



PROIECTAREA ȘI MODELAREA 3D

Тема 1. Введение в Проектирование и 3D-моделирование

I. u., dr. NASTAS Andrei

Содержание курса

	Очное обучение
Лекции	30 часов
Практические занятия	15 часов
Лабораторные занятия	
Оценивание	2 Текущие аттестации, Итоговый экзамен
Количество кредитов	3

Библиографические источники и курсы

Книги И ОНЛАЙН-РЕСУРСЫ

1. David C. Planchard, *Engineering Graphics with SOLIDWORKS 2024*, A Step-by-Step Project Based Approach Utilizing 3D Solid Modeling, ISBN-13: 978-1-63057-627-1, ISBN-10: 1-63057-627-1
2. Kirstie Plantenberg, *A HANDS-ON INTRODUCTION TO SOLIDWORKS 2024*, ISBN-13: 978-1-63057-633-2, ISBN-10: 1-63057-633-6
3. Michael J. Rider, *Designing with SOLIDWORKS 2024*, ISBN-13: 978-1-63057-651-6, ISBN-10: 1-63057-651-4
4. Randy H. Shih, *Learning SOLIDWORKS 2024*, ISBN-13: 978-1-63057-639-4, ISBN-10: 1-63057-639-5
5. <https://www.solidworks.com>
6. <https://www.onshape.com/en/>

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОНЛАЙН-КУРСЫ

- SOLIDWORKS — онлайн курсы
- ✓ 1. MySolidWorks (официальная платформа Dassault Systèmes)
🔗 <https://my.solidworks.com/training> [my.solidworks.com], [my.solidworks.com]
- ✓ 2. Coursera — “SOLIDWORKS 3D CAD for Education”
🔗 <https://www.coursera.org/specializations/practice-solidworks-3d-cad> [coursera.org]
- ✓ 3. SolidFactory (на русском языке)
🔗 <https://solidfactory.ru> [solidfactory.ru]
- ONSHAPE — онлайн курсы
- ✓ 1. Onshape Learning Center (официально)
🔗 <https://learn.onshape.com> [learn.onshape.com]
- ✓ 2. Udemy — “The Complete Guide to PTC Onshape”
🔗 <https://www.udemy.com/topic/onshape/> [udemy.com]
- ✓ 3. YouTube — курс для новичков (русский)
🔗 https://www.youtube.com/playlist?list=PLT8ppxu_Hr6v_y-ReovMmab8sVTS7OGwQ [youtube.com]

Аббревиатуры

CAD — computer aided design

CAM — computer aided manufacturing

CAE — computer aided engineering

PDM — project data manager

СОДЕРЖАНИЕ

- 1.1. Проектирование и 3D-моделирование
- 1.2. Что такое САПР?
- 1.3. Классификация САПР
 - 1.3.1. Легковесные САПР
 - 1.3.2. САПР среднего уровня
 - 1.3.3. Тяжеловесные САПР
- 1.4. Сравнение SolidWorks и Onshape
- 1.5. Основные принципы и этапы твердотельного проектирования

1.1. Проектирование и 3D-моделирование

Проектирование и 3D-моделирование — это процесс создания точных цифровых трехмерных образов объектов (деталей, зданий, персонажей) с использованием специализированного ПО (Blender, 3ds Max, AutoCAD, SolidWorks) для визуализации, инженерных расчетов, анимации или последующего производства. Оно позволяет разработать прототип, проверить его функциональность и внешний вид, устранить ошибки до создания физического объекта.

1.2. Что такое САПР?

Термин "САПР для машиностроения" обычно используют в тех случаях, когда речь идет о пакетах программ, которые в англоязычной терминологии называются CAD/CAM/CAE. Другими словами, это программное обеспечение для автоматизированного проектирования и конструирования (CAD — computer aided design), подготовки производства (CAM — computer aided manufacturing) и инженерного анализа (CAE — computer aided engineering). Существуют САПР и для других областей — разработки электронных приборов, строительного проектирования и т. п.

Широкий спектр CAD-программ (а именно к этому классу САПР относится **SolidWorks** и **Onshape**), предлагаемых различными разработчиками, как правило, вызывает у пользователя некоторое замешательство при выборе того или иного программного продукта. В самом деле, чтобы сделать правильный выбор, необходимо знать возможности всех предлагаемых программ. А это практически невыполнимое условие. Но если вы имеете точное представление о том, какие перед вами стоят задачи в настоящее время и какие задачи вам предстоит решить в ближайшем будущем, то выбор программного обеспечения значительно упрощается. Чтобы помочь пользователю сделать выбор, рассмотрим классификацию существующих САПР.

1.2. Что такое САПР?

По традиционной классификации все САПР подразделяют на три уровня:

— нижний или легкий уровень. Представителями этого уровня являются такие САПР, как AutoCAD, CADdy, CADMECH Desktop, MasterCAM, T-FlexCAD, OmniCAD, Компас. Ценовой диапазон этих САПР составляет 500—2000 долларов за рабочее место;

— средний уровень. Представителями этого уровня являются такие САПР, как Solid Edge, SolidWorks, Onshape, Autodesk Inventor, Cimatron, Form-Z, CAD SolidMaster, и все еще продолжающий развиваться, Mechanical Desktop, DesignSpace. Ценовой диапазон этих САПР составляет 2000—20 000 долларов за рабочее место;

— верхний или тяжелый уровень. Представителями этого уровня являются такие САПР, как ADAMS, ANSYS, CATIA, EUCLID3, Pro/ENGINEER, UniGraphics. Цена этих САПР составляет более 20 000 долларов за рабочее место.

1.3.1. Легковесные САПР

Программы данной категории служат для двумерного черчения, поэтому их обычно называют электронной чертежной доской. К настоящему времени они пополнились некоторыми трехмерными возможностями, но не имеют средств параметрического моделирования, которыми обладают тяжелые и средние САПР. Эти программы позволяют сократить время проектирования и улучшить качество документации только за счет устранения ручного труда. При этом они не защищают вас от ошибок, характерных для ручного проектирования — при помощи кульмана, карандаша и ластика. Относительно невысока и стоимость таких программ, поэтому они пользуются спросом, несмотря на нынешний экономический кризис. Именно из-за их простоты и дешевизны "легкие" системы стали самым распространённым продуктом автоматизации проектирования, своего рода "рабочей лошадкой" мира САПР. И если вы не выполняете сложных проектов и вас не "поджимают" сроки, то ваш выбор можно ограничить такими программами.

1.3.2. САПР среднего уровня

Программы данной категории позволяют не только исключить ошибки, возможные при проектировании с помощью программ "нижнего" уровня, но и выполнить различные проверочные расчеты деталей и сборок вашего изделия, посчитать их массогабаритные характеристики и пр., что характерно для программ "тяжелого" уровня. Все это становится возможным благодаря переходу от двумерного проектирования к трехмерному, "объемному" моделированию. Применение таких программ при разработке изделий средней сложности позволяет значительно сократить время разработки и уменьшить количество ошибок в конструкторской документации.

1.3.2. САПР среднего уровня

Такие пакеты появились в мире САПР совсем недавно — в середине 90-х годов прошлого века. До этого существовало только два полюса — на одном мощные ("тяжелые") системы, работающие на UNIX-станциях (впрочем, тогда их было гораздо больше, чем сейчас), а на другом — простые ("легкие") программы двумерного черчения для персонального компьютера. Но как только персональный компьютер обрел достаточную мощность, а Windows стала многозадачной и более устойчивой операционной системой, разработчики смогли создать системы автоматизированного проектирования, которые заняли промежуточное положение между "тяжелыми" и "легкими" продуктами. От первых они унаследовали возможности трехмерного твердотельного и поверхностного моделирования, а от вторых — невысокую цену, удобный графический интерфейс и ориентацию на платформу Windows. Новинки произвели настоящий переворот в мире САПР, позволив многим конструкторским и проектным организациям перейти с двумерного на трехмерное моделирование.

1.3.2. САПР среднего уровня

Важную роль в становлении среднего класса сыграли два ядра твердотельного параметрического моделирования — ACIS и Parasolid, которые появились в начале 90-х годов и сейчас используются во многих ведущих САПР. Геометрическое ядро служит для точного математического представления трехмерной формы изделия и управления этой моделью. Полученные с его помощью геометрические данные используются системами CAD, CAM и CAE для разработки конструктивных элементов, сборок и изделий. В настоящее время Parasolid принадлежит фирме EDS, а ACIS — компании Dassault, которые продают лицензии на их использование всем желающим. Таких желающих немало — эти ядра составляют основу более сотни САПР, а число проданных лицензий перевалило за миллион. Успех понятен — ведь использование готового ядра избавляет разработчиков системы от решения трудоемких задач твердотельного моделирования и позволяет сосредоточиться на пользовательском интерфейсе и других функциях. Впрочем, это не значит, что все САПР среднего класса построены на базе этих механизмов. Многие компании ценят независимость и предпочитают разрабатывать собственные "движки".

1.3.2. САПР среднего уровня

В числе лидеров "среднего" сегмента — система SolidWorks одноименной компании (в настоящее время — подразделение Dassault Systemes), пакет Solid Edge (разработан фирмой Intergraph, теперь принадлежит EDS), а также программа Inventor от Autodesk. Кроме них в данном сегменте работает множество компаний. Их популярность среди пользователей постоянно растет, и благодаря этому данная область динамично развивается. В результате по функциональным возможностям средний класс постепенно догоняет своих более дорогостоящих конкурентов. Например, будучи изначально средствами твердотельного моделирования, эти системы в ходе эволюции обрели функции поверхностного моделирования, подготовки производства, инженерного анализа и даже управления инженерными данными. Однако далеко не всем пользователям требуется такое разнообразие возможностей. Видимо, именно этим объясняется то, что переход с двумерных систем на трехмерные еще не завершился, и многие пользователи до сих пор предпочитают программы легкого класса.

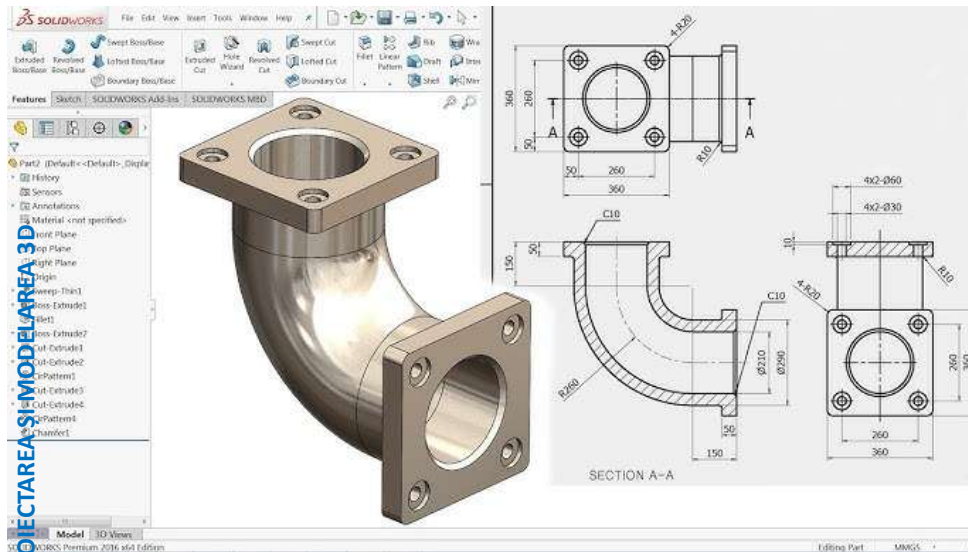
1.3.3. Тяжеловесные САПР

Программы данной категории позволяют реализовать проект сложного технического устройства, выполнить необходимые расчеты и проверки и получить на выходе конструкторскую, технологическую документацию и программы для станков с числовым программным управлением для изготовления деталей. Такие программы являются тяжеловесными и в ценовой категории.

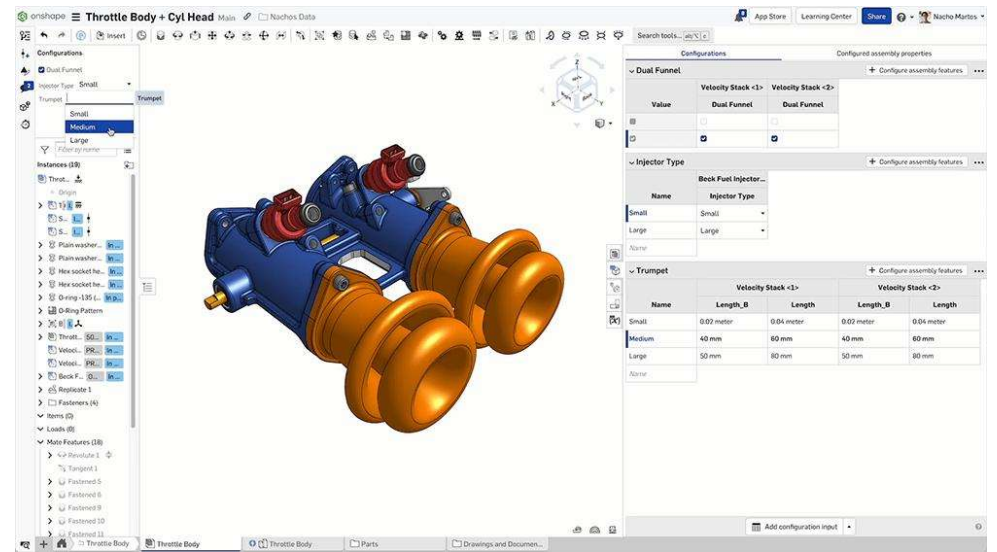
1.3.3. Тяжеловесные САПР

В настоящее время на рынке осталось лишь три САПР верхнего ценового класса — **Unigraphics NX** компании EDS, **CATIA** французской фирмы Dassault Systemes (которая продвигает ее вместе с IBM) и **Pro/Engineer** от PTC (Parametric Technology Corp.). Раньше мощных систем было больше, но после череды слияний и поглощений компаний число пакетов сократилось. Главная особенность "тяжелых" САПР — обширные функциональные возможности, высокая производительность и стабильность работы — все это результат длительного развития. Все названные программы включают средства трехмерного твердотельного и поверхностного моделирования, а также модули структурного анализа и подготовки к производству, т. е. являются интегрированными пакетами CAD/CAM/CAE. Кроме того, все три поставщика предлагают для своих САПР системы управления инженерными данными (PDM — project data manager), позволяющие управлять всей конструкторско-технологической документацией и предоставлять дополнительные данные, экспортированные из других корпоративных систем, из справочников и нормативных источников. Несмотря на то, что тяжелые системы стоят значительно дороже своих более "легких" собратьев, затраты на их приобретение окупаются, особенно когда речь идет о сложном производстве, например машиностроении, двигателестроении, авиационной и аэрокосмической промышленности.

1.4. Сравнение SolidWorks и Onshape



PROIECTAREA SI MODELAREA 3D



1.4. Сравнение SolidWorks и Onshape

1. Общая информация

Критерий	SolidWorks	Onshape
Разработчик	Dassault Systèmes	PTC
Год выхода	1995	2012
Тип	Настольное ПО (desktop)	Облачная CAD-платформа
Основное назначение	Профессиональное проектирование	Совместное проектирование онлайн

1.4. Сравнение SolidWorks и Onshape

2. Установка и доступ

✓ SolidWorks

- Устанавливается **локально** на компьютер
- Требует **мощного ПК** (особенно для сборок)
- Работает без интернета (после установки)

✓ Onshape

- **Не требует установки**
- Работает через **браузер** (ПК, Mac, Linux, планшет)
- Полностью зависит от интернета

Вывод:

- 👉 SolidWorks — для стационарной работы
- 👉 Onshape — для гибкой работы из любого места

1.4. Сравнение SolidWorks и Onshape

3. Функциональность и возможности

SolidWorks

Плюсы:

- Очень мощное **параметрическое моделирование**
- Продвинутая работа со **сборками**
- Модули:
 - Simulation (CAE)
 - Flow Simulation
 - CAM
 - Sheet Metal
 - Weldments
- Промышленный стандарт во многих компаниях

Минусы:

- Сложнее в освоении
- Высокая стоимость лицензии

Onshape

Плюсы:

- Совместная работа в реальном времени (как Google Docs)
- Встроенное управление версиями
- FeatureScript — собственный язык для кастомных функций
- Нет проблем с конфликтами файлов

Минусы:

- Меньше продвинутых CAE модулей
- Зависимость от облака
- Для очень больших сборок может быть менее удобен

1.4. Сравнение SolidWorks и Onshape

4. Совместная работа

Аспект	SolidWorks	Onshape
Совместная работа	Через PDM/PLM	Встроена по умолчанию
Контроль версий	Внешние системы	Автоматический
Конфликты файлов	Возможны	Практически отсутствуют

✓ Onshape здесь явный лидер

1.4. Сравнение SolidWorks и Onshape

5. Производительность

✓ SolidWorks

- Быстрее при работе с **очень большими сборками**
- Зависит от видеокарты и процессора

✓ Onshape

- Вычисления выполняются на серверах
- Не нагружает компьютер
- Производительность зависит от интернета

1.4. Сравнение SolidWorks и Onshape

6. Стоимость

✓ SolidWorks

- Дорогая лицензия
- Оплата:
 - годовая подписка
 - дополнительные модули оплачиваются отдельно

✓ Onshape

- Подписка
- Есть бесплатная версия (публичные проекты)
- Более доступен для стартапов и обучения

1.4. Сравнение SolidWorks и Onshape

7. Для кого лучше подходит

✓ SolidWorks — если:

- Работаешь в **производственной компании**
- Нужны расчёты, симуляции, ГОСТ/ISO
- Проекты сложные и крупные
- Важна автономная работа

✓ Onshape — если:

- Работаешь в команде или удалённо
- Стартап, обучение, прототипирование
- Нужен быстрый доступ без установки
- Важна простота и контроль версий

8. Краткий итог

SolidWorks — мощный «классический» CAD для профессионального и промышленного использования.

Onshape — современная облачная платформа, идеально подходящая для совместной и гибкой работы.

1.5. Основные принципы и этапы твердотельного проектирования

Построение эскиза

Процесс моделирования начинается с построения эскиза, а построение эскиза — с выбора конструктивной плоскости, в которой будет строиться этот двухмерный эскиз. Впоследствии его можно тем или иным способом легко преобразовать в твердое тело. При создании эскиза доступен полный набор геометрических построений и операций редактирования. Нет никакой необходимости сразу точно выдерживать требуемые размеры, достаточно примерно соблюдать конфигурацию эскиза. Позже, если потребуется, конструктор может изменить значение любого размера и наложить связи, ограничивающие взаимное расположение отрезков, дуг, окружностей и т. п. Эскиз конструктивного элемента может быть легко отредактирован в любой момент работы над моделью. Кроме того, в процессе построения эскиза конструктор может воспользоваться инструментарием, позволяющим проводить диагностику эскиза и быстро находить ошибки построения (например, SketchXpert).

1.5. Основные принципы и этапы твердотельного проектирования

Создание объемной модели

Пользователю предоставляется несколько различных средств создания объемных моделей. Основными формообразующими операциями являются команды добавления и снятия материала. Система позволяет выдавливать контур с различными конечными условиями, в том числе на заданную длину или до указанной поверхности, а также вращать контур вокруг заданной оси. Возможно создание тела по заданным контурам с использованием нескольких образующих кривых (так называемая операция лофтинга) и выдавливанием контура вдоль заданной траектории. Легко строятся литейные уклоны на выбранных гранях модели, полости в твердых телах с заданием различной толщины для разных граней, скругления постоянного и переменного радиуса, фаски и отверстия сложной формы. Так же как и в построении эскизов, здесь есть свой инструментарий для оформления элементов деталей.

При этом система позволяет в любой момент отредактировать однажды построенный элемент твердотельной модели.

1.5. Основные принципы и этапы твердотельного проектирования

Создание сборок

И SolidWorks и Onshape предлагает конструктору довольно гибкие возможности создания узлов и сборок. Система поддерживает как создание сборки способом "снизу вверх", т. е. на основе уже имеющихся деталей, число которых может достигать сотен и тысяч, так и проектирование "сверху вниз" — от сборки к детали. В этом случае сборка основывается на так называемом "компоновочном эскизе", который является основополагающим при создании сборки. В результате создания такого эскиза возникают детали в составе сборки. Характерной особенностью такой сборки является то, что если конструктор будет изменять компоновочный эскиз, то автоматически будут изменяться размеры зависимых деталей.

Проектирование сборки начинается с задания взаимного расположения деталей друг относительно друга, причем обеспечивается предварительный просмотр накладываемой пространственной связи. Для цилиндрических поверхностей могут быть заданы связи концентричности, для плоскостей — их совпадение, параллельность, перпендикулярность или угол взаимного расположения. Работая со сборкой, можно по мере необходимости создавать новые детали, определяя их размеры и расположение в пространстве относительно других элементов сборки. Наложённые связи позволяют автоматически перестраивать всю сборку при изменении параметров любой из деталей, входящих в узел. Каждая деталь обладает материальными свойствами, поэтому существует возможность контроля "собираемости" сборки. Для проектирования изделий, получаемых с помощью сварки, система позволяет выполнить объединение нескольких свариваемых деталей в одну, а также возможно проектирование рамных или ферменных конструкций по набору 2D- или 3D-эскизов.

1.5. Основные принципы и этапы твердотельного проектирования

Инженерные расчеты

По готовой объемной модели детали или сборки можно проводить различные инженерные расчеты:

- подсчитывать массы деталей или сборок, определять моменты инерции относительно различных осей и т. п. ;
- имитировать работу механизмов и узлов;
- проводить анализ интерференции и анализировать контактные взаимодействия;
- проводить расчет пружин и кулачков;
- рассчитывать отдельные детали или детали, находящиеся в сборке, на прочность методом конечных элементов с определением напряжений, деформаций и расчетом коэффициента запаса прочности;
- проводить анимацию собранного узла;
- рассчитывать кинематику и динамику звеньев механизма с расчетом нагрузок на элементы сборки;
- моделирование течений жидкостей и газов при решении задач различных гидродинамических и пневматических систем и т. д.

ТЕСТ

1. Что такое САПР?
2. Какие виды САПР мы рассматривали?
3. Какое приложение SolidWorks или Onshape подходит лучше для учебных целей?
4. Назовите основные этапы твердотельного проектирования.

ВИДЕО

✓ **SolidWorks**

<https://www.youtube.com/watch?v=dtQuJzn4JFU>

✓ **Onshape**

<https://www.youtube.com/watch?v=2utLjjkXplg>

ВОПРОСЫ