ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

«ВОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Оцифровка, доводка и создание прототипа детали посредством 3D моделирования

«ВАЛ-ШеСТЕРНЯ»

МДК.01.02. Методы создания и корректировки компьютерных моделей ПМ.01 Создание и корректировка компьютерной модели

КП01 15.02.09.00.31.13 ПЗ

|  |
| --- |
| Выполнил:  студент 3 курса группы АДТ-31  Мусин Кирилл Романович  Руководитель проекта: преподаватель Мифтахов Наиль Ильгизович |

Вольск 2025

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| СОДЕРЖАНИЕ |  |
| Введение | 3 |
| 1 Теоретическая часть | 9 |
| 1.1 Описание предметной области исследования |  |
| 1.2 Обоснование целесообразности проекта |  |
| 1.3 Описание технологий создания и корректировки цифровых моделей |  |
| 2 Практическая часть | 15 |
| 2.1 Описание изделия оцифровки |  |
| 2.2 Процесс оцифровки |  |
| 2.2.1 Сканирование или ручной обмер |  |
| 2.2.2 Моделирование |  |
| 2.2.3 Практическое применение изделия |  |
| 3 Охрана труда и техника безопасности | 23 |
| 3.1 Эргономические требования к рабочему месту |  |
| 3.2 Требования по охране труда и правила техники безопасности |  |
| Заключение | 27 |
| Список использованных источников и литературы  Приложения |  |

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии проектирования и производства претерпевают значительные изменения благодаря цифровизации. Одним из ключевых направлений развития в области машиностроения, приборостроения и аддитивных технологий является процесс создания цифровых моделей изделий. Он включает в себя несколько важных этапов: оцифровку физического объекта, его доводку с использованием специализированного программного обеспечения и, при необходимости, изготовление физического прототипа. Эти процессы находят широкое применение в промышленности, реверс-инжиниринге, реставрации и других сферах, требующих высокой точности воспроизведения деталей.

Еще недавно аддитивные технологии не считались за серьезное направление, к ним относились как к локальному способу производства, из-за его дороговизны, сложности и малого количества людей, умеющих работать на 3D-принтерах. Однако сейчас они считаются крайне уважаемым и потенциальным направлением в области машиностроении. Обучение 3D-технологиям активно проводится различными образовательными учреждениями, и каждый год выпускается огромное количество специалистов, готовых дальше развивать это направление.

Одним из наиболее перспективных и востребованных на момент написания работы направлений в области аддитивных технологий является реверс-инжиниринг (обратное проектирование). Реверс-инжиниринг – процесс анализа и понимания работы существующего продукта, системы или технологии с целью воссоздания его работы, улучшения или замены Основным оборудованием в 3D-сканировании, соответственно, является сами сканеры. В свою же очередь сканеры делятся на ручные и стационарные.

Стационарные работают быстро и подходят для промышленного производства, однако в нем все делать программа, достаточно просто поставить подготовленный объект сканирования на поворотный стол и настроить программу.

В нашем распоряжении будут стационарные сканер Range Vision Spectrum.

Быстрая передача данных USB 3.0. Из стационарных присутствуют сканеры Range Vision Spectrum. Хороший сканер с хорошим качеством и простой использования. Просто хороший сканер, работающий автоматически и использующий поворотный столик, чтобы просканировать все грани объекта.

Объектом исследования будет ступенчатый вал. Целью является сканирование вала, обработка полученного скана, далее создание собственной 3D-модели, и, так как объект является техническим, его чертеж. Для обработки скана будет использоваться программа Geomagic Desing X, так как это лучшая программа для обработки отсканированных модель, из-за большого разнообразия инструментов, в особенности для работы с полигонами, однако не очень хорошо подходящая для технически точным объектов, поэтому очень важно будет получить хороший скан. А для создания модели и чертежа программа Компас3D, так как эта программа великолепно работает, если требуется построить технически точную деталь, к тому же позволяет автоматически создать чертеж. Из-за такого выбора программ контраст разницы скана и редактируемой модели будет виден лучше всего.

В данной курсовом проекте рассматривается процесс создания цифровой модели вала-шестерни, начиная от его оцифровки с помощью 3D-сканера Range Vision Spectrum и заканчивая получением готовой цифровой модели в системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D. Данная тема является актуальной, так как вал-шестерня представляет собой одну из наиболее распространенных механических деталей, применяемых в передаточных механизмах, редукторах, двигателях и прочих технических системах.

Актуальность темы

Развитие цифровых технологий проектирования обусловлено рядом факторов. Прежде всего, традиционные методы измерения и проектирования уступают место 3D-сканированию, которое обеспечивает более высокую точность, минимизирует ошибки и ускоряет процессы проектирования. Оцифрованные модели деталей могут быть использованы не только для их воспроизведения, но и для оптимизации конструкции, тестирования на виртуальных стендах, а также для последующего производства с использованием аддитивных технологий.

Кроме того, процесс оцифровки и моделирования позволяет решить ряд задач, связанных с импортозамещением. В условиях, когда многие детали и узлы больше не производятся или имеют сложные логистические ограничения, возможность их воспроизведения с помощью 3D-сканирования становится особенно востребованной.

Цель и задачи курсового проекта

Целью данной работы является разработка цифровой модели детали «вал-шестерня» путем её оцифровки, доводки и подготовки к возможному прототипированию.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Провести анализ предметной области, выявить наиболее эффективные технологии оцифровки и создания цифровых моделей.

2. Изучить методы и инструменты обработки 3D-сканированных данных, включая программное обеспечение Range Vision ScanCenter, Geomagic Design X и КОМПАС-3D.

3. Осуществить процесс сканирования детали с использованием 3D-сканера Range Vision Spectrum, выявить возможные погрешности и способы их устранения.

4. Провести корректировку и доводку полученной цифровой модели в системе автоматизированного проектирования. (Geomagic Design X, КОМПАС-3D)

5. Оценить возможности практического применения полученной модели, включая её использование в производстве или анализе работоспособности.

6. Рассмотреть аспекты охраны труда при работе с 3D-сканерами, компьютерными системами моделирования и аддитивными технологиями.

Объект и предмет исследования

Объект исследования – процессы оцифровки, доводки и создания цифровых моделей изделий.

Предмет исследования – применение 3D-сканирования и последующей обработки данных для создания цифровой модели вала-шестерни.

Методы исследования

В ходе выполнения работы используются следующие методы:

Практическое применение 3D-сканирования – процесс получения облака точек и его последующая обработка.

Анализ программного обеспечения – изучение функциональных возможностей Range Vision ScanCenter и КОМПАС-3D.

Методы цифрового моделирования – корректировка, доработка и адаптация модели для различных видов использования.

Существуют различные методы решения задач. В работе буду использованы метод анализа, метод сравнения и метод измерения. Структура работы включает в себя введение, теоретическую часть, практическую часть, охрану труда и технику безопасности, заключение, список источников и литературы.

Деталью исследования вал шестерня. В этом стандарте «вал» — термин, условно применяемый для обозначения наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

Для валов-шестерен применяются различные ГОСТы, в зависимости от их конструкции, размеров, материалов и методов обработки. Вот основные:

1. Общие стандарты на валы и зубчатые колеса

ГОСТ 9563-2016 – Валы зубчатых передач. Основные размеры.

ГОСТ 14034-74 – Валы. Конструкции и размеры.

ГОСТ 16532-70 – Валы зубчатых передач. Допуски формы и расположения поверхностей.

ГОСТ 13755-81 – Валы и оси. Предельные отклонения размеров.

2. Стандарты на зубчатые зацепле

ГОСТ 1643-81 – Основные нормы взаимозаменяемости зубчатых цилиндрических колес (модули 1–15).

ГОСТ 592-81 – Основные параметры эвольвентного зацепления цилиндрических зубчатых колес.

ГОСТ 21354-87 – Цилиндрические передачи с прямыми и косыми зубьями. Основные параметры.

3. Стандарты на посадки и шпоночные соединения

ГОСТ 23360-78 – Валы и ступицы. Шпоночные соединения. Размеры.

ГОСТ 24643-81 – Валы и ступицы. Шлицевые соединения. Основные размеры.

ГОСТ 1139-80 – Шпоночные соединения. Размеры и допуски.

4. Стандарты на материалы и термообработку

ГОСТ 4543-2016 – Стали конструкционные легированные. Марки.

ГОСТ 19265-73 – Стали для зубчатых колес. Технические условия.

ГОСТ 8479-70 – Термообработка зубчатых колес и валов

Если вал-шестерня имеет особые требования (например, используется в редукторах, турбинах или других механизмах) могут понадобиться дополнительные ГОСТы.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Описание предметной области исследования

Современные инженерные технологии требуют высокоточного проектирования, автоматизированного производства и цифровых решений для повышения эффективности. В условиях индустриализации и цифровизации широко применяются методы 3D-моделирования, ставшие неотъемлемой частью жизненного цикла изделия.

Цифровые методы моделирования востребованы в машиностроении, автомобилестроении, аэрокосмической отрасли и других сферах. Они повышают точность деталей, сокращают сроки разработки, минимизируют ошибки и оптимизируют производство. Современные программные комплексы позволяют инженерам создавать детализированные цифровые модели, что особенно важно при прототипировании и подготовке к серийному выпуску.

Одним из ключевых направлений цифрового производства является аддитивное производство (3D-печать), основанное на послойном добавлении материала. Этот метод позволяет изготавливать сложные детали, недоступные традиционным способам. Главное преимущество — гибкость: можно легко вносить изменения в конструкцию на этапе цифрового проектирования без дорогостоящих доработок физического прототипа.

Оцифровка физических объектов является важным этапом цифрового проектирования. Она позволяет создать точную 3D-модель изделия для дальнейшей модификации, оптимизации и интеграции в механические системы. Применяется в:

* Разработке и модернизации изделий.
* Обратном проектировании (восстановлении документации существующих деталей).
* Контроле качества (сравнение с цифровым эталоном).
* Реставрации и ремонте оборудования.

В данной работе рассматривается процесс оцифровки и цифрового моделирования вала-шестерни — важного элемента редукторов, трансмиссий и приводов. Ключевые требования к таким деталям:

* Высокая точность геометрии (малейшие отклонения ведут к износу и снижению КПД).
* Прочность и долговечность (устойчивость к высоким нагрузкам).
* Минимальные допуски (обеспечение точности производства).

Оцифровка выполняется с помощью 3D-сканера Range Vision Spectrum, исключая длительные ручные измерения. Полученная цифровая модель обрабатывается в КОМПАС-3D, включая:

* Корректировку формы (устранение дефектов сканирования).
* Детализацию модели (уточнение мелких элементов).
* Оптимизацию конструкции (учёт эксплуатационных требований).
* Подготовку к производству (адаптация под аддитивные или традиционные методы изготовления).

Таким образом, комплексный подход к оцифровке и цифровому моделированию повышает точность, эффективность производства и снижает вероятность ошибок. Современные технологии позволяют не только создать цифровую копию вала-шестерни, но и оптимизировать её конструкцию для улучшения эксплуатационных характеристик.

1.2 Обоснование целесообразности проекта

Современные тенденции промышленного производства и инженерного моделирования подтверждают растущую востребованность цифровых технологий, обусловленную их преимуществами перед традиционными методами. Повышенные требования к качеству, точности и снижению затрат делают цифровые методы ключевыми для конкурентоспособного производства.

Одним из важнейших направлений цифровизации является оцифровка изделий и создание их 3D-моделей. Этот процесс оптимизирует проектирование, повышает точность, минимизирует ошибки и снижает временные и материальные затраты.

Преимущества 3D-сканирования

3D-сканирование обеспечивает высокую точность измерений, исключая человеческий фактор и ошибки, присущие традиционным методам. Оно особенно важно для деталей сложной геометрии, где ручные измерения малоэффективны.

Гибкость цифрового моделирования

Цифровые модели позволяют оперативно вносить изменения без затрат на физические прототипы. Их редактирование, тестирование и оптимизация в ПО (КОМПАС-3D, SolidWorks, AutoCAD) ускоряют разработку, снижая отходы и расходы.

Архивирование и повторное использование моделей

Цифровые модели упрощают серийное производство, позволяя:

1. Быстро воспроизводить детали без повторного сканирования.
2. Вносить изменения с минимальными затратами.
3. Сохранять документацию для сертификации и контроля качества.

Автоматизация и интеграция

Использование цифровых моделей с ЧПУ-станками и 3D-принтерами:

1. Сокращает время производства.
2. Повышает точность изготовления.
3. Обеспечивает стабильные результаты в серийном производстве.

Проектирование и цифровое моделирование вала-шестерни — актуальная задача, способствующая:

* Повышению качества и точности.
* Сокращению затрат и времени производства.
* Гибкости в изменениях конструкции.
* Автоматизации процессов и минимизации ошибок.

Цифровые технологии обеспечивают оптимизацию всех этапов работы, делая их перспективными и востребованными в современной промышленности.

1.3 Описание технологий создания и корректировки цифровых моделей  
  
Создание цифровых моделей – это многоэтапный технологический процесс, включающий оцифровку физических объектов, обработку данных, построение 3D-модели, её корректировку и подготовку к дальнейшему использованию. Современные методы позволяют с высокой точностью воспроизводить изделия в цифровом формате, что облегчает проектирование, анализ и производство, минимизируя ошибки ручного моделирования и ускоряя процесс разработки.

Основные этапы процесса

1. Оцифровка объекта

На этом этапе создаётся трёхмерное представление физического объекта с помощью специализированного оборудования. В данной работе используется 3D-сканер **Range Vision Spectrum**, который позволяет:

* Точно фиксировать форму и геометрию изделия, исключая погрешности ручного измерения.
* Автоматизировать сбор геометрических данных, что ускоряет процесс моделирования.
* Создавать детализированную цифровую модель с высокой точностью.

В ходе сканирования формируется **облако точек** – массив координат, описывающих поверхность объекта. Эти данные служат основой для дальнейшего построения модели.

2. Обработка облака точек

После сканирования полученные данные требуют очистки и оптимизации. На этом этапе выполняются:

* Фильтрация – удаление лишних или ошибочных точек.
* Совмещение сканов – объединение данных, если объект сканировался с разных ракурсов.
* Удаление шумов и артефактов, возникающих при сложной геометрии поверхности.
* Преобразование облака **точек в полигональную сетку**, удобную для дальнейшей работы.

Эти операции проводятся в специализированных программах, таких как RangeVision ScanCenter или CAD-системах.

3. Создание твердотельной модели

Полигональная сетка преобразуется в **полноценную 3D-модель**. На этом этапе:

* Оптимизируется форма, если в процессе сканирования возникли искажения.
* Формируются объёмные поверхности, соответствующие реальному объекту.
* Корректируется структура модели для дальнейшей обработки.

Готовая модель может использоваться для инженерных расчётов, прочностного анализа, проектирования и производства.

4. Корректировка и доработка модели

Цифровая модель проходит финальную обработку в **КОМПАС-3D**, где могут выполняться:

* Изменение геометрии для соответствия заданным параметрам.
* Сглаживание поверхностей для устранения дефектов.
* Добавление или удаление элементов конструкции.
* Использование параметрического моделирования для автоматизации проектирования.

Этот этап позволяет привести модель к финальному виду, соответствующему требованиям производства.

5. Экспорт и подготовка к использованию

Финальная модель подготавливается для различных задач:

* Экспорт в нужные форматы (STL, STEP, IGES, OBJ и др.).
* Подготовка к 3D-печати – проверка на герметичность, оптимизация геометрии.
* Разработка управляющих программ для ЧПУ, если требуется механическая обработка.
* Интеграция в CAD-системы для дальнейшего проектирования и сборки.

2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Описание изделия оцифровки

Оцифровка изделия — это процесс преобразования физического объекта в его точную цифровую модель, которая может быть использована для анализа, оптимизации, производства или архивирования. В данном проекте объектом оцифровки является вал-шестерня — механический компонент, играющий ключевую роль в передаче крутящего момента и изменении скорости вращения в различных механизмах. Данный элемент должен соответствовать строгим требованиям по прочности, точности изготовления и износостойкости. Создание цифровой модели вала-шестерни позволяет не только сохранить его геометрию, но и открывает возможности для улучшения конструкции, адаптации под современные стандарты и интеграции в новые системы.

Описание изделия: вал-шестерня

Вал-шестерня представляет собой механический узел, совмещающий функции вала и зубчатого колеса. Основные задачи, которые он выполняет:

а) Передача движения: обеспечение плавного и эффективного вращения, передача крутящего момента от одного механизма к другому.  
b) Повышенная прочность: выдерживание значительных механических нагрузок, ударов и износа.  
c) Точность работы: обеспечение точного зацепления с другими элементами передачи, минимизация люфтов и вибраций.  
d) Долговечность: использование износостойких материалов и термической обработки для увеличения срока службы.

Вал-шестерня обычно изготавливается из легированных или закалённых сталей (например, 40Х, 45Х или аналогичных сплавов), обеспечивающих высокую механическую прочность и устойчивость к износу. Геометрия детали включает:

* Цилиндрический или конический вал для передачи вращательного движения.
* Зубчатый венец с заданным профилем зубьев для эффективного зацепления.
* Шпоночные, резьбовые или другие элементы для фиксации в механизме.
* Технологические отверстия или пазы для сборки и смазки.

Оцифровка вала-шестерни позволяет создать его точную цифровую модель, которая может быть использована для инженерного анализа, оптимизации конструкции или производства новых экземпляров. Это особенно важно при модернизации оборудования, разработке новых трансмиссионных узлов и улучшении эксплуатационных характеристик изделия.

2.2 Процесс оцифровки

Оцифровка вала-шестерни — это многоэтапный процесс, включающий подготовку объекта, сканирование, обработку данных, создание 3D-модели и её проверку. Каждый этап требует использования специализированного оборудования и программного обеспечения. Ниже приведено подробное описание процесса оцифровки.

1. Подготовка объекта

Перед началом сканирования необходимо подготовить вал-шестерню. Этот этап включает:

* Очистку: удаление пыли, смазки и загрязнений, которые могут повлиять на точность сканирования. Чистая поверхность обеспечивает лучшее захватывание геометрии.
* Разборку (при необходимости): если вал-шестерня является частью более сложного механизма, её целесообразно отсоединить для отдельного сканирования, что повышает точность.
* Нанесение маркеров: для улучшения точности сканирования на поверхность детали могут быть нанесены специальные маркеры. Это особенно важно при использовании оптических сканеров, работающих с особенностями поверхности.

2. Сканирование объекта

Сканирование выполняется с помощью 3D-сканера, который фиксирует геометрию и поверхность объекта. Существует несколько типов 3D-сканеров, используемых в процессе:

* Лазерные сканеры: измеряют расстояние до поверхности объекта с высокой точностью, но могут испытывать сложности при работе с отражающими поверхностями.
* Оптические сканеры: работают на основе фотограмметрии, анализируя снимки объекта с разных углов. Хорошо подходят для сложных форм.
* Сканеры со структурированным светом: используют проекцию световых полос для формирования 3D-модели. Отличаются высокой точностью и подходят для небольших механических деталей.

Процесс сканирования включает:

* Размещение вала-шестерни на устойчивой поверхности или поворотном столе.
* Захват всех ракурсов для полной цифровизации геометрии.
* Сохранение данных в виде облака точек, описывающего поверхность объекта.

3. Обработка данных сканирования

После завершения сканирования данные обрабатываются в специализированных программах (например, Geomagic, MeshLab, Artec Studio). Основные этапы обработки:

* Объединение данных: совмещение облаков точек, полученных с разных ракурсов, в единую модель.
* Очистка: удаление шумов, артефактов и посторонних элементов, случайно попавших в скан.
* Ретопология: оптимизация полигональной сетки для корректной работы в CAD-системах.

4. Создание 3D-модели

После обработки модель импортируется в CAD-программы (КОМПАС-3D, SolidWorks, Fusion 360, AutoCAD) для создания параметрической 3D-модели. Основные этапы включают:

* Восстановление геометрии: преобразование облака точек в точную CAD-модель с использованием инструментов профилирования, вращения, выдавливания и других операций.
* Добавление деталей: восстановление шпоночных пазов, резьбовых соединений, углублений и других конструктивных элементов.
* Параметризация: настройка модели для возможности дальнейшего редактирования размеров и формы.

5. Проверка и корректировка модели

Созданная 3D-модель проходит проверку на точность и соответствие исходному объекту:

* Сравнение с оригиналом: наложение цифровой модели на физический объект для выявления расхождений.
* Геометрический анализ: проверка критичных размеров, допусков и параметров зубчатого зацепления.
* Корректировка: устранение возможных ошибок и неточностей.

6. Экспорт и использование модели

Готовая 3D-модель экспортируется в различные форматы для дальнейшего использования:

* STL или OBJ — для 3D-печати прототипа.
* STEP или IGES — для производства и передачи инженерам.
* DWG или PDF — для чертежей и технической документации.

Оцифровка вала-шестерни даёт несколько ключевых преимуществ:

* Точность: детализированное воссоздание оригинала с минимальными отклонениями.
* Гибкость: возможность быстрого внесения изменений и адаптации модели под новые требования.
* Архивирование: цифровая модель может храниться и использоваться в будущем без необходимости повторного сканирования.
* Оптимизация производства: сокращение времени на проектирование, тестирование и внедрение новых версий изделия.

Оцифровка вала-шестерни — это сложный, но важный процесс, позволяющий создать цифровую копию механической детали. Использование современных 3D-сканеров и CAD-программ обеспечивает высокую точность, удобство редактирования и ускоряет разработку, что делает данный метод незаменимым в инженерии и производстве.

2.2.1 Процесс 3D-сканирования

3D-сканирование кажется простым процессом, но на практике оно включает несколько этапов:

1. Подготовка детали:
   * Разборка сложных конструкций на отдельные элементы.
   * Очистка от загрязнений и ржавчины.
   * Матирование и нанесение маркеров. Черные, блестящие и прозрачные поверхности предварительно обрабатываются матирующим спреем для повышения качества сканирования.
2. Настройка сканера и выбор зоны сканирования.
   * Калибровка устройства в зависимости от размера детали и требуемой точности.
3. Получение достаточного количества сканов со всех сторон.
   * Сложные участки могут оставаться недоступными для сканера и требуют последующей дорисовки на этапе 3D-моделирования.
4. Сшивка сканов и первичная обработка.
   * Объединение сканов в единую модель.
   * Удаление лишних пикселей и шумов.
   * Получение полигональной модели в формате .stl.
5. Финишная обработка stl-модели.
   * Использование ПО (например, Geomagic) для сглаживания и устранения дефектов.
   * Доработка качества поверхности модели.
6. Создание твердотельной модели.
   * Удаление артефактов, дефектов и меток сканирования.
7. Создание 3D-модели с деревом построений.
   * Формирование параметрической модели, доступной для редактирования в CAD-программах.
8. Подготовка чертежей.
   * Разработка чертежей на основе полученной модели.
   * Определение материала детали и подготовка к производству.

2.2.2 Моделирование

После выполнения 3D-сканирования получаем облако точек, представляющее собой цифровое изображение реального объекта в виде множества точек в пространстве. Для дальнейшей обработки открываем программу Geomagic Design X и выполняем импорт полученного облака точек, что позволяет начать процесс создания параметрической 3D-модели на его основе.

1 шаг. Нажимаем на панели Мастер лечения, лечение не удалось, пробуем еще раз. Лечение не удалось.

2 шаг. Делаем Автоматическое разбиение, для того чтобы получить области для дальнейшей работы.

3 шаг. После разбиения выбираем верхнюю часть и ставим там плоскость, при помощи метода Извлечь.

4 шаг. Добавляем вектор по методу «Найти ось цилиндра».

5 шаг. При помощи полученной плоскости мы сможем создать сетку для эскиза. Выбираем построенную плоскость и на панели нажимаем Эскиз по сетке.

6 шаг. По полученному шаблону эскиза, строим эскиз при помощи инструментов на панели. К примеру Отрезок, Окружности, Сплайна.

7 шаг. По эскизу делаем выдавливание при помощи «Вытянуть».

8 шаг. Также строим эскиз на той же плоскости, делаем выдавливание.

9 шаг. Строим новый эскиз по сетке, затем выполняем выдавливание.

10 шаг. Создаем еще один эскиз по сетке, выполняем выдавливание.

11 шаг. Делаем еще один эскиз, затем выполняем выдавливание.

12 шаг. Создаем новый эскиз по сетке , выполняем выдавливание .

13 шаг. Используем команду «Круговой массив» , чтобы повторить элементы.

14 шаг. Создаем еще один эскиз , затем выполняем финальное выдавливание

2.2.3 Применение изделия

Вал-Шестерня представляет собой комбинированную деталь, которая одновременно выполняет функции передачи крутящего момента и взаимодействия с другими элементами зубчатого механизма. Он широко применяется в машиностроении, редукторах, станках и приводных системах.

Конструкция вала-шестерни объединяет цилиндрический вал и зубчатый венец, что позволяет компактно размещать механизмы передачи движения. В зависимости от применения зубчатая часть может быть выполнена с прямыми, косыми или шевронными зубьями. Дополнительно могут присутствовать шпоночные пазы, резьбовые соединения и посадочные поверхности для подшипников.

Благодаря своей конструкции вал-шестерня позволяет передавать значительные нагрузки и снижать потери энергии в механизме. Высокая точность изготовления и правильная термообработка обеспечивают долговечность и надежность работы. В зависимости от условий эксплуатации могут применяться различные материалы и методы обработки, включая цементацию, закалку и азотирование.

3 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 Эргономические требования к рабочему месту

Эргономика рабочих мест и процессов играет ключевую роль в организации производственной деятельности. Рабочее место представляет собой определённое пространство в рабочей системе, где выполняются задания. При его проектировании необходимо учитывать экономичность, эргономичность и удобство для человека. Грамотно организованное рабочее место обеспечивает:

* Оптимальные объёмы производства и необходимое качество;
* Минимальные накладные расходы;
* Адекватную физическую нагрузку для работника;
* Соблюдение норм безопасности труда.

Антропометрические аспекты

Антропометрия изучает размеры и пропорции человеческого тела, что важно при проектировании рабочего пространства. При создании рабочего места необходимо учитывать вариативность человеческих габаритов, а не ориентироваться на усреднённые показатели. Размеры тела зависят от длины костей, силы мышц и суставной механики. Поэтому при проектировании важно учитывать:

* Длину основных частей тела;
* Пространство, необходимое для движения рук и ног;
* Перцентильные значения антропометрических показателей.

Средний рост мужчин (26-40 лет) – 175 см, женщин – 163 см. Однако рабочие места должны быть удобны как для высоких, так и для низких людей. Например, высота сиденья стула определяется длиной голени со стопой: при проектировании предпочтение отдаётся минимальному значению, так как высокая посадка создаёт больший дискомфорт. Напротив, пространство для колен должно учитывать параметры людей с длинными ногами.

Рабочие позы

Основные рабочие положения – стоя и сидя. Выбор позы зависит от характера работы:

* Работы, требующие значительных физических усилий и широких движений, предпочтительно выполнять стоя.
* Для задач, требующих точности и сосредоточенности, удобнее сидеть.

Стоячее положение способствует циркуляции крови, но при длительном пребывании в нём может вызывать усталость ног. Длительное сидение, в свою очередь, может привести к застойным явлениям. Оптимальным решением является возможность смены положения в течение рабочего процесса.

На комбинированных рабочих местах (сидя/стоя) высота рабочего стола ориентируется на стоячее положение, а высота сиденья увеличивается на 40-45 см. Для удобства рекомендуется использовать подставку для ног и регулировку высоты стула.

Элементы рабочего места

* Рабочая высота – уровень расположения обрабатываемых объектов. При сидячей работе она измеряется от сиденья. При точных работах высота зависит от уровня глаз и угла зрения.
* Пространство захвата – зона над столом, в пределах которой удобно работать руками. Оптимальная организация этой зоны снижает нагрузку на мышцы.
* Рабочее пространство для ног – важно учитывать расположение опоры для ног и педалей для удобства работы.

3.2 Требования по охране труда и технике безопасности

Охрана труда направлена на обеспечение безопасности работников и предотвращение несчастных случаев. Основные требования закреплены в Трудовом кодексе и нормативных актах. В зависимости от отрасли правила техники безопасности могут различаться, но есть ряд общих принципов:

Обязанности работодателя

Работодатель обязан:

* Разрабатывать внутренние нормативные документы;
* Проводить инструктажи и проверки знаний по охране труда;
* Обеспечивать безопасные условия работы, включая:
  + Применение сертифицированного оборудования;
  + Плановое техническое обслуживание техники;
  + Соблюдение норм пожарной и электробезопасности;
  + Установку защитных приспособлений;
  + Достаточное освещение, вентиляцию, комфортную температуру;
  + Своевременную уборку отходов;
  + Обеспечение сотрудников спецодеждой и средствами защиты;
  + Размещение инструкций, знаков безопасности и систем сигнализации.

Содержание рабочих мест

Безопасность рабочего пространства обеспечивается при соблюдении следующих правил:

* Работники обязаны поддерживать порядок на рабочих местах;
* Проходы и эвакуационные пути должны оставаться свободными;
* Прокладка кабелей должна соответствовать нормам электробезопасности;
* В случае разлива или рассыпания веществ их необходимо немедленно убрать.

Обязанности работников

Каждый сотрудник обязан:

* Знать технологический процесс и требования безопасной эксплуатации оборудования;
* Проходить инструктажи по охране труда;
* Носить спецодежду и использовать средства защиты;
* Соблюдать установленные нормы безопасности;
* Выполнять требования пожарной и электробезопасности.

Соблюдение этих требований помогает минимизировать риски несчастных случаев и создать комфортные условия труда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсового проекта была проведена комплексная работа по оцифровке, доработке и прототипированию детали – "вал-шестерня". Для достижения поставленных целей использовались современные технологии 3D-моделирования, включая программные комплексы RangeVision, Geomagic Design X и KOMPAS-3D. Применение этих инструментов позволило создать точную цифровую копию детали, а также адаптировать её конструкцию с учетом требований производства и технологических возможностей.

На основе полученной модели была проведена её оптимизация, включающая анализ конструкционных особенностей, проверку на технологичность изготовления и внесение необходимых корректировок. Были учтены требования по прочности, износостойкости и совместимости с существующими механизмами. Дальнейшее прототипирование позволило провести тестирование физической модели, выявить возможные недочёты и подтвердить соответствие модели реальным эксплуатационным условиям.

Кроме того, в процессе работы была продемонстрирована эффективность использования цифрового проектирования и 3D-моделирования в производственной сфере. Цифровизация деталей позволяет не только ускорить процесс разработки новых изделий, но и значительно повысить их точность, сократить производственные затраты и минимизировать вероятность ошибок на этапе изготовления.

Таким образом, проведённое исследование подтвердило значимость современных методов 3D-сканирования, моделирования и прототипирования. Итоговые результаты демонстрируют перспективность интеграции цифровых технологий в процесс проектирования и производства, особенно в рамках аддитивных технологий. В дальнейшем данная методология может быть расширена и применена для создания более сложных изделий, что открывает широкие возможности для инновационного развития отрасли.

Список литературы

ГОСТы:

1. ГОСТ 2.102-2013 – Виды и комплектность конструкторских документов.
2. ГОСТ 2.109-73 – Основные требования к чертежам.
3. ГОСТ 2.052-2006 – Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия.
4. ГОСТ 2.053-2013 – ЕСКД. Электронные документы.
5. ГОСТ 2.701-2008 – ЕСКД. Правила выполнения объемных моделей изделий.
6. ГОСТ Р ИСО 10303 – Стандарт STEP (форматы обмена CAD-моделями).
7. ГОСТ 2.305-2008 – Изображения – виды, разрезы, сечения.
8. ГОСТ 2.307-2011 – Нанесение размеров и предельных отклонений.
9. ГОСТ 2.315-2008 – Обозначения шероховатости поверхности.
10. ГОСТ 2.313-82 – Обозначение неразъемных соединений.

Книги и учебные пособия:

1. В. А. Павлов «Основы автоматизированного проектирования в машиностроении» – описание методик цифрового проектирования.
2. Ю. И. Кулагин «3D моделирование и инженерная графика» – основы работы с 3D моделями.
3. А. С. Лебедев «Методы проектирования и прототипирования деталей» – применение 3D-моделирования в инженерии.
4. С. А. Щербаков «Практикум по KOMPAS-3D» – работа с программой КОМПАС-3D.

Статьи и дополнительные материалы:

1. Журнал «Аддитивные технологии» – статьи по 3D-печати и прототипированию.
2. Методические указания по 3D-моделированию и прототипированию (университетские материалы).
3. Сайт [www.cadcamcae.ru](http://www.cadcamcae.ru) – новости и статьи по CAD-системам.