

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

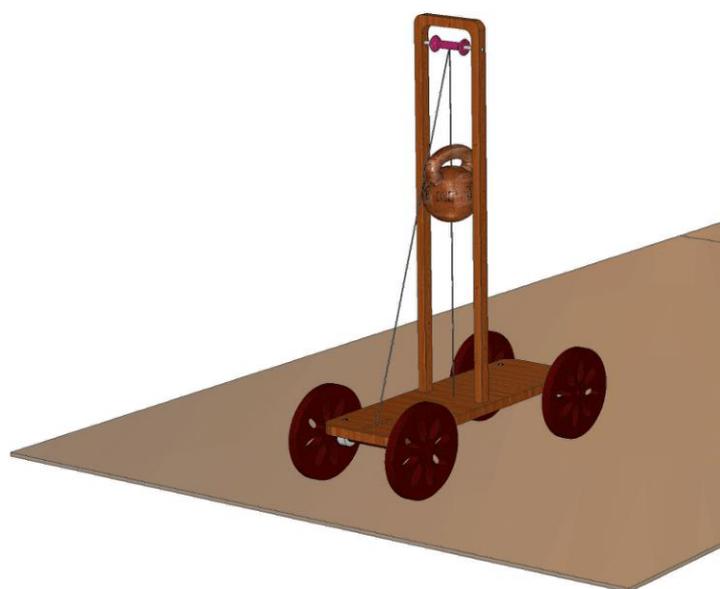
Рязанский институт (филиал)  
федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Автомобили и транспортно-технологические средства»

С.В. Стрыгин

## **3D-моделирование и прототипирование**

Методические указания  
ознакомительного мастер-класса для обучаемых



Рязань  
2024

**УДК 004.92**  
**ББК 32.973.26-018.2**  
**С 83**

**Стрыгин, С.В.**

**С83** 3D-моделирование и прототипирование: методические указания ознакомительного мастер-класса для обучающихся / С.В. Стрыгин. – Рязань : Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2024. – 28 с.

В методических указаниях представлена методика выполнения задания ознакомительного мастер-класса по практическому курсу 3D-моделирования и прототипирования, рассмотрены примеры трехмерного моделирования в САПР T-FLEX CAD.

Методические указания предназначены для учащихся средних и старших классов, а также студентов всех форм обучения по инженерным специальностям и направлениям подготовки.

Печатается по решению методической комиссии Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

**УДК 004.92**  
**ББК 32.973.26-018.2**

© С.В. Стрыгин, 2024  
© Рязанский институт (филиал)  
Московского политехнического  
университета, 2024

## Содержание

Введение.....	4
1 Состав задания ознакомительного мастер-класса .....	5
2 Инструменты и технологии .....	12
2.1 Установка T-FLEX CAD и приложений .....	12
2.2 Введение в 3D-моделирование .....	14
2.3 Точное и полигональное 3D-моделирование .....	15
2.4 Основные программные продукты в проектировании.....	17
2.5 Основные типы графических документов в САПР .....	18
2.6 Основные форматы файлов в САПР-системах .....	20
3 Памятка по выбору 3D-принтера (FDM-технология) .....	21
Библиографический список .....	23
Интернет-ресурсы .....	24

## Введение

Приветствую всех!

Кратко расскажу о себе. Меня зовут Стрыгин Сергей Васильевич. Я являюсь руководителем курса 3D-моделирования и прототипирования Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета, старшим преподавателем кафедры автомобилей и транспортно-технологических средств. Основные дисциплины, которые я веду, это теория механизмов и машин, проектная деятельность, детали машин и основы конструирования, детали машин и механизмов. Работаю в нескольких научных группах.

Помимо деятельности в Рязанском Политехе, я достаточно большое время работал инженером конструктором на некоторых предприятиях. Это, например, ПАО завод «Красное знамя», ООО «Квантрон», ООО «Сила природы», ООО «Завод Шинглас» и многие другие – по договорам ГПХ и проектной деятельности.

3D-печать – это не просто волшебство, это технология, которая требует знаний и навыков. В интернете вы найдете множество руководств по 3D-печати, но не все из них подойдут для новичков. Многие инструкции непроверенные, ошибочные, специфичные для определенных принтеров и материалов, и их невозможно повторить.

Без основательного понимания основ 3D-моделирования и прототипирования вы рискуете столкнуться с проблемами:

- неудача в печати: Вы можете не получить желаемый результат, потому что не знаете, как правильно выбрать принтер, материал или настроить параметры печати;

- использование чужих моделей: без опыта в 3D-моделировании Вы можете только печатать чужие модели, лишая себя возможности создать что-то свое;

- отсутствие навыка реверс-инжиниринга: этот высокооплачиваемый навык нельзя получить из случайных инструкций по выполнению конкретных задач.

Наш ознакомительный мастер-класс по курсу 3D-моделирования и прототипирования с использованием САПР T-FLEX CAD поможет вам:

- погрузиться в основы 3D-печати: мы предлагаем пошаговое изучение всех этапов 3D-печати, от проектирования до получения готового изделия;

- узнать о важности деталей: Вы поймете, как важен правильный выбор принтера, материала и модели для получения качественного результата;

- получить знания от экспертов: наши эксперты отвечают на все Ваши вопросы, оценивают Вашу работу и дают советы по улучшению.

Этот мастер-класс – отличная возможность для Вас:

- получить первые знания в 3D-моделировании и прототипировании;

- понять, как работает 3D-печать и что необходимо для ее успешного использования;

- развить навыки реверс-инжиниринга, которые могут пригодиться вам в будущей карьере.

Приходите на [мастер-класс](#) и откройте для себя замечательный мир 3D-моделирования и прототипирования!

# 1 Состав задания ознакомительного мастер-класса

Цель мастер-класса: обучить основам 3D-моделирования в T-FLEX CAD на примере создания моделей для демонстрации физических законов.

Задачи:

- знакомство с программой T-FLEX CAD.
- создание 3D-модели по заданным параметрам.
- отработка навыков создания моделей с использованием различных способов моделирования (от 3D к 3D, от 2D к 3D).
- создание чертежа с основным и вспомогательным видами.

Законспектировать краткое описание 3D-моделирования в T-FLEX CAD:

- основные инструменты и функции программы.
- интерфейс программы.
- способы моделирования.

## *Опыт 1: «Планетарное движение».*

Цель: демонстрация вращения тела вокруг центральной оси и одновременного вращения вокруг собственной оси.

### Детали для моделирования:

- куриное яйцо (рисунок 1);
- вращающийся поднос (рисунок 2).

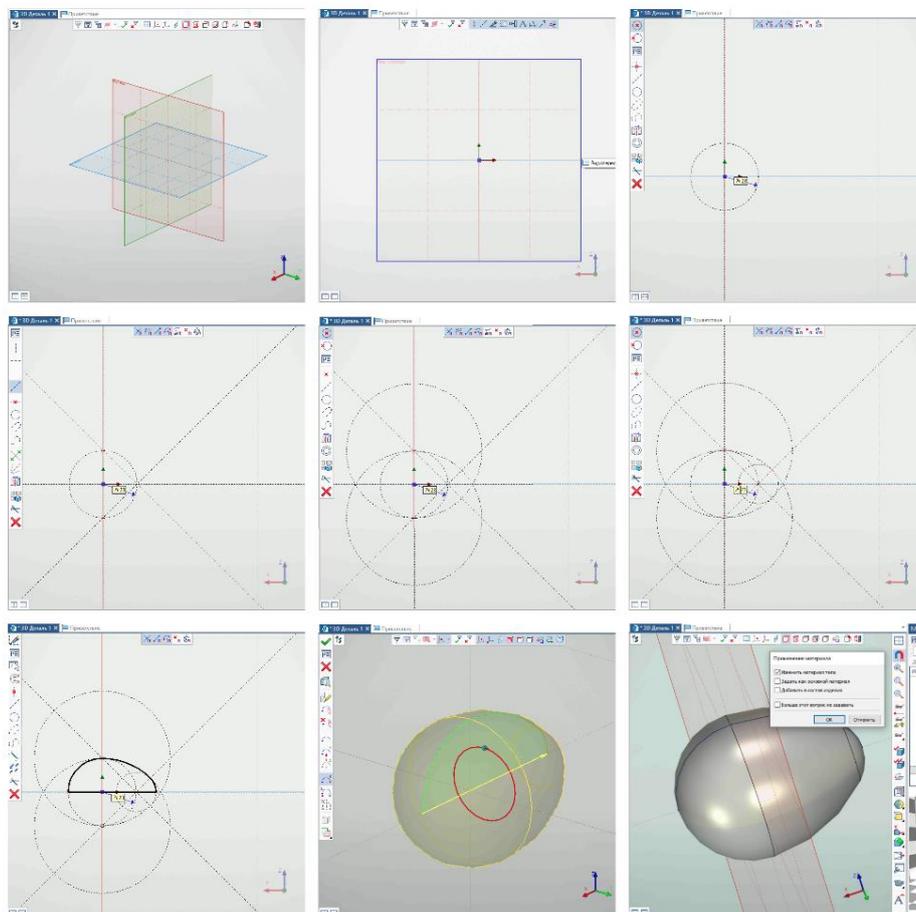
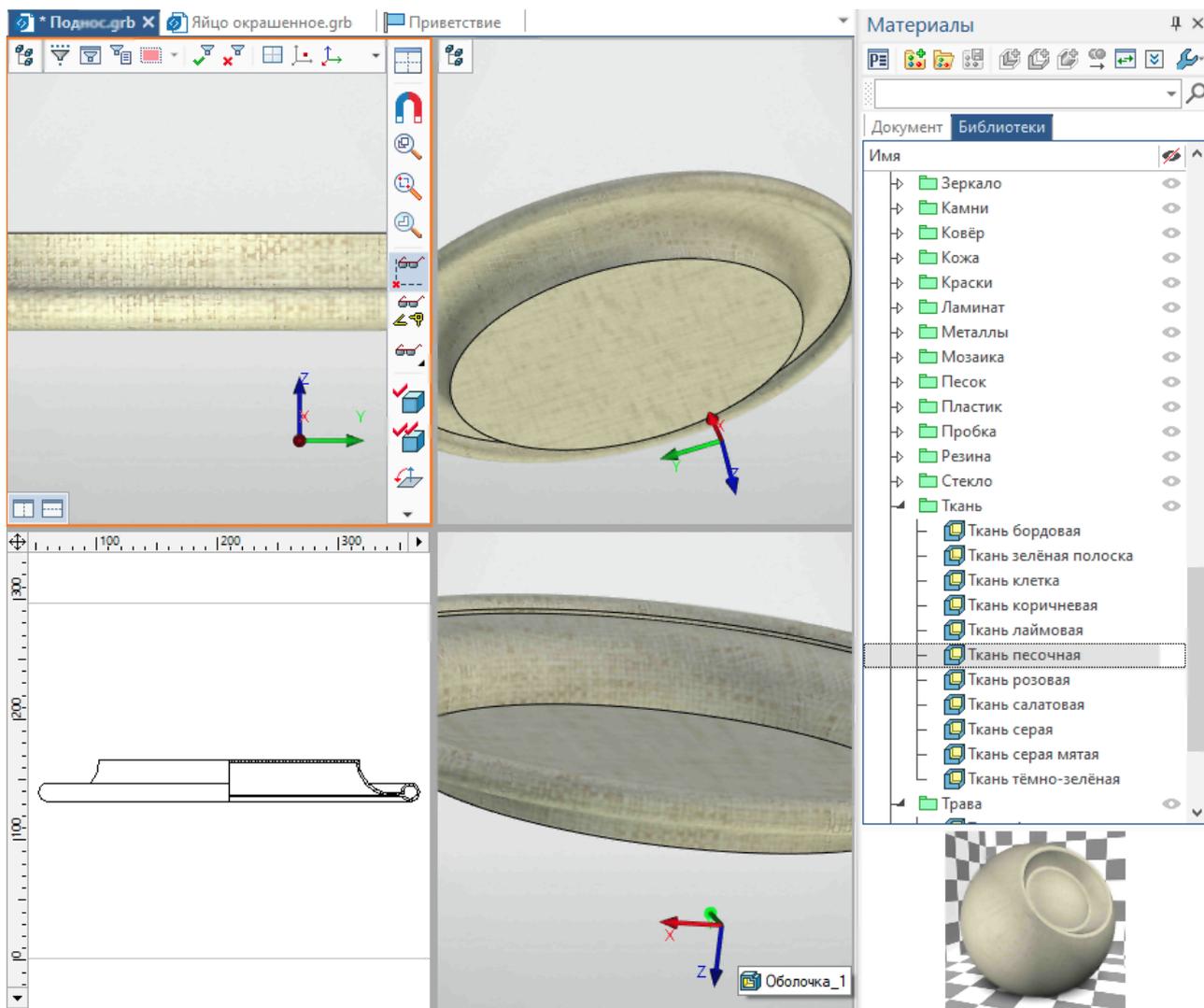


Рисунок 1 – 3D-моделирование яйца с помощью 3D-профиля и операции «Вращение»

### Задание:

- смоделировать вращающийся поднос с использованием примитивов и булевых операции объединения, вычитания;
- смоделировать куриное яйцо как эллипсоид;
- добавить детализацию подноса (например, вырезы) с помощью способа от 2D к 3D и булевой операции вычитания.



1) в работе с примитивами из цилиндра вычитается тор, затем к результату добавляется еще один тор; 2) сумма полученных форм используется для операции «Оболочка»; 3) в качестве материала покрытия применяется ткань; 4) в области 3D-окна выполняется чертежный вид с разрезом

Рисунок 2 – 3D-моделирование подноса по способу от 3D к 3D

### Дополнительные задания:

- создать анимацию на основе виртуального эксперимента в модели для демонстрации движения (рисунок 3);
- создание 3D-печатной модели для физического прототипа.

## Виртуальный эксперимент:

- создается сборочная модель с подносом и яйцом, учитываются степени свободы для вращения подноса и все возможные перемещения яйца (рисунок 3);

- в настройках задачи учитываются контакты между телами и параметры трения;

- с помощью нагружения «Вращение» подносу сообщается вращательное движение, а яйцо, расположенное на его центре, постепенно принимает вертикальное положение и начинает вращаться вокруг собственной оси.

Таким образом, виртуальная модель «Планетарное движение» позволяет нам изучать физические явления в более интерактивной форме, наблюдать за движением и взаимодействием объектов в 3D-сцене.

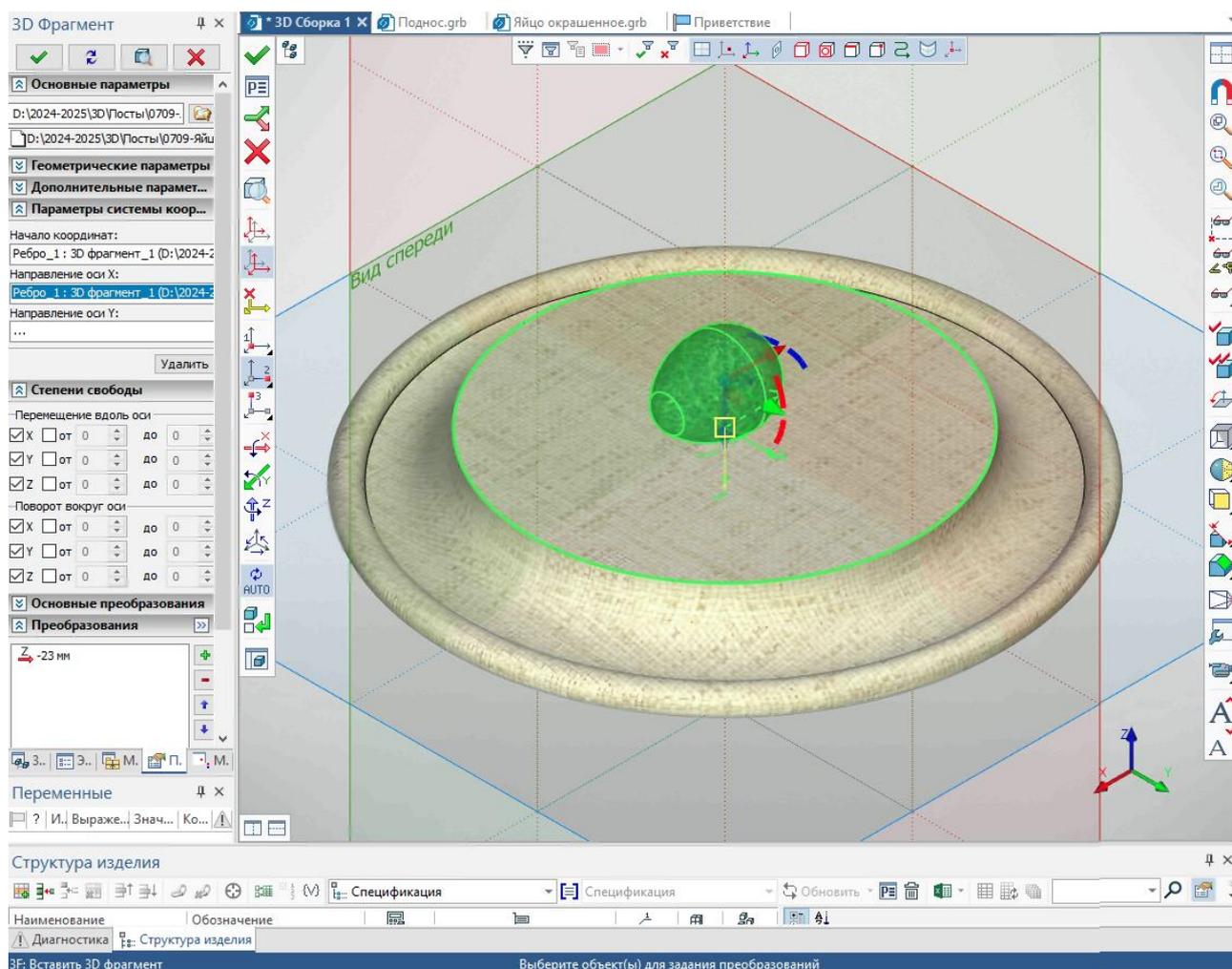


Рисунок 3 – Работа с 3D-сборкой: к плоской грани подноса привязывается фрагмент яйца, у которого разрешены все степени свободы

[Загрузить модель.](#)

## **Опыт 2: «Маятник Фуко».**

Цель: демонстрация сохранения плоскости колебания маятника при вращении его подвеса.

**Детали для моделирования (рисунок 4):**

- тарелка;
- тренога из вилок;
- шарнирно-рычажный подвес;
- яблоко.

### **Задание:**

- смоделировать шарнирно-рычажный подвес с помощью двух параметрических (изменяемая при вставке в сборку длина) фрагментов рычага, который моделируется с использованием примитивов «Цилиндр», «Конус» и операции «По траектории» с последующим объединением всех элементов рычага в одно тело;

- создать треногу из вилок с помощью примитива «Цилиндр» и операций «3D-фрагмент» и «Круговой массив»;

- смоделировать тарелку с помощью примитивов «Цилиндр», «Тор», «Конус» с последующим объединением всех ее элементов в одно тело;

- смоделировать яблоко как шар.

**Дополнительное задание:** в кинематической сборке показать колебательное движение в неподвижной плоскости при вращении тарелки с треногой.



Рисунок 4 – Работа с 3D-сборкой: рычажный подвес маятника шарнирно крепится к треноге из вилок, установленной на вращающейся в горизонтальной плоскости тарелке

[Загрузить модель.](#)

Плоскость колебаний маятника будет сохраняться, несмотря на вращение тарелки. Это происходит из-за того, что маятник «запоминает» свое начальное положение относительно неподвижного пространства. Аналогично происходит с маятником Фуко в реальном масштабе, доказывающим вращение Земли.

При разработке 3D-модели настольного маятника Фуко вместо нити применяется шарнирный рычаг. Дело в том, что в классическом опыте с маятником Фуко используется очень длинная нить, чтобы обеспечить точность движения и наглядность демонстрации. Но в настольном варианте использовать такую длинную нить невозможно. Кроме того, нить может прогибаться при большом угле отклонения груза, что искажает движение маятника. Этими обстоятельствами обосновывается решение заменить нить на жесткий шарнирный рычаг. Помимо обеспечения более точного движения маятника, существенно упрощается процесс 3D-моделирования: гибкое звено механизмов обычно моделируется составным, как, например, шарнирная цепь. Твердотельная рычажная система в простом исполнении состоит лишь из двух шарнирных элементов.

В качестве рычага используется модель булавки с заостренным концом и разрезным кольцом на другом конце. Для моделирования рычага применяется примитив «Конус» и операции «Выталкивание», «По траектории» и «Булева/Сложение».

Тренога на тарелке моделируется как сборочная единица (узел) и состоит из трех опирающихся на тарелку вилок, воткнутых в пробку. Пробка моделируется с помощью примитива «Цилиндр», материал – «Дуб», покрытие – «Пробка». Вилка моделируется по двум 3D-профилям: ручка с переходной поверхностью и четыре зуба (главный вид) и волнообразная форма (вид сверху). На основе созданных 3D-профилей выполняется булева операция «Пересечение».

После создания всех элементов они объединяются в одну сборочную модель – установкой шарнирного рычага на треноге и прикреплением к нему груза (яблока).

### ***Опыт 3: «Преобразование энергии».***

Цель: демонстрация перехода потенциальной энергии в кинетическую энергию.

**Детали для моделирования (рисунок 5):**

- тележка;
- П-образная рама;
- катушка;
- гиря;
- нить;
- колеса.

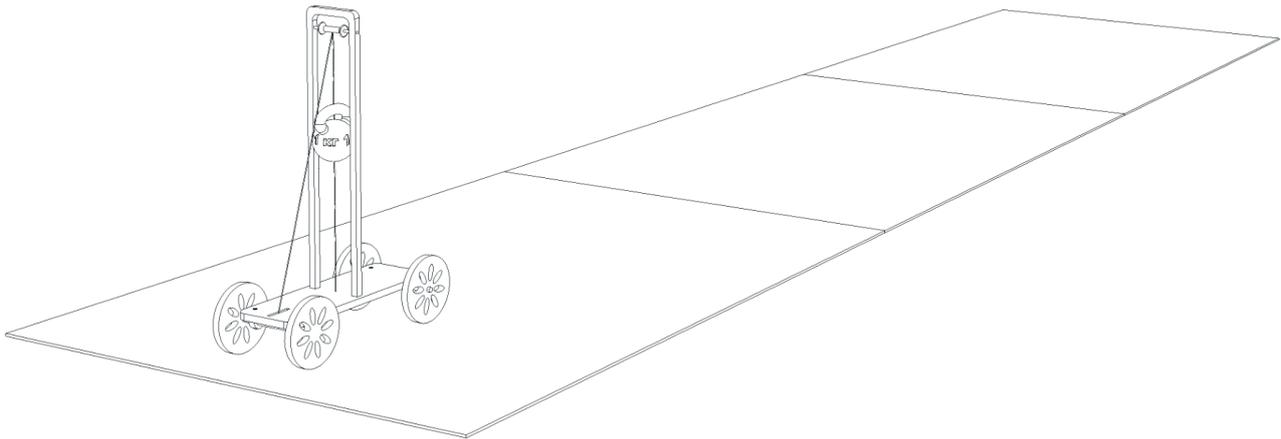


Рисунок 5 – Проекция 3D-сборки опытной установки для демонстрации преобразования энергии

[Загрузить модель.](#)

**Задание:**

- смоделировать тележку с помощью примитивов «Цилиндр» и «Параллелепипед», а также булевой операции объединения;
- создать П-образную раму с помощью примитивов «Цилиндр» и «Параллелепипед» и операции «Выталкивание», «Булева/Сложение»;
- смоделировать катушку как цилиндр с вырезом для нити;
- создать гирию как шар;
- добавить детализацию колес с помощью способа от 2D к 3D и булевой операции вычитания (например, вырезы на дисках колес).

**Чертеж:**

Построение чертежа на основе 3D-модели:

- выбор основного вида;
- добавление вспомогательных видов;
- простановка размеров и обозначений;
- сохранение чертежа в нужном формате.

**Завершение выполнения задания:**

а) проверка выполненной работы:

- соответствие модели заданным требованиям;
- правильность оформления чертежа.

б) обсуждение результатов:

- ошибки и неточности;
- пути их исправления.

**Дополнительные задания:**

- анимация модели для демонстрации движения с помощью виртуального эксперимента;
- усложнение формы гири за счет добавления к шару ручки гири, состоящей, например, из двух отрезков и части эллипса, на основе которых построен 3D-путь для применения в операции «Трубопровод»;
- нанесение за счет выборки основного материала надписи со значением веса гири на ее сферическую поверхность;
- параметризация фрагмента гири, автоматизирующая определения ее размеров при заданной массе;
- создание 3D-печатной модели для физического прототипа.

С помощью T-FLEX CAD, используя твердотельное моделирование (CAD) и модуль инженерного анализа движения (CAE), проводится еще один виртуальный эксперимент. При этом в CAD-системе моделируется тележка с двумя стойками, катушкой, грузом и нитью. В CAE-системе задаются начальные условия: тележка движется в горизонтальной плоскости, нить наматывается на ось, груз поднимается. Запуск симуляции позволяет наблюдать, как груз, опускаясь, передаёт накопленную потенциальную энергию тележке, которая приходит в движение.

Таким образом, визуально наглядно показывается процесс перехода потенциальной энергии в кинетическую, демонстрируются возможности T-FLEX CAD для проведения виртуальных экспериментов и моделирования физических процессов.

**Важно!**

- В процессе выполнения задания рекомендуется обращаться к документации программы T-FLEX CAD.
- После окончания мастер-класса обучающиеся обретают базовые навыки работы с программой и умеют создавать простые 3D-модели.

## 2 Инструменты и технологии

### 2.1 Установка T-FLEX CAD и приложений

Порядок установки T-FLEX CAD и приложений.

#### 1. Проверка системных требований:

- перед началом установки убедитесь, что ваш компьютер соответствует системным требованиям, указанным в конце этого раздела;
- удостоверьтесь, что у вас установлена последняя версия драйвера видеокарты.

#### 2. Получение установочных файлов:

- Вы можете получить установочные файлы T-FLEX CAD одним из следующих способов:
  - на DVD диске;
  - с ресурса по обмену файлами через интернет;
  - с официальной страницы T-FLEX CAD в интернете.

#### 3. Разархивирование файлов (если необходимо)

Если полученные установочные файлы находятся в ZIP-архиве, необходимо разархивировать их перед запуском.

#### 4. Установка компонентов поддержки T-FLEX CAD:

- запустите файл Setup.exe из каталога Компоненты поддержки T-FLEX;
- следуйте инструкциям программы установки.

#### 5. Установка T-FLEX CAD:

- запустите файл T-FLEX CAD.msi из каталога T-FLEX CAD;
- следуйте инструкциям программы установки.

#### 6. Установка дополнительных модулей (при необходимости)

Запустите файлы .msi из соответствующих каталогов для установки следующих модулей:

- T-FLEX Анализ;
- T-FLEX Динамика;
- T-FLEX Зубчатые передачи;
- T-FLEX ЧПУ;
- T-FLEX Раскрой;
- T-FLEX Электротехника;
- T-FLEX Печатные платы;
- T-FLEX VR.

Следуйте инструкциям программы установки для каждого модуля.

## 7. Ознакомительный период:

- в течение 30 дней после установки возможно бесплатное ознакомительное использование программ,
- по истечении этого срока необходимо приобрести коммерческую лицензию или прекратить использование продукта.

Примечание: если вы устанавливаете ознакомительную версию, пункты 8 и 9 можно пропустить.

## 8. Установка драйвера ключа защиты:

- для локальной версии: драйвер ключа должен быть установлен на компьютере, на котором установлен программный комплекс T-FLEX, он устанавливается вместе с компонентами поддержки (пункт 4);
- для сетевой версии: драйвер ключа должен быть установлен на сервере вместе с компонентами поддержки или отдельно из папки Компоненты поддержки T-FLEX\HInstall 8.23; устанавливать программный комплекс T-FLEX на сервере не обязательно.

## 9. Активация ключа защиты:

- существует два типа ключей защиты – программный и аппаратный;
- оба ключа обладают одинаковыми возможностями лицензирования;
- аппаратный ключ – устройство, которое устанавливается в USB-порт;
- программный ключ – связан с конкретным компьютером и устанавливается с помощью специальной утилиты.

## 10. Запуск T-FLEX CAD

После завершения установки и активации ключа защиты запустите T-FLEX CAD.

### Системные требования для T-FLEX CAD.

#### Минимальные:

- операционная система – Windows 7 x64 (с пакетом обновлений 1);
- процессор – Intel или AMD с поддержкой SSE3;
- оперативная память – 2 Гб;
- свободное дисковое пространство – 3 Гб;
- видеокарта – с поддержкой OpenGL 3.3 и выше.

#### Рекомендуемые:

- операционная система – Windows 8.1 x64, 10 x64;
- процессор – Core i5 или выше;
- жёсткий диск – SSD накопитель;
- оперативная память – 16 Гб и больше;
- видеокарта – высокопроизводительная NVIDIA или AMD с памятью 1 Гб и выше, поддержкой OpenGL 4.2 и выше.

Важно!

Используйте только дискретные видеокарты (не встроенные).

Функция фотореалистичного рендеринга в реальном времени доступна только при наличии процессоров с поддержкой SSE 4.1 или видеокарт NVIDIA с Compute Capability 5.0 (Maxwell) или выше.

Проверьте совместимость вашей видеокарты на сайте NVIDIA: <https://developer.nvidia.com/cuda-gpus>.

Обновите драйверы видеокарты до последней версии!

Убедитесь, что у вас есть права администратора на компьютере для установки T-FLEX CAD.

Следуйте инструкциям программы установки на каждом этапе.

В случае возникновения проблем обратитесь к документации T-FLEX CAD или в службу поддержки.

## 2.2 Введение в 3D-моделирование

Цель: ознакомить обучающихся с основными понятиями и подходами в 3D-моделировании.

### 2.2.1 3D-моделирование: точность и САПР-системы

3D-моделирование – это процесс создания цифровых моделей трехмерных объектов.

Точное 3D-моделирование – это создание моделей с высокой степенью детализации и точности, используя математические уравнения и геометрические принципы.

САПР-системы (Системы автоматизированного проектирования) – это программные комплексы, специально разработанные для 3D-моделирования. Они предоставляют инструменты для создания, редактирования, визуализации и анализа 3D-моделей.

Примеры САПР-систем: T-FLEX CAD, SolidWorks, AutoCAD, Creo, Fusion 360.

### 2.2.2 Графические документы и форматы файлов

Графические документы – это документы, содержащие изображения или схемы, используемые для описания и представления 3D-моделей.

Основные форматы файлов, используемые в 3D-моделировании:

- STL (STereoLithography) – формат, часто используемый для 3D-печати;
- OBJ (Wavefront OBJ) – простой текстовый формат, который хранит информацию о геометрии и текстурах модели;
- FBX (Filmbox) – формат, используемый в анимации и видеоиграх;
- IGES (Initial Graphics Exchange Specification) – формат для обмена данными между различными САПР-системами;
- STEP (Standard for the Exchange of Product model data) – стандартный формат для обмена данными о 3D-моделях между различными программами.

### **2.2.3 Подходы к 3D-моделированию и области применения**

Полигональное моделирование:

- основа – полигоны, обычно треугольники;
- применение – видеоигры, анимация, визуальные эффекты.

NURBS, Patch или точное моделирование:

- основа – математические кривые и поверхности;
- применение – прототипирование, разработка устройств, строительство, дизайн.

Процедурное моделирование:

- основа – алгоритмы для генерации сложных структур;
- применение – создание ландшафтов, виртуальных окружений, детализация текстур.

Скульптинг:

- основа – виртуальная лепка 3D-модели;
- применение – создание детализированных персонажей, существ, скульптур.

### **2.2.4 Области применения 3D-моделей:**

- промышленность – проектирование и производство продуктов, автоматизация производственных процессов;
- архитектура и строительство – создание визуализаций зданий, планирование и строительство объектов;
- дизайн – создание концепций, прототипов продуктов и упаковки;
- кино и анимация – создание персонажей, окружений, спецэффектов;
- видеоигры – разработка персонажей, окружений, объектов в играх;
- образование – обучение и визуализация научных концепций;
- медицина – создание 3D-моделей человеческого тела для диагностики и лечения.

Важно!

3D-моделирование – это динамично развивающаяся область. Новые технологии и подходы постоянно появляются.

Важно быть в курсе новых трендов и развития 3D-моделирования.

## **2.3 Точное и полигональное 3D-моделирование**

Цель: ознакомить обучающихся с двумя основными типами 3D-моделирования: точным и полигональным, а также с основными инструментами и форматами файлов, используемыми в этой области.

### **2.3.1 Взаимосвязь точного и полигонального 3D-моделирования**

В проектировании элементов, особенно с целью их последующего изготовления, точное и полигональное моделирование часто взаимосвязаны.

Точные модели могут быть преобразованы в полигональные, а полигональные могут быть использованы для создания точных моделей с применением реверсивной инженерии.

### 2.3.2 Основные типы 3D-моделей

Точные 3D-модели.

Описание: основаны на математических уравнениях, описывающих поверхности и кривые.

Преимущества:

- высокая точность и гладкость;
- масштабируемость без потери качества;
- подходят для сложных геометрических форм и точных расчетов.

Применение:

- прототипирование сложных механизмов;
- разработка автомобильных деталей;
- медицинские устройства;
- инженерные расчеты.

Полигональные 3D-модели

Описание: состоят из полигонов (чаще всего треугольников), которые образуют поверхность объекта.

Преимущества:

- простота реализации;
- гибкость в создании сложных форм;
- эффективность для визуализации.

Применение:

- видеоигры;
- анимация;
- виртуальные эффекты;
- 3D-печать (STL-формат).

### 2.3.3 Сравнение точного и полигонального 3D-моделирования

Таблица 1 – Точное и полигональное 3D-моделирование

Свойство	Точное моделирование	Полигональное моделирование
<b>Основа</b>	Математические уравнения	Полигоны (треугольники)
<b>Точность</b>	Высокая	Ограничена количеством полигонов
<b>Масштабируемость</b>	Без потери качества	Может терять качество при масштабировании
<b>Применение</b>	Прототипирование, точный расчет	Визуализация, анимация, 3D-печать

### 2.3.4 Примеры использования

Проектирование автомобиля:

- точное моделирование: используется для создания точной модели переднего бампера, анализ его аэродинамических свойств и прочности;

- полигональное моделирование: используется для создания визуализации автомобиля, демонстрации его внешнего вида и анимации движения.

### **2.3.5 Основные программные продукты**

Точное 3D-моделирование:

- T-FLEX CAD;
- Компас 3D;
- Autodesk AutoCAD;
- Rhino.

Полигональное 3D-моделирование:

- Blender;
- Maya;
- 3ds Max;
- ZBrush.

### **2.3.6 Форматы файлов:**

- точные модели – IGES, STEP, Parasolid, ACIS;
- полигональные модели – OBJ, FBX, STL.

Важно:

- выбор типа 3D-моделирования зависит от конкретной задачи.
- в некоторых случаях можно использовать оба типа моделирования для достижения желаемого результата.

## **2.4 Основные программные продукты в проектировании**

Цель: познакомить обучающихся с основными типами программных продуктов, используемых в проектировании, и объяснить различия в терминах САПР, CAD, CAM и CAE.

### **2.4.1 САПР (Системы автоматизированного проектирования)**

Описание: комплексные программные системы, предназначенные для оптимизации процессов проектирования, моделирования и документации различных объектов и систем.

Функции:

- создание и редактирование 2D- и 3D-моделей;
- проведение инженерных расчетов и анализа;
- генерация технической документации;
- управление данными проекта.

Применение: инженерия, архитектура, строительство, производство.

### **2.4.2 CAD (Computer aided design – системы автоматизированного проектирования)**

Описание: часть САПР, которая предназначена для создания и редактирования 2D- и 3D-моделей.

Функции:

- создание геометрических форм;
- определение размеров и параметров;
- визуализация объектов.

Примеры: T-FLEX CAD, Autodesk AutoCAD, SolidWorks, Creo, Fusion 360.

### **2.4.3 САМ (Computer aided manufacturing – системы автоматизированного производства) ав-**

Описание: часть САПР, которая предназначена для управления производственными процессами.

Функции:

- генерация управляющих программ для станков с ЧПУ;
- планирование производственных операций;
- управление запасами и логистикой.

Примеры: Mastercam, Esprit, NX CAM.

### **2.4.4 САЕ (Computer aided engineering – системы автоматизированного решения различных инженерных задач: расчётов, анализа и симуляции физических процессов)**

Описание: часть САПР, которая предназначена для проведения инженерных расчетов и анализа.

Функции:

- анализ прочности и напряжений;
- анализ тепловых процессов;
- аэродинамический анализ;
- прогнозирование работы механизмов.

Примеры: ANSYS, Abaqus, Nastran.

### **2.4.5 Взаимосвязь САПР, CAD, САМ, САЕ**

САПР – комплексная система, включающая в себя CAD, САМ и САЕ.

CAD – основа САПР, которая создает 3D-модель.

САМ – использует данные из CAD для управления производством.

САЕ – анализирует 3D-модель и ее поведение в различных условиях.

**Важно!**

Сочетание САПР, CAD, САМ и САЕ позволяет создать полный цикл разработки продукта, от идеи до производства.

Понимание этих терминов необходимо для правильного выбора программных продуктов в соответствии с задачами проектирования.

## **2.5 Основные типы графических документов в САПР**

Цель: познакомить обучающихся с основными типами графических документов, используемых в САПР-системах, и понять их роль в процессе проектирования.

### **2.5.1 Чертеж**

Описание – графическое представление объекта или его части, выполненное с использованием различных видов, линий, символов и размерных данных.

Назначение – передача точных размеров, форм, материалов и других деталей, необходимых для изготовления или сборки объекта.

Типы – ручные и цифровые. Цифровые чертежи удобны для редактирования, масштабирования и обмена данными.

### **2.5.2 Эскиз**

Описание – простой чертеж, созданный для быстрой фиксации идей или предварительного описания объекта.

Назначение – быстрая визуализация идеи, определение основных параметров и размеров объекта.

### **2.5.3 3D-модель**

Описание – трехмерное цифровое представление объекта, которое точно отображает его форму, размеры и иногда свойства материала.

Назначение – визуализация объекта, анализ его форм и размеров, использование в процессе проектирования, производства и симуляции.

### **2.5.4 3D-сборка**

Описание – комплексная трехмерная модель, состоящая из нескольких отдельных 3D-моделей или сборок компонентов.

Назначение – визуализация механизма, устройства или системы, понимание взаимодействия различных частей.

### **2.5.5 Прочие графические документы**

Планы помещений – чертежи, показывающие расположение комнат, стен, дверей и окон в здании.

Изометрические виды – трехмерные изображения объектов, выполненные с использованием особенных перспектив.

Другие типы – схемы, диаграммы, технические иллюстрации, и т. д.

### **2.5.6 Взаимосвязь графических документов**

Чертежи и эскизы – являются основой для дальнейшего 3D-моделирования.

3D-модели – могут быть созданы на основе чертежей или эскизов.

3D-сборка – состоит из отдельных 3D-моделей.

Прочие документы – часто являются производными от чертежей или эскизов.

### **2.5.7 Роль графических документов в САПР**

Визуализация – обеспечивают наглядное представление проекта.

Точность – позволяют передать точную информацию о размерах, формах и материалах.

Эффективность – ускоряют процесс проектирования и производства.

Важно!

Графические документы в САПР являются неотъемлемой частью современного инженерного проектирования.

Понимание их типов и назначения необходимо для успешного выполнения проектов.

## 2.6 Основные форматы файлов в САПР-системах

Цель: познакомить обучающихся с основными форматами файлов, используемыми в САПР-системах, и научить их правильно выбирать формат в зависимости от задачи.

### 2.6.1 Стандартные форматы САПР

Каждая САПР-система использует свои собственные форматы файлов. Например, T-FLEX CAD 3D использует форматы \*.grb и \*.grs для сохранения 3D-моделей и чертежей.

Файлы, созданные в одной САПР-системе, часто не совместимы с другими системами. Например, файл T-FLEX CAD 3D не может быть открыт в AutoCAD без специальных конвертеров.

Новые версии САПР-систем могут использовать новые форматы файлов, которые не совместимы с более ранними версиями.

### 2.6.2 Кроссплатформенные форматы

Это форматы, которые поддерживаются различными САПР-системами. Они позволяют обмениваться данными между разными программами.

Основные кроссплатформенные форматы:

- STEP (\*.stp) – стандартный формат для обмена данными о 3D-моделях;
- IGES (\*.iges) – еще один стандартный формат для обмена данными;
- STL (\*.stl) – Формат, используемый главным образом для 3D-печати;
- OBJ (\*.obj) – простой текстовый формат, используемый в анимации и видеоиграх;
- DXF (\*.dxf) – формат для обмена 2D-данными между САПР;
- DWG (\*.dwg) – формат AutoCAD для 2D-чертежей;
- PDF (\*.pdf) – формат для создания неотредактируемых 2D-документов.

### 2.6.3 Открытые базы 3D-моделей

GrabCAD – большая библиотека точных 3D-моделей;  
Hum3D, Mixamo, CadNav, 3D Warehouse – содержат точные и полигональные модели;

Renderpeople – 3D-модели людей;

Open3dModel – электронные устройства;

Clara.io – облачный инструмент для 3D-моделирования;

NASA 3D Resources – 3D-модели из NASA;

3DSky – полигональные модели;  
3DExport – пользовательские модели.

#### **2.6.4 Рекомендации по выбору формата**

При сохранении файла в кроссплатформенном формате, убедитесь, что он поддерживается всеми необходимыми программами.

Для 3D-печати используйте формат STL.

Для обмена данными между разными САПР системами используйте форматы STEP или IGES.

**Важно!**

Понимание форматов файлов необходимо для эффективной работы с САПР.

Использование кроссплатформенных форматов позволяет обмениваться данными между разными программами.

Открытые базы 3D-моделей предоставляют удобный доступ к готовым моделям.

### **3 Памятка по выбору 3D-принтера (FDM-технология)**

Цель: познакомить обучающихся с основными критериями выбора 3D-принтера, особенностями FDM-технологии и порекомендовать некоторые модели принтеров для разных нужд.

#### **3.1 Введение**

В рамках курса «Технологии 3D-печати» вы познакомитесь с двумя основными видами печати:

- печать методом послойного наложения пластиковой нити (FDM);
- фотополимерная печать.

Выбор технологии и принтера зависит от потребностей, бюджета и ожиданий от качества печати.

#### **3.2 FDM (Fused deposition modeling)**

Описание: технология 3D-печати с послойным нанесением расплавленного материала для создания объектов.

Преимущества:

- доступность и широкий диапазон цен;
- разнообразие материалов;
- простота применения;
- возможность использования в домашних условиях.

Недостатки:

- ограниченное разрешение;
- видимые слои;
- ограниченные возможности материалов.

### **3.3 Основные характеристики FDM-принтера**

Размер печатаемой области – определяет максимальный размер объекта, который можно напечатать.

Тип экструдера:

- Direct – подающий механизм расположен на печатающей головке (более высокая точность печати гибкими материалами);
- Bowden – подающий механизм расположен на корпусе принтера (более легкий экструдер, быстрая печать).

Количество экструдеров – двухэкструдерные принтеры позволяют печатать несколькими материалами или использовать растворимые материалы для поддерживающих структур.

Безопасность и сертификация – принтер должен соответствовать стандартам безопасности.

Совместимость с программным обеспечением – должен быть совместим с программами для слайсинга.

Сообщество и поддержка – активное сообщество пользователей будет полезно для получения советов и решения проблем.

Температурный режим – важно для печати разных материалов.

Корпус – закрытый корпус необходим для работы с материалами, на качество печати которых влияет обдув.

### **3.4 Сферы применения FDM**

Прототипирование и дизайн.

Производство индивидуальных деталей.

Образование и исследования.

Конструкторские работы и хобби.

### **3.5 Рекомендации по выбору**

Для печати PLA или Petg используйте принтер открытого типа с температурой экструдера до 250-270 °С. Примеры: Creality Ender 3, Anycubic i3 Mega, Prusa i3 MK3S, UTi Steel 2.

Для печати других материалов используйте принтер с закрытым корпусом и Direct-экструдером с температурами до 300 °С. Примеры: Creality K1, Creality CR-200B Pro, FlyingBear Ghost 6, Picaso 3D.

### **3.6 Дополнительные факторы**

Бюджет – цена принтеров может значительно различаться.  
Отзывы пользователей – прочитайте отзывы перед покупкой.

Важно!

В рамках курса мы не рассматриваем печать материалами, которые объявляют температуру экструзии более 300 °С и нуждаются в подогреваемом объеме камеры.

Правильный выбор 3D-принтера зависит от конкретных задач и требований.

## Библиографический список

1. Лисяк, В.В. Основы компьютерной графики: 3D-моделирование и 3D-печать: учебное пособие [Текст] / В.В. Лисяк ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. – 109 с.

2. Инженерная и компьютерная графика : учебник и практикум для вузов / Р. Р. Анамова [и др.] ; под общей редакцией Р. Р. Анамовой, С. А. Леоновой, Н. В. Пшеничновой. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 226 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16486-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. с. 224 — URL: <https://urait.ru/bcode/537164/p.224> (дата обращения: 10.12.2024).

3. Семиглазов, В. А. 3D Технологии : учебное пособие / В. А. Семиглазов. — Москва : ТУСУР, 2023. — 192 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/394100> (дата обращения: 10.12.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники : учебное пособие для вузов / А. Л. Галиновский, Е. С. Голубев, Н. В. Коберник, А. С. Филимонов ; под общей редакцией А. Л. Галиновского. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 145 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16005-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. с. 1 — URL: <https://urait.ru/bcode/542933/p.1> (дата обращения: 10.12.2024).

5. Копылов, Ю. Р. Компьютерные технологии в машиностроении. Практикум / Ю. Р. Копылов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 500 с. — ISBN 978-5-507-48772-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362315> (дата обращения: 10.12.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Федоренко, В. Ф. Аддитивные технологии при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники : учебное пособие для вузов / В. Ф. Федоренко, И. Г. Голубев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 137 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20116-1. — Текст :

электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. с. 4 — URL: <https://urait.ru/bcode/557601/p.4> (дата обращения: 10.12.2024).

7. Зуев, В. В. Создание цифровых моделей оцифровкой объектов с использованием 3D-сканеров : учебно-методическое пособие / В. В. Зуев, М. С. Кружкова, А. В. Кислова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2023. — 75 с. — ISBN 978-5-7339-1987-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/386240> (дата обращения: 10.12.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Преображенская, Е. В. Изучение особенностей 3D-печати по технологии FDM с использованием поддержек : методические рекомендации / Е. В. Преображенская, А. А. Лим, И. В. Кудрявцев. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 36 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/311417> (дата обращения: 10.12.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## Интернет-ресурсы

1. Курс «Черчение и компьютерная графика» ([https://vk.com/video/playlist/-7621049\\_32](https://vk.com/video/playlist/-7621049_32))

2. Весенняя школа САПР 2024 – обзор возможностей T-FLEX PLM на практических примерах ([https://vk.com/video/playlist/-7621049\\_38](https://vk.com/video/playlist/-7621049_38))

3. Весенняя школа САПР 2023 – параметризация ([https://vk.com/video/playlist/-7621049\\_31](https://vk.com/video/playlist/-7621049_31))

4. Весенняя школа САПР 2023 – основы T-FLEX CAD 17 ([https://vk.com/video/playlist/-7621049\\_27](https://vk.com/video/playlist/-7621049_27))

5. Учебное пособие T-FLEX CAD 17 (<https://www.tflexcad.ru/help/tutorial/17/index.htm>)

6. Программа «Факультет САПР» (<https://tflex.ru/vuzam/>)

7. Методические материалы (<https://tflex.ru/vuzam/methodology/>)

8. Конкурс «Компетенция САПР 2024» ([https://www.tflex.ru/3dcontest/?utm\\_source=tg&utm\\_medium=post&utm\\_campaign=konkurs24](https://www.tflex.ru/3dcontest/?utm_source=tg&utm_medium=post&utm_campaign=konkurs24))

9. САПРатон ([https://www.tflex.ru/sapraton/?utm\\_source=tg&utm\\_medium=post&utm\\_campaign=konkurs24](https://www.tflex.ru/sapraton/?utm_source=tg&utm_medium=post&utm_campaign=konkurs24))

10. Бесплатная Учебная версия T-FLEX CAD (<https://www.tflexcad.ru/download/t-flex-cad-free/>)

11. <https://www.yeggi.com/> – Поискковая система моделей для 3D-печати

12. <https://www.tripo3d.ai/> – создайте свою первую 3D модель при помощи текста или изображения в считанные секунды!

Учебное издание

**Стрыгин Сергей Васильевич**

## **3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ**

Методические указания  
ознакомительного мастер-класса для обучаемых

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Тираж \_\_\_\_\_ экз.  
Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета  
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53