

**OП 3.2.1**

**3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

**Версия 3.0**

**Учебный курс разработан в рамках выполнения проекта программы Европейской Комиссии Эразмус+ «**Создание сетевой инфраструктуры для поддержки инновационного предпринимательства молодежи на платформах производственных лабораторий» (561536-EPP-1-2015-1-UK-EPPKA2-CBHE-JP)

<http://fablab-erasmus.eu/>

Настоящий документ создан при поддержке Европейской Комиссии.

Однако он отражает мнения только авторов, и Европейская Комиссия не несет ответственность за содержащуюся в нем информацию

**Информация о документе**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер соглашения** | **561536-EPP-1-2015-1-UK-EPPKA2-CBHE-JP** | | | **Акроним** | | **FabLab** |
| **Наименование проекта** | **Создание сетевой инфраструктуры для поддержки инновационного предпринимательства молодежи на платформах производственных лабораторий** | | | | | |
| **Раздел** | ERASMUS+ CBHA | | | | | |
| **Дата начала проекта** | **15 Октября 2015** | Продолжительность | | | 36 месяцев | |
| **Сайт проекта** | <http://fablab-erasmus.eu/> | | | | | |
| **Координатор проекта** | Dr. Dorin Festeu, Buckinghamshire New University, United Kingdom | | | | | |
| **Рабочий пакет** | РП3 – Разработка учебных курсов | | | | | |
| **Руководитель пакета** | БНТУ (П8) | | Email | vtrepachko@bntu.by | | |
|  | | Phone | +375 29 190 95 95 | | |
|  | | Skype address | vmtrepachko | | |
| **Ответственный исполнитель** |  | |  |  | | |
|  | |  |  | | |
|  | |  |  | | |
| **Рецензенты** | Все партнеры | | | | | |
| **Ключевые слова** | 2D-моделирование, 3D-моделирование, 3D сканирование и распознавание | | | | | |

**История документа**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Версия** | **Дата создания** | **Статус** | **Описание** | **Участники** |
| 1.0 | 05/09/2017 | Черновик | Содержание курса (подготовка 1-ой версии курса) проверка 1-го уровня) | П9 (БГУ) |
| 2.0 | 05/10/2017 | Черновик | Корректировка и подготовка 2-й версии курса (проверка 2-го уровня) | U Ghent |
| 3.0 | 01/11/2017 | Окончательная | Корректировка и подготовка окончательной версии | БНТУ |
|  |  |  |  |  |

**Содержание**

[Описание дисциплины 4](#_Toc495926347)

[Результаты обучения 4](#_Toc495926348)

[Содержание дисциплины 5](#_Toc495926349)

[Рекомендуемая литература 5](#_Toc495926350)

[Планируемая образовательная деятельность и методы обучения 7](#_Toc495926351)

[Методы, критерии и порядок оценки 8](#_Toc495926352)

[Навыки и персональное развития 8](#_Toc495926353)

[1. 2D-моделирование 9](#_Toc495926354)

[1.1. Обзор программного обеспечения для создания 2D-моделей 9](#_Toc495926355)

[1.2. Создание простых 2D-моделей 10](#_Toc495926356)

[1.3. Создание сложных 2D-моделей 10](#_Toc495926357)

[1.4. Особенности моделирования объектов для гравировки и резки 10](#_Toc495926358)

[1.5. Переход от 2D-моделей к 3D-моделям 11](#_Toc495926359)

[2. 3D-моделирование 14](#_Toc495926360)

[2.1. Обзор программного обеспечения для создания 3D моделей 14](#_Toc495926361)

[2.2. Создание простых 3D-моделей 15](#_Toc495926362)

[2.3. Создание сложных 3D-моделей 15](#_Toc495926363)

[2.4. Рекомендации по повышению качества 3D-печати 16](#_Toc495926364)

[3. 3D сканирование и распознавание 23](#_Toc495926365)

[3.1. Принципы работы3D сканеров 23](#_Toc495926366)

[3.2. Сканирование 3D-объектов 25](#_Toc495926367)

**Описание дисциплины**

|  |  |
| --- | --- |
| **Название дисциплины:** | 3D-моделирование и проектирование |
| **Код дисциплины** | 3D-моделирование |
| **Университет, который проводит дисциплину** | БНТУ, БГУ, ХНЭУ, ИПСА НТУУ «КПИ», ТНТУ |
| **Тип дисциплины** | факультативный |
| **Уровень дисциплины** | магистр |
| **Количество ЕКТС кредитов** | 3 кредита |
| **Способ проведения** | лекции, практические занятия, семинары, самостоятельная работа, дистанционное обучение |
| **Условия для зачисления** | студенты, которые будут зачислены на данный курс, должны иметь образовательно-квалификационный статус бакалавра по инженерных или компьютерных специальностях |

**Результаты обучения**

|  |
| --- |
| **Цели обучения дисциплине:**  обучить студентов методологии создания 2D и 3D моделей;  сформировать у обучающихся представление о современном ПО для моделирования;  развить у студентов навыки логического мышления при создании и оптимизации плоских моделей;  ознакомить студентов со сложностями и особенностями создания плоских соединений;  развить у студентов навыки пространственного мышления при моделировании разверток трехмерных объектов;  дать обучаемым детальное представление о различных способах и методах построения трехмерных моделей в современных CAD (САПР) системах;  обучить студентов подготовке трехмерной компьютерной модели к печати;  сформировать у студентов понимание языка G-code;  ознакомить студентов со сложностями и особенностями создания пространственных соединений;  сформировать у студентов понимание типичных ошибок, возникающих при построении трехмерных моделей для печати;  ознакомить студентов с технологиями реверс-инжиниринга.  **В результате успешного освоения дисциплины студент должен уметь:**  создавать плоские и пространственные модели;  применять типовые приемы построения трехмерных моделей в современных CAD (САПР) системах;  работать со слайсерами;  устранять несоответствия в геометрии виртуальных и материальных моделей при аддитивном производстве;  сканировать 3D-объекты. |

**Содержание дисциплины**

|  |
| --- |
| 1. 2D-моделирование  1.1. Обзор программного обеспечения для создания 2D-моделей  1.2. Создание простых 2D-моделей  1.3. Создание сложных 2D-моделей  1.4. Особенности моделирования объектов для гравировки и резки  1.5. Переход от 2D-моделей к 3D-моделям  2. 3D-моделирование  2.1. Обзор программного обеспечения для создания 3D моделей  2.2. Создание простых 3D-моделей  2.3. Создание сложных 3D-моделей  2.4. Рекомендации по повышению качества 3D-печати  3. 3D сканирование и распознавание  3.1. Принципы работы3D сканеров  3.2. Сканирование 3D-объектов |

**Рекомендуемая литература**

|  |
| --- |
| **Основная:**   1. <http://pechat-3d.ru/3d-printer/istoriya-razvitiya-3d-pechati.html> 2. <http://3dtoday.ru/wiki/> 3. <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/> 4. <http://3dtoday.ru/wiki/3dprint_basics/> 5. <http://3dtoday.ru/wiki/3d_pens/> 6. <http://autodeskeducation.ru/study/fusion360/fusion-features/> 7. [https://autodesk.com/products/inventor/](https://www.autodesk.com/products/inventor/) 8. [http://solidworks.com/](http://www.solidworks.com/) 9. [https://plm.automation.siemens.com/](https://www.plm.automation.siemens.com/) 10. <https://3dprintexpo.ua/ru/article/obzor-luchshih-universalnih-slayserov-dlya-podgotovki-k-3d-pechati-61468> 11. <https://3deshnik.ru/blogs/akdzg/obzor-osnovnyh-nastroek-slajsera-cura> 12. [https://simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting](https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting) 13. <https://3d-daily.ru/equipment/3dscan-type.html> 14. [http://aniwaa.com/3d-scanning-technologies-and-the-3d-scanning-process/](http://www.aniwaa.com/3d-scanning-technologies-and-the-3d-scanning-process/) 15. [http://instructables.com/id/Laser-Cutting-Basics/](http://www.instructables.com/id/Laser-Cutting-Basics/) 16. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0> 17. <http://reklab.ru/articles/tech-types/> 18. <https://inkscape.org> 19. [http://coreldraw.com](http://www.coreldraw.com) 20. [http://adobe.com](http://www.adobe.com) 21. <https://obrary.com/products/living-hinge-patterns> 22. <http://academy.cba.mit.edu/classes/project_development/index.html> 23. <http://archive.fabacademy.org/>   **Дополнительная:**   1. <http://3dtoday.ru/wiki/3D_print_technology/> 2. <http://3dtoday.ru/wiki/FDM_printers/#.D0.9A.D0.BE.D0.BD.D1.81.D1.82.D1.80.D1.83.D0.BA.D1.82.D0.B8.D0.B2.D0.BD.D1.8B.D0.B5.D1.8D.D0.BB.D0.B5.D0.BC.D0.B5.D0.BD.D1.82.D1.8B2> 3. <http://3dtoday.ru/wiki/3D_print_technology/> 4. <https://habrahabr.ru/post/196182/> 5. <https://3dpt.ru/page/soft> 6. <https://habrahabr.ru/post/196182/> 7. <https://3deshnik.ru/blogs/akdzg/obzor-osnovnyh-nastroek-slajsera-cura> 8. <http://3dtoday.ru/blogs/3dpicasso/cura-your-caring-assistant-in-the-world-of-printing-part-1/> 9. <https://3deshnik.ru/blogs/akdzg/sekrety-slajsera-cura-chast-1> 10. <https://3deshnik.ru/blogs/akdzg/sekrety-slajsera-cura-chast-2> 11. <https://3deshnik.ru/blogs/akdzg/sekrety-slajsera-cura-chast-3> 12. <https://3deshnik.ru/blogs/akdzg/cura-optimizatsiya-nastroek-retrakta> 13. <http://support.3dverkstan.se/article/30-getting-better-prints> 14. <https://3deshnik.ru/blogs/akdzg/obzor-osnovnyh-nastroek-slajsera-cura> 15. <http://3dprintingforbeginners.com/troubleshoot-3d-printing-problems/> 16. [https://simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/](https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/) 17. <http://support.3dverkstan.se/article/30-getting-better-prints> 18. <http://support.3dverkstan.se/article/23-a-visual-ultimaker-troubleshooting-guide> 19. [http://hordaprint.ru/index.php/recommendation](http://www.hordaprint.ru/index.php/recommendation) 20. <https://geektimes.ru/post/253390/> 21. <http://3dtoday.ru/blogs/garremmash/the-20-most-common-problems-of-3d-printing-part-1/> 22. <http://3dtoday.ru/blogs/garremmash/the-20-most-common-problems-of-3d-printing-part-2/> 23. <http://support.3dverkstan.se/article/30-getting-better-prints> 24. <https://make-3d.ru/articles/chto-takoe-3d-skaner-i-kak-on-rabotaet/> 25. <http://can-touch.ru/blog/vse-o-3d-skanerax/> 26. <http://3dwiki.ru/3d-scanner/> 27. <http://robot-ik.ru/articles/kak_rabotaet_ustroystvo_3d_skanerov_tehnologii_i_printsipy_skanirovaniya/> 28. [http://fotokomok.ru/3d-skanery-princip-raboty-i-primenenie/](http://www.fotokomok.ru/3d-skanery-princip-raboty-i-primenenie/) 29. <https://geektimes.ru/company/top3dshop/blog/265626/> 30. [https://youtube.com/watch?v=bZMSt7bC5qE](https://www.youtube.com/watch?v=bZMSt7bC5qE) 31. [https://youtube.com/user/netfabb/videos](https://www.youtube.com/user/netfabb/videos) 32. [https://youtube.com/watch?v=4VBUcKz2Ids](https://www.youtube.com/watch?v=4VBUcKz2Ids) 33. [https://youtube.com/user/meshmixer/videos](https://www.youtube.com/user/meshmixer/videos) 34. [http://osvarke.com/gidroabrazivnaya-rezka.html](http://www.osvarke.com/gidroabrazivnaya-rezka.html) 35. [https://youtube.com/watch?v=4IKlR76oflc](https://www.youtube.com/watch?v=4IKlR76oflc) 36. [http://lincolnelectric.com/ru-ru/support/process-and-theory/Pages/how-a-plasma-cutter-works.aspx](http://www.lincolnelectric.com/ru-ru/support/process-and-theory/Pages/how-a-plasma-cutter-works.aspx) 37. [http://svarkainfo.ru/rus/technology/rezka/vprez/](http://www.svarkainfo.ru/rus/technology/rezka/vprez/) 38. <http://svarkaland.ru/ctati/plazmennaya-rezka-i-ee-osobennosti> 39. [http://gigamech.com/info-mmi/articles-mmi/92-lazer-vs-plasma](http://www.gigamech.com/info-mmi/articles-mmi/92-lazer-vs-plasma) 40. <http://ostanke.ru/chpu/frezernaya-rezka-fanery.html> 41. <https://books.google.es/books?id=8Mp3CwAAQBAJ&hl=ru&num=13> 42. <https://geektimes.ru/post/277290/> 43. [http://vertexn.ru/statii/laser-graver-history.html](http://www.vertexn.ru/statii/laser-graver-history.html) 44. <https://halk.ru/forum/resources/20/download?version=20> |

**Планируемая образовательная деятельность и методы обучения**

|  |
| --- |
| Предлагается практическое обучение студентов, которое поддерживается и развивается через:  1. Обсуждение проектов.  2. Формирование проектов, предложенных студентами.  3. Взаимное обучение.  4. Самооценку и оценку сокурсников.  5. Приглашенных лекторов.  6. Групповые обсуждения, обзоры и критические замечания.  7. Работу над реальными проектами.  8. Наставничество.  9. Самостоятельное обучение.  ***Для гибкого обучения:***  Преподавателем проводятся вебинары, которые представляют методологию и понятийную базу обучения студентов. Слайды и материалы занятий доступны в электронном виде. Веб-семинары используются для укрепления знаний о новых методах и подходах, а также для изучения их применения в конкретных сложных ситуациях. Студентам предлагается задавать вопросы и обсуждать материалы в режиме «живого» онлайн общения. Для организации общения используется веб-доска объявлений. Студенты могут публиковать вопросы при этом, и эти обсуждения будут отслеживаться преподавателем. Основной акцент делается на независимом обучении. |

**Методы, критерии и порядок оценки**

|  |
| --- |
| Прогресс и обучение оцениваются не только в конце, но и на протяжении всего курса. Будет оцениваться способность мыслить и анализировать проблемы.  Студенческие оценки будут определяться выполнением отчетов по индивидуальным заданиям после каждого раздела с презентацией прототипов. Относительный вес каждого отчета будет установлен на уровне 100 %, и отдельно вес оценки:  описание – 20 %;  анализ допущенных ошибок при моделировании или настройке моделей – 30 %;  использование адекватной терминологии – 10 %;  наличие рабочего прототипа – 40 %. |

**Навыки и персональное развитие**

|  |
| --- |
| Дисциплина "3D-моделирование и проектирование" обеспечивает способность студентов:  1) использовать профессиональные знания и навыки на практике для решения инженерных и практических задач создания инновационных объектов;  2) анализировать, обсуждать, формулировать и решать проблемные ситуации разработки и проектирования новых объектов и технологий, решать нестандартные задачи и создавать принципиально новые подходы при создании инноваций;  3) осваивать новые знания и навыки, самосовершенствоваться и самообучаться, продолжать профессиональное развитие;  4) уметь работать в команде, работать над поиском новых идей в коллективе;  5) улучшать навыки общения, включая устную и письменную коммуникацию;  6) организовывать собственную деятельность и эффективное управление временем;  7) критически мыслить. |

1. **2D-моделирование**
   1. **Обзор программного обеспечения для создания 2D-моделей**

Процесс создания моделей можно разделить на ряд этапов:

* создание или импорт векторного чертежа 2d-модели;
* расположение и ориентировка чертежа на рабочем столе;
* настройки мощности и длительности реза оборудования;
* вырезание модели;
* финишная обработка готовой модели (при необходимости).

Некоторые производители предлагают программное обеспечение, разработанное для выпускаемого оборудования, но фактически все станки могут работать с векторной графикой формата \*.dxf.

Перевод векторной графики в растровое изображение достаточно прост. Но обратный путь, как правило, сложен.

В таблицах и 2.1 и 2.2, представлено краткое описание лицензионного и бесплатного программного обеспечения для создания 2D-моделей.

Таблица 2.1 – Бесплатное программное обеспечение для создания 2D-моделей

|  |  |
| --- | --- |
| Название ПО | Особенности ПО |
| **Inkscape** | Это векторный графический редактор с открытым исходным кодом. Обладает полным набором инструментов как для создания новой модели с нуля, так и изменения существующих |
| **Sketchup** | Бесплатная версия SketchUp. Позволяет использовать большинство инструментов из Pro версии, кроме инструмента Solid и инструмента для рисования макета. Имеет интуитивно-понятный интерфейс и поставляется с большой библиотекой объектов |
| **Draftsight** | Это бесплатная альтернатива AutoCAD для технического рисования, использует те же команды, что и AutoCAD |

Таблица 2.2 – Лицензионное программное обеспечение для создания 2D-моделей

|  |  |
| --- | --- |
| Название ПО | Особенности ПО |
| **CorelDRAW**  **https://seeklogo.com/images/C/corel-draw-x8-logo-8E33D20BAA-seeklogo.com.png** | Настраиваемая среда, в которой представлены возможности перьевого и сенсорного ввода, профессиональные инструменты фоторедактирования |
| **AutoCAD**  https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/products/2017_badges/logo_lockups/responsive-banner/autocad-2017-banner-lockup-1200x132.png | AutoCAD – двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk. AutoCAD – мощный и гибкий инструмент, позволяющий выполнять самые различные дизайнерские проекты. |
| **Adobe Illustrator**  http://vectorlogo4u.com/wp-content/uploads/2016/09/adobe-illustrator-cc-icon-vector-720x340.png | Программное обеспечение является мощным инструментом работы с векторной графикой. Продукт предназначен для профессиональных дизайнеров, разработчиков интерактивных проектов и аниматоров. [18]. |

* 1. **Создание простых 2D-моделей**

Ниже приведены ссылки на упражнения для создания простых 2D-моделей:

<https://inkscape.org/ru/doc/basic/tutorial-basic.ru.html>

<http://web-grafika.pro/verstka-saita-uchebnye-kursy/multimedia-v-obuchenii/vektornaya-grafika/urok-1.-osnovy-raboty-v-vektornom-redaktore-inkscape.php>

* 1. **Создание сложных 2D-моделей**

<https://inkscape.org/ru/doc/tutorials/advanced/tutorial-advanced.en.html>

<https://inkscape.org/ru/learn/>

<https://youtube.com/watch?v=76MTFWlnO10&list=PLBCEC87C0BCFD1220>

<http://digilinux.ru/2010/01/22/risuem-obyomnyie-izobrazheniya-v-inkscape/>

<https://youtube.com/watch?list=PLynG8gQD-n8BMplEVZVsoYlaRgqzG1qc4&time_continue=408&v=X1SGxjMWbZs>

* 1. **Особенности моделирования объектов для гравировки и резки**

Ниже приведены некоторые рекомендации по созданию чертежа для использования на оборудовании для лазерной обработки:

* при создании модели рисовать красным линии реза. не использовать заполнение линий, установить толщины линий в 0,1 мм;
* для гравировки использовать линии черного цвета;
* проверить чертеж на двойные или перекрывающие друг друга линии, по возможности избавившись от них;
* убедитесь, что не используете белое заполнение для фигур, которое сможет скрыть линии на чертеже, но не во время резания;
* сначала гравировка, затем вырезание контура;
* весь текст должен быть конвертирован в кривые;
* при гравировке растровым рисунком, используя значения оттенков серого можно контролировать мощность и глубину гравировки, используя сглаживание для получения значений между поверхностной гравировкой (rgb – 230,230,230) и глубокой (rgb – 0,0,0).

После создания чертежа и его сохранения в формат \*.dxf, в ПО, разработанном под конкретное оборудование, необходимо произвести настройку модели, указав поведение рабочего органа для каждого цвета и типа линий. Для упрощения настройки рекомендуется производить резание на одной скорости, подбирая мощность лазера исходя из физических характеристик материала.

**Дополнительная информация:**

<https://geektimes.ru/post/277290/>

<http://vertexn.ru/statii/laser-graver-history.html>

<https://halk.ru/forum/resources/20/download?version=20>

* 1. **Переход от 2D-моделей к 3D-моделям**

Основные способы перехода представлены в таблице2.3.

Таблица 2.3 – Способы создания трехмерных объектов на основе 2D-моделей

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование способа | Описание |
| Укладка или слоение | Существует 2 пути построения такой модели:   * создание чертежей всех необходимых деталей вручную; * создание трехмерной модели в любой из CAD-систем с последующим экспортом в специализированную программу   *Пример разбиения 3D модели* |
| Контурирование или разделение на части |
| Использование соединений или шарниров | При создании чертежей соединений необходимо учитывать толщины соединяемых деталей, ширину реза станка и погрешность, возникающую из-за движения режущих частей. При построении больших моделей существует возможность использования сайтов, строящих необходимые соединения с указанными параметрами, например, <http://boxmaker.connectionlab.org/> и <http://makercase.com>. |
| Формовка за счет температурного воздействия  bracelet-web | Деталь вырезается и подвергается температурному, а затем механическому воздействию для придания необходимой формы. |
| Изгиб с разрезом  slot bending_2_web | В открытом доступе существует множество шаблонов, придающих деревянным пластинкам гибкость *Примеры шаблонов* |
| Сшивание | На чертежах указываются прорезаемые отверстия для последующего сшивания в ручном режиме. |
| Панельная обшивка  The faces by Adrian Bica_collage | Данный тип соединения является аналогом сшивания с тем отличием, что в нем используются элементы, вырезанные по одному шаблону чаще всего из гибких материалов. |
| Складывание  test_unfold | Применимо только к очень гибким материалам, таким как бумага, картон, кожа. |

1. **3D-моделирование**
   1. **Обзор программного обеспечения для создания 3D моделей**

Два наиболее сложных этапа в получении напечатанной детали заключаются в построении трехмерной компьютерной модели и ее последующей нарезке. За время развития индустрии компьютерного моделирования появились все необходимые программные продукты.

В таблицах 2.4 и 2.5 представлен краткий обзор основных пакетов трехмерного моделирования с описанием их основных особенностей.

Таблица 2.4 – Бесплатное программное обеспечение для создания 3D моделей

|  |  |
| --- | --- |
| Название ПО | Описание ПО |
| **TINKERCAD** | Программное обеспечение для 3D-моделирования для начинающих. Принцип моделирования похож на работу с кирпичами LEGO. Это программное обеспечение имеет только web-интерфейс |
| **3DTIN** | Программное обеспечение от LAGOA является основным конкурентом TinkerCad. Возможна проекция основных фигур на плоскость через простой интерфейс |
| **Маке** | Бесплатная версия SketchUp. Позволяет использовать большинство инструментов из Pro версии, кроме инструмента Solid и инструмента для рисования макета. Имеет интуитивно-понятный интерфейс и поставляется с большой библиотекой объектов |
| **OpenScad** | Пользуется большой популярностью у программистов из-за наличия консоли для построения геометрии |
| **BLENDER** | Мощное программное обеспечение, способное создавать поверхности сложной формы. Идеально подходит для создания персонажей и фотореалистичных визуализаций |
| **FUSION 360**  **D:\Work\Наука\FabLab\3D Design and Modeling\Fusion.jpg** | Комплексный облачный CAD/CAE/CAM инструмент для дизайна. Позволяет создать уникальную среду, которую с легкостью можно приспособить «под себя" и которая позволит спроектировать практически все, что можно вообразить посредством технологии T-сплайнов и поверхностного моделирования |

Таблица 2.5 – Лицензионное программное обеспечение для создания 3D моделей

|  |  |
| --- | --- |
| Название ПО | Описание ПО |
| **Inventor**  **D:\Work\Наука\FabLab\3D Design and Modeling\inventor-professional-2016-badge-150x150.png** | Профессиональная система трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического моделирования, предназначенная для создания прототипов промышленных изделий |
| **SolidWorks**  **D:\Work\Наука\FabLab\3D Design and Modeling\Solidworks.jpg** | Позволяет разработать изделия любой степени сложности и назначения |
| **NX**  **D:\Work\Наука\FabLab\3D Design and Modeling\UGNX.png** | Позволяет решать задачи разработки полного электронного макета всего изделия и его составных частей |

Важно понимать, что от качества программного обеспечения будет напрямую зависеть результат печати. Даже если модель сделана идеально, некорректное генерирование G-code приведёт к результатам низкого качества.

* 1. **Создание простых 3D-моделей**

Ниже приведены ссылки на упражнения для создания простых 3D-моделей:

<http://3dtoday.ru/blogs/3d20/quick-creation-of-simple-gears-in-blender/>

<https://blender3d.com.ua/modelirovanie-pipo-chair-v-blender/>

<https://blender3d.com.ua/tag/model/>

<https://youtube.com/watch?v=KK_g_jiJl0A&list=PLCu1aYg6xRHL2ibOYPFxoV4Gk0sujy90Y>

<http://instructables.com/class/Beginner-3D-Printing-Class/>

<http://enablingthefuture.org/resources-2/getting-started-in-fusion-360/>

<https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/industries/education/docs/F1iS_Fusion_Trophy_Badge_Guide_vFINAL.pdf>

<https://youtube.com/watch?v=DMFF_yC8SoA&list=PL6PP1q5sXTUzKpG5RxWmWIR3NZpN4y-Eh>

<https://youtube.com/watch?v=22P2-DFNkkQ&list=PL6PP1q5sXTUxx9AExjXyOLws-F7rPmul->

* 1. **Создание сложных 3D-моделей**

Сложные трехмерные объекты зачастую создаются в виде отдельных простых деталей, которые в дальнейшем собираются в один сложный объект. Создание сборных деталей накладывает дополнительные условия на формы и размеры подсборок. В частности, особое внимание следует уделить проработке соединений. В таблице 2.6 приведены простые советы, помогающие улучшить качество соединений при печати.

Таблица 2.6 – Рекомендации по созданию соединений

|  |  |
| --- | --- |
| Вид модели | Рекомендации |
|  | Внутренние размеры всегда немного меньше, а наружные немного больше |
|  | Защелки и гибкие части становятся хрупкими при печати в вертикальном направлении из-за межслойной адгезии |
|  | Защелки и гибкие части, напечатанные в горизонтальной плоскости наиболее прочные.  Деталь, показанную сверху, лучше разделить на две половины для печати, а после соединить |
|  | При построении соединений необходимо выбирать, что важнее – красота или прочность конструкции |

**Дополнительная информация:**

<http://support.3dverkstan.se/article/30-getting-better-prints>

Упражнения на простые сборки с соединениями в CAD

[https://youtube.com/watch?v=nngmNos6VI4&list=PLmA\_xUT-8UlKugGDXRAugKLUP4vNFJYXC](https://www.youtube.com/watch?v=nngmNos6VI4&list=PLmA_xUT-8UlKugGDXRAugKLUP4vNFJYXC)

[https://youtube.com/watch?v=2c67o-bXMhk](https://www.youtube.com/watch?v=2c67o-bXMhk)

[https://youtube.com/watch?v=wV4huqHggnk](https://www.youtube.com/watch?v=wV4huqHggnk)

[https://youtube.com/watch?v=30EByYkDb2M](https://www.youtube.com/watch?v=30EByYkDb2M)

[https://youtube.com/watch?v=Z3KoN7cnm8Q](https://www.youtube.com/watch?v=Z3KoN7cnm8Q)

[https://youtube.com/watch?v=DLIfApScqt0](https://www.youtube.com/watch?v=DLIfApScqt0)

[https://youtube.com/watch?v=rTcTbmCuJ9M&list=PL6PP1q5sXTUy5XcVr45xoWeb80AKLilCJ](https://www.youtube.com/watch?v=rTcTbmCuJ9M&list=PL6PP1q5sXTUy5XcVr45xoWeb80AKLilCJ)

* 1. **Рекомендации по повышению качества 3D-печати**

При построении модели очень важно представлять в каком виде она отправится на печать – некоторым деталям лучше изменить расположение на подложке, а какие-то и вовсе стоит разрезать. В таблице 2.7 приведены простые советы, помогающие улучшить качество печати.

Таблица 2.7 – Рекомендации по повышению качества 3D-печати

| Вид модели | Рекомендации |
| --- | --- |
|  | Детали следует печатать полыми, внутренности заполняются автоматически в слайсере согласно шаблону штриховки. Это значительно ускоряет печать и препятствует «распуханию» модели |
|  | Выступы без поддержки могут вызвать проблемы при печати или вовсе не быть напечатанными на непромышленных 3D-принтерах |
|  | Максимально возможный уклон углового выступа без поддержек составляет 45° |
|  | Выступы, с поддержкой с обеих сторон могут быть напечатаны. Данная техника называется «наведением мостов» |
|  | Цилиндрическое отверстие, параллельное подложке не создаст проблем |
|  | Поддержки могут быть построены слайсерами, но их придется убирать после печати. Желательно постараться избежать построения поддержек |

**Дополнительные источники:**

<https://habrahabr.ru/post/196182/>

Во время печати может возникать также множество проблем с моделями, принтером, пластиком и даже с окружающей средой различного характера. В таблице 2.8 рассмотрены наиболее типичные проблемы и способы их решения.

Таблица 2.8 – Типичные проблемы при 3D-печати и способы их решения

| Вид проблемы | Описание причины возникновения |
| --- | --- |
| 1-Not-Extruding-At-Start | * Перед началом печати нить не была полностью заправлена в экструдер; * Сопло начинает работать слишком близко к подложке; * Нить сматывается против приводного механизма; * Экструдер забивается. |
| 2-Print-Not-Sticking-To-Bed | * Платформа не горизонтальна; * Сопло начинает работать слишком далеко от подложки; * Первый слой печатается слишком быстро; * Проверить настройки температуры или охлаждения; * Проблема с поверхностью подложки. |
| 3-Under-Extruding | * Неправильный диаметр нити; * Увеличить экструзию материала. |
| 4-Over-Extruding | * Уменьшить экструзию материала. |
| 5-Holes-Or-Gaps-In-Top-Layers | * Недостаточно верхних сплошных слоев; * Процент заполнения слишком низкий. |
| 6-Hairs-And-Stringing | * Расстояние отвода; * Скорость отвода; * Слишком высокая температура; * Длинные движения по открытым пространствам; * Скорость движения. |
| 7-Over-Heating | * Недостаточное охлаждение; * Печать при слишком высокой температуре; * Слишком быстрая печать. |
| 8-Layer-Shifting | * Экструдер движется слишком быстро; * Механические или электрические проблемы. |
| 9-Layers-Splitting-Or-Cracking | * Высота слоя слишком большая; * Температура печати слишком низкая. |
| 10-Grinding-Or-Stripped-Filament | * Агрессивные настройки отвода; * Увеличьте температуру экструдера; * Печать проходит слишком быстро; * Проверьте, не засорился ли экструдер. |
| 11-Clogged-Extruder | * Вручную вставьте нить в экструдер; * Переставьте нить; * Очистить сопло. |
| 12-Stops-Extruding-Mid-Print | * Закончилась нить; * Нить наматывается против приводного механизма; * Экструдер забивается; * Перегрев двигателя экструдера. |
| 13-Weak-Or-Stringy-Infill | * Попробуйте альтернативные шаблоны заполнения; * Уменьшите скорость печати; * Увеличьте ширину экструзии заполнителя. |
| 14-Blobs-And-Zits | * Избегайте ненужных ретракций; * Нестационарные ретракции; * Выберите местоположение ваших начальных точек. |
| 15-Gap-Between-Infill-And-Outline | * Недостаточное перекрытие контуров в слайсере; * Слишком быстрая печать. |
| 16-Curling-And-Warping | * Слишком большая температура экструзии. |
| 17-Scars-On-Top-Surface | * Экструзия слишком большого количества пластика; * Маленький вертикальный подъем над слоем (Z-hop). |
| 18-Gaps-In-Floor-Corners | * Недостаточно верхних сплошных слоев; * Процент заполнения слишком низкий. |
| 19-Lines-On-Side-Of-Print | * Несогласованная экструзия; * Изменение температуры; * Механические проблемы. |
| 20-Vibrations-And-Ringing | * Слишком быстрая печать; * Проблемы с учетом ускорения в прошивке; * Механические проблемы. |
| 21-Gaps-In-Thin-Walls | * Ошибка в разбиении тонкой стенки; * Измените ширину экструзии. |
| 22-Small-Features-Disappearing | * Слишком тонкие стенки в 3D модели; * Установите экструдер с меньшим выходным диаметром. |
| 23-Inconsistent-Extrusion | * Нить накапливается или запутывается; * Забитый экструдер; * Очень низкая высота слоя; * Неправильная ширина экструзии; * Низкокачественная нить; * Механические проблемы с экструдером. |
| 24-Warping | * Недостаточно нагрета подложка; * Слишком мощный вентилятор охлаждения. |
| 25-Poor-Surface-Above-Supports | * Слишком большая высота слоя; * В слайсере количество поддержки указано в процентах; * Вертикальные разделительные слои; * Сместите деталь в горизонтальном направлении. |
| 26-Dimensional-Accuracy-Calipers | * Влияние первого слоя; * Пере- или недо-экструзия; * Постоянная размерная ошибка. |

**Дополнительная информация:**

<https://3deshnik.ru/blogs/akdzg/obzor-osnovnyh-nastroek-slajsera-cura>

<http://3dprintingforbeginners.com/troubleshoot-3d-printing-problems/>

<https://simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>

<http://support.3dverkstan.se/article/30-getting-better-prints>

<http://support.3dverkstan.se/article/23-a-visual-ultimaker-troubleshooting-guide>

<http://hordaprint.ru/index.php/recommendation>

<https://geektimes.ru/post/253390/>

<http://3dtoday.ru/blogs/garremmash/the-20-most-common-problems-of-3d-printing-part-1/>

<http://3dtoday.ru/blogs/garremmash/the-20-most-common-problems-of-3d-printing-part-2/>

1. **3D сканирование и распознавание**
   1. ***Принципы работы3D сканеров***

3D-сканирование – это процесс автоматического сбора и анализа данных реального объекта, а именно формы, цвета и других характеристик, с последующим преобразованием в цифровую трехмерную модель. 3D-сканированная цветная поверхность называется текстурой.

3D-сканирование может дать много информации о дизайне объекта в процессе, называемом обратным проектированием (или реверс-инжинирингом).

3D-сканеры – мощные инструменты для профессионалов в нескольких отраслях, таких как автомобилестроение, аэронавтика, стоматология, ювелирные изделия, видеоигры, спецэффекты и анимационные фильмы.

Технологии 3D-сканирования основаны на разных физических принципах и могут быть классифицированы по типам:

* 3D-сканирование с LED подсветкой. 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. Более распространёнными являются SL сканеры, которые работают по принципу стандартного видеопроектора, проецирующего на объект набор чередующихся между собой черных и белых полос (см. рисунок 3.1).

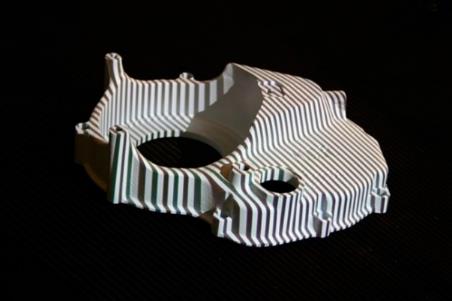


Рисунок 3.1 – Создание модели SL-сканером

* Лазерное 3D-сканирование. Работа основана на разных принципах: акустико-оптических дефлекторах, поверхностно-излучающих лазерах с вертикальной полостью и т.д. Поверхностно-излучающие лазеры, используются для калибровки стыковки на шаттлах, которые использует НАСА. Обычно лазерные 3D сканеры используются для сканирования на больших расстояниях, а принцип работы схож с работой лазерного дальномера.
* Фотограмметрия, также называемая 3D-сканированием с фотографий. При фотографировании, несколько фотографий, снятых с разных ракурсов, сшиваются вместе, реконструируя 3D модель алгоритмами вычислительной геометрии.
* Контактное 3D-сканирование. Сканирующий инструмент – щуп, перемещаемый вдоль поверхности объекта с помощью руки или специальных механизмов и передающий данные о перемещениях на компьютер.

**Дополнительная информация:**

<https://make-3d.ru/articles/chto-takoe-3d-skaner-i-kak-on-rabotaet/>

<http://can-touch.ru/blog/vse-o-3d-skanerax/>

<http://3dwiki.ru/3d-scanner/>

<http://robot-ik.ru/articles/kak_rabotaet_ustroystvo_3d_skanerov_tehnologii_i_printsipy_skanirovaniya/>

<http://fotokomok.ru/3d-skanery-princip-raboty-i-primenenie/>

* 1. ***Сканирование 3D-объектов***

В процессе 3D сканирования создается облако точек, зашумленное погрешностями сканера и окружающей средой объекта, хранящееся в виде файла формата \*.stl. Сам по себе файл \*.stl хранит информацию о точках и сетке из треугольников, построенной на этих точках. Качество такой модели при печати крайне посредственное, чаще всего без дополнительной обработки она вообще непригодна для печати. Наиболее часто встречаются следующие проблемы:

* обратные нормали (часть сетки ориентирована в противоположную сторону);
* открытые поверхности;
* пересечения объемов;
* несвязанные ребра;
* неправильный масштаб.

Для восстановления моделей и их подготовки к печати существует множество бесплатных программ, наиболее известные из которых Meshmixer и Netfabb от компании Autodesk.

**Дополнительная информация:**

<https://geektimes.ru/company/top3dshop/blog/265626/>

<https://youtube.com/watch?v=bZMSt7bC5qE>

<https://youtube.com/user/netfabb/videos>

<https://youtube.com/watch?v=4VBUcKz2Ids>

<https://youtube.com/user/meshmixer/videos>