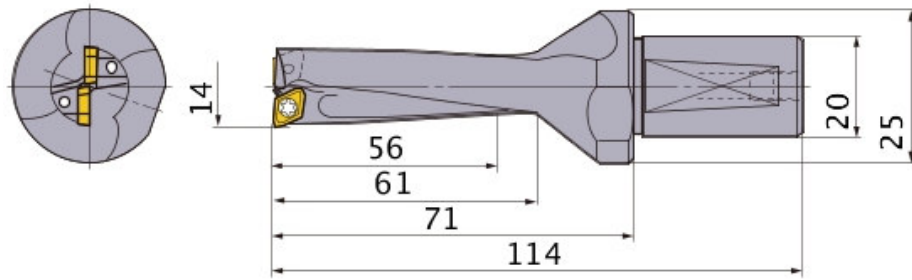


Рисунок 3.7 – Сверло TAFL1400F20 с пластиной GCMT040204-U1

Для обработки цековки $\varnothing 44$ мм на первой операции механической обработки детали «Крышка подшипникового узла» будет использовать обратная цековка фирмы Canela. С учетом параметров обработки данного перехода ($d=22$ мм; $D=44$ мм) выберем цековку 9614.61.042 с пластинами CCGT09T302 L (рисунок 3.8).

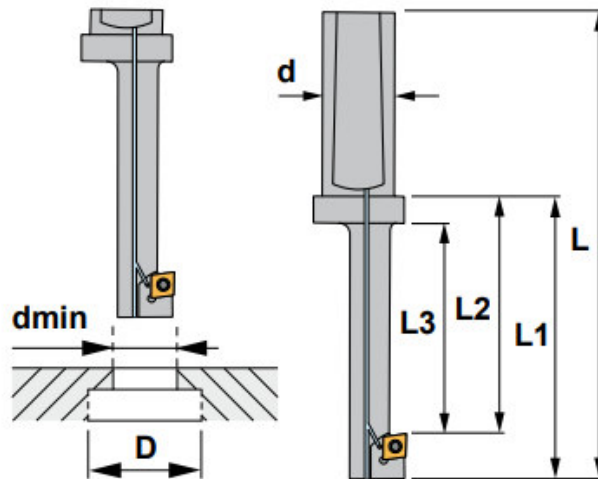


Рисунок 3.8 – Обратная цековка Canela 9614.61.042: $d=25$ мм; $L=182$ мм; $L1=132$ мм; $L2=102$ мм; $L3=95$ мм

Вместо расточного резца будем использовать расточную систему TRM80/125, которой возможно обрабатывать диапазон диаметров от $\varnothing 135$ мм до $\varnothing 500$ мм (рисунок 3.9)



Рисунок 3.9 – Расточная система TRM80/125

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

78

Расточная система TRM80/125 состоит из: корпуса 1, салазок 2, микрометрической шкалы нониуса 3 для контроля вылета инструмента, винта фиксации салазок 4, выходного отверстия канала подачи СОЖ 5, винта фиксации инструмента 6, масленке 7, кассеты с СМП 8 и держателем кассеты 9. Такая система обеспечивает обработку поверхностей до 6 качества точности и благодаря шкале нониуса, есть возможность регулировать вылет кассеты с СМП с точностью до 1 мкм. Таким образом, для обработки $\varnothing 200$ мм и $\varnothing 215,87$ мм будет использоваться следующая расточная система (рисунок 3.10):

- Расточная система –TRM80/125;
- Держатель –PS11.40 (для $\varnothing 200$ мм) и PS12.40 (для $\varnothing 215,87$ мм);
- Кассета с СМП –SFQC 50;
- Пластина –CCMT 09T302 L.

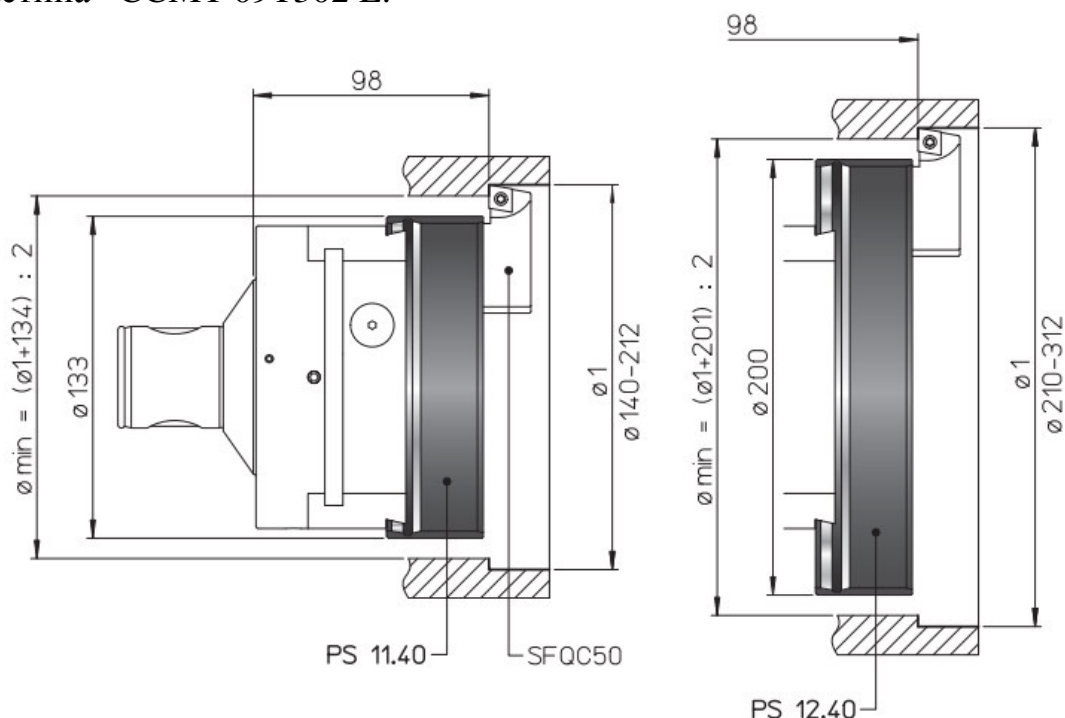


Рисунок 3.10 – Расточная система для обработки диаметров $\varnothing 200$ мм и $\varnothing 215,87$ мм

Для обработки канавок шириной 5 мм будем использовать торцевые и расточные головки TA-CENTER созданные для использования на станках с автоматической сменой инструмента. Мониторинг подачи салазок резцедержателя и положения инструмента, даже во время вращения, находится под контролем на приводе. Обрабатывающий центр, организованный таким образом, позволяет разрешить целый ряд различных процессов обработки, таких как внутренние и внешние токарные работы, канавки, коническое, а также переменное растачивание, выпуклые и вогнутые радиусы, цилиндрическая и коническая резьба и фоновграфический фланцы и сферическую обработку. С учетом обрабатываемых диаметров ($\varnothing 120$ мм и $\varnothing 200$ мм) выберем расточную головку TA-C 125 (рисунок 3.11).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

79



Рисунок 3.11 – Расточная головка ТА-С 125

В держатель расточной головки вставляется резец с квадратным сечением 25x25 мм. Для обработки канавки шириной 5 мм, выберем канавочный резец фирмы TaeguTec с шириной пластины 3 мм TTEL 2525-3T25-D60 с пластиной TDT 3.00E-1.50 (рисунок 3.12 и 3.13)

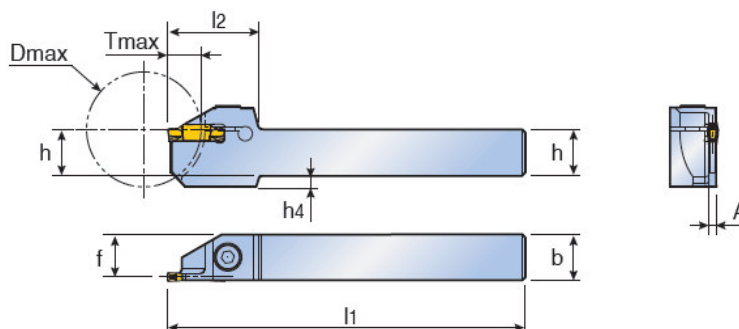


Рисунок 3.12 – Канавочный резец TTEL 2525-3T25-D60: $h=25$ мм; $b=25$ мм; $l_1=150$ мм; $l_2=43$ мм; $t=23,8$ мм; $A=2,4$ мм

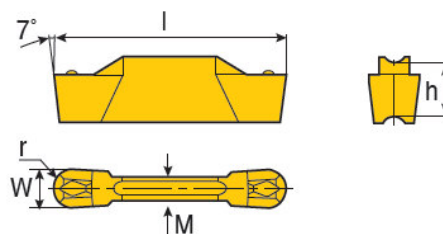


Рисунок 3.13 – Канавочный пластина TDT 3.00E-1.50: $W=3$ мм; $r=1,5$ мм; $M=2,2$ мм; $l_2=43$ мм; $l=20$ мм; $h=4,7$ мм

После выполнение механической обработки для проверки полученных размеров используется различное измерительное оборудование. Измерительные

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

80

4 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

4.1 Симуляция обработки детали в САМ-системе

После разработки технологического процесса и расчетов режимов резания для первого вариант технологического процесса обработки детали «Крышка подшипникового узла» выполним подготовку управляющей программы. С целью визуализации перемещения инструмента и наглядности механической обработки выполним моделирование обработки в среде САМ-системы «Creo Parametric». Данная САМ-система является одной из мировых лидеров среди программ 3D-моделирования.

Первым шагом при моделировании механической обработки любой детали – это разработка трехмерных моделей детали «Крышка подшипникового узла» и ее заготовки. На рисунке 3 представлены трехмерные модели заготовки и готовой детали «Крышки подшипникового узла».

После разработки трехмерных моделей заготовки и детали, необходимо выполнить сборку в САМ-модуле программы «Creo Parametric». Для однозначной ориентации заготовки относительно готовой детали необходимо привязать их системы координат. Привязку выполним по оси внутренних диаметров и литейному ребру, который не обрабатывается. На рисунке 4.1 представлена ориентация заготовки относительно детали. После ориентации заготовки, выполним сборку детали с приспособлением.

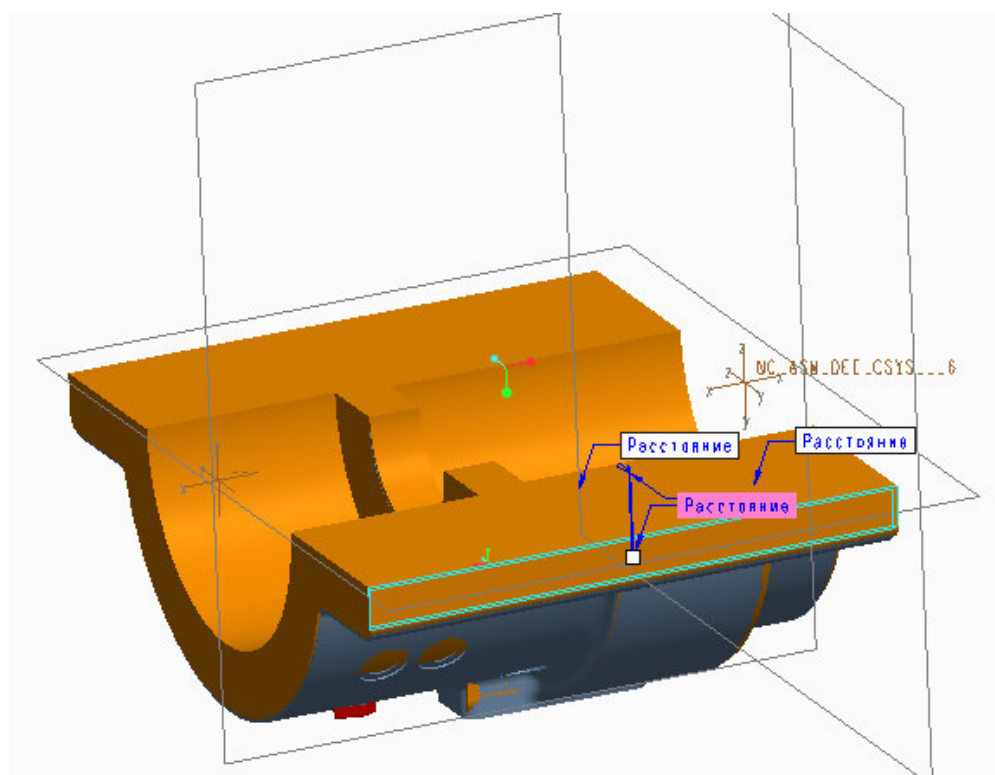


Рисунок 4.1 – Ориентация заготовки относительно детали

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

82

4.2 Формирование кодов управляющих программ

После моделирования всех переходов на 005 операции механической обработки детали «Крышка подшипникового узла» сформируем код управляющей программы в среде «Creo Parametric». Код программы будет представлен в стандартном формате ISO. С помощью постпроцессора есть возможность преобразовать данный ISO-код, в язык стойки обрабатывающего центра AA-1480. Таким образом, фрагмент кода программы на 005 операцию представлен на рисунке 4.29.

Рисунок 4.29 – Код управляющей программы на 005 операцию

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

OP010	Z-180.	Z-73.097
N0030T2M06	G00Y109.891	G01Z-62.097
S1200M03	Z-103.097	Y-129.816
G00X26.Y175.	G01Z-92.097	Z-180.
G43Z17.5H02	Y-109.89	G00Y134.328
G81X26.Y175.Z-41.509R3.F100.	Z-180.	Z-63.097
X318.	G00Y117.763	G01Z-52.097
Y-175.	Z-93.097	Y78.966
X26.	G01Z-82.097	Z-180.
G80	Y45.377	G00Y-78.966
G00Z17.5	Z-180.	Z-63.097
N0040T3M06	G00Y-45.376	G01Z-52.097
S1200M03	Z-93.097	Y-134.327
G00X-21.5Y53.931	G01Z-82.097	Z-180.
G43Z-180.H03	Y-117.763	G00Y137.97
G01Z-132.097F100.	Z-180.	Z-53.097
Y-53.931	G00Y124.337	G01Z-42.097
Z-180.	Z-83.097	Y85.011
G00Y74.165	G01Z-72.097	Z-180.
Z-133.097	Y60.424	G00Y-85.012
G01Z-122.097	Z-180.	Z-53.097
Y-74.165	G00Y-60.423	G01Z-42.097
Z-180.	Z-83.097	Y-137.97
G00Y88.838	G01Z-72.097	Z-180.
Z-123.097	Y-124.337	G00Y-89.548
G01Z-112.097	Z-180.	Z-43.097

Рисунок 4.30 – Код управляющей программы на 015 операцию

Выводы

1. Разработаны управляющие программы для станков с ЧПУ для II варианта технологического процесса изготовления детали «Крышка подшипникового узла»
2. В САМ-системе выполнена симуляция обработки. Выполнена проверка на столкновение инструмента с заготовкой.

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

98

5 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

5.1 Анализ времени простоя оборудования

На основании полученных норм времени для двух вариантов технологических процессов изготовления детали "Крышка подшипникового узла" составим сравнительную таблицу, для последующего анализа и проиллюстрируем сводной диаграммой (рисунок 5.1).

Таблица 12 – Сравнение норм времени двух вариантов ТП

Вариант технологии	Кол-во операций	T_0 , мин	$T_{ЦА}$, мин	$T_{в}$, мин	$T_{шт}$, мин	$T_{ПЗ}$, мин
I вариант ТП	6	69,54	75,39	39,77	125,52	190,85
II вариант ТП	2	63,90	70,46	13,15	91,13	63,45

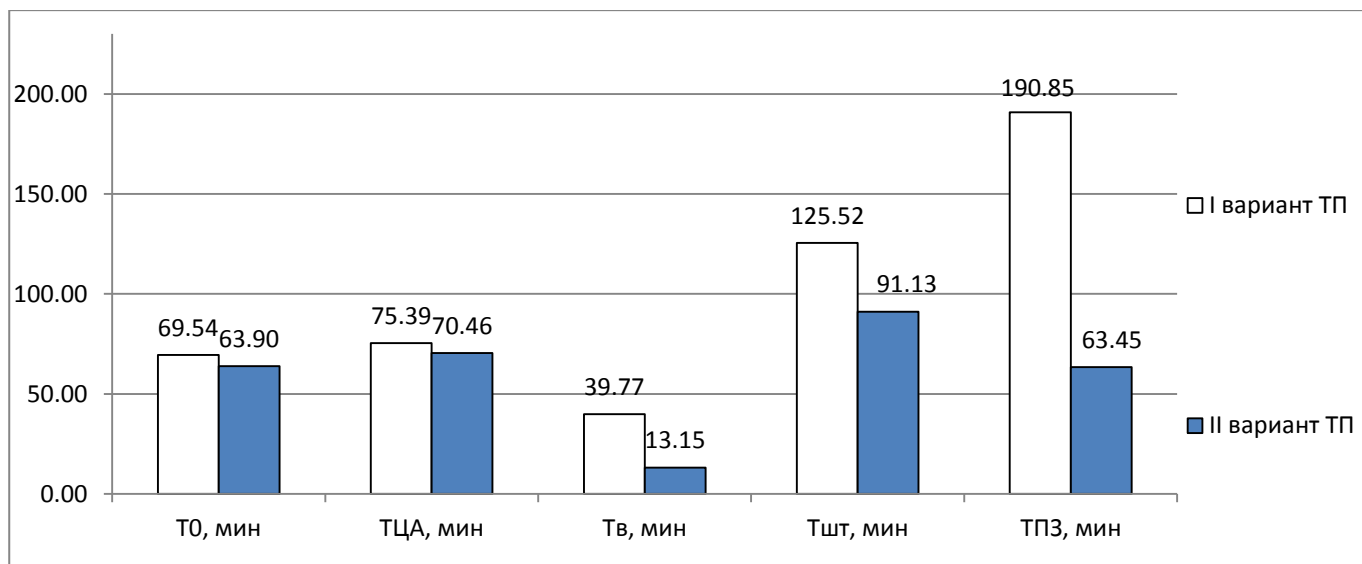


Рисунок 5.1 – Сравнение норм времени двух вариантов технологических процессов

Выполнив анализ полученной диаграммы, можно сделать вывод, что, II вариант технологического процесса является производительнее, чем I вариант на 30,3%. Также, затраты времени на подготовительно-заключительные работы по II варианту значительно меньше (в 3 раза). Уменьшение времени на подготовительно-заключительные работы по второму варианту ТП объясняется уменьшением количества выполняемых операций, и соответственно меньшим количеством задействованного оборудования и рабочей силы. Уменьшение основного времени (T_0 , мин) во втором варианте ТП объясняется двумя факторами:

1. Использование более точной заготовки с меньшими припусками по сравнению с первым вариантом ТП;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

99

2. Использование сверл со сменными многогранными пластинами вместо монолитных сверл, и, следовательно, исключением переходов зенкерование и чернового развертывания.

Кроме норм времени на механическую обработку детали, для анализа производительности производства необходимо рассмотреть такт выпуска изделия, время простоя оборудования и время пролеживания заготовки. По рассчитанным нормам времени изобразим циклограмму загрузки оборудования, применяемого при изготовлении детали «Крышка подшипникового узла» по I варианту ТП. (Рисунок 5.2)

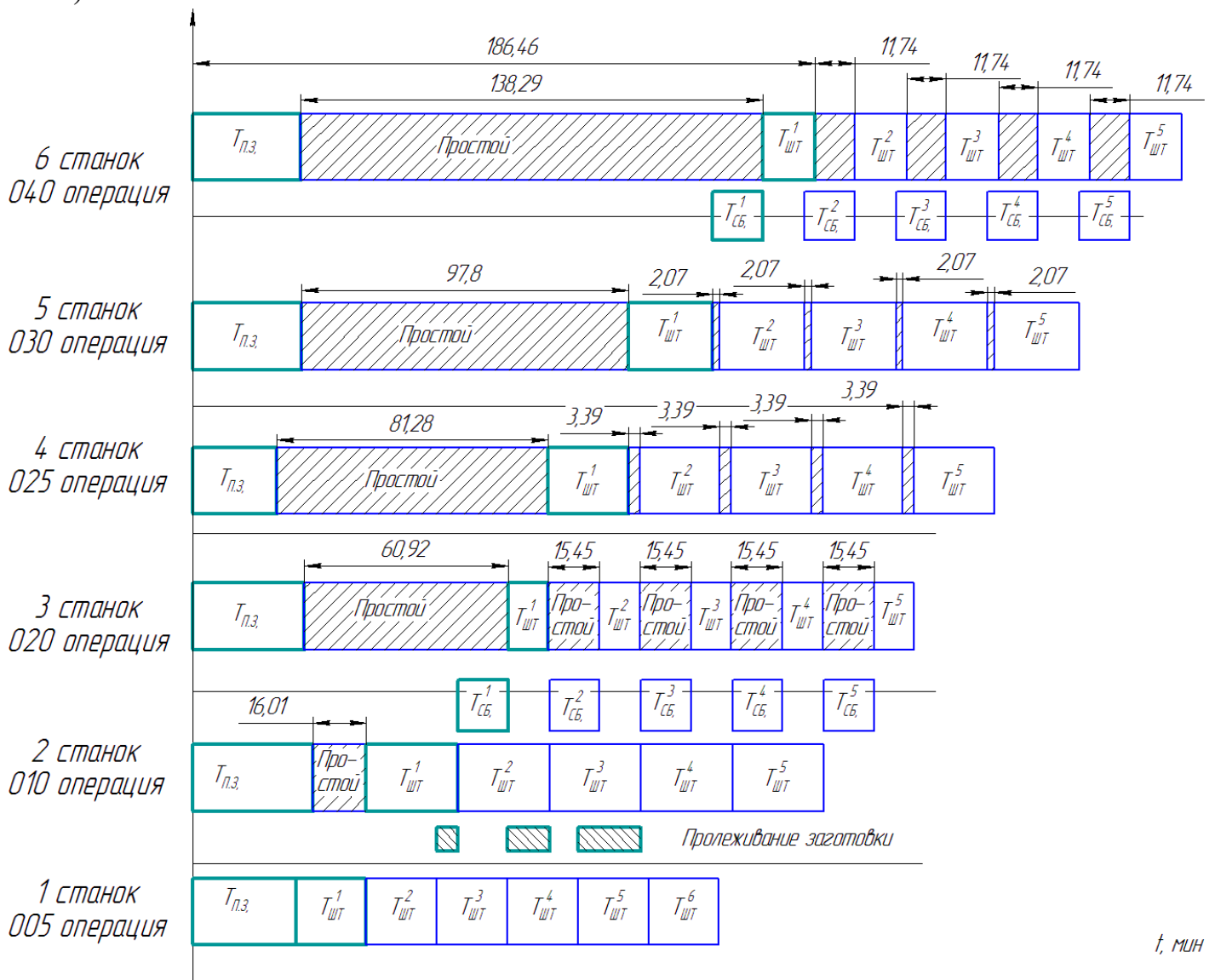


Рисунок 5.2 – Циклограмма I варианта технологического процесса

Выполнив анализ полученной циклограммы, можно сделать вывод, что время простоя оборудования, применяемого на 010 операции, в ожидании первой заготовки составляет 16,01 мин; на 020 операции – 60,92 мин; на 025 операции – 81,28 мин; на 030 операции – 97,8 мин; на 040 операции – 138,29 мин. Кроме того, за счет того, что время обработки на первой операции механической обработки

меньше чем на второй операции, то наблюдается пролеживание заготовок ($T_{ПР}$), которое будет пропорционально увеличиваться по мере производства деталей. Общее время изготовления первой детали составляет 186,46 минуты, а такт выпуска каждой последующей детали составляет 27,41 минута (где 11,74 минуты – простой станка, 15,67 минут – штучное время 040 операции)

Аналогично, составим циклограмму по загрузке оборудования по II варианту технологического процесса. (Рисунок 5.3)

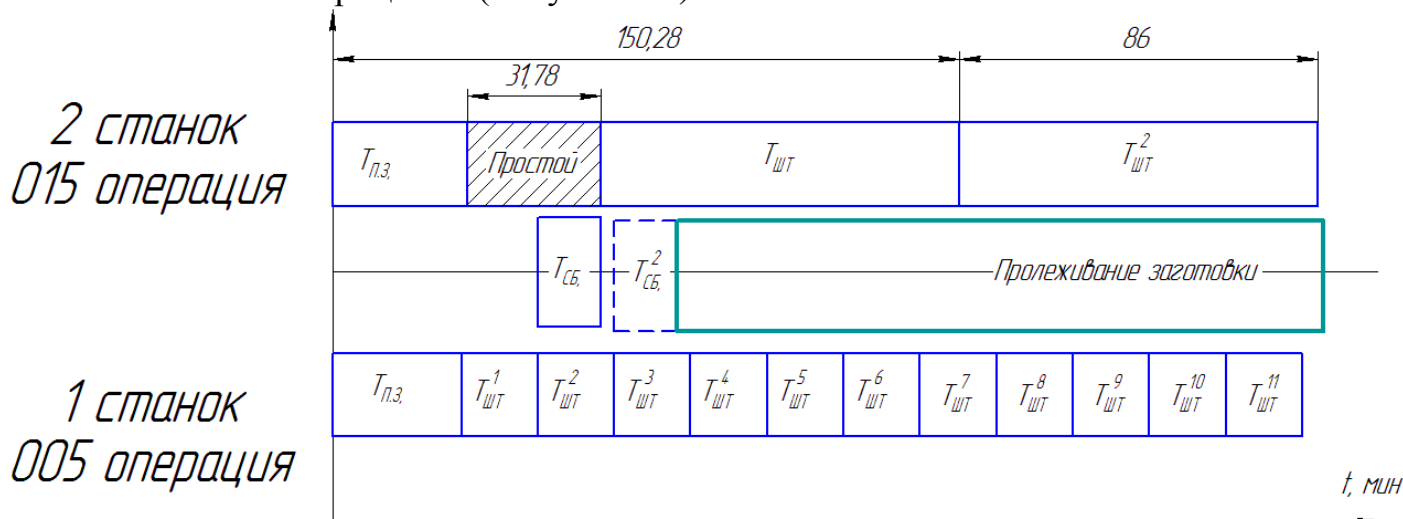


Рисунок 5.3 – Циклограмма II варианта технологического процесса

Время простоя оборудования в ожидании первой заготовки по II варианту технологического процесса составляет 31,78 мин. Кроме того, за счет того, что время обработки на первой операции механической обработки меньше чем на второй операции, то наблюдается пролеживание заготовок ($T_{ПР}$), которое будет постоянно по мере производства деталей. Общее время изготовления первой детали составляет 150,28 минут, а такт выпуска каждой последующей детали составляет 86 минут.

Таким образом, простой станка по II варианту ТП составляет всего 31,78 минуты, и эта величина не зависит от количества изготавливаемых изделий. Когда в I варианте ТП каждый станок, кроме станка на 005 операции, имеет простои в ожидании заготовки. Следовательно, II вариант технологического процесса изготовления детали «Крышка подшипникового узла» выгоднее, с точки зрения затрат на простой оборудования.

По результатам анализа норм времени формируем сводную таблицу 13 и диаграмму на рисунке 5.4, в которой отразим время производства первой детали $T_{1-ой \text{ дет.}}$, время изготовления всей партии детали T_{500} и такт выпуска изделий. Примем партию детали в размере 500 шт.

Таблица 13 – Сравнение времени простоя и такта выпуска изделий в двух вариантах ТП

Вариант технологии	Кол-во операций	$T_{шт}$, мин	$T_{ПЗ}$, мин	$T_{1-ой\ дет}$, мин	Такт выпуска, мин	Время обработки партии, час	Время простоя, час
I вариант ТП	6	125.52	190.85	186.47	27.73	231.06	278.03
II вариант ТП	2	91,13	63.45	137,08	72,93	628.37	1.71

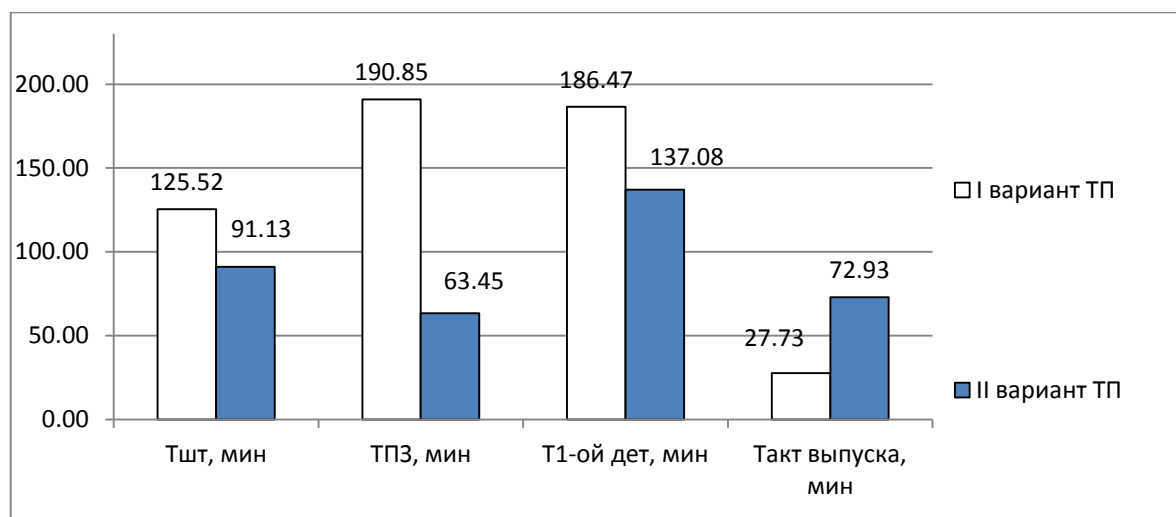


Рисунок 5.4 – Сравнение такта выпуска изделий двух вариантов ТП

По диаграмме и сводной таблице видно, что общее время производства деталей (T_{500} , час) и, соответственно, такт выпуска изделий по I варианту ТП в 3 раза меньше, чем по II варианту. Однако общее время простоя всего оборудование, задействованного в производстве деталей "Крышка подшипникового узла", во II варианте ТП намного меньше, чем в I варианте.

5.2 Анализ затрат на амортизационные отчисления

Для анализа затрат средств на амортизацию оборудования составим таблицу, в которой для каждого варианта технологического процесса изготовления "Крышки подшипникового узла" укажем стоимость, срок службы и количество станкочасов. (Таблица 14)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

102

Таблица 14 – Анализ стоимости используемого оборудования

Тип станка	Марка станка	Номера операции	Стоимость, тыс.руб	Срок амортизации, лет	Станкоминута, руб
I вариант ТП					
Вертикальный обрабатывающий центр	WELE AA-1480	005	8500	10	1,62
Вертикальный обрабатывающий центр	WELE AA-1480	010	8500	10	1,62
Вертикальный обрабатывающий центр	WELE AA-1480	020	8500	10	1,62
Токарно-карусельный обрабатывающий центр	WELE VTC1612-20	025	12000	10	2,28
Токарно-карусельный обрабатывающий центр	WELE VTC1612-20	030	12000	10	2,28
Горизонтальный обрабатывающий центр	NIIGATA HN50D	040	12500	10	2,38
II вариант ТП					
Вертикальный обрабатывающий центр	WELE AA-1480	005	8500	10	1,62
Фрезерный 5-осевой обрабатывающий центр	WELEUG550	015	16500	10	3,14

Учитывая большие затраты время на переналадку оборудования, на котором выполняется несколько операций, и в течении которого станок будет простаивать, примем, что число используемых станков равно числу операций. Таким образом для I варианта ТП количество используемого оборудования составляет 6 станков (3 станка – WELE AA-1480; 2 станка – WELE VTC1612-20; 1 станок – NIIGATA HN50D. Для II варианта ТП – 2 станка (один WELE AA-1480 и один WELEUG550).

Таким образом, затраты на изготовление одной детали "Крышки подшипникового узла" по нормам времени и без учета простоя оборудования отражены в таблицах 15 и 16.

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

103

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Таблица 15 – Затраты на изготовление одной детали для I варианта ТП

Номер операции	Тип станка	Марка станка	Станкоминута, руб	Норма времени $T_{шт}$, мин	Затраты на изготовление 1 детали, руб
I вариант ТП					
005	Вертикальный обрабатывающий центр	WELE AA-1480	1,62	21,11	32.54
010				27,41	42.24
020				11,96	18.43
025	Токарно-карусельный обрабатывающий центр	WELE VTC1612-20	2,28	24,02	50.28
030				25,34	53.04
040	Горизонтальный обрабатывающий центр	NIIGATA HN50D	2,38	15,67	32.80
ИТОГО					217,22

Таблица 16 – Затраты на изготовление одной детали для II варианта ТП

Номер операции	Тип станка	Марка станка	Станкоминута, руб	Норма времени $T_{шт}$, мин	Затраты на изготовление 1 детали, руб
II вариант ТП					
005	Вертикальный обрабатывающий центр	WELE AA-1480	1,62	18.33	28.25
010	Фрезерный 5-осевой обрабатывающий центр	WELEUG 550	3,14	75,28	243.47
ИТОГО					271,72

Таким образом, при изготовлении одной детали "Крышка подшипникового узла" без учета простоя оборудования, затраты средств на амортизацию оборудования, применяемого в I варианте ТП на 20% меньше, чем во II варианте. Однако при производстве детали по I варианту ТП наблюдается простой оборудования, который постоянен на всем промежутке обработке партии детали. И чем больше партия детали, тем больше простоя оборудования и, соответственно, больше затраты на изготовления деталей.

В таком случае, определим затраты связанные с простоем оборудования, на основе циклограммы загрузки оборудования I и II варианта ТП (см. рисунок 5.2 и 5.3). Все время простоя можно разделить на простой в ожидании первой детали, и простой в ожидании последующей заготовки. По циклограмме видно, что время простоя в ожидании первой детали зависит от $T_{пз}$ и $T_{шт}$ предыдущий операции и $T_{пз}$ действующей операции. Аналогично находится и время простоя в ожидании последующей заготовки. Сведем все полученные данные в таблицы 17 и 18, исходя из размеров партии детали 500 шт.

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

104

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Таблица 17 – Затраты на простой оборудования для I варианта ТП

Номер станка	Время простоя при 1-ой детали, мин	Время простоя при n-ой детали, мин	Станкоминута руб.	Суммарные простои станка, мин	Суммарные затраты, руб
1 станок	0	0	1,62	0	0
2 станок	16,01	0	1,62	16,01	24.68
3 станок	60,92	15,45	1,62	7770,85	11 975.62
4 станок	81,28	3,39	2,28	1770,66	3 705.73
5 станок	97,80	2,07	2,28	1128,51	2 361.81
6 станок	138,30	11,74	2,38	5995,66	12 548.00
ИТОГО					28 899,66

Таблица 18 – Затраты на простой оборудования для II варианта ТП

Номер станка	Время простоя при 1-ой детали, мин	Время простоя при n-ой детали, мин	Станкоминута руб.	Суммарные простои станка, мин	Суммарные затраты, руб.
1 станок	0	0	1,62	0	0
2 станок	31,78	0	3,14	31,78	102,8
ИТОГО					102,8

С учетом размеров партии детали, определим общие затраты на амортизацию оборудование и на 1 деталь. Общее время работы оборудования будет состоять из времени простоя, которое было найдено в табл. 17 и 18, и норм времени на операцию (см. п. 2.1.5 и 3.2.5). Полученные данные отразим в таблице 19.

Таблица 19 – Затраты на амортизацию оборудования

Номер станка	Время работы оборудования, мин	Время простоя оборудования, мин	Станкоминута, руб	Затраты на амортизацию оборудования, руб
I вариант ТП				
1 станок	10 587,60	0	1,54	16 316.51
2 станок	13 756,63	16,01	1,54	21 200.29
3 станок	13 783,59	7770,85	1,54	21 241.84
4 станок	13 807,62	1770,66	2,05	28 897.22
5 станок	13 832,96	1128,51	2,05	28 950.26
6 станок	13 863,63	5995,66	2,05	29 014.45
ИТОГО				137 806,95
II вариант ТП				
1 станок	9 197,85	0	1,35	14 174.77
2 станок	37 701,52	31,78	3,24	121 943.25
ИТОГО				166 103,90

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

105

Сведем все данные по затратам на амортизацию оборудования, используемого в I и во II варианте ТП в таблицу 20 и построим сравнительную диаграмму, представленную на рисунке 5.5 из расчета размеров партии детали в 500 шт.

Таблица 20 – Затраты на амортизацию оборудования для I и II варианта ТП

Вариант технологии	Кол-во станков	Общая стоимость оборудования, млн. руб	Затраты на 1 дет без учета загрузки станков, руб	Затраты на простой, руб	Общие затраты, руб	Затраты на 1 дет., руб
I вариант ТП	6	62,00	247,79	33 578,49	159 053,51	318,11
II вариант ТП	2	25,00	258,19	99,78	129 347,69	258,70

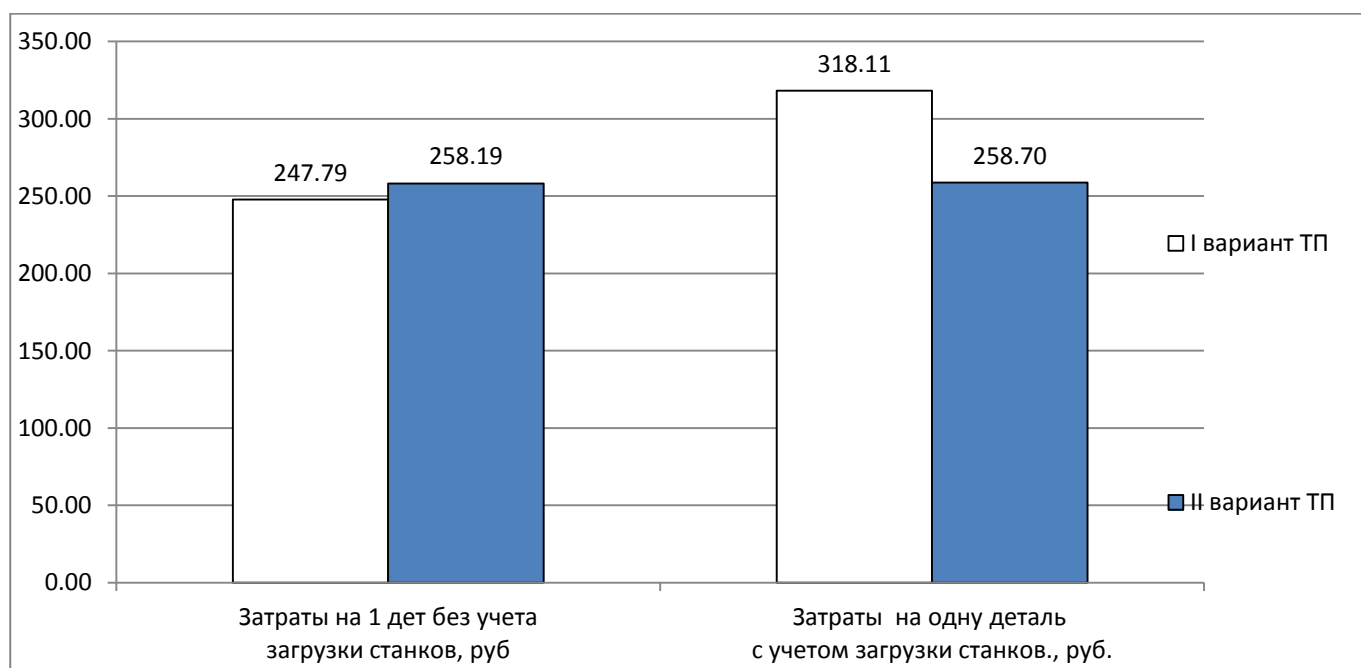


Рисунок 5.5 – Сравнение затрат на амортизацию оборудования при изготовлении одной детали

4.3 Анализ затрат на режущий инструмент

Для анализа затрат средств на применяемый режущий инструмент составим таблицы 20 и 21, в которых для каждого варианта технологического процесса изготовления "Крышки подшипникового узла" укажем стоимость и ориентировочную стойкость инструмента. Также в таблицах определим затраты на инструмент при размере партии деталей от 500 шт.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

106

Таблица 21 – Затраты на инструмент для I варианта ТП

Инструмент	Кол-во инструм.	Норма времени ТЦА, мин	Стоимость, руб		Стойкость, мин	Затраты на изготовление партии детали, тыс. руб
			Корпуса	Расходных		
Фреза ф125 с СМП	1	8.62	20 000.00	450.00	240.00	84 800,00
Концевая фреза ф40 мм с СМП	1	14.68	19 000.00	300.00	240.00	270 100,00
Фреза ф63 с СМП	1	0.37	15 000.00	550.00	120.00	21 600,00
Сверло ф19,5	1	1.69		1 200.00	15.00	68 400,00
Зенкер ф21	1	1.00		820.00	12.00	34 440,00
Зенкер ф22	1	1.09		850.00	12.00	39 100,00
Концевая фреза ф16 мм	2	2.23		1 300.00	60.00	24 700,00
Сверло ф10,2	2	0.64		900.00	15.00	19 800,00
Сверло ф12,9	1	0.22		1 000.00	15.00	8 000,00
Развертка ф14	1	0.29		500.00	10.00	7 500,00
Метчик М12	2	0.41		150.00	10.00	3 150,00
Концевая фреза ф12 мм	1	0.71		1 000.00	60.00	6 000,00
Сверло ф3,3	1	0.43		300.00	10.00	6 600,00
Метчик М4	1	0.22		100.00	10.00	1 100,00
Фасочная фреза	2	1.36		350.00	15.00	16 100,00
Сверло ф23 с СМП	1	1.44	5 000.00	300.00	30.00	20 000,00
Зенкер ф24	1	1.01		850.00	12.00	35 700,00
Развертка коническая ф24.5	1	1.50		1 000.00	15.00	51 000,00
Развертка коническая ф25	1	1.35		1 000.00	15.00	45 000,00
Расточной резец с черновой СМП	2	6.90	7 000.00	300.00	12.00	65 900,00
Расточной резец с получистовой СМП	2	7.26	7 000.00	350.00	12.00	77 700,00
Расточной резец с чистой СМП	2	6.97	7 000.00	400.00	15.00	70 000,00
Канавочный резец с СМП	2	7.77	2 500.00	300.00	10.00	86 000,00
Сверло ф9	1	1.07		400.00	15.00	14 400,00
Развертка ф10 мм	1	0.93		450.00	10.00	21 150,00
Сверло ф18 мм	1	1.44		1 000.00	15.00	49 000,00
Резьбофреза	1	1.90		10 000.00	60.00	80 000,00
ИТОГО						1 227 240,00

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

107

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Таблица 22 – Затраты на инструмент для II варианта ТП

Инструмент	Кол-во инструм.	Норма времени ТЦА, мин	Стоимость, руб		Стойкость, мин	Затраты на изготовление партии детали, тыс. руб
			Корпуса	Расходных		
Фреза ф125 с СМП	1	8.62	20 000.00	450.00	240.00	84 800.00
Сверло ф22 с СМП	1	2.11	5 000.00	300.00	30.00	26 600.00
Обратная цековка с СМП	1	0.70	2 500.00	600.00	20.00	13 300.00
Концевая фреза ф40 мм с СМП	1	4.84	19 000.00	300.00	240.00	108 100.00
Фреза ф63 с СМП	1	0.37	15 000.00	550.00	120.00	21 600.00
Сверло ф10,2	1	0.69		900.00	15.00	20 700.00
Сверло ф14 с СМП	1	0.50	4 500.00	500.00	30.00	13 500.00
Метчик М12	1	0.41		150.00	10.00	3 150.00
Концевая фреза ф12 мм	1	0.71		800.00	60.00	4 800.00
Сверло ф3,3	1	0.43		300.00	10.00	6 600.00
Метчик М4	1	0.22		100.00	10.00	1 100.00
Фасочная фреза	2	1.36		350.00	15.00	16 100.00
Сверло ф24,8	1	1.70	6 000.00	320.00	30.00	24 560.00
Коническая развертка ф25	1	1.35		1 000.00	15.00	45 000.00
Расточная система, держатель, кассета с СМП	1	30.95	110 000.00	300.00	30.00	244 000.00
Расточная головка с резцом с СМП	1	8.59	160 000.00	300.00	10.00	176 600.00
Концевая фреза ф16 мм	1	0.43		1 300.00	60.00	5 200.00
Сверло ф9	1	1.07		400.00	15.00	14 400.00
Развертка ф10 мм	1	0.93		450.00	10.00	21 150.00
Сверло ф18 мм	1	1.60		1 000.00	15.00	54 000.00
Резьбофреза	1	1.90		5 000.00	60.00	80 000.00
ИТОГО						985 260.00

Таким образом, при изготовлении партии деталей "Крышка подшипникового узла" равной 50 шт. затраты на режущий инструмент по II варианту ТП на 19% меньше, чем по I варианту ТП. Сведем все полученные результаты по затратам на инструмент в таблицу 23 и проиллюстрируем диаграммами на рисунке 5.6.

Таблица 23 – Затраты на инструмент для I и II варианта ТП

Вариант технологии	Кол-во операций	Затраты на инструмент на партию деталей, тыс. руб	Затраты на расходные элементы на партию деталей, тыс. руб	Затраты на инструмент на 1 дет., руб
I вариант ТП	6	1 227,24	1 118,24	4 690,96
II вариант ТП	2	985,26	688,26	3 347,04

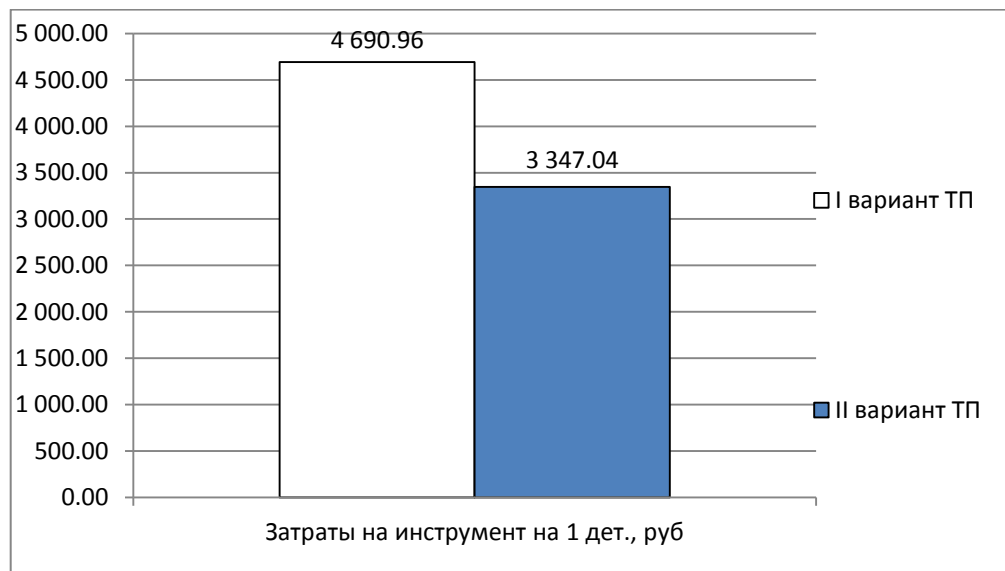
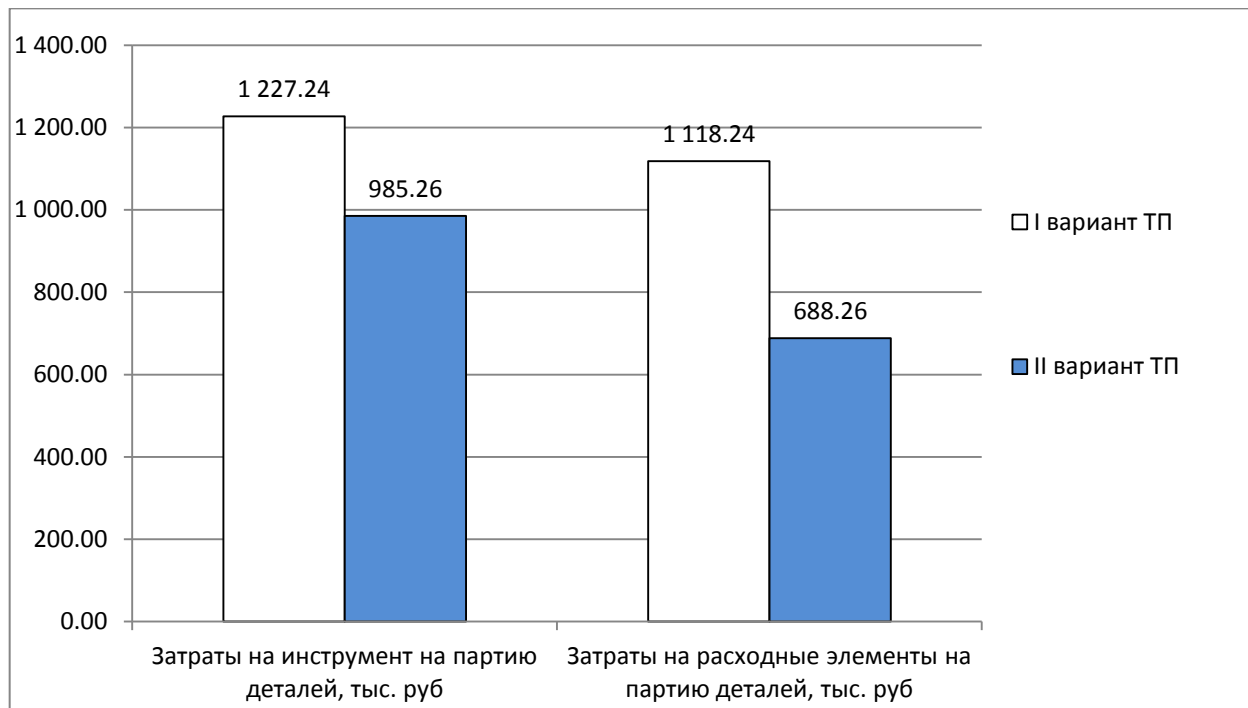


Рисунок 5.6 – Сравнение затрат на инструмент для I и II варианта ТП

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

109

5.4 Анализ дополнительных затрат и затрат на заготовку

Кроме затрат на амортизацию оборудования, затрат на режущий инструмент, при изготовлении детали учитывается также дополнительные затраты, в которые входят затраты на заработную плату рабочим, на электричество, на материал заготовки, на СОЖ и т.д. Определим количество этих затрат для изготовления одной детали из условия объема партии, равной 500 деталей для обоих вариантов технологического процесса.

В связи с различным методом получения заготовки для детали «Крышка подшипникового узла» произведем сравнительный анализ затрат на получение заготовки.

Таблица 24 – Затраты на заготовку

Вариант технологии	Вариант метода получения заготовок	Масса заготовки, кг	Масса детали, кг	Цена за литья за 1 кг., руб.	Стоимость отливки, руб.	Стоимость партии заготовок, тыс. руб.
I вариант ТП	Литье в песчано-глинистую форму	70,30	65,8	100,00	7 030,00	3 515,00
II вариант ТП	Литье по газифицированным моделям	67,60		120,00	8 112,00	4 056,00

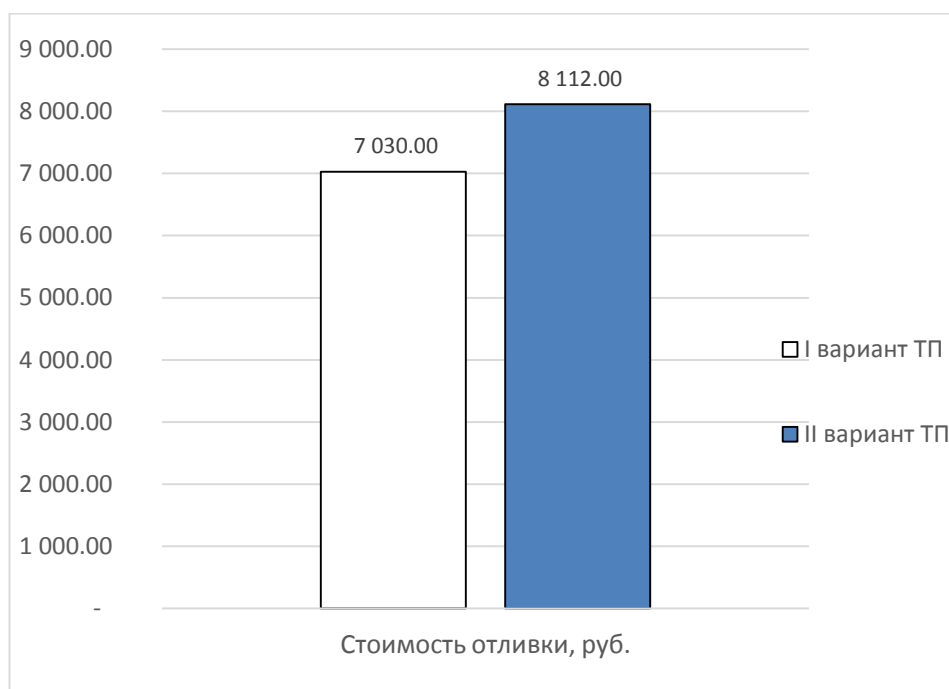


Рисунок 5.7 – Сравнение затрат на заготовку для I и II варианта ТП

Таким образом, масса заготовки, полученной по II варианту ТП, на 2,7 кг меньше, чем по I варианту ТП, за счет меньших припусков на обработку. Также, стоимость отливки, полученной по I варианту ТП, на 15% меньше, чем по II

варианту ТП. Однако, метод литья по газифицированным моделям является более экологичным.

Затраты на заработную плату рабочим в двух вариантах ТП будут различны, т.к. используется разное количество основного оборудования. Примем, что для обслуживания одного станка необходимо два оператора. Следовательно, для II варианта ТП необходимо 4 оператора, а для I варианта ТП – 12 человек.

По нормативным данным количество вспомогательных рабочих в механических цехах в серийном производстве составляет 18–25% от количества производственных рабочих. Численность инженерно-технических работников, счётно-конторского и младшего обслуживающего персонала при укрупнённых расчётах принимается в процентном отношении от числа станков в цехе. В крупносерийном производстве количество ИТР составляет 15–21%. Служащие принимаются в размере 0,8...1,6% от общего количества рабочих, а младший обслуживающий персонал — 2...3%.

Таким образом, на один станок приходится: два оператора, один ИТР, один работник младшего обслуживающего персонала и один работник счётно-конторского персонала. Соответственно, для обслуживания производства по I варианту ТП необходимо 30 человек, а для II варианта ТП – 10 человек. С учетом того, что оборудование по II варианту ТП сложнее в эксплуатации, то средняя заработная плата рабочим по II варианту ТП примем 35 тыс. руб., а по I варианту ТП примем 25 тыс. руб.

Затраты на затрачиваемое электричество, СОЖ, аренду помещения и т.д., примем эквивалентными для I и II варианта ТП.

Таким образом, исходя из рассчитанных норм времени, затрат на амортизацию оборудования, затрат на режущий инструмент и непроизводственными затратами, составим таблицу 9 затрат на изготовление партии детали в размере 500 штук. Также построим диаграммы, иллюстрирующие процентное содержание каждого вида затрат, исходя из общей себестоимости изделия.

Таблица 9– Анализ затрат на изготовлении партии деталей в 500 шт.

Вариант технологии	Общая стоимость оборудования, млн. руб.	Стоимость заготовки для 1 дет., руб.	Затраты на амортизацию оборудования на 1 дет., руб.	Затраты на инструмент на 1 дет., руб.	Затраты на зарплату рабочим на 1 дет., руб.	Сумма затрат на 1 дет., руб.
I вариант ТП	62,00	7 030,00	318,11	4 690,96	1 500,00	13 539,07
II вариант ТП	25,00	8 112,00	258,70	3 347,04	700,00	12 417,74

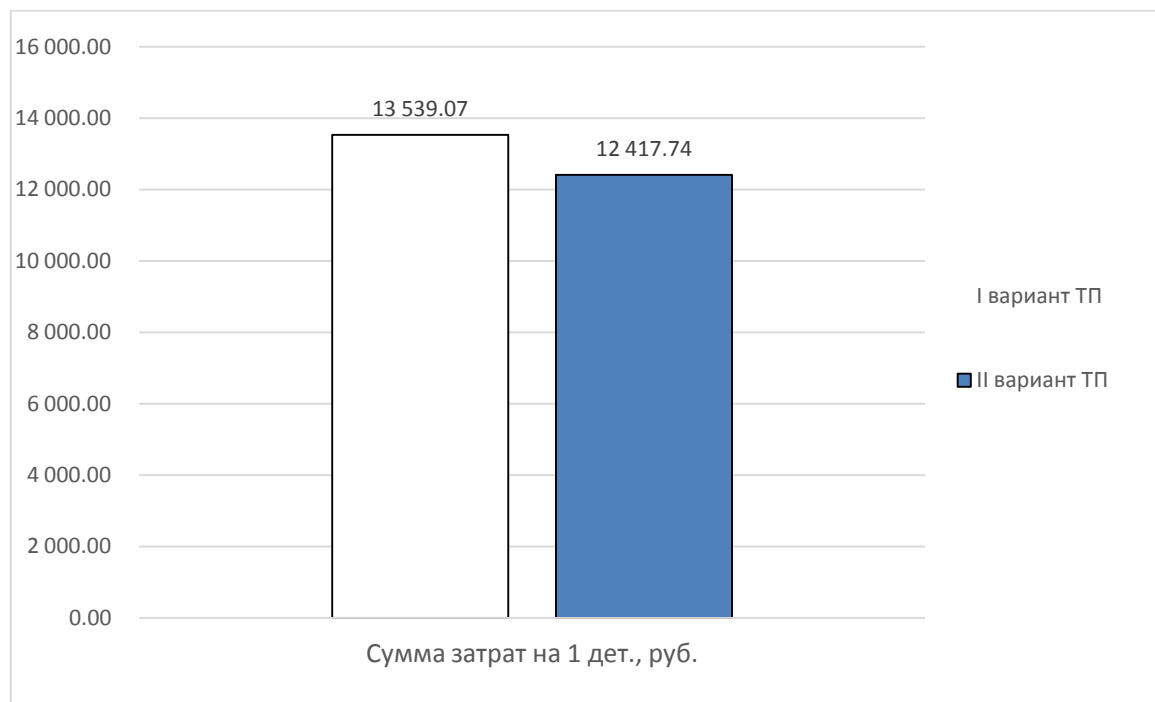


Рисунок 5.8 – Сравнение затрат на изготовление одной детали из партии для I и II варианта ТП

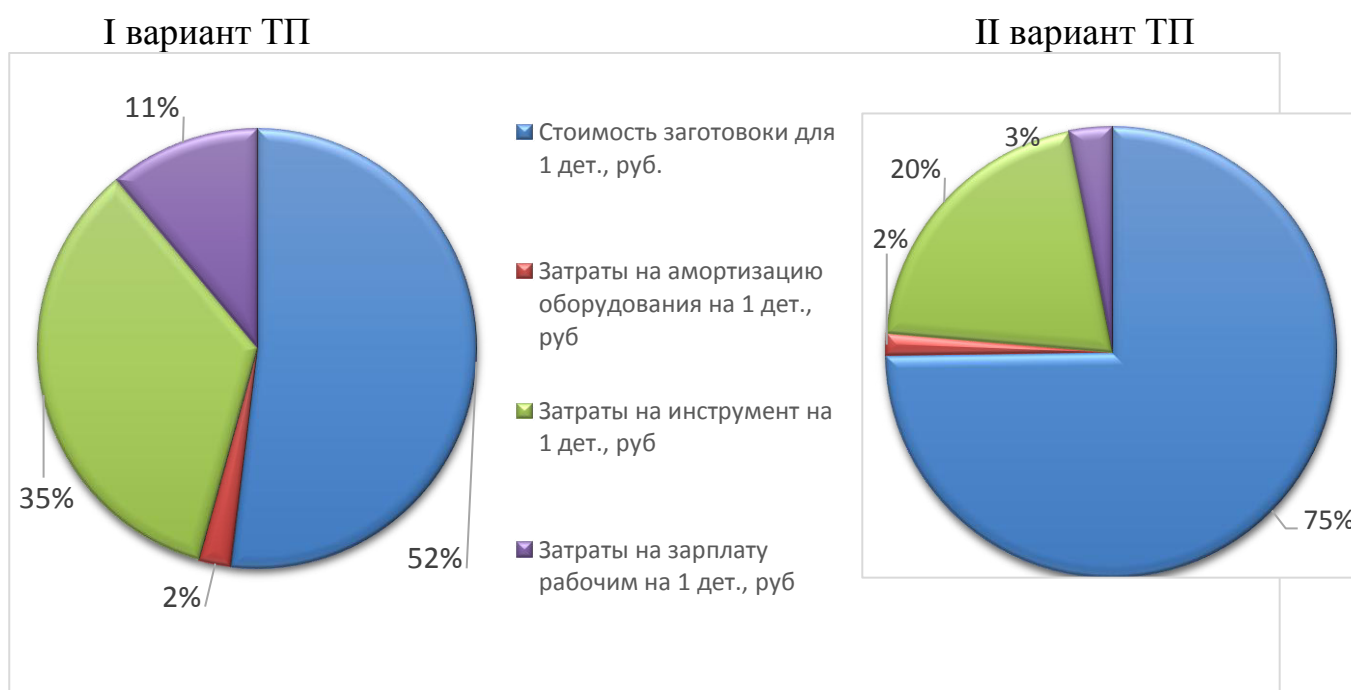


Рисунок 5.9 – Процентное содержание каждого вида затрат для I и II варианта ТП

Анализируя полученные диаграммы можно утверждать, что II вариант технологического процесса изготовления детали «Крышка подшипникового узла» является экономически выгоднее в сравнении с I вариантом, т.к. суммарная стоимость изготовления одной детали из партии (N = 500 шт.) по II варианту ТП, на 10% меньше, чем по I варианту ТП. Также, первоначальные капиталовложения (стоимость оборудования, аренда помещения и т.д.) в I варианте ТП в 2,5 раза

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

112

больше, чем по II варианту ТП. Однако, общее время изготовления партии деталей и такт выпуска изделий по I варианту ТП в 3 раза меньше, чем по II варианту.

При увеличении размеров партии, разница между себестоимостью изготовления деталей по I и II варианту будет увеличиваться. Во-первых, за счет увеличения затрат на расходные материалы к режущему инструменту, т.к. штучное время изготовления деталей по I варианту ТП больше на 20%. Во-вторых, за счет увеличения затрат на содержание и изготовления новой оснастки, из-за низкой стойкости литейной оснастки при литье в песок. Соответственно, при уменьшении размеров партии деталей разница между себестоимостью изготовления деталей по I и II варианту будет уменьшаться.

Выводы

1. Общее время изготовления партии деталей (N=500 шт.) и такт выпуска изделий по I варианту ТП в 3 раза меньше, чем по II варианту;
2. Каждый станок, применяемый в I варианте ТП, кроме станка на 005 операции, имеет простои в ожидании заготовки. Чем больше партия деталей, тем больше простои оборудования. Простой станка по II варианту ТП составляет всего 31,78 минуты, и эта величина не зависит от количества изготавливаемых изделий;
3. Затраты на амортизацию оборудования при изготовлении одной детали из партии с учетом простоя оборудования по II варианту ТП меньше на 22%, чем по I варианту ТП;
4. Затраты на режущий инструмент при изготовлении партии изделий из 500 шт. по I варианту ТП на 28% больше, чем по II варианту ТП;
5. Стоимость отливки, полученной по I варианту ТП, на 15% меньше, чем по II варианту ТП;
6. Суммарная стоимость изготовления одной детали из партии (N = 500 шт.) по II варианту ТП, на 10% меньше, чем по I варианту ТП;
7. Первоначальные капиталовложения (стоимость оборудования, аренда помещения и т.д.) в I варианте ТП в 2,5 раза больше, чем по II варианту ТП.

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

113

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработаны два варианта технологического процесса изготовления детали "Крышка подшипникового узла". Принципиальным различием двух вариантов технологии заключается в способе получения заготовки, в количестве операций механической обработке и в возможностях применяемого основного оборудования.

2. Расчет режима резания и норм времени каждого варианта технологического процесса показал, что штучное время обработки детали по II варианту технологического процесса меньше на 20,3%, чем по I варианту, за счет меньших затрат времени на вспомогательные работы.

3. Разработаны управляющие программы для одного варианта технологического процесса в САМ-системе "Creo Parametric". Результатом симуляции обработки является исключение столкновения инструмента с заготовкой.

4. Сравнительный анализ двух вариантов технологического процесса по технико-экономическим показателям показал, что суммарная стоимость изготовления одной детали из партии изделий по II варианту на 10% меньше, чем по I варианту технологии. Также было установлено, что при заданном размере партии деталей в 500 шт. основная часть затрат на изготовление (больше половины) приходится на получение заготовки. Однако, производительность первого варианта технологии изготовления партии детали в три раза выше по сравнению со вторым вариантом.

					15.04.05.2019.172.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённой работы был исследован вопрос разработки технологических процессов изготовления детали «Крышка подшипникового узла» для обеспечения эффективности производства. В теоретической части работы был изучен вопрос актуальности разработки технологических процессов на современных машиностроительных предприятиях.

Первоочередной задачей выпускной квалификационной работы была разработка двух вариантов технологических процессов изготовления детали «Крышка подшипникового узла». В результате разработки, первый вариант технологии включает в себя шесть операций механической обработки, когда второй вариант состоит только из двух операций, выполняемых на многоосевых рабочих центрах. Кроме того, особенностью второго варианта технологии является использование в качестве метода получения заготовки более экологически чистый и более точный способ литья по выплавляемым моделям.

На основании разработанных вариантов технологии изготовления детали были рассчитаны режимы резания и нормы штучного и вспомогательного времени. В результате расчета, нормы времени на обработку одной детали по второму варианту технологического процесса меньше на 34 минуты, чем по первому варианту. Также, время, затраченное на подготовительно-заключительные работы, в 3 раза меньше по второму варианту в сравнении с первым.

После разработки двух вариантов технологии, были разработаны управляющие программы для станков с ЧПУ в соответствии с первым вариантом технологии с помощью САМ-системы "Creo Parametric". В результате были сформированы коды управляющих программ, которые были проверены на возможные столкновения режущего инструмента с заготовкой.

Следующей задачей выпускной квалификационной работы было сравнение двух вариантов технологии по основным технико-экономическим показателям, таких как производительность труда при изготовлении партии детали, затраты на амортизацию основного оборудования, затраты на заготовку, затраты на режущий инструмент. По результатам сравнительного анализа было выявлено, что суммарная стоимость изготовления одной детали из партии изделий по второму варианту на 10% меньше, чем по первому варианту технологии. Причиной экономической выгоды второго варианта в меньших затратах на режущий инструмент и затрат на амортизационные отчисления. Кроме того, первоначальные затраты (стоимость оборудования, аренда помещения и т.д.) во втором варианте технологии в 2,5 раза меньше чем в первом варианте. Однако, общее время изготовления партии деталей и такт выпуска изделий по первому варианту технологического процесса в 3 раза меньше, чем по второму варианту. Достигается данное преимущество в первом варианте технологии благодаря применению шести, параллельно функционирующих, обрабатывающих центров.

Основываясь на выводах, полученных в результате выполнения работы можно констатировать, что гипотеза, выдвинутая ранее, была подтверждена. Другими словами, была разработана методология для выбора предприятием

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

115

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков. – Челябинск.: Машиностроение, 2010. – 480 с.
2. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением – М.: Экономика, 1990.
3. Общий каталог фрезерного инструмента [Текст]: каталог / учредитель фирма "Mitsubishi" – М.: КРАФТ. - 2014. – 625 с.
4. Каталог осевого инструмента [Текст]: каталог / учредитель фирма "IZAR" – М.: КРАФТ. - 2018. – 123 с.
5. Общий каталог металлорежущего инструмента [Текст]: каталог / учредитель фирма "ISCAR" – М.: КРАФТ. - 2015. –269 с.
6. Общий каталог резьбонарезного инструмента [Текст]: каталог / учредитель фирма "GUNRING" – М.: КРАФТ. - 2012. –532 с.
7. Каталог резьбонарезного инструмента [Текст]: каталог / учредитель фирма "VARGUS" – М.: КРАФТ. - 2016. –170 с.
8. Общий каталог осевого инструмента [Текст]: каталог / учредитель фирма "КОМЕТ" – М.: КРАФТ. - 2018. –423 с.
9. Каталог измерительного инструмента и приборов для линейно-угловых измерений – Mahr, 2009 г.
10. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: Учебник. — СПб.: Издательство «Лань», 2015. — 320 с.
11. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений – Минск.: Высшая школа, 1986. – 241 с.
12. Батуев В.В., Автоматизация производственных процессов в машиностроении учебное пособие к курсовому проекту / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 40 с.

15.04.05.2019.172.00 ПЗ

Лист

117

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------