

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения им. А. Буркитбаева
Кафедра «Машиностроения»

Әлімқұлова Арайлым Батырқұлқызы

«Разработка технологического процесса изготовления шлицевого вала
на станках с ЧПУ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

Образовательная программа
6B07105 Индустриальная инженерия- Машиностроение

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения им. А. Буркитбаева
Кафедра «Машиностроения»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Машиностроения» ассоц.
профессор _____ Нұғман Е.З.
«_____» _____ 2024 ж.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Разработка технологического процесса изготовления шлицевого вала
на станках с ЧПУ»

6B07105 Индустриальная инженерия- Машиностроение

Выполнил

Әлімқұлова Арайлым Батырқұлқызы

Рецензент

Научный руководитель

_____ Алшынова А.М.

_____ Смаилова Г.А.

«___» _____ 2024г.

«___» _____ 2024г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения им. А. Буркитбаева
Кафедра «Машиностроения»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
«Машиностроения» ассоц.
профессор _____ Нұрман Е.З.
«_____» _____ 2024 ж.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Обучавшемуся: Әлімқұлова Арайлым Батырқұлқызы

Тема: «Разработка технологического процесса изготовления шлицевого
вала на станках с ЧПУ»

Утверждена приказом проректора Университета № _____ от «27»
января 2024 г.

Срок сдачи законченной работы «__» _____ 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе: Разработка технологического процесса
изготовления шлицевого вала.

Краткое содержание дипломной работы:

а) Исходные данные

б) Технологический раздел

в) вопросы безопасности жизнедеятельности и охраны труда, расчет экономической
эффективности разработки

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
представлены слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
Поиск информации Обзор литературы Общая часть	От 15.03.2024 до 25.04.2024	Выполнено
Расчетная часть Графическая часть	От 25.04.2024 до 25.05.2024	Выполнено
Оформление по СТП Нормоконтроль	От 27.05.2024 до 10.06.2024	Выполнено

Подписи

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с
указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты Ф.И.О. (уч. степень звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтроль	PhD доктор, ассоц. профессор Абілқайыр Ж.Н	10.06.2024	

Научный руководитель _____ Смаилова Г.А.

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Әлімқұлова
А.Б.

Дата «____» _____ 2024 г.

АНДАТПА

Саналған шлицевті вал көліктердің СЧУ-ға бағытталған технологиялық процесті жасау, механикалық құрылыстарды жасау прогрессінің негізгі кезеңі болып табылады. Бұл зерттеу осы процестің қалыптастыруына, құралдарды таңдауға, ықпалды материалдарды анықтауға, СЧУ басқару программасын дайындауға, құралдарды таңдауға, детальді өңдеуге, сапа бақылауға, және әзірленетін әмияндық операцияларды оптимизациялауға арналған ең басты нұсқаларын тексереді. Механикалық жүйелерде шлицевді валдардың маңызын есептейтін кезде, орталықталған технологиялық шешім көтерілген механикалық өнімнің өзгерістері мен сапасын арттырады, бұл мақсатта қалыптасу өндірісінің дамуына жол береді.

АННОТАЦИЯ

Разработка технологического процесса изготовления шлицевого вала на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) является ключевым этапом в производстве механических деталей. В данном исследовании рассматриваются основные аспекты создания такого процесса, включая выбор оборудования, определение подходящих материалов, разработку программы управления ЧПУ, выбор инструментов, обработку детали, контроль качества и оптимизацию производственных операций. Учитывая важность шлицевых валов в механических системах, эффективно разработанное технологическое решение позволит повысить производительность и качество изготовления деталей, что в свою очередь способствует развитию машиностроительной отрасли.

ANNOTATION

The development of a technological process for manufacturing splined shafts on CNC machines is a crucial stage in the production of mechanical parts. This study examines the key aspects of creating such a process, including the selection of equipment, the determination of suitable materials, the development of CNC control programs, the choice of tools, part processing, quality control, and production operation optimization. Considering the importance of splined shafts in mechanical systems, an efficiently developed technological solution will increase productivity and quality in part manufacturing, thus contributing to the development of the engineering industry.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Исходные данные	10
1.1 Общие сведения шлицевого вала	10
1.2 История и современное состояние процессов изготовления шлицевых валов в машиностроении.	11
1.3 Назначение и особенности шлицевых валов	12
2. Анализ существующих технологических процессов	13
2.1 Обзор существующих методов и технологических процессов изготовления шлицевых валов	13
2.2 Оценка их преимуществ и недостатков	13
2.3 Анализ требований к изготавливаемым валам и возможностей станков с ЧПУ	15
3. Разработка технологического процесса	17
3.1 Выбор оптимальной технологической схемы изготовления шлицевых валов	18
3.2 Определение последовательности операций и параметров обработки	20
3.3 Характеристика возможностей САПР системы	25
3.4 Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ	25
4. Безопасность и экологичность технического объекта	27
4.1 Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов	28
Заключение	31
Список используемых источников	
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	
Приложение Г	

ВВЕДЕНИЕ

В современной машиностроительной промышленности процесс изготовления деталей с шлицевыми поверхностями играет ключевую роль, поскольку шлицевые валы находят широкое применение в различных механизмах и машинах. Эти детали используются в передаче движения, трансмиссиях, редукторах, а также в других механических устройствах, где требуется точная и надежная передача крутящего момента. В связи с этим, разработка эффективного технологического процесса изготовления шлицевых валов является актуальной задачей, обусловленной постоянным развитием технологий и повышением требований к точности и качеству производимых изделий.

Целью данной дипломной работы является разработка технологического процесса изготовления шлицевого вала на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) с целью повышения эффективности производства и обеспечения высокого качества готовой продукции. Для достижения этой цели будут рассмотрены существующие методы и технологии изготовления шлицевых валов, а также предложен новый технологический процесс с использованием современного оборудования и программного обеспечения.

Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью повышения конкурентоспособности предприятий машиностроительной отрасли за счет оптимизации производственных процессов и сокращения времени на изготовление деталей. Разработка нового технологического процесса позволит улучшить качество и точность изготовления шлицевых валов, а также сократить затраты на производство, что приведет к повышению эффективности работы предприятий и удовлетворению потребностей заказчиков.

В дальнейшем в работе будут рассмотрены основные этапы разработки технологического процесса изготовления шлицевых валов на станках с ЧПУ, проведены эксперименты для проверки эффективности разработанного процесса, а также проанализированы полученные результаты с целью выявления преимуществ и перспектив дальнейшего развития данной области.

1 Исходные данные

1.1 Общие сведения шлицевого вала.

Шлицевой вал является важным элементом в механике и машиностроении, предназначенным для передачи крутящего момента между двумя или более вращающимися деталями. Он обладает специальными вырезами, называемыми шлицами, которые позволяют другим элементам встраиваться и вращаться вместе с валом. Этот механический компонент широко применяется в различных отраслях промышленности, таких как автомобильное производство, машиностроение, а также в производстве сельскохозяйственной и строительной техники.

Основные сведения о шлицевых валах включают их структуру, функциональное назначение, материалы изготовления, методы производства и области применения. В данном тексте мы рассмотрим каждый из этих аспектов более подробно.

1. Структура и функциональное назначение шлицевого вала:

Шлицевой вал имеет цилиндрическую форму и обычно имеет один или несколько пазов на своей поверхности. Эти пазы, или шлицы, могут быть расположены параллельно оси вала или под углом к ней. Они предназначены для вставки шлицевых соединений других элементов, таких как шестерни, муфты или зубчатые колеса, с целью передачи крутящего момента. Шлицевые валы часто используются в паре с соответствующими шлицевыми отверстиями в сопрягаемых деталях, что обеспечивает их взаимодействие и передачу движения.

2. Материалы изготовления:

Шлицевые валы могут быть изготовлены из различных материалов в зависимости от требований к прочности, износостойкости и других характеристик. Чаще всего для их производства используются углеродистые и легированные стали, а также специальные сплавы, обладающие высокой прочностью и устойчивостью к износу. В некоторых случаях могут применяться и другие материалы, такие как алюминий или технические пластмассы, особенно в случае легких или низконагруженных конструкций.

3. Методы производства:

Процесс изготовления шлицевых валов включает в себя ряд операций, таких как токарная обработка, фрезерование, шлифование, термическая обработка и отделочные операции. Каждый из этих методов может использоваться в зависимости от требований к размерам, форме и точности вала, а также от выбранного материала и объема производства. Например, для массового производства шлицевых валов часто используются высокопроизводительные токарные и фрезерные станки с числовым программным управлением (ЧПУ), позволяющие автоматизировать процесс обработки и достичь высокой точности и повторяемости.

4. Области применения:

Шлицевые валы широко используются в различных механизмах и машинах, где

требуется передача крутящего момента от одного элемента к другому. Они находят применение в автомобилях, промышленных машинах, сельскохозяйственной технике, строительной технике, электродвигателях, насосах, редукторах и многих других устройствах. Важно отметить, что правильный выбор и изготовление шлицевых валов имеют решающее значение для эффективной работы механизма в целом, поскольку неправильно спроектированный или изготовленный вал может привести к неустойчивой работе, износу деталей и аварийным ситуациям.

Шлицевой вал играет ключевую роль в механике и машиностроении, обеспечивая передачу крутящего момента в различных механизмах и машинах. Его структура, материалы изготовления, методы производства и области применения являются важными аспектами, которые необходимо учитывать при проектировании и изготовлении механических систем. Правильный выбор и изготовление шлицевых валов позволяют обеспечить эффективную и безопасную работу механизмов, что в свою очередь способствует повышению их производительности, надежности и долговечности.

1.2 История и современное состояние процессов изготовления шлицевых валов в машиностроении.

История:

- Ручная обработка: В древние времена шлицевые валы изготавливались вручную с использованием примитивных инструментов, таких как резцы, напильники и другие ручные инструменты. Этот метод требовал больших усилий и времени, и результаты были часто недостаточно точными и непредсказуемыми.
- Механизированная обработка: С развитием механизации в машиностроении появились первые механические станки для обработки металла. Эти станки позволяли выполнить операции фрезерования, точения и шлифования с большей точностью и скоростью, чем ручная обработка.
- Появление станков с ЧПУ: В середине 20 века были разработаны станки с числовым программным управлением (ЧПУ), которые позволяли автоматизировать процесс обработки и добиться высокой точности и повторяемости. Это стало переломным моментом в истории производства шлицевых валов, так как позволило улучшить качество и снизить затраты на производство.

Современное состояние:

- Применение высокоточных станков с ЧПУ: Современные процессы изготовления шлицевых валов включают использование высокоточных станков с ЧПУ, оснащенных передовыми технологиями и инструментами. Это позволяет достичь высокой точности размеров и поверхностей вала.
- Использование новых материалов: С развитием материаловедения в машиностроении появились новые высокопрочные материалы, такие как

титан, специальные сплавы и композиты, которые могут быть использованы для изготовления шлицевых валов. Это позволяет улучшить прочность, износостойкость и другие характеристики вала.

- Оптимизация производственных процессов: Современные производители постоянно работают над оптимизацией производственных процессов, включая сокращение времени обработки, снижение издержек и повышение эффективности производства шлицевых валов.
- Применение новых технологий: В современном машиностроении широко применяются новые технологии, такие как аддитивное производство (3D-печать), лазерная обработка, электроэрозионная обработка и другие, которые могут быть использованы для создания сложных форм и структур шлицевых валов.

В целом, современное состояние процессов изготовления шлицевых валов характеризуется высокой степенью автоматизации, использованием передовых технологий и материалов, а также постоянной оптимизацией производственных процессов для повышения качества и эффективности производства.

1.3 Назначение и особенности шлицевых валов

Шлицевые направляющие выполняются в виде прямоточных валов, имеющих на своей радиальной поверхности углубления (шлицы) и выступы (зубья). Сечение внешней поверхности такого вала совпадает с рисунком сечения внутренней поверхности втулки или подшипника. Движение втулки по валу осуществляется строго в одном направлении.

Основная задача шлицевого вала – передача высокого показателя крутящего момента. Шлицевые валы применяются в сложных условиях эксплуатации – при колебательных и ударных нагрузках, а также при необходимости высокой точности позиционирования, эффективности, улучшении качества хода.

В зависимости от формы профиля шлицев валы бывают:

- прямобоочные;
- эвольвентные;
- треугольные.

Наиболее часто материалами для изготовления шлицевых валов становятся углеродистые или легированные стали.

2 Анализ существующих технологических процессов

2.1 Обзор существующих методов и технологических процессов изготовления шлицевых валов

Обзор существующих методов и технологических процессов изготовления шлицевых валов включает следующие аспекты:

Фрезерование: Один из наиболее распространенных методов изготовления шлицевых валов. Применяются фрезерные станки с ЧПУ для точной обработки шлицевых поверхностей. Для этого используются специальные фрезы, а также приспособления для закрепления вала и обеспечения точности обработки.

Токарная обработка: Изготовление шлицевых валов также возможно на токарных станках с ЧПУ. Этот метод подходит для обработки длинных валов с шлицами по всей их длине. Используются специальные токарные инструменты для создания шлицевых канавок.

Шлифование: Применяется для получения высокой точности размеров и поверхностной чистоты шлицевых валов. Этот метод может использоваться как самостоятельно, так и в комбинации с другими методами, например, после фрезерования или токарной обработки.

Электроэрозионная обработка: Метод, основанный на использовании электрического разряда для удаления материала с поверхности вала. Широко применяется для создания сложных шлицевых профилей и микрошлицев.

Абразивное обработка: Включает в себя использование абразивных инструментов, таких как шлифовальные круги или алмазные насадки, для обработки поверхностей шлицевых валов.

Ленточнопильная обработка: Этот метод применяется для создания шлицевых валов с продольными шлицами, особенно для обработки крупных валов или в случаях, когда требуется высокая производительность.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от требований к конкретному валу, его размеров, геометрии и материала. Выбор оптимального метода зависит от конкретных условий производства, требуемой точности и производительности.

2.2 Оценка их преимуществ и недостатков

Таблица 2.1- Методы и технологические процессы изготовления шлицевых валов

Методы и технологические процессы изготовления шлицевых валов	Преимущества	Недостатки
---	--------------	------------

Фрезерование	• Высокая точность и повторяемость размеров шлицевых профилей. • Возможность обработки различных материалов, включая сталь, алюминий, легированные сплавы и т.д. • Относительно высокая производительность, особенно на современных станках с ЧПУ.	• Ограничения по форме и размерам обрабатываемых деталей. • Необходимость использования специальных фрез и приспособлений. • Возможно появление следов резания на поверхности вала.
Токарная обработка	• Возможность обработки длинных валов с шлицами по всей их длине. • Высокая производительность при обработке крупных серий. • Возможность обработки широкого спектра материалов.	• Ограничения по форме шлицевого профиля. • Требуется настройка и замена инструментов при изменении типа обработки.
Шлифование	• Высокая точность размеров и поверхностной чистоты обработанных валов. • Возможность обработки твердых материалов и получения требуемой геометрии. • Удаление дефектов поверхности, таких как трещины или неровности.	• Более высокие затраты на оборудование и расходные материалы. • Низкая производительность по сравнению с другими методами.

Электроэрозионная обработка	• Возможность создания сложных шлицевых профилей и микрошлицев. • Обработка твердых и труднообрабатываемых материалов. • Минимальные деформации детали в процессе обработки.	• Ограничения по скорости обработки. • Возможность образования недостатков на поверхности вала.
Абразивное обработка	• Возможность обработки большого спектра материалов и форм. • Высокая точность размеров и поверхностной чистоты.	• Ограничения по форме и глубине обработки. • Возможность износа абразивных инструментов.
Ленточнопильная обработка	• Высокая производительность при обработке продольных шлицевых валов. • Возможность обработки крупных деталей.	• Ограничения по форме и геометрии обрабатываемых деталей. • Требование к высокой точности настройки оборудования.

2.3 Анализ требований к изготавливаемым валам и возможностей станков с ЧПУ

Анализ требований к изготавливаемым валам и возможностей станков с ЧПУ важен для определения оптимального метода и технологического процесса изготовления шлицевых валов. Ниже приведены основные аспекты этого анализа:

Геометрические требования:

- Диаметр и длина вала.
- Геометрия шлицевого профиля (глубина, ширина, форма).
- Точность размеров и формы шлицевых поверхностей.
- Равномерность шлицевых канавок по всей длине вала.

Материальные требования:

- Тип материала вала (сталь, нержавеющая сталь, алюминий и т.д.).
- Механические свойства материала (прочность, твердость).
- Возможность обработки материала с помощью выбранного метода.

Требования к поверхностной чистоте и качеству:

- Уровень шероховатости поверхности.
- Отсутствие дефектов, таких как трещины, вмятины или задиров.
- Очистка поверхности от стружки и масла.

Производственные требования:

- Скорость обработки и производительность.
- Требования к точности и повторяемости изготовления.
- Гибкость производства для обработки различных типов и размеров валов.

Возможности станков с ЧПУ:

- Тип и характеристики доступных станков (фрезерные, токарные, шлифовальные и т.д.).
- Максимальные размеры обрабатываемых деталей.
- Точность и скорость перемещений осей станка.
- Наличие специализированных функций и приспособлений для обработки шлицевых валов.

Анализ требований к изготавливаемым валам позволяет определить необходимые характеристики и параметры производственного процесса, а анализ возможностей станков с ЧПУ помогает выбрать оптимальное оборудование и методы обработки. На основе этих данных разрабатывается технологический процесс, который должен обеспечивать соответствие требованиям качества, производительности и эффективности производства.

3 Разработка технологического процесса Чертёж детали

Чертёж представлен на рисунке 2;3.

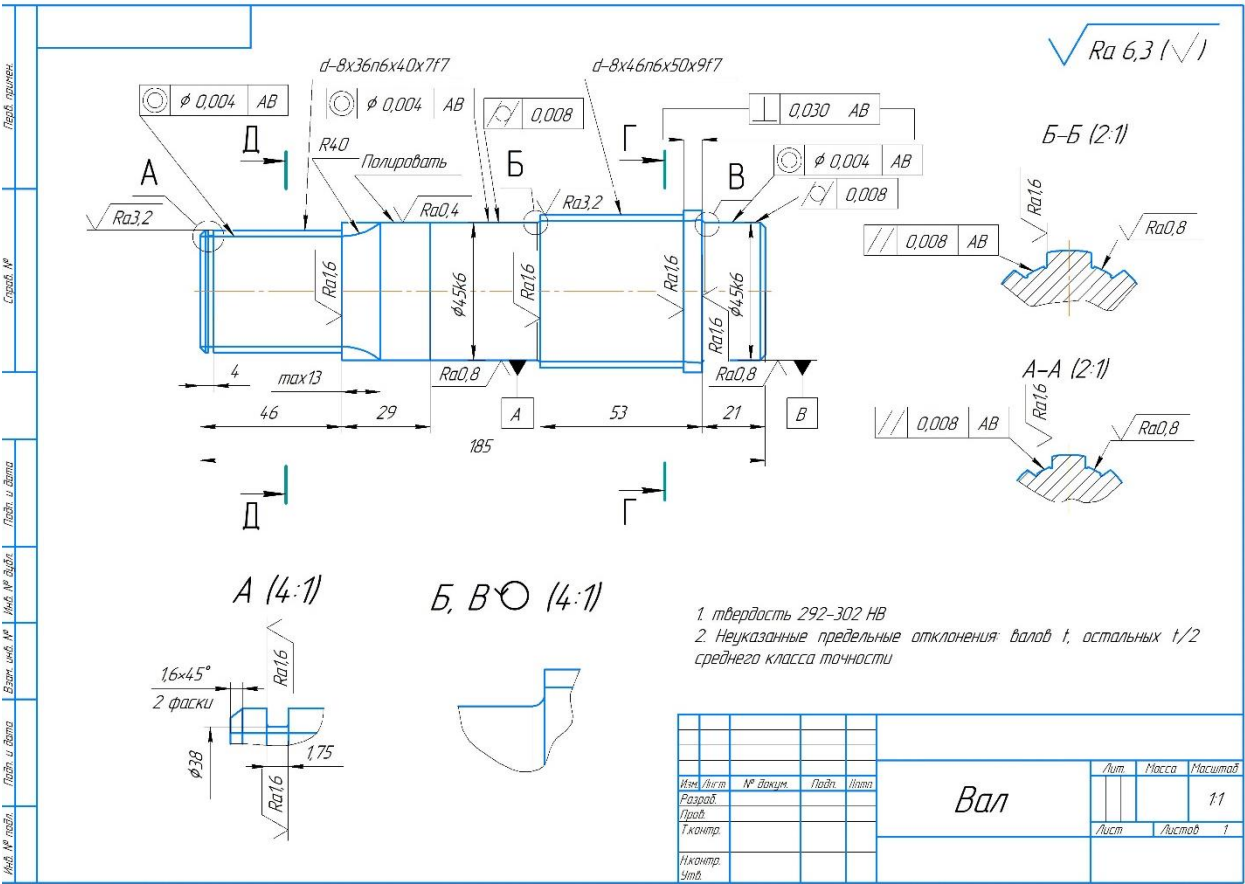


Рисунок 2 – Чертёж детали

Характеристики детали:
Материал – Сталь 45,
ГОСТ 1050-74

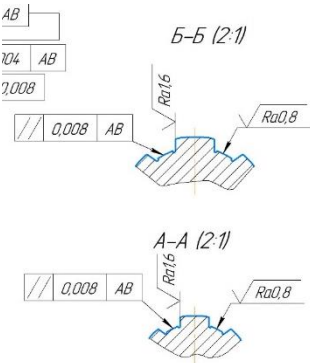


Рисунок 3-Чертеж детали

3.1 Выбор оптимальной технологической схемы изготовления шлицевых валов

Метод получения заготовки

На выбор метода получения заготовки оказывают влияние следующие факторы: материал детали, ее назначение и технические требования на изготовление, объем и серийность выпуска, форма поверхностей и размеры детали.

Рассмотрим два варианта получения заготовки – прокат и горячую штамповку.

Метод штамповки обычно применяют в крупносерийном и массовом производстве. В этих условиях штамп длительное время находится в эксплуатации и затраты на его изготовление окупаются. Форма и размеры штамповки максимально приближены к размерам и форме детали, что снижает расход материала на изделие, сокращает трудоемкость последующей мехобработки и расход режущего инструмента, а также повышает механические свойства изделия. Но по мере усложнения конструкции заготовки, уменьшению припусков, повышение точности размеров и параметров расположения поверхностей усложняется и удорожается технологическая оснастка заготовительного цеха и возрастает себестоимость заготовки.

Т.к. материал детали сталь 45, то способом получения заготовки может быть горячая штамповка или прутки из проката.

1. Расчет первого варианта получения заготовки - горячей штамповки.

Определяем массу заготовки

, где

- Объем ступеней цилиндра,

$=7,85 \text{ г/см}^3$ - плотность стали кг

Расчет общей стоимости изготовления детали

$S_{\text{дет}} = S_{\text{заг}} + S_{\text{осн}} + S_{\text{обр}} - S_{\text{отх}}$, где

$S_{\text{заг}}$ - затраты на материал и изготовление заготовки

$S_{\text{осн}}$ - затраты на оснастку на одну заготовку

$S_{\text{обр}}$ - затраты на механическую обработку заготовки

$S_{\text{отх}}$ - стоимость отходов при механической обработке

$S_{\text{обр}} = (M_{\text{заг}} - M_{\text{дет}}) \cdot 0,55 = (3,29 - 2,34) \cdot 0,55 = 0,52 \text{ ден. ед.}$

$M_{\text{заг}}$ - масса заготовки, кг

$M_{\text{дет}}$ - масса детали, кг

0,55- стоимость механической обработки 1 кг металла, ед

$S_{\text{отх}} = (M_{\text{заг}} - M_{\text{дет}}) \cdot S_{\text{отх}} \cdot 10 = (3,24 - 2,34) \cdot 99 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 10 = 0,904 \text{ ден.ед.}$

$S_{\text{отх}}$ - заготовительная цена одной тонны стружки

$S_{\text{отх}} = 99 \cdot 10^{-3} \text{ ден.ед}$ за 1 кг стружки

$S_{\text{осн}} = S_{\text{осн.опт}} \cdot 10/n = 2 \cdot 103 \cdot 10/1000 = 20 \text{ ден.ед}$

$S_{\text{осн.опт.}} = 2 \cdot 103 \text{ ден.ед}$ стоимость среднего штампа

$n = 1000 \text{ шт.}$ количество деталей в партии

$$C_{\text{заг}} = M_{\text{заг}} \cdot C_{\text{сп}} \cdot 10 = 3,29 \cdot 410 \cdot 10 - 3 \cdot 10 = 13,489 \text{ ден. ед.}$$

$C_{\text{сп}}$ - оптовая стоимость заготовки

$C_{\text{сп}} - 410 \cdot 10 - 3 \text{ ден.ед за 1 тонну}$

$$C_{\text{дет}} = 13,489 + 20 + 0,52 - 0,904 = 33,105 \text{ ден. ед.}$$

2. Расчет второго варианта получения заготовки - из проката

Для получения необходимой детали выбираем заготовку – прокат, диаметром 60 мм, длиной 195 мм.

Определяем массу заготовки подставим размеры в формулу в сантиметрах.

Расчет общей стоимости изготовления детали

$$C_{\text{дет}} = C_{\text{заг}} + C_{\text{обр}} - C_{\text{отх}}$$

$$C_{\text{обр}} = (M_{\text{заг}} - M_{\text{дет}}) \cdot 0,55 = (4,32 - 3,29) \cdot 0,55 = 0,56 \text{ ден. ед.}$$

$$C_{\text{отх}} = (M_{\text{заг}} - M_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{отх}} \cdot 10 = (4,32 - 3,29) \cdot 99 \cdot 10 - 3 \cdot 10 = 1,02 \text{ ден.ед.}$$

$$C_{\text{заг}} = M_{\text{заг}} \cdot C_{\text{сп}} \cdot 10 = 4,32 \cdot 410 \cdot 10 - 3 \cdot 10 = 17,7 \text{ ден. ед.}$$

$$C_{\text{дет}} = C_{\text{заг}} + C_{\text{обр}} - C_{\text{отх}} = 17,7 + 0,56 - 1,02 = 17,24 \text{ ден. ед.}$$

На основании условий работы детали, конструктивных особенностей редуктора, технических требований на изготовление нет необходимости упрощать конструкцию детали и заменять материал.

Деталь изготавливается из конструкционной стали 45 ГОСТ1050-74, которая обладает достаточно высокими прочностными свойствами, хорошо обрабатывается режущими инструментами, принимает закалку в широком диапазоне твердости при охлаждении в воде или масле.

Сталь 45 применяется для изготовления осей, вал-шестерней, коленчатых валов, оправок, реек, шпинделей, червяков, плунжеров, кулачковых муфт и других деталей повышенной прочности.

Из экономических расчетов делаем вывод, что наиболее экономически целесообразным является заготовка из прутка.

Чертёж заготовки представлен на рисунке 4.

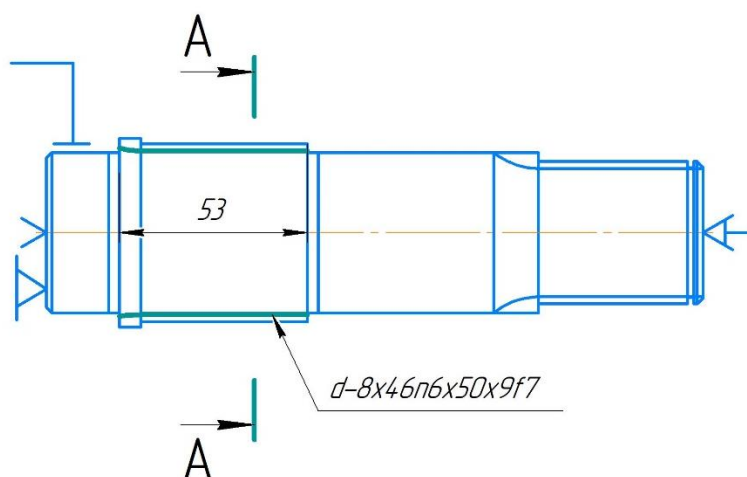
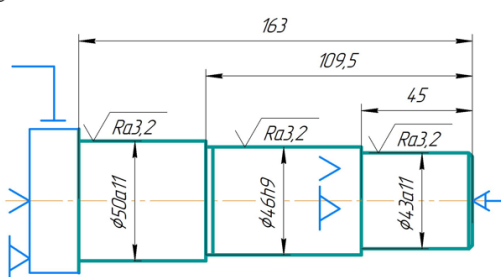
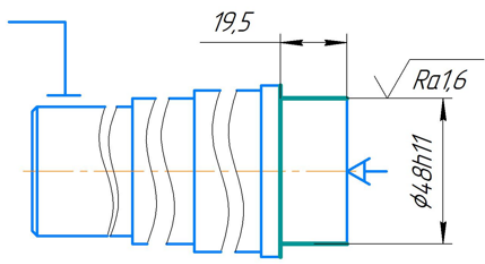
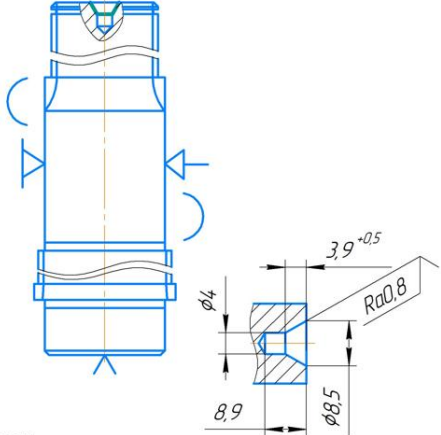


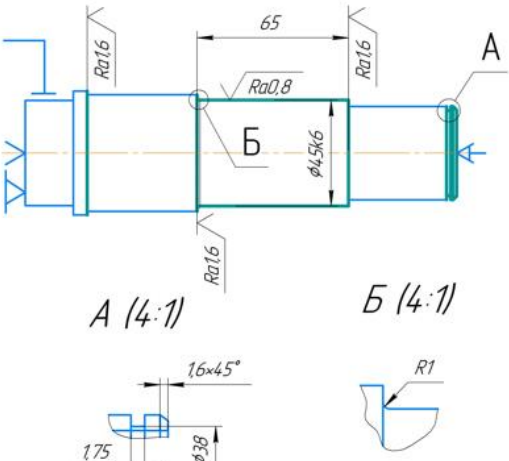
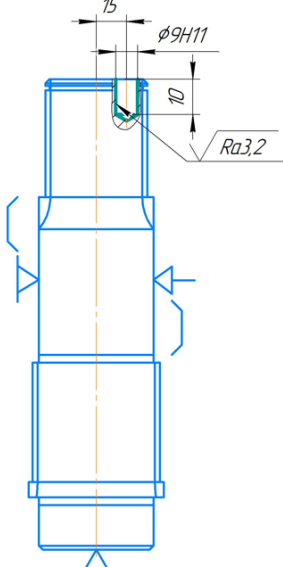
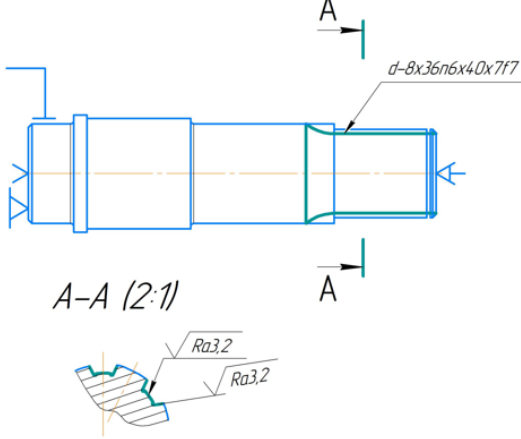
Рисунок 4 – Эскиз детали

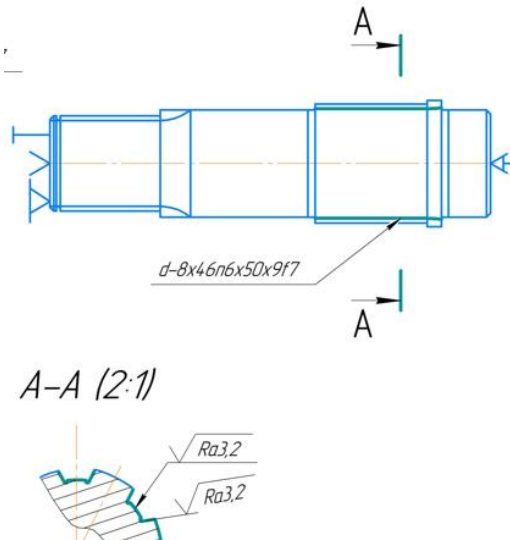
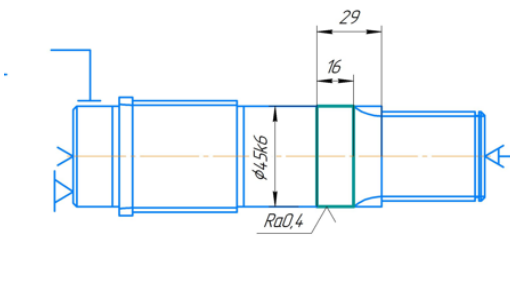
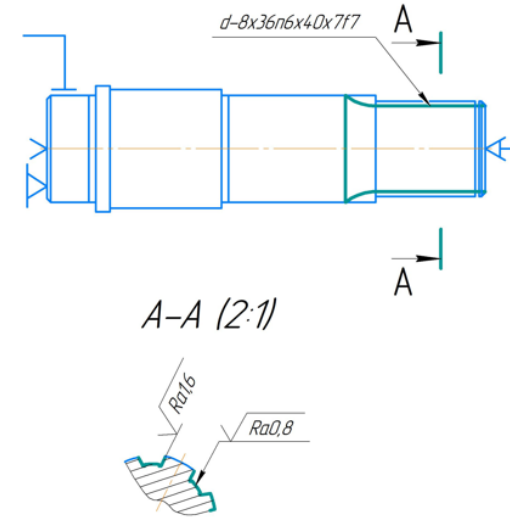
3.2 Определение последовательности операций и параметров обработки

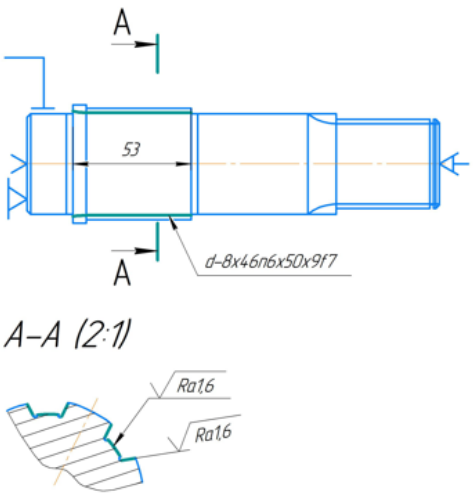
Таблица 3- Операции и параметры обработки

Операции	Чертеж обработки	Используемое оборудование
005 Заготовительная		Отрезной станок
010 Правочная		Пресс для правки
015 Фрезерная Фрезерование торцов и зацентровка		Фрезерно-центровальный станок

020 Токарная с ЧПУ (черновая) Черновая обточка основных диаметров вала $\varnothing 53$, $\varnothing 48$, $\varnothing 43$ мм		Токарный станок с ЧПУ
025 Токарная с ЧПУ (чистовая) Чистовая обточка основных диаметров вала $\varnothing 50$, $\varnothing 45$, $\varnothing 40$ мм		Токарный станок с ЧПУ
030 Вертикально-сверлильная Сверление и развертывание отверстия в торце $\varnothing 6$ мм		Вертикально-сверлильный станок

035 Шлицефрезерная Нарезание шлицев	 А (4:1) Б (4:1)	Шлицефрезерный станок
040 Шлицефрезерная Нарезание шлицев		Шлицефрезерный станок
045 Термическая обработка НВ 292-302	 А-А (2:1)	Электродпечь и закалочная ванна

050 Центрошлифовальная	 $d=8x46n6x50x9f7$ A-A (2:1) Ra3,2	Центрошлифовальный станок
055 Круглошлифовальная с ЧПУ Шлифование шеек под подшипники Ø45 мм	 29 16 $\phi 45$ Ra0,4 A-A (2:1)	Круглошлифовальный станок с ЧПУ
060 Полировальная Полировка шейки	 $d=8x36n6x40x7f7$ A-A (2:1) Ra16 Ra0,8	Полировальный станок
065 Шлицешлифовальная		Шлицешлифовальный станок

070	Шлицешлифовальная		Шлицешлифовальный станок
075	Контрольная		-

Расчет режимов резания.

При назначении режимов резания необходимо учитывать характер обработки, тип и размер инструмента, материал его режущей части и состояние заготовки. При черновой обработке назначают по возможности максимальную глубину резания и максимально возможную подачу, исходя из жесткости системы, мощности станка и других ограничивающих факторов.

Аналитический метод:

1) Операция 015 токарная (черновая). Установ А, переход 1.

Глубина резания - мм.

Осевая глубина резания мм.

Подачу принимаем мм/об;

Стойкость инструмента мин.

Скорость резания v , м/мин:

Где коэффициент $C_v = 141$ и показатели степени $X_v = 0,15$ и $Y_v = 0,25$ принимаем по [3, табл. 4]

Принимаем поправочный коэффициент $K_T = 1$ для нормативного периода стойкости инструмента.

Поправочный коэффициент K_{Hv} учитывает свойства обрабатываемого материала:

для стали

Значения $CHV = 1000$ и $nv = 1,3$ принимаем по [3, табл. 10.]

Поправочный коэффициент $K_{\square v}$ учитывает геометрические параметры резца в плане:

Поправочный коэффициент $K_{mv} = 1,15$ назначаем по [3, табл. 11] м/мин

Определение частоты вращения шпинделя станка

Частоту вращения шпинделя n , об/мин, определяют по формуле мин-1

Принимаем $n = 1100$ мин⁻¹ по паспорту станка.

Уточненное значение скорости резания:

Главная составляющая силы резания:

, Н

Назначаем $CP = 1950$, $X_p = 1$, $Y_p = 0,81$.

Поправочный коэффициент на силу резания K_H , учитывающий свойства обрабатываемого материала:

Назначаем $CH = 0,04$ и $n_P = 0,61$ [3, табл. 13].

Подставляем полученные значения:

Н

Эффективная мощность резания:

кВт;

кВт, т.е. имеем запас по мощности.

Для остальных операций режимы резания определяем по машиностроительным нормативам.

3.3 Характеристика возможностей современных CAD систем

На сегодняшний день существуют различные CAD пакеты. К CAD пакетам, которые используют для построения твердотельной модели, можно отнести: «SolidWorks», «AutoCAD», «Unigraphics», «Inventor», КОМПАС – 3D V12.

Основными особенностями большинства вышеперечисленных CAD пакетов являются:

- твердотельное и поверхностное параметрическое моделирование;
- полная ассоциативность между деталями, сборками и чертежами;
- богатый интерфейс импорта/экспорта геометрии;
- экспресс-анализ прочности деталей и кинематики механизмов;
- специальные средства по работе с большими сборками;
- простота в освоении и высокая функциональность;
- гибкость и масштабируемость;
- 100% соблюдение требований ЕСКД при оформлении чертежей;
- русскоязычный пользовательский интерфейс и документация.

3.4 Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ

Система для построения чертежа и конструкции

КОМПАС – 3D V12 – продукт компании ЗАО АСКОН. Так как он сочетает очень продуманный CAD-пакет с простым и понятным интерфейсом.

Система позволяет реализовать классический процесс трехмерного

параметрического проектирования — от идеи к ассоциативной объемной модели, от модели к конструкторской документации.

Основные компоненты «КОМПАС-3D» — собственно система трехмерного твердотельного моделирования, универсальная система автоматизированного проектирования КОМПАС-График и модуль проектирования спецификаций.

Система «КОМПАС-3D» предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства.

Ключевой особенностью «КОМПАС-3D» является использование собственного математического ядра и параметрических технологий, разработанных специалистами АСКОН.

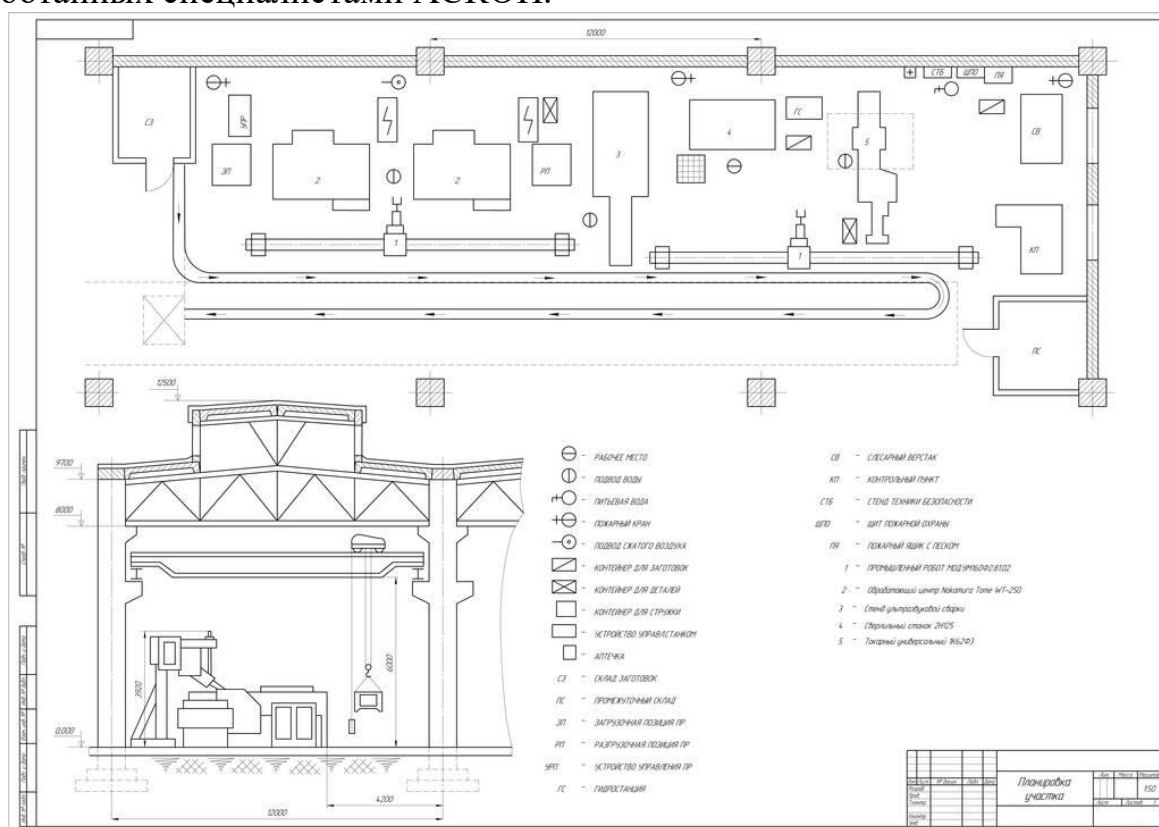


Рисунок 5-Планировка участка с ЧПУ станками

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Таблица 4 - Идентификация профессиональных рисков

Наименование операции	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Заготовительная Термическая	движущиеся механизмы и их незащищенные подвижные части; передвигающиеся изделия, заготовки; разрушающиеся конструкции; повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхностей оборудования и материалов; повышенная температура рабочей зоны; повышенные уровни шума, вибрации; динамические перегрузки; монотонность труда.	Оборудование (печи, пресс, охлаждающая ванна), заготовка.
Моечная	Высокие влажность и скорость движения воздуха; движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная температура рабочей зоны; высокое напряжение электрической цепи.	Испарения, транспортер моечный, моечная камера

Токарная, шлицефрезерная, шлифовальные	движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части; повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная температура рабочей зоны; повышенные уровни шума, вибрации; повышенные значения напряжения в электрической цепи; острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования; недостаточная освещенность рабочей зоны; токсические химические вещества; статические перегрузки; динамические перегрузки; перенапряжение анализаторов; монотонность труда.	Станки, оснастка, заготовка, рабочая зона
--	---	---

4.1 Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Таблица 5 - Методы и средства защиты, снижения производственного фактора

№	Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Движущиеся механизмы и их незащищенные подвижные части;	Защитный экран рабочей зоны оборудования; защитные ограждения и указатели опасной зоны около оборудования	Специальная одежда
2	Передвигающиеся изделия, заготовки	Защитный экран рабочей зоны оборудования; виброизоляция оборудования.	Защитные очки; спец. одежда
3	Разрушающиеся конструкции.	Защитный экран рабочей зоны оборудования; виброизоляция оборудования.	-
4	Повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны; токсические химические вещества	Система вентиляции и кондиционирования атмосферного воздуха; система охлаждения активных органов оборудования и зоны обработки	Специальная одежда респиратор.
5	Повышенная температура поверхностей оборудования и материалов; повышенная температура рабочей зоны	Полив СОЖ в зону обработки; защитный экран рабочей зоны оборудования; система вентиляции и кондиционирования атмосферного воздуха	Специальная одежда

6	Статические перегрузки; динамические перегрузки; перенапряжение анализаторов; монотонность труда	Соблюдение санитарно-гигиенических норм режима труда и отдыха.	
7	Высокая влажность и скорость движения воздуха.	Система вентиляции и кондиционирования атмосферного воздуха	Специальная одежда (резиновые перчатки, фартук).
8	Недостаточная освещенность рабочей зоны	Правильная организация общего и локального освещения	-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной дипломной работы был представлен и исследован технологический процесс изготовления шлицевого вала на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) в машиностроении. Рассмотрены основные этапы процесса, включая подготовку оборудования и материалов, программирование станка, обработку заготовки, изготовление шлицев и заключительные операции.

Исследование продемонстрировало, что разработанный технологический процесс обладает высокой эффективностью и практической значимостью. Применение современных станков с ЧПУ позволяет достичь высокой точности и повторяемости производства, что в свою очередь способствует улучшению качества изготавливаемых валов и сокращению времени производства.

Оценка эффективности процесса показала его потенциал для успешного внедрения на промышленных предприятиях машиностроения. Правильный выбор материалов и оптимальные параметры обработки позволяют добиться оптимального сочетания качества, производительности и экономической эффективности.

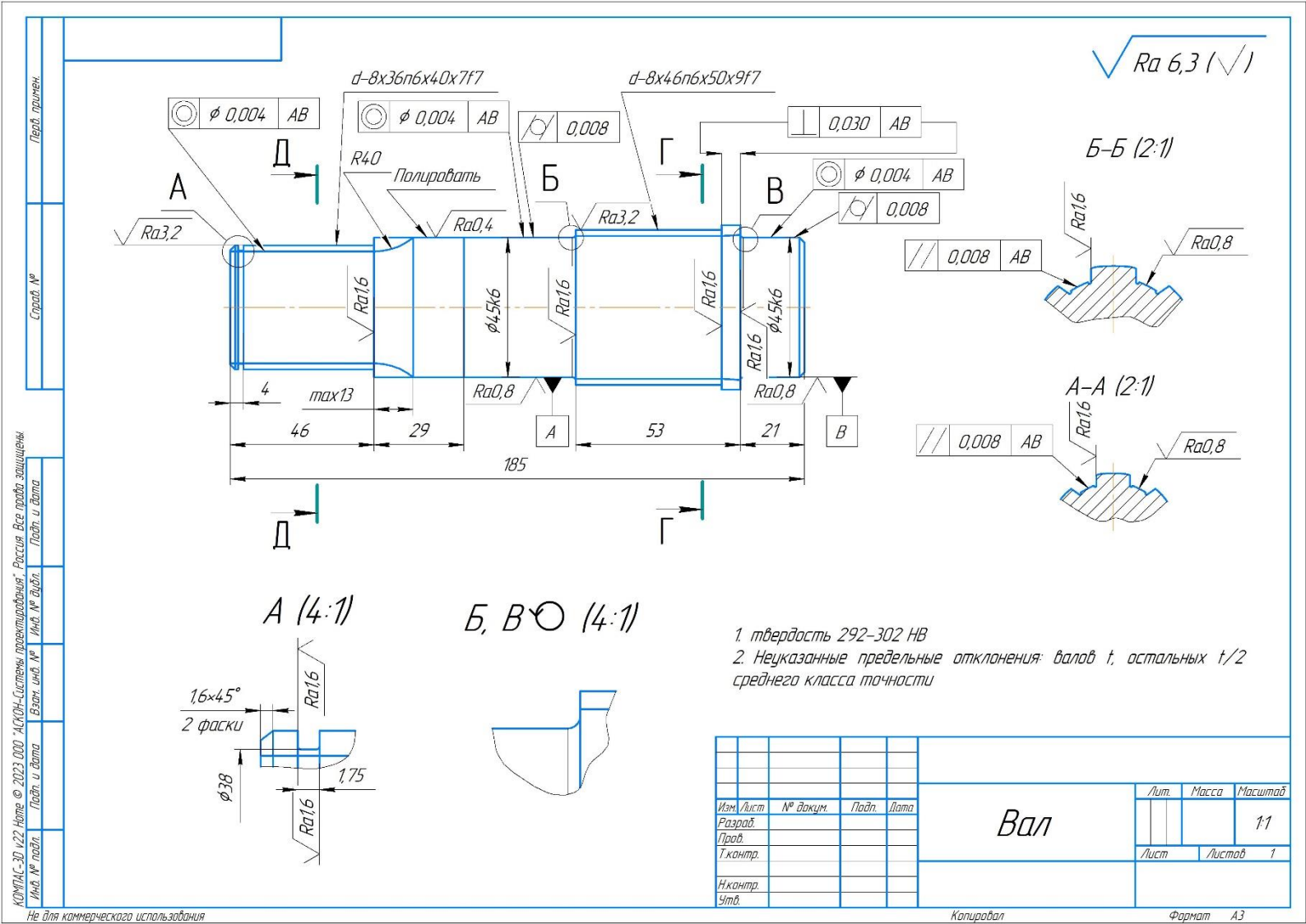
Для дальнейшего развития и совершенствования процесса рекомендуется проведение дополнительных исследований по оптимизации параметров обработки, а также расширение ассортимента материалов и инструментов. Это позволит увеличить гибкость производства и адаптировать его под конкретные требования заказчиков и рыночные условия.

В заключение, разработанный технологический процесс изготовления шлицевых валов представляет собой важный шаг в развитии современной машиностроительной отрасли, обеспечивая ее конкурентоспособность и способствуя повышению качества и эффективности производства.

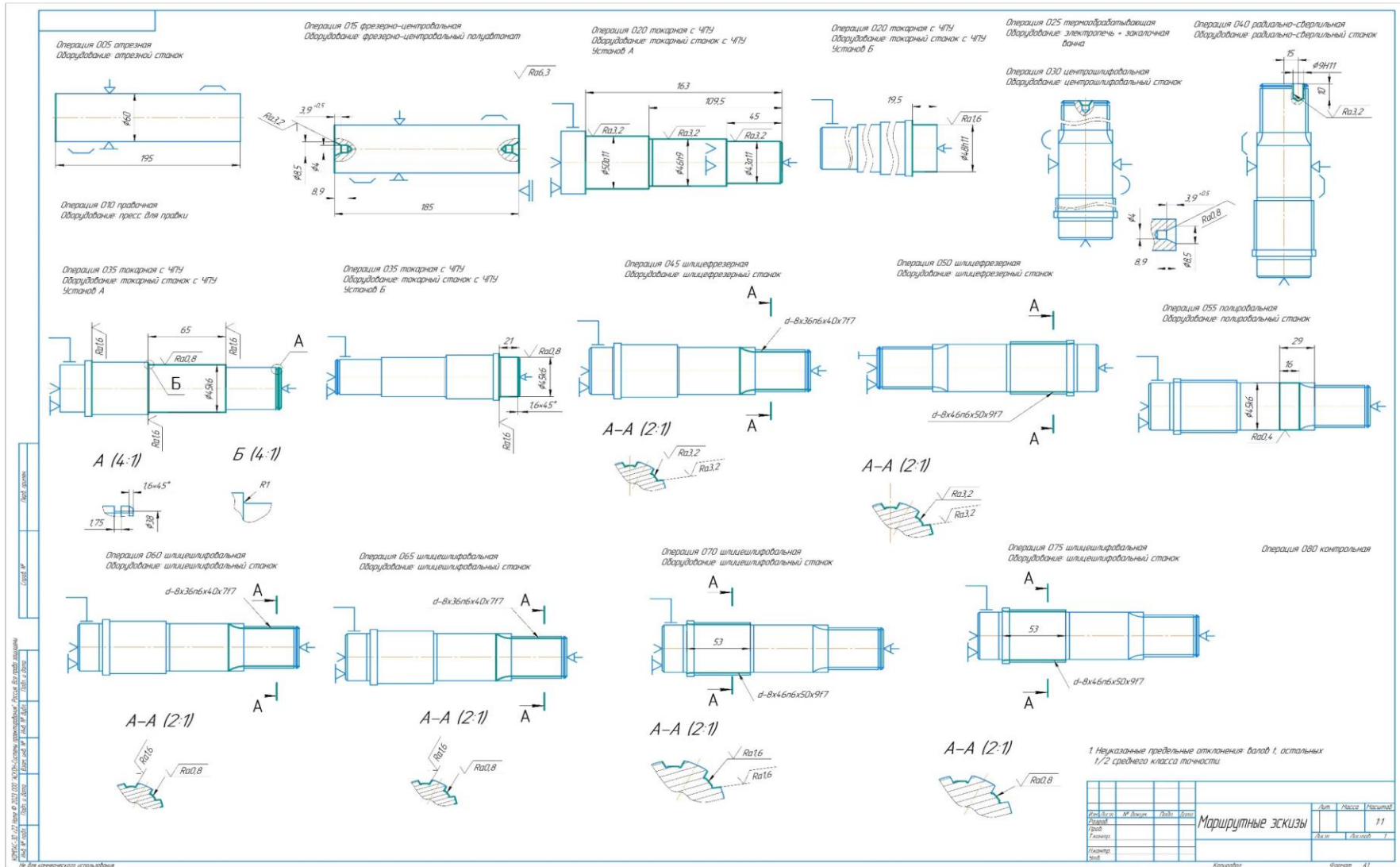
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Уч. / Б.М. Базров. - М.: Инфра-М, 2019. - 492 с.
2. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. - М.: Альянс, 2015. - 256 с.
3. Мещеряков, Р.К. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. - М.: Машиностроение, 2014.
4. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В. Ф. Скворцов. – 2-е изд.- Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015 – 91 с.
5. Охрана окружающей среды. Учебное пособие для студентов ВУЗов./ Под ред. Белова С.В. – М.: Высшая школа, 2013 – 264с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2/Под ред. А.М. Дальского. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., исправленное.- М.: Машиностроение-1, 2016г. 944 с., ил

Приложение А

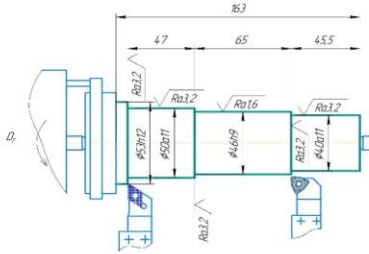


Приложение Б



Приложение В

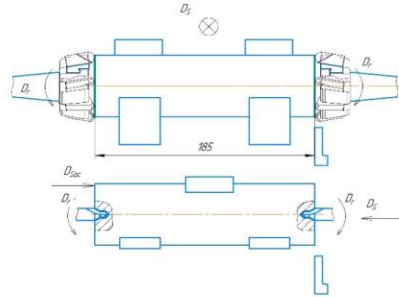
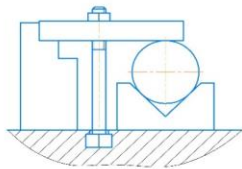
Операция 020 токарная с ЧПУ
Оборудование: токарный станок с ЧПУ MicroPanther 446
Инструмент: резец проходной упорный отогнутый
с СМТ Sandvik Coromant
резец контурный с СМТ Sandvik Coromant
Установ А



№ периода	t, мм	S, мм/год	V, мм/млн	Q, год/млн	I ₀ , млн
2-3-4	3.5	0.4	1914	1850	0.36
5-6-7	2.5	0.3	226	1500	0.24
9-10-11	2.5	0.4	190	1375	0.08
13-14-15	1.5	0.3	226	1800	0.09
15-16-17	1	0.2	275.6	1900	0.17
17-18-19	1.5	0.3	219.8	1400	0.12

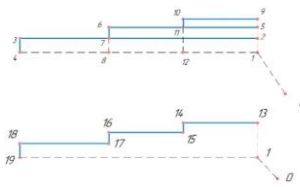
1. Неуказанные предельные отклонения: балов 1, остальных 1/2 среднего класса точности.

Операция 015 Фрезерно-центровальная
Инструмент Тараторка насадная дрель с вставными пластинами
ТБХ6 ГОСТ24359-80 (2 шт.)
Сверло центровочное комбинированное ГОСТ14952-75 (2 шт.)
Оборудование Фрезерно-центровальный станок МР-71М
Принадлежности Тиски с откидным упором

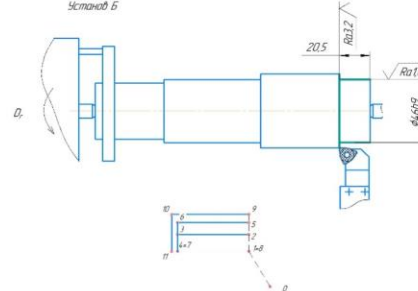


№ перехода	t , мм	S , мм/об	V , м/мин	n , об/мин	t_0 , мин
1	5	0,2	124,84	497	13
2	2	0,1	10,2	815	0,11

1 Неуказанные предельные отклонения валов t , остальных $t/2$ среднего класса точности.

 $\sqrt{Ra_{6,3}}$ 

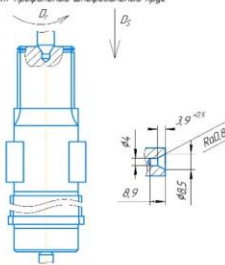
Операция: ОЗТ токарная с ЧПУ
Оборудование: токарный станок с ЧПУ MicroPanther 446
Инструмент: резец проходной упорный отогнутый
с CMT Sandvik Coromant
Установ Б



<i>N</i> пещерода	<i>l</i> , мм	<i>S</i> , мм/об	<i>V</i> , м/мин	<i>n</i> , об/мин	<i>l</i> ₀ , мин
2-3-4	3,5	0,4	1914	1150	0,05
5-6-7	2,5	0,3	226	1500	0,043
9-10-11	1	0,2	275,6	1900	0,05

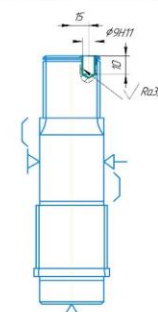
1. Неуказанные предельные отклонения валов t , остальных $1/2$ среднего класса точности.

Операция 030 центрошлифовальная
Оборудование: центрошлифовальный станок Supertec CG-1215
Инструмент: профильный шлифовальный круг



N перехода	t , мм	S , мм/об	V , м/с	n , об/мин
1	0,01	0,001	35	4000
2	0,01	0,001	35	4000

Операция 040 радиально-сверлильная
Оборудование радиально-сверлильный станок



<i>N</i> перехода	<i>l</i> , мм	<i>S</i> , мм/об	<i>V</i> , м/мин	<i>n</i> , об/мин
1	4	0,02	35	4000
2	0,5	0,03	35	4000

1. Неуказанные предельные отклонения валов t , остальных $1/2$ среднего класса точности

[illegible]

bioRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2022.02.02.472811>; this version posted February 2, 2022. The copyright holder for this preprint (which was not certified by peer review) is the author/funder, who has granted bioRxiv a license to display the preprint in perpetuity. It is made available under aCC-BY-NC-ND 4.0 International license.

Не для коммерческого использования

Приложение Г

