

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.» в г. Петровске

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала СГТУ
имени Гагарина Ю.А. в г.Петровске
Е.А.Бесшапошникова
«30» июня 2021 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по междисциплинарному курсу
МДК.01.01 «Средства оцифровки реальных объектов»

специальности
15.02.09 «Аддитивные технологии»

Методические указания рассмотрены
на заседании предметной (цикловой)
комиссии общепрофессиональных
дисциплин, профессиональных модулей
специальностей технического профиля
«14» июня 2021 года, протокол №13

Председатель ПЦК  /Т.А.Лескина/

Петровск 2021

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины МДК.01.01 «Средства оцифровки реальных объектов», разработанной на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.09 «Аддитивные технологии» и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

ОК 01. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 02. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 03. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 04. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ОК 05. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 08. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 09. Ориентироваться в условиях смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1.Применять средства бесконтактной оцифровки для целей компьютерного проектирования, входного и выходного контроля.

ПК 1.2.Создавать и корректировать средствами компьютерного проектирования цифровые трехмерные модели изделий.

При выполнении практических работ студент должен *знать*:

- Типы систем бесконтактной оцифровки и области их применения;
- Принцип действия различных систем бесконтактной оцифровки;
- Правила осуществления работ по бесконтактной оцифровке для целей производства;
- Правила выполнения чертежей, технических рисунков, эскизов и схем, геометрические построения и правила вычерчивания технических деталей;
- Классы точности и их обозначение на чертежах;
- Способы графического представления технологического оборудования и выполнения технологических схем в ручной и машинной графике;
- Виды электронных приборов и устройств, базовые электронные элементы и схемы;
- Устройство, правила калибровки и проверки на точность систем бесконтактной оцифровки;
- Требования к компьютерным моделям, предназначенным для производства на установках послойного синтеза
- Правила оформления и чтения конструкторской и технологической

документации;

- Типы и назначение спецификаций, правила их чтения и составления;
- Требования государственных стандартов Единой системы конструкторской документации и Единой системы технологической документации;
- Методы измерения параметров и определения свойств материалов;
- Основные положения и цели стандартизации, сертификации и технического регулирования; Технические регламенты;
- Требования качества в соответствии с действующими стандартами;
- Основные понятия метрологии и технических измерений: виды, методы, объекты и средства измерений; методы определения погрешностей измерений;
- Устройство, назначение, правила настройки и регулирования контрольно-измерительных инструментов и приборов;
- Основы взаимозаменяемости и нормирование точности; система допусков и посадок; качества и параметры шероховатости;
- Основные сведения о сопряжениях в машиностроении;
- Система автоматизированного проектирования и ее составляющие;
- Принципы функционирования, возможности и практическое применение программных систем инженерной графики, инженерных расчетов, автоматизации подготовки и управления производства при проектировании изделий;
- Теория и практика моделирования трехмерной объемной конструкции, оформления чертежей и текстовой конструкторской документации;
- Системы управления данными об изделии (системы класса PDM);
- Понятие цифрового макета
- Виды вредных и опасных факторов на производстве, средства защиты;
- Правила безопасной эксплуатации установок и аппаратов;
- Особенности обеспечения безопасных условий труда в сфере профессиональной деятельности;

При выполнении практических работ студент должен *уметь*:

- Выбирать необходимую систему бесконтактной оцифровки в соответствии с поставленной задачей (руководствуясь необходимой точностью, габаритами объекта, его подвижностью или неподвижностью, световозвращающей способностью и иными особенностями);
- Осуществлять наладку и калибровку систем бесконтактной оцифровки;
- Выполнять подготовительные работы для бесконтактной оцифровки;
- Выполнять работы по бесконтактной оцифровке реальных объектов при помощи систем оптической оцифровки различных типов;
- Выполнять графические изображения технологического оборудования и технологических схем в ручной и машинной графике;
- Выполнять эскизы, технические рисунки и чертежи деталей, их элементов, узлов в ручной и машинной графике;
- Использовать электронные приборы и устройства;

- Осуществлять проверку и исправление ошибок в оцифрованных моделях;
- Осуществлять оценку точности оцифровки посредством сопоставления с оцифровываемым объектом;
- Моделировать необходимые объекты, предназначенные для последующего производства в компьютерных программах, опираясь на чертежи, технические задания или оцифрованные модели;
- Выполнять комплексные чертежи геометрических тел и проекции точек, лежащих на их поверхности, в ручной и машинной графике;
- Оформлять технологическую и конструкторскую документацию в соответствии с действующей нормативно-технической документацией;
- Читать чертежи, технологические схемы, спецификации и технологическую документацию по профилю специальности;
- Выбирать средства измерений;
- Выполнять измерения и контроль параметров изделий;
- Определять предельные отклонения размеров по стандартам, технической документации;
- Определять характер сопряжения (группы посадки) по данным чертежей, по выполненным расчетам;
- Применять требования нормативных документов к производимой продукции и производственным процессам;
- Использовать в профессиональной деятельности программные продукты автоматизированного проектирования технологических процессов

Содержание практических занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов учебной дисциплины.

Объем практических занятий по дисциплине определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность практического занятия – 2 академических часа. Перед проведением практического занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению практических работ по дисциплине МДК.01.01 «Средства оцифровки реальных объектов» содержит 30 практических занятий.

**Перечень практических работ
по междисциплинарному курсу
МДК.01.01 «Средства оцифровки реальных объектов»**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.

Тема: Подготовка лазерного 3D сканера к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.

Тема: Сканирование модели лазерным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3.

Тема: Сканирование модели лазерным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4.

Тема: Подготовка времяпролетного 3D сканера к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5.

Тема: Сканирование модели времяпролетным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6.

Тема: Сканирование модели времяпролетным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7.

Тема: Подготовка триангуляционного 3D сканера к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8.

Тема: Сканирование модели триангуляционным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9.

Тема: Сканирование модели триангуляционным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10.

Тема: Подготовка фотограмметрической установки к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11.

Тема: Сканирование модели фотограмметрической установкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12.

Тема: Сканирование модели фотограмметрической установкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13.

Тема: Сканирование модели фотограмметрической установкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14.

Тема: Сканирование модели фотограмметрической установкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 15.

Тема: Подготовка 3D сканера с LED подсветкой к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 16.

Тема: Сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 17.

Тема: Сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 18.

Тема: Сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 19.

Тема: Сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 20.

Тема: Подготовка 3DSL сканера к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 21.

Тема: Сканирование модели 3DSL сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 22.

Тема: Сканирование модели 3DSL сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 23.

Тема: Сканирование модели 3DSL сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 24.

Тема: Сканирование модели 3DSL сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 25.

Тема: Сканирование модели 3DSL сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 26.

Тема: Подготовка MPT сканера к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 27.

Тема: Сканирование модели MPT сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 28.

Тема: Сканирование модели MPT сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 29.

Тема: Сканирование модели МРТ сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 30.

Тема: Сканирование модели МРТ сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Прежде чем приступить к выполнению заданий, внимательно прочитайте данные рекомендации. Практические работы включают в себя задания следующих видов.

1. Работа за компьютером

В ходе выполнения практических работ студент должен:

- выполнять требования по охране труда
- соблюдать инструкцию по правилам и мерам безопасности в кабинете информационных технологий
- строго выполнять весь объем работы, указанный в задании
- соблюдать требования эксплуатации компьютерной техники (правила включения и выключения)
- предоставить отчет о проделанной работе по окончании выполненной работы, который должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Задание и его решение.
4. Вывод о проделанной работе.

Студент должен выполнить практическую работу самостоятельно (или в группе, если это предусмотрено заданием). Практическая работа выполняется согласно заданию и методическим рекомендациям. После выполнения практической работы обучающийся самостоятельно себя контролирует путем ответов на вопросы. Результат работы представляется преподавателю в виде файла (файлов) в личном каталоге, защищается обучающимися.

По ходу выполнения работы при возникновении вопросов обучающийся может получить консультацию у преподавателя или самостоятельно воспользоваться лекционным материалом, рекомендуемой литературой.

2. Поиск информации в сети – использование web-браузеров, баз данных, пользование информационно-поисковыми и информационно-справочными системами, автоматизированными библиотечными системами, электронными журналами. Поиск и обработка информации включает подготовку фрагмента практического занятия.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема: Подготовка лазерного 3D сканера к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

Цель работы: научиться производить подготовку лазерного 3D сканера к работе, устанавливать программное обеспечение, производить калибровку 3D сканера.

Оборудование: ПК, лазерный 3D сканер, интернет, программное обеспечение для лазерного 3D сканера, инструкции по выполнению работы.

Справочный материал:

Лазерный 3D сканер в процессе работы измеряет длину лазерных пучков и расстояние до объектов, с которых производится снимок. При этом направление излучений регулируется при помощи специального энкодера, который управляет зеркалами. Чтобы задать позицию лазерного луча в двух измерениях, необходимо повернуть одно зеркало по двум осям, но во время быстрого сканирования луч отражается от двух зеркал, расположенных на ортогональной оси. При этом сами лазеры могут быть расположены в трех измерениях, а их фокусировка производится при помощи линз. Для получения точной модели объекта необходимо провести несколько циклов сканирования, данные которых в дальнейшем объединяются во время постобработки.

Содержание работы:

Задание 1. Подготовить сканер к работе

1. Установите аккумулятор сканера
2. Установите карту памяти
3. Подключите USB-кабель для передачи данных к USB-порту контроллера или подключите кабель питания к внешнему блоку питания, а затем подключите блок питания к сети.
4. Включение и выключение инструмента производится с помощью кнопки включения/выключения. Если установлен аккумулятор, включите прибор коротким нажатием на кнопку включения/выключения. Чтобы выключить прибор, нажмите и удерживайте кнопку включения/выключения от одной до пяти секунд, пока не услышите один звуковой сигнал, затем звуковые сигналы начнут затухать, а индикатор кнопки включения/выключения начнет мигать с высокой частотой. Светодиодный индикатор будет продолжать мигать с высокой частотой до полного выключения инструмента.

Задание 2. Подключение сканера к контроллеру

1. Подсоединить сканер к контроллеру
2. Запустите полевое программное обеспечение
3. Если проекты отсутствуют, нажмите Создать для создания нового проекта



Будет выполнена загрузка вновь созданного проекта.

4. Нажмите на значок Инструмент красного цвета, чтобы открыть страницу

Соединения.

5. Выберите тип соединения - Wi-Fi или USB.

6. После установки соединения нажмите Заккрыть.

При наличии нескольких проектов, будет автоматически загружен последний использованный проект.

Если подключение инструмента к контроллеру выполнялось ранее, полевое программное обеспечение автоматически подключится к инструменту.

7. Подключение с помощью Wi-Fi. На странице Соединения выберите инструмент для подключения. На экране появится список серийных номеров инструментов в зоне действия контроллера, доступных для подключения.

Как только Wi-Fi соединение будет установлено, цвет значков инструмента и беспроводной передачи данных изменится на зеленый, а значок батареи начнет показывать уровень заряда аккумулятора в инструменте

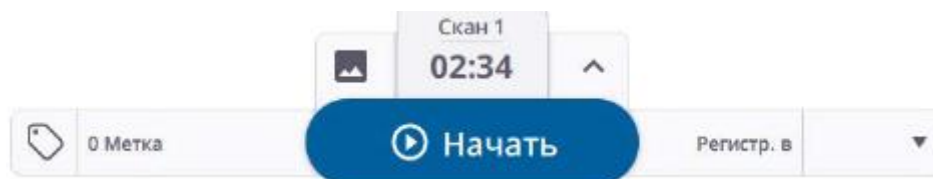


8. При подключении USB кабеля к инструменту, он автоматически выбирается в качестве основного типа соединения, и подключение к инструменту устанавливается автоматически. Когда инструмент подключен к контроллеру с помощью USB кабеля, инструмент включается автоматически после включения контроллера. Как только USB соединение будет установлено, цвет значков инструмента и USB подключения изменится на зеленый, а значок батареи начнет показывать уровень заряда аккумулятора в инструменте.



Задание 3. Настроить параметры сканирования

1. Перед сканированием необходимо установить параметры сканирования и съемки изображений. Чтобы открыть окно настройки параметров сканирования, нажмите стрелку вниз над кнопкой Начать сканирование:



2. Длительность сканирования определяется плотностью и количеством точек для двух режимов сканирования. Сначала необходимо выбрать предустановленную продолжительность, при этом режим сканирования будет установлен автоматически, также вы можете выбрать один из двух режимов.

Два предопределенных режима: Стандартный (STD) и Высокой чувствительности (HS) определяют скорость и качество сканирования. Стандартный режим используется для высокоскоростной (500 кГц) съемки данных. Режим высокой чувствительности имеет более низкую скорость (166 кГц) при большей дальности и более высокой чувствительности для съемки темных поверхностей.

3. Выбор режима съемки изображений. Можно включить или отключить

функцию съемки изображений. Для съемки изображений при каждом сканировании включите Режим съемки изображений и установите количество изображений - 15 или 30. Время съемки изображения составляет одну минуту для 15 изображений и две минуты для 30 изображений. Полученные изображения можно использовать для создания панорамных изображений и/или для окрашивания данных сканирования.

4. Режим HDR. Включите режим HDR для съемки изображений с улучшенной цветопередачей и детализацией темных и светлых участков. Выберите длительность сканирования и режим сканирования, включите фотосъемку и режим HDR, после чего отобразится точная длительность сканирования в минутах и секундах.

Задание 4. Произвести калибровку сканера

1. Автоматическая калибровка выполняется после запуска сканирования (если это необходимо). Для этого не требуется использование марок или взаимодействия с пользователем.
2. Автоматическая калибровка углов исправляет коллимационную ошибку, то есть отклонение горизонтальной оси (HA), или вертикальной оси (VA), или оси визирования (SA).
3. Автоматическая калибровка расстояния вносит поправку по расстоянию при измерении альбедо и измерении расстояния.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.



Тема: Сканирование модели лазерным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели лазерным 3D сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

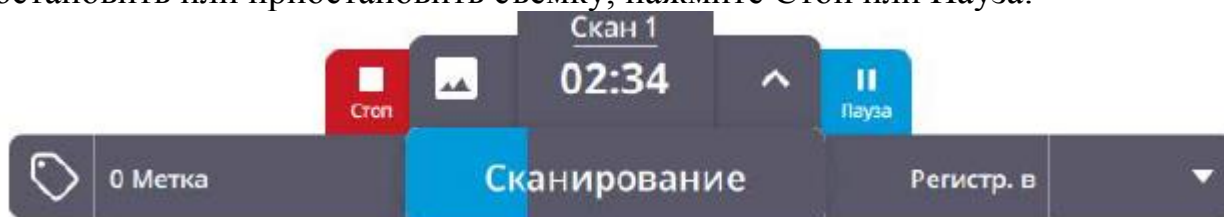
Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для лазерного 3D сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|---|
|  |  |

После создания или загрузки проекта и выбора необходимых режимов сканирования и съемки изображений нажмите Начать сканирование. Одиночный звуковой сигнал оповещает о начале сканирования. Чтобы остановить или приостановить съемку, нажмите Стоп или Пауза:



Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3.



Тема: Сканирование модели лазерным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели лазерным 3D сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для лазерного 3D сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|---|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

Контрольные вопросы:

- 1.Что такое 3D сканер?
- 2.Для чего предназначен 3D сканер?
- 3.Какие отличительные особенности лазерного 3D сканера?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4.

Тема: Подготовка времяпролетного 3D сканера к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

Цель работы: научиться производить подготовку времяпролетного 3D сканера к работе, устанавливать программное обеспечение, производить калибровку 3D сканера.

Оборудование: ПК, лазерный 3D сканер, интернет, программное обеспечение для времяпролетного 3D сканера, инструкции по выполнению работы.

Справочный материал:

Времяпролетные 3D-сканеры – это активный вид сканера, который для исследования объекта использует лазерный луч. В его основе лежит времяпролетный дальномер. Именно он определяет расстояние до поверхности, рассчитывая время, за которое лазер пролетел туда и обратно. В этом случае лазерный луч используется, как световой импульс, время отражения которого и измеряется при помощи детектора. Скорость света, как известно, величина постоянная, поэтому, зная, за какое время луч совершает пролет туда-обратно, можно без труда вычислить расстояние от сканера до поверхности изучаемого предмета. Времяпролетные 3D-приборы сканирования за одну секунду способны измерить до 100 000 точек.

Содержание работы:

Задание 1. Подключить 3D сканер

- 1.Присоедините пластину быстросъемного крепления с помощью винта 3/8" к креплению сканера. Не забудьте затянуть винт.
- 2.Присоедините ответную часть быстросъемного крепления к штативу.
3. Аккуратно установите лазерный сканер Focus^{3D} с помощью присоединенной пластины быстросъемного крепления на ответную часть крепления и зафиксируйте стопорное приспособление. Проверьте, что сканер правильно зафиксирован, попытавшись аккуратно поднять его со штатива.
- 4.Установите карту памяти SD Memory Card в лазерный сканер.
5. Присоедините блок питания к одной из ножек штатива. Подключите кабель блока питания к разъему питания лазерного сканера Focus^{3D}. Проверьте направление разъема питания. Если с усилием вставить разъем в неправильном направлении, разъем, гнездо питания сканера и сам сканер могут быть повреждены. Подключите кабель сети переменного тока к блоку питания и сетевой розетке. Перед подключением проверьте входное напряжение на маркировочной наклейке. Верхние светодиодные индикаторы сканера на сторонах зеркала и сенсора, а также индикатор на креплении сканера, начнут светиться синим цветом.

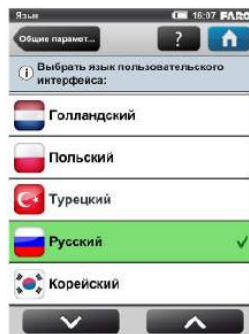
Задание 2. Настроить параметры сканера

1. При нажатии кнопки Вкл./Выкл. начинается процесс загрузки, который будет сопровождаться миганием светодиодных индикаторов сканера синим цветом. Когда лазерный сканер Focus^{3D} готов к работе, светодиодные

индикаторы перестанут мигать и начнут светиться синим цветом, а начальный экран рабочего программного обеспечения сканера будет отображен на встроенном сенсорном дисплее.



2. Перейдите в раздел «Управление» - «Общие параметры» - «Язык», чтобы изменить язык рабочего программного обеспечения. Выберите русский язык, прикоснувшись к соответствующей кнопке. Выбранный язык будет выделен и отмечен галочкой. Если список доступных языков выходит за размеры экрана, прокрутите список вверх или вниз с помощью кнопок со стрелками внизу экрана.



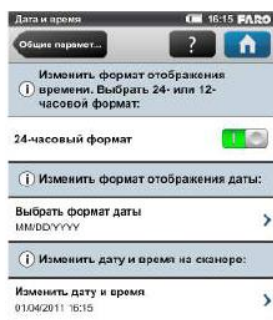
3. Чтобы изменить параметры даты и времени, перейдите в раздел «Управление» — «Общие параметры» — «Дата и время».

Формат времени: Нажмите, чтобы задать формат времени. Рабочее программное обеспечение будет отображать время либо с помощью 24-часовых, либо с помощью 12-часовых часов. Переключение кнопки в положение «включено» означает выбор 24-часовых часов. Переключение кнопки в положение «выключено» означает выбор 12-часовых часов.

Выбор формата даты: Нажмите, чтобы выбрать формат даты. Текущий выбранный формат даты отображается на самой кнопке.

Изменение даты и времени: Нажмите, чтобы настроить внутренние часы лазерного сканера Focus3D.

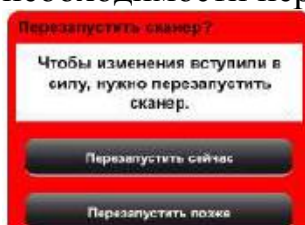
Выберите формат даты, прикоснувшись к соответствующей кнопке. Можно выбрать между следующими форматами даты: ДД.ММ.ГГГГ, ММ/ДД/ГГГГ или ГГГГ-ММ-ДД, где ГГГГ — год, ДД — день, а ММ — месяц. Выбранный формат будет выделен и отмечен галочкой.



Для изменения времени выберите кнопку времени в списке, а затем используйте кнопки слева, чтобы задать часы, и кнопки справа, чтобы задать минуты. Для изменения года выберите кнопку года в списке, а затем используйте кнопки слева или справа, чтобы задать дату. Продолжите таким же образом, используя кнопки месяца и дня.



Отмена изменений — нажмите, чтобы отменить изменения. Если выйти из представления, нажав кнопку назад или главная, изменения будут применены. Будет отображено сообщение, в котором говорится о возможной необходимости перезапустить сканер для вступления изменений в силу.



Задание 3. Настроить параметры сканирования

1. Чтобы выбрать предварительно настроенный профиль сканирования или изменить параметры сканирования, нажмите кнопку Параметры на начальном экране.



Выбранный профиль — показывает имя выбранного профиля сканирования. Нажмите, чтобы выбрать профиль сканирования. Если параметры сканирования отличаются от выбранного профиля, к имени профиля будет добавлено слово изменено. При выборе профиля сканирования параметры сканирования будут заменены параметрами этого профиля сканирования.

Разрешение и качество — отображает выбранное разрешение в миллионах точек и выбранный уровень качества. Нажмите эту кнопку, чтобы изменить указанные значения.

Диапазон сканирования — третья кнопка отображает диапазон начала и окончания сканирования в горизонтальных и вертикальных углах в градусах. При нажатии этой кнопки откроется новый экран для настройки указанных значений.

Сканирование в цвете — включает или отключает сканирование в цвете. Переключение кнопки в положение «включено» включает запись в цвете, переключение в положение «выключено» выключает запись в цвете.

Дополнительные параметры — эта кнопка переключает в новое представление, в котором можно включить или выключить различные аппаратные фильтры.

Безопас. расст. глаз [м] — в зависимости от выбранных параметров разрешения и качества должно соблюдаться минимальное безопасное для глаз расстояние, чтобы предотвратить повреждение глаз при наблюдении лазерного луча без защитных очков, обеспечивающих безопасную работу с лазером.

Размер сканирования [точк] — показывает размер сканированного изображения в точках по горизонтали и вертикали. Размер по вертикали можно изменить только задав новое разрешение или изменив угол области сканирования.

Длительность сканирования [мм:сс], размер файла сканирования [Мб] — предполагаемые время сканирования и размер файла в мегабайтах в соответствии с выбранным разрешением, уровнем качества и диапазоном сканирования. Обратите внимание, что приводимые значения являются приблизительными.

Перед сканированием необходимо выбрать профиль сканирования, который подходит для объекта съемки и желаемого качества сканирования. Выберите профиль, прикоснувшись к соответствующей кнопке. Выбранный профиль будет выделен и отмечен галочкой.



2. Настроить разрешение сканирования. Разрешение — конечное разрешение сканированного изображения. Можно выбрать следующие значения: 1/1, 1/2, 1/4, 1/5, 1/8, 1/10, 1/16, 1/20 и 1/32. Используйте ползунок слева, чтобы изменить разрешение следующего сканирования.



Качество — задает качество сканирования и время сканирования при постоянном разрешении сканирования. Этот параметр позволяет сбалансировать необходимое качество и скорость одним простым ползунком. Перемещение ползунка вверх уменьшает шум в данных сканирования, таким образом увеличивая качество сканирования, что приводит к увеличению времени сканирования. Перемещение ползунка вниз уменьшает время сканирования и увеличивает производительность проекта сканирования.

В зависимости от выбранного разрешения сканирования могут быть выбраны только определенные значения качества

3. Настроить диапазона сканирования. *Область по вертикали* — размер области сканирования по вертикали в градусах. Используйте кнопки со стрелками вверх и вниз слева для изменения вертикального начального угла; используйте кнопки со стрелками вверх и вниз справа для настройки вертикальных конечных углов. *Область по горизонтали* — размер области сканирования по горизонтали в градусах. Используйте кнопки слева для изменения горизонтального начального угла; используйте кнопки справа для настройки горизонтальных конечных углов. *Полная область* — эта кнопка позволяет

сбросить значения до максимально возможной области сканирования (по вертикали от $-62,5^{\circ}$ до 90° и по горизонтали от 0° до 360°)



4. Чтобы завершить работу лазерного сканера Focus3D, нажмите без задержки кнопку Вкл./Выкл. на сканере или используйте кнопку выключения в рабочем программном обеспечении в разделе «Управление». Все светодиодные индикаторы начнут мигать синим цветом. После выполнения лазерным сканером Focus3D процесса завершения работы светодиодные индикаторы перестанут мигать; после этого можно безопасно извлечь батарею и источник питания.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5.

Тема: Сканирование модели времяпролетным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

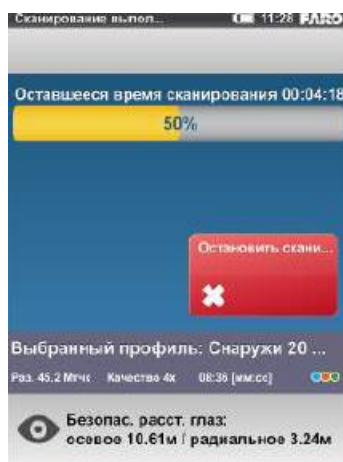
Цель работы: научиться производить сканирование модели времяпролетным 3D сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для времяпролетного 3D сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Запустить процесс сканирования

1. Запустите сканирование, нажав кнопку Start Scan на экране Home рабочего программного обеспечения, либо нажав кнопку Запуск и остановка на сканере. Запустится процесс сканирования, включится лазер сканера и отобразится экран сканирования. Светодиодные индикаторы сканера будут мигать красным цветом, пока лазер сканера включен. Во время сканирования прибор поворачивается по часовой стрелке на 180° . При сканировании в цвете для получения изображений сканер будет продолжать поворачиваться на угол до 360° .



2. Если на SD-карте памяти недостаточно места, будет выдано предупреждение, и сканер не будет выполнять сканирование. В этом случае удалите данные сканирования с карты памяти или вставьте новую карту и повторите попытку.

3. Для остановки сканирования коснитесь кнопки Остановить сканирование в представлении сканирования или нажмите кнопку Запуск и остановка на сканере. После этого будет выдан запрос на сохранение или удаление данных незавершенного сканирования. По завершении появится новый экран с изображением предварительного просмотра полученного сканированного изображения. Это изображение предварительного просмотра не будет отображать цвет.



4. Параметры — эта кнопка позволяет изменить параметры сканирования для последующего сканирования.


Start Scan — эта кнопка запускает следующее сканирование.



Удалить  — эта кнопка удаляет просмотренный файл сканирования.

Используйте кнопки со стрелками влево  и вправо  для перехода между уже полученными сканированными изображениями. Используйте кнопки со

знаками плюс  и минус  для масштабирования изображения. Кнопка

Сбросить масштаб  отображается только в том случае, когда увеличен масштаб сканированного изображения. С помощью этой кнопки можно вернуть первоначальный масштаб сканированного изображения.

Задание 2. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| | |
|-----------|-----------|
| Вариант 1 | Вариант 2 |
|-----------|-----------|



Задание 3. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 4. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6.

Тема: Сканирование модели времяпролетным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели времяпролетным 3D сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для времяпролетного 3D сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| | |
|-----------|-----------|
| Вариант 1 | Вариант 2 |
|-----------|-----------|



Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7.

Тема: Подготовка триангуляционного 3D сканера к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера.

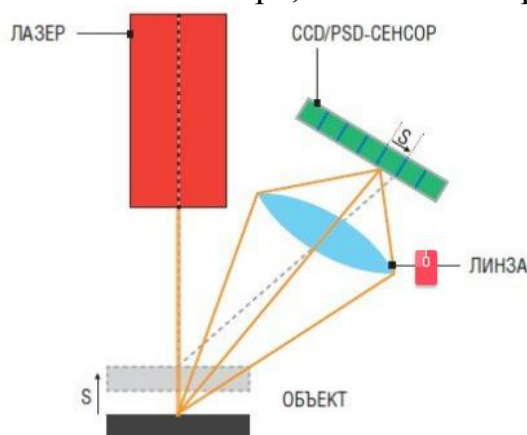
Цель работы: научиться производить подготовку триангуляционного 3D сканера к работе, устанавливать программное обеспечение, производить калибровку 3D сканера.

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для триангуляционного 3D сканера, инструкции по выполнению работы.

Справочный материал:

Триангуляционные сканеры - эти приборы используют для зондирования объекта лазерный луч. Сканер посылает луч на предмет, а отдельно зафиксированная камера заносит данные о расположении указанной точки. По мере движения лазера по поверхности, поле зрения камеры фиксирует точку в

разных местах. Триангуляционными их называли потому, что лазерный излучатель, конечная точка и сама камера, совместно образуют треугольник.



Содержание работы:

Задание 1. Подготовить сканер к работе

1 Сканер подсоединяется к компьютеру как внешнее SCSI-устройство и автоматически детектируется при старте операционной системы. Это означает, что сканер должен быть включен ДО включения компьютера, на котором установлено программное обеспечение для работы со сканером. В противном случае, операционная система не сможет правильно зарегистрировать устройство и программное обеспечение не будет иметь доступа к управлению сканером.

2. Рекомендуется выбирать расстояние до предмета в пределах 0,8 – 2 м, а максимальное отображение на площади экрана производить путем подбора сменных объективов.

3. Сразу после включения компьютера, с которым связан сканер, сканер переходит в режим удаленного управления – на экране сканера появляется надпись «Remote control». Если программа управления сканером не запущена, то переключения в ручной режим управления осуществляется нажатием кнопки «MENU». Если запущена программа управления сканером с компьютера, то переключение в ручной режим невозможно. Необходимо выключить программное управление сканером и после этого переходить на ручное управление.

4. Для настройки на предмет надо последовательно нажать кнопки:

1. MENU – на экране сканера появиться список пунктов;

2. кнопками «Up» и «Down» выбрать пункт SCAN и

3. нажать кнопку SELECT.

5. На экране сканера появиться изображение оптического канала и он произведет автоматическую фокусировку на предмет. Иногда, при недостатке освещения, или отсутствии контрастных участков на предмете на экране сканера может появиться сообщение «Light improper» - Плохая освещенность.

6. Нацеливание сканера производить только с помощью рукояток управления штативом, который имеет четыре позиции регулировки: по высоте; поворот в горизонтальной плоскости; наклон вперед/назад и наклон вправо/влево. Передвигая предмет и регулируя положение сканера на

штативе, необходимо добиться попадания его (или сканируемой части предмета) в центр экрана.

7. Сканируемый предмет необходимо располагать на расстоянии не менее 20 см от фона для того, чтобы сканер не сфокусировался на нем. Фон должен быть темнее предмета, желательно черный, чтобы избежать отражений лазерного луча. Параллельно с объемным сканированием производится цифровая фотосъемка предмета для фиксации текстуры. Съемка производится с разрешением 1.3 МРх.

8. После настройки сканера на предмет необходимо провести пробное сканирование непосредственно со сканера. Для этого при настроенном изображении предмета необходимо нажать на сканере кнопку «RELEASE». Сканер произведет однократное сканирование и выведет на экран цветную фотографию текстуры предмета, а затем (автоматически) покажет облако точек произведенного скана. Кроме этого на экране сканера отображается информация о расстоянии до предмета в миллиметрах. Если облако точек не отображается, значит, выбраны неверные условия сканирования.

Задание 2. Установить программное обеспечение

1. Для работы со сканером используется программа “Polygon Editing Tools” фирмы Konica-Minolta”, поставляемая вместе со сканером. Программа имеет встроенную защиту и работает только с внешним USB-ключом. Перед запуском программы необходимо вставить ключ в USB-разъем компьютера.

2. Ярлык программы находится на рабочем столе. Если USB-ключ не вставлен в компьютер, то программа откажется работать.

3. После запуска программы на экране появится ее главное окно, разделенное на 4 части. В этих окнах представлено изображение отсканированного предмета объединенное полигонами как вид сверху (Top), спереди (Front), справа (Right) и изометрическое окно трехмерного отображения, в котором можно рассматривать трехмерное отображение объекта в различных ракурсах.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8.

Тема: Сканирование модели триангуляционным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели триангуляционным 3D сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для триангуляционного 3D сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| | |
|-----------|-----------|
| Вариант 1 | Вариант 2 |
|-----------|-----------|



1. Для проведения сканирования необходимо выбрать режим «One Scan». На экране появиться панель управления сканером



В левом окне появиться черно-белое изображение предмета, на который настроен сканер.

2. Перед началом сканирования необходимо произвести автоматическую фокусировку на предмет. Для этого надо нажать кнопку «AF». Сканер произведет фокусировку и покажет полученные значения в неактивном текстовом поле «Distance». Если показанное значение не вызывает доверия – необходимо откорректировать его с использованием линейки в ручном режиме.

3. Для сканирования необходимо нажать кнопку «Scan».

4. Автоматический режим сканирования выполняется в том случае, если обе позиции: «Distance» и «Intensity» не отмечены. При съемке в автоматическом режиме сканер производит два предварительных последовательных сканирования – одно для выбора оптимальной мощности лазера, а другое для определения оптимальной чувствительности матрицы камеры. После этого вычисляются оптимальные значения и применяются для окончательного (третьего) сканирования предмета. Если сканирование прошло нормально, в левом окне вместо черно-белого изображения появится цветная фактура произведенного скана. Это не более чем фотоснимок и говорит только о том, что какое-то облако точек со сканера получено

5. После сканирования в окне становятся доступными опции «Color» «Pitch» и кнопка «Store». Радио-кнопки «Mono», «Color» и «Pitch» позволяют выбрать режим черно-белого или цветного представления текстуры.

6. Если полученная картина удовлетворяет, ее надо передать в главное окно программы для дальнейшей обработки. Для этого необходимо нажать кнопку «Store». Если результат не устраивает, вы можете произвести новое сканирование с другими параметрами, и оно заменит предыдущее.

7. Для выхода из режима управления сканером без сохранения результатов надо нажать кнопку «Cancel» - все результаты текущей сессии будут

потеряны. Для сохранения сканов надо нажать кнопку «Ок». При этом появиться окно диалога сохранения файла.

8. Выберите каталог для сохранения файлов проекта и присвойте файлу оригинальное имя. Программа сохраняет облако точек, полученное со сканера в файле с расширением *.cdm.

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9.



Тема: Сканирование модели триангуляционным 3D сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели триангуляционным 3D сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для триангуляционного 3D сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|---|--|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10.

Тема: Подготовка фотограмметрической установки к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

Цель работы: научиться производить подготовку фотограмметрической установки к работе, устанавливать программное обеспечение, производить калибровку 3D сканера.

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для фотограмметрической установки, инструкции по выполнению работы.

Справочный материал:

Технология на основе фотограмметрии представляет собой фотографирование объекта сканирования с различных точек и воссоздание на основе полученных изображений трехмерной модели.

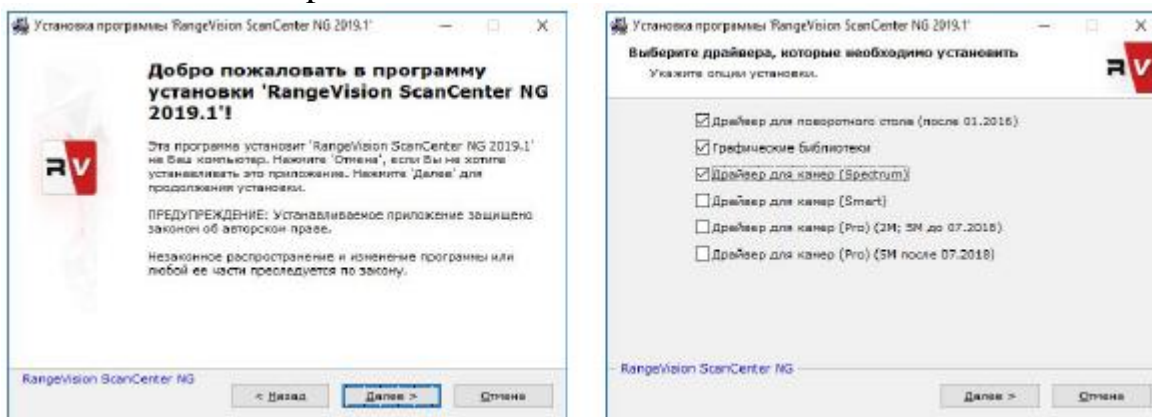
Последовательность 3D сканирования при использовании фотограмметрии:

1. Нанесение на объект круглых меток (бывают на клеевой или магнитной основе).
2. Измерение центров координат всех меток с помощью фотограмметрической системы. По сути - фотографирование объекта со всех сторон и дальнейший автоматический расчет координат с помощью специализированной программы.
3. Загрузка измеренных координат меток (файла с координатами) в программу 3D сканера.
4. Сканирование объекта по меткам, координаты которых уже известны.

Содержание работы:

Задание 1. Установить программное обеспечение и драйвера 3D сканера

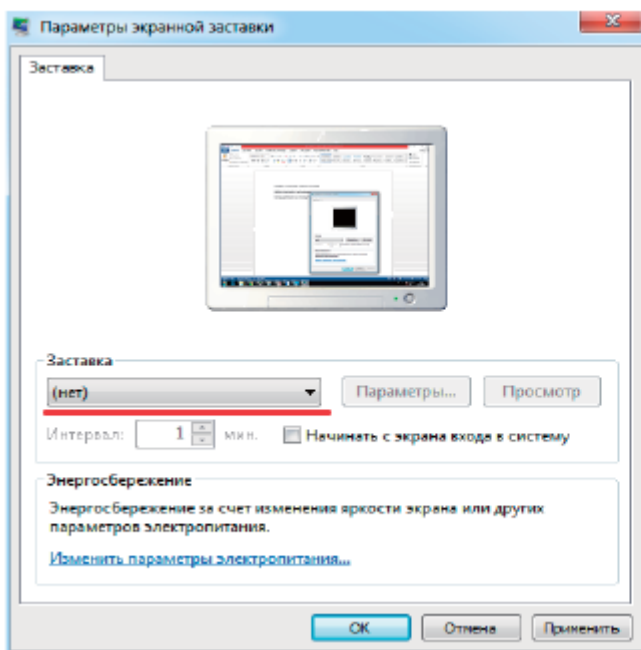
1. Подключите к ПК USB-диск и запустите программу установки RangeVision ScanCenter NG setup



2. Следуя подсказкам, выберите язык, тип и путь установки. После завершения копирования файлов установите драйверы и графические библиотеки, необходимые для правильной работы 3D-сканера RangeVision PRO.

Задание 2. Настроить ПК для работы сканера

1. Для корректной работы 3D-сканера RangeVision PRO необходимо выполнить настройку компьютера. Эта процедура выполняется однократно перед первым использованием сканера.
2. Включите сканер и подключите его к HDMI-выходу видеокарты. После подключения проектор должен отобразиться в системе. Если на компьютере несколько видео-выходов, определите используемый.
3. Чтобы избежать возникновения проблем при работе сканера, необходимо отключить на компьютере заставку и спящий режим. Кликнув правой кнопкой мыши на рабочем столе, выберите пункт Персонализация → Заставка и отключите экранную заставку, отключение дисплея и перевод компьютера в спящий режим.



Настройка плана электропитания "Сбалансированный"

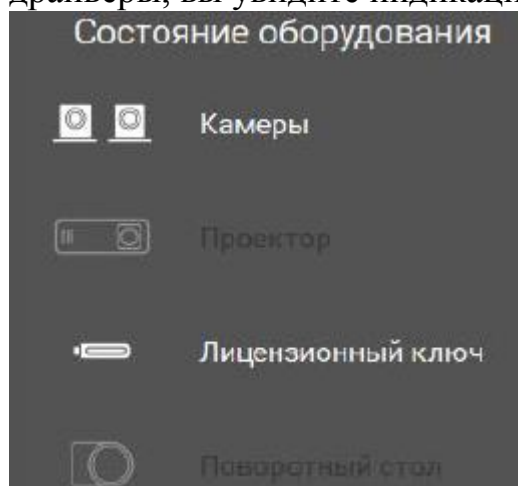
Выберите параметры спящего режима и дисплея для этого компьютера.

☐ Отключать дисплей: Никогда

☐ Переводить компьютер в спящий режим: Никогда

Задание 3. Настроить сканер для работы.

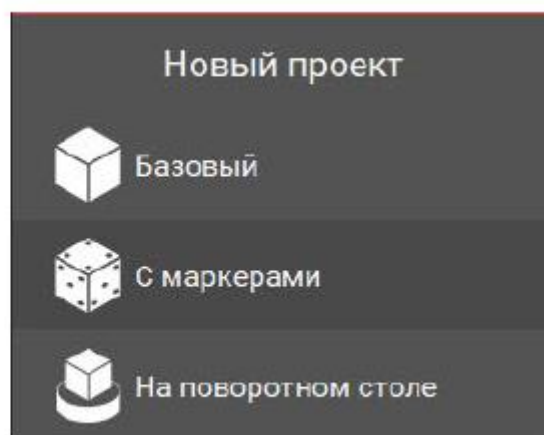
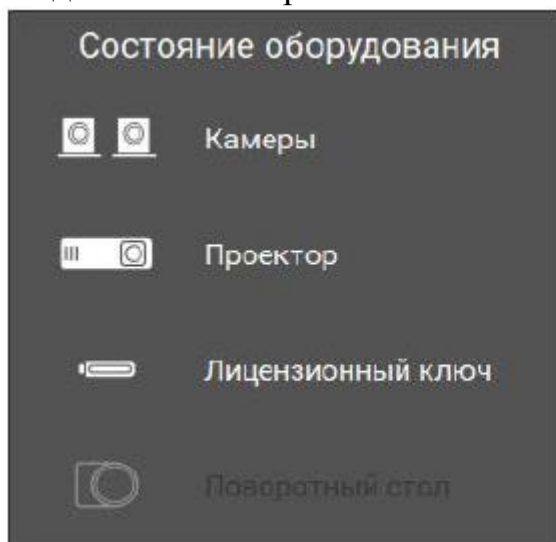
1. Запустите ScanCenter NG. Если сканер не подключен или не установлены драйверы, вы увидите индикацию на Стартовом экране, как на рисунке ниже:



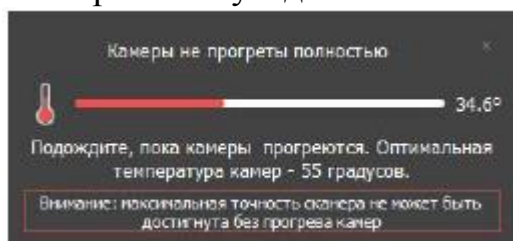
Проверьте подключение кабелей, питания и нажмите кнопку Обновить. Если Вы уверены, что все компоненты сканера подключены правильно, а ошибка о подключении не исчезает, выберите ручную настройки Вашего сканера в меню Параметры оборудования.


2. При успешном подключении всех компонентов вам станут доступны опции

создания новых проектов.

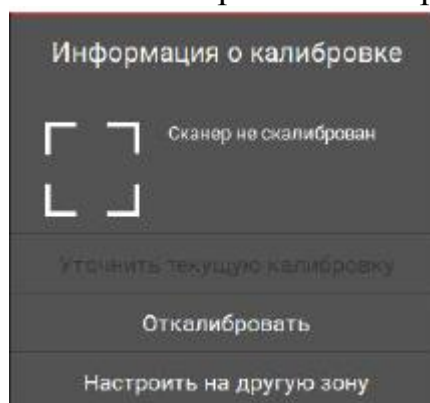


3. Для правильной работы некоторых версий сканера необходим прогрев камер. Если камеры прогреты недостаточно, программа при переходе в режим сканирования уведомит Вас об этом.



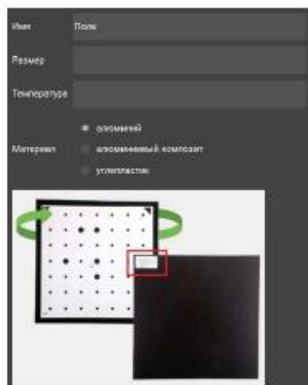
После прогрева значение текущей температуры камер можно посмотреть в панели.  Температура камер 34°

4. После подготовительных действий по настройке компьютера необходимо осуществить настройку сканера. Запустите Настройку сканера на новую зону в окне Калибровка на Стартовом экране и следуйте указаниям на каждом шаге.



Перед началом настройки выберите необходимую зону (область) сканирования в зависимости от сканируемого объекта. Зона сканирования – это набор сменной оптики, калибровочного поля и подставки для поля, позволяющий настроить сканер на определенную область сканирования. В большинстве случаев зона сканирования правильно подобрана, если размер объекта примерно равен размеру калибровочного поля.

5. На следующем шаге возьмите калибровочное поле, необходимое для настройки сканера на выбранную зону сканирования. На обратной стороне указан точный размер калибровочного поля и температура замера. Введите эти значения в Мастере настройки или выберите в выпадающем списке ранее введенные значения



6. Далее установите на камеры объективы, соответствующие выбранной зоне сканирования. Номер зоны сканирования указан на объективе. Надежно закрутите объективы. При смене оптики не касайтесь линз объектива и матриц камер, избегайте попадания пыли и прочих загрязнений.

7. Установите калибровочное поле перед сканером. Для установки калибровочных полей используются специальные подставки. Для полей L и M - большая подставка со специальными прорезями для установки калибровочного поля, для поля S используется малая подставка.

8. Предварительная настройка объективов. Изображение с камер может быть слишком ярким или темным из-за различий в яркости внешнего освещения. Настройте диафрагму объективов так, чтобы изображение было приемлемой яркости, без красных зон пересвета и не слишком темное. Настройка диафрагмы осуществляется кольцом на корпусе объектива. Ослабьте (не выкручивайте!) фиксирующий винт и вращайте кольцо настройки.

9. На каждой зоне сканирования сканер имеет определенное рабочее расстояние (расстояние до объекта). При настройке сканера это расстояние определяется с помощью калибровочного поля. Для нахождения рабочего расстояния поместите калибровочное поле перед сканером. Двигая поле ближе или дальше от камеры, совместите крайние метки калибровочного поля с синей сеткой на виде с камеры. Синие вертикальные линии разметки на виде с камеры должны совпадать с метками на калибровочном поле.

10. Настройте фокус проектора, чтобы линии на калибровочном поле, расположенном на рабочем расстоянии, были максимально резкие. Расстояние до калибровочного поля найдено в предыдущем шаге. С помощью рычажка масштабирования установите минимально возможную область подсвета проектора.

11. Для работы сканера его камеры должны быть сведены в одну точку на найденном рабочем расстоянии. Установите калибровочное поле перед сканером на найденное расстояние (если меняли его положение после фокусировки проектора). Совмещать крест с метками на поле на данном этапе не обязательно, сфокусированный проектор должен проецировать крест на

любую часть калибровочного поля или любую другую поверхность, расположенную на рабочем расстоянии от сканера. Установите камеры в положение, соответствующее выбранной зоне сканирования. Для этого открутите винты крепления, передвиньте камеры в нужное положение. На следующем шаге, поворачивая камеры вокруг своей оси, совместите вертикальную линию креста и центральную синюю вертикальную линию на виде с каждой из камер, как показано на рисунке ниже. После этого зафиксируйте винты крепления.

12. После выставления положения камер совместите проецируемый крест с центральной меткой на калибровочном поле и перейдите на следующий шаг. Отрегулируйте диафрагму объективов. Включите режим “Линии и полосы”, установите значение электронной экспозиции в диапазоне от 30 до 60 (меньшее значение, если объект сканирования темный и большее, если светлый). По умолчанию установлено значение 45. Подсвеченные красным области означают пересвеченные участки со слишком ярким изображением. Настройте диафрагму объективов так, чтобы линии на калибровочном поле были максимально яркие, но без пересвета. Яркость изображений с камер должна быть одинакова!

Задание 4. Произвести калибровку сканера

1. Для работы сканера после настройки объективов камер необходимо выполнить калибровку с помощью калибровочного поля. Программа анализирует изображение поля, получаемое с камер и сравнивает его с математической моделью, заложенной в алгоритме.

Полная калибровка используется: при перенастройке камер и смене зоны сканирования, при любых подозрениях на ухудшение точности сканирования, после транспортировки сканера.

Быстрая калибровка используется: при подозрении, что камера сдвинулась вследствие ненадежного закрепления, для проверки точности выполненной калибровки, перед работой со сканером (рекомендуется).

Калибровка стола используется: при любом изменении положения поворотного стола относительно сканера (при сканировании на поворотном столе).

2. Диалог *полной калибровки* открывается после завершения Мастера настройки или вручную из пункта меню Настройка – Полная калибровка.

А) В выпадающем списке выбраны параметры поля, указанные ранее в Мастере настройки. Сверьте их с фактическими, при необходимости выберите вручную из списка.

Б) В соответствии с текстовой подсказкой и условным изображением установите калибровочное поле на подставке в требуемое положение. Яркость изображения калибровочного поля при необходимости регулируется при помощи регулятора экспозиции. Не следует допускать очень темных изображений или изображений с зонами пересвета. Нажмите кнопку Снять.

В) При неправильном положении калибровочного поля в кадре появится сообщение об ошибке. Поправьте положение и повторите снимок.

Г) После того, как все необходимые снимки будут сняты, дождитесь окончания расчета. Результирующая точность калибровки указывается в пикселях. Хорошим значением можно считать результирующую точность не хуже (не больше) 0.1 μm . При получении более высоких значений калибровки повторите калибровку, внимательно следя за освещенностью поля и его положением. При необходимости повторите калибровку без светофильтров и «синего подсвета».

3. Диалог *быстрой калибровки* вызывается из окна Калибровка на Стартовом экране. Поставьте поле в центральное положение на рабочем расстоянии от сканера, как при первом положении при калибровке, нажмите кнопку Снять, далее, следуя подсказкам, сделайте еще два снимка, после этого появится консоль и в последней строке будет указана точность ориентирования. Она должна приблизительно равняться точности последней калибровки. Если точность при ориентировании начинает сильно отличаться от первоначальной, необходима повторная калибровка.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11.


Тема: Сканирование модели фотограмметрической установкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели фотограмметрической установкой, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для фотограмметрической установки и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|---|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12.

Тема: Сканирование модели фотограмметрической установкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели фотограмметрической установкой, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для фотограмметрической установки и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

Вариант 1. Здания учебного корпуса

Вариант 2. Здание административного корпуса

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13.

Тема: Сканирование модели фотограмметрической установкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели фотограмметрической установкой, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для фотограмметрической и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

Вариант 1. Токарный станок

Вариант 2. Фрезерный станок

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14.

Тема: Сканирование модели фотограмметрической установкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели фотограмметрической установкой, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для фотограмметрической установки и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объектов по индивидуальным заданиям, получив при этом максимально-возможное качество модели.

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 15.

Тема: Подготовка 3D сканера с LED подсветкой к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

Цель работы: научиться производить подготовку 3D сканера с LED подсветкой к работе, устанавливать программное обеспечение, производить калибровку 3D сканера.

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для 3D сканера с LED подсветкой, инструкции по выполнению работы.

Справочный материал:

Такие сканеры используют в качестве шаблона для обнаружения объектов – полосы, а основными методами создания моделей являются: создание лазерных помех и проекций. Последний использует два плоских лазерных луча, для создания двух равноудаленных линий. Такой метод полезен для создания изображения, с практически неограниченной глубиной резкости, то есть объект может находиться как на далеком, так и на близком расстоянии от лазеров, при этом качество полученной картинке не будет меняться. Высокая точность проекции, которая получается с помощью такой установки, делает её практически недоступной в ценовом плане, для большинства потребителей.

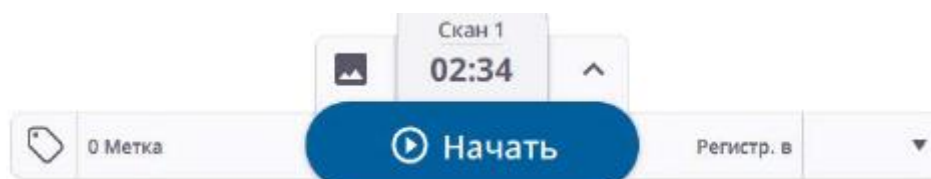
Содержание работы:

Задание 1. Подготовить 3D сканер с LED подсветкой к работе

1. Установите аккумулятор сканера
2. Установите карту памяти
3. Подключите USB-кабель для передачи данных к USB-порту контроллера или подключите кабель питания к внешнему блоку питания, а затем подключите блок питания к сети.
4. Включение и выключение инструмента производится с помощью кнопки включения/выключения. Если установлен аккумулятор, включите прибор коротким нажатием на кнопку включения/выключения. Чтобы выключить прибор, нажмите и удерживайте кнопку включения/выключения от одной до пяти секунд, пока не услышите один звуковой сигнал, затем звуковые сигналы начнут затухать, а индикатор кнопки включения/выключения начнет мигать с высокой частотой. Светодиодный индикатор будет продолжать мигать с высокой частотой до полного выключения инструмента.

Задание 2. Настроить параметры сканирования

1. Перед сканированием необходимо установить параметры сканирования и съемки изображений. Чтобы открыть окно настройки параметров сканирования, нажмите стрелку вниз над кнопкой Начать сканирование:



2. Длительность сканирования определяется плотностью и количеством точек для двух режимов сканирования. Сначала необходимо выбрать предустановленную продолжительность, при этом режим сканирования будет установлен автоматически, также вы можете выбрать один из двух режимов.

Два предопределенных режима: Стандартный (STD) и Высокой чувствительности (HS) определяют скорость и качество сканирования. Стандартный режим используется для высокоскоростной (500 кГц) съемки данных. Режим высокой чувствительности имеет более низкую скорость (166 кГц) при большей дальности и более высокой чувствительности для съемки темных поверхностей.

3. Выбор режима съемки изображений. Можно включить или отключить функцию съемки изображений. Для съемки изображений при каждом сканировании включите Режим съемки изображений и установите количество изображений - 15 или 30. Время съемки изображения составляет одну минуту для 15 изображений и две минуты для 30 изображений. Полученные изображения можно использовать для создания панорамных изображений и/или для окрашивания данных сканирования.

4. Режим HDR. Включите режим HDR для съемки изображений с улучшенной цветопередачей и детализацией темных и светлых участков. Выберите длительность сканирования и режим сканирования, включите фотосъемку и режим HDR, после чего отобразится точная длительность сканирования в минутах и секундах.

Задание 3. Произвести калибровку сканера

1. Автоматическая калибровка выполняется после запуска сканирования (если это необходимо). Для этого не требуется использование марок или взаимодействия с пользователем.

2. Автоматическая калибровка углов исправляет коллимационную ошибку, то есть отклонение горизонтальной оси (HA), или вертикальной оси (VA), или оси визирования (SA).

3. Автоматическая калибровка расстояния вносит поправку по расстоянию при измерении альбедо и измерении расстояния.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 16.



Тема: Сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для 3D сканера с LED подсветкой и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|--|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 17.

Тема: Сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для 3D сканером с LED подсветкой и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|---|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 18.



Тема: Сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для 3D сканера с LED подсветкой и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | | Вариант 2 | |
|-----------|--|-----------|---|
| |  | |  |
| | | | |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 19.

Тема: Сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели 3D сканером с LED подсветкой, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для 3D сканера с LED подсветкой, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|---|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 20.

Тема: Подготовка 3DSL сканера к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

Цель работы: научиться производить подготовку 3DSL сканера к работе, устанавливать программное обеспечение, производить калибровку 3DSL сканера.

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для 3DSL сканера, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Подготовить 3DSL сканер к работе

1. Установите аккумулятор сканера
2. Установите карту памяти
3. Подключите USB-кабель для передачи данных к USB-порту контроллера или подключите кабель питания к внешнему блоку питания, а затем подключите блок питания к сети.
4. Включение и выключение инструмента производится с помощью кнопки включения/выключения. Если установлен аккумулятор, включите прибор коротким нажатием на кнопку включения/выключения. Чтобы выключить прибор, нажмите и удерживайте кнопку включения/выключения от одной до пяти секунд, пока не услышите один звуковой сигнал, затем звуковые сигналы начнут затухать, а индикатор кнопки включения/выключения начнет мигать с высокой частотой. Светодиодный индикатор будет продолжать мигать с высокой частотой до полного выключения инструмента.

Задание 2. Настроить параметры сканирования

1. Перед сканированием необходимо установить параметры сканирования и съемки изображений. Чтобы открыть окно настройки параметров сканирования, нажмите стрелку вниз над кнопкой Начать сканирование
2. Длительность сканирования определяется плотностью и количеством точек для двух режимов сканирования. Сначала необходимо выбрать предустановленную продолжительность, при этом режим сканирования будет установлен автоматически, также вы можете выбрать один из двух режимов.

Два предопределенных режима: Стандартный (STD) и Высокой чувствительности (HS) определяют скорость и качество сканирования. Стандартный режим используется для высокоскоростной (500 кГц) съемки данных. Режим высокой чувствительности имеет более низкую скорость (166 кГц) при большей дальности и более высокой чувствительности для съемки темных поверхностей.

3. Выбор режима съемки изображений. Можно включить или отключить функцию съемки изображений. Для съемки изображений при каждом сканировании включите Режим съемки изображений и установите количество изображений - 15 или 30. Время съемки изображения составляет одну минуту для 15 изображений и две минуты для 30 изображений. Полученные изображения можно использовать для создания панорамных изображений и/или для окрашивания данных сканирования.

4. Режим HDR. Включите режим HDR для съемки изображений с улучшенной цветопередачей и детализацией темных и светлых участков. Выберите длительность сканирования и режим сканирования, включите фотосъемку и режим HDR, после чего отобразится точная длительность сканирования в минутах и секундах.

Задание 3. Произвести калибровку сканера

1. Автоматическая калибровка выполняется после запуска сканирования (если это необходимо). Для этого не требуется использование марок или взаимодействия с пользователем.
2. Автоматическая калибровка углов исправляет коллимационную ошибку, то есть отклонение горизонтальной оси (HA), или вертикальной оси (VA), или оси визирования (SA).
3. Автоматическая калибровка расстояния вносит поправку по расстоянию при измерении альбедо и измерении расстояния.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 21.



Тема: Сканирование модели 3DSL сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели 3DSL сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для 3DSL сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|---|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 22.

Тема: Сканирование модели 3DSL сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели 3DSL сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для 3DSL сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|---|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 23.



Тема: Сканирование модели 3DSL сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели 3DSL сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для 3DSL сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|---|---|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 24.

Тема: Сканирование модели 3DSL сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели 3DSL сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для 3DSL сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|---|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 25.

Тема: Сканирование модели 3DSL сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели 3DSL сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для 3DSL сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|---|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 26.

Тема: Подготовка МРТ сканера к работе, настройка программного обеспечения, калибровка 3D сканера

Цель работы: научиться производить подготовку МРТ сканера к работе, устанавливать программное обеспечение, производить калибровку 3D сканера.

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для МРТ сканера, инструкции по выполнению работы.

Справочный материал:

Компьютерная томография (КТ) – специальный медицинский метод визуализации, который создаёт трехмерное изображение внутреннего пространства объекта, используя большую серию двухмерных рентгеновских снимков. По похожему принципу работает и магнитно-резонансная томография – ещё один приём визуализации в медицине, который отличается более контрастным изображением мягких тканей тела, чем КТ. Поэтому МРТ используют для сканирования мозга, опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой системы, поиска онкологии. Эти методики позволяют получить объемные воксельные модели, которые можно визуализировать, изменять и преобразовывать в традиционную 3D-поверхность используя алгоритмы экстракции изоповерхности.

Хотя МРТ, КТ или микротомография более активно используются в медицине, но они также активно применяются и в других областях для получения цифровой модели объекта и его окружения. Это важно, к примеру, для неразрушающего контроля материалов, реверс-инжиниринга или изучения биологических и палеонтологических образцов.

Содержание работы:

Задание 1. Подготовить МРТ сканер к работе

Задание 2. Установить программное обеспечение МРТ сканера

Задание 3. Произвести калибровку МРТ сканера

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 27.

Тема: Сканирование модели МРТ сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели МРТ сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для МРТ сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

Вариант 1. Рука человека

Вариант 2. Нога человека

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 28.

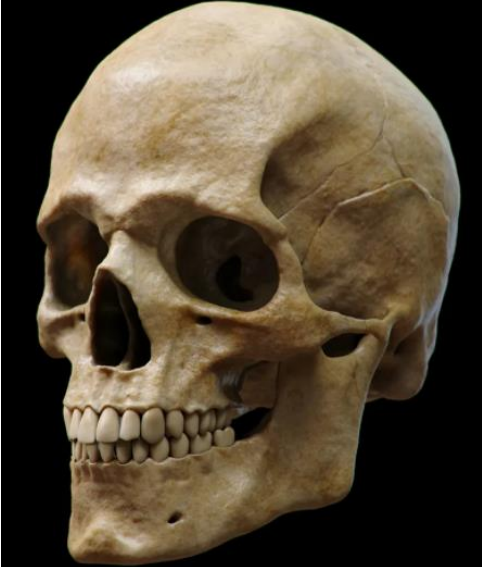

Тема: Сканирование модели МРТ сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели МРТ сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для МРТ сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

| Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|---|
|  |  |

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 29.

Тема: Сканирование модели МРТ сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели МРТ сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для МРТ сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

Вариант 1. Челюсть человека

Вариант 2. Сердце человека

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 30.

Тема: Сканирование модели МРТ сканером, обработка погрешностей 3D сканирования, подготовка цифровой модели к печати

Цель работы: научиться производить сканирование модели МРТ сканером, обрабатывать погрешности сканирования, подготавливать цифровую модель к печати на 3D принтере

Оборудование: ПК, интернет, программное обеспечение для МРТ сканера и оцифровки изображений, инструкции по выполнению работы.

Содержание работы:

Задание 1. Выполнить сканирование объекта, получив при этом максимально-возможное качество модели.

Вариант 1. Колено человека

Вариант 2. Локоть человека

Задание 2. Обработайте погрешности сканирования. Перекиньте файл со сканера на ПК.

Задание 3. Подготовьте цифровую модель к печати на 3D принтере

Информационное обеспечение обучения по дисциплине

Основные учебные издания:

1. Кравченко, Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие для СПО / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. — Саратов: Профобразование, 2021. — 139 с. — ISBN 978-5-4488-1193-7. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/105721>
2. Штейнбах, О. Л. Инженерная и компьютерная графика. AutoCAD: учебное пособие для СПО / О. Л. Штейнбах, О. В. Диль. — Саратов: Профобразование, 2021. — 131 с. — ISBN 978-5-4488-1175-3. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/106615>

Дополнительные учебные издания:

3. Забелин, Л. Ю. Компьютерная графика и 3D-моделирование: учебное пособие для СПО / Л. Ю. Забелин, О. Л. Штейнбах, О. В. Диль. — Саратов: Профобразование, 2021. — 258 с. — ISBN 978-5-4488-1188-3. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/106619>
4. Штейнбах, О. Л. Компьютерная графика. Проектирование в среде AutoCAD: учебное пособие для СПО / О. Л. Штейнбах, О. В. Диль. — Саратов: Профобразование, 2021. — 100 с. — ISBN 978-5-4488-1179-1. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/106620>