

**ОСНОВЫ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ САПР
AUTODESK FUSION 360**

А.А. Долова

n.dlv@yandex.ru

SPIN-код: 9826-0740

А.Ю. Константириди

keepesh97@mail.ru

SPIN-код: 1386-9265

Дауда Амара Траоре

daoudaamaratraore@gmail.com

SPIN-код: 8187-5880

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Представлен анализ системы автоматизированного проектирования Autodesk Fusion 360, дано подробное описание интерфейса и основных функций программы. Рассмотрены главные особенности CAD/CAE/CAM систем, указано их значение для современной инженерной деятельности. Приведены основные понятия и определения, необходимые для изучения систем 3D-моделирования. Пошагово описан процесс начала работы в среде Fusion 360, дано обзорное представление интерфейса, показаны основные преимущества среды по сравнению с другим аналогичным программным обеспечением. В качестве экспериментального решения разработана деталь корпуса, включающая в себя основные геометрические примитивы с подробным анализом процесса построения моделей.

Ключевые слова

3D-моделирование, система автоматизированного проектирования, программное обеспечение, корпус, Autodesk, Fusion 360, дизайн, станки с числовым программным управлением

Поступила в редакцию 08.10.2018

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

Введение. В настоящее время рабочая деятельность конструкторов-проектировщиков в самых различных направлениях кардинально отличается от того, что приходилось выполнять их предшественникам, поскольку все главные этапы производства на данный момент автоматизированы. В связи с этим также меняются методики и направления обучения молодых специалистов. Fusion 360 является мощным облачным инструментом системы автоматизированного проектирования (САПР) для трехмерного моделирования, который позволяет работать одновременно над конструкторскими, инженерными и промышленными решениями в рамках единой платформы [1].

Задача проектирования различных приспособлений характеризуется многовариантностью возможных решений [2]. В современном мире 3D-моделирование является неотъемлемой частью создания объектов промышленного дизайна. В настоящее время невозможно представить любую область производства без автоматизированного проектирования. Именно для решения данных задач компания Autodesk (www.autodesk.com) представила продукт Fusion 360 (fusion-360.ru), заявленный как универсальная среда для создания деталей, сборок, получения визуа-

лизации и анимации, а также выполнения прочностных расчетов и ведения проектов станочной обработки. Подобный функционал реализован на базе таких зарекомендовавших себя САПР, как Solid Works и Autodesk Inventor, однако главной отличительной особенностью системы Fusion 360 является тесная интеграция с сетевым хранилищем Autodesk, что позволяет ориентировать данное программное обеспечение на работу полноценной группы конструкторов-разработчиков.

Учитывая вышеописанные качества, можно говорить о том, что данное программное обеспечение будет полностью удовлетворять учебным требованиям, позволяя реализовать множество различных студенческих разработок. В статье рассмотрена методика применения данной САПР для реализации корпуса как примера разработки сложной детали. В результате проведенных экспериментальных построений задействован основной функционал Fusion 360 и составлен алгоритм ведения проекта на базе данной САПР.

Принципы работы в среде Fusion 360. Fusion 360 заявлен производителем как универсальный облачный инструмент для промышленного дизайна и машиностроительного проектирования. Он включает в себя три основных направления инженерного программного обеспечения: CAD (computer-aided design — компьютерная поддержка проектирования), CAE (computer-aided engineering — поддержка инженерных расчетов), CAM (computer-aided manufacturing — компьютерная поддержка изготовления) [3–6].

CAD-системы ориентированы на решение конструкторских задач и создание конструкторской документации (в русской терминологии также присутствует аналогичный термин САПР — системы автоматизированного проектирования). Fusion 360 позволяет определить форму и конструктивные особенности будущего изделия, используя максимально доступное количество актуальных видов моделирования: сплайновое, поверхностное, твердотельное, параметрическое и прямое. Среда поддерживает более 50 форматов файлов и не нагружает компьютер разработчика благодаря использованию облачных технологий [7, 8].

CAE-системы являются специализированным набором (классом) систем, предназначенных для решения разнообразных расчетных задач. В CAE-системах за основу расчетов принимают трехмерную модель, созданную в CAD-системе. Благодаря Fusion 360 можно выполнить расчет изделия на прочность, модальный или термомеханический анализ, определить, каким образом будет осуществляться динамическое движение подвижных частей сборок, а также подготовить фотореалистичные изображения проекта и анимацию [9].

CAM-системы ориентированы на производство станочной обработки. Благодаря программному обеспечению данного класса можно осуществлять проектирование обработки и формирования изделий на станках с ЧПУ (числовым программным управлением) и создания готовых программ для этих станков (фрезерных, сверлильных, эрозионных, пробивных, токарных, шлифовальных и др.). Также в технической терминологии можно встретить обозначения CAM-

систем как систем технологической подготовки производства. В современном производстве они являются самыми широко применяемыми средствами изготовления сложнопрофильных деталей и сокращения цикла их производства. В САМ-системах все операции также осуществляются на основе трехмерной модели детали, созданной в САД-системе. В арсенале Fusion 360 присутствуют удобные автоматизированные средства написания управляющих программ для станков с ЧПУ (поддержка до пяти осей) или 3D-принтеров. Благодаря интеграции с облаком доступ производителя к готовому пакету может осуществляться из любой точки мира [10].

Практические особенности разработки в среде Fusion 360. Главной особенностью Fusion 360 по сравнению с другими системами 3D-моделирования является тесная интеграция с сетевым хранилищем Autodesk. Это означает, что все проекты, создаваемые в программе, не будут привязаны к локальной директории, а будут находиться в облаке, доступ к которому пользователь получает после регистрации своей учетной записи.

Интерфейс Fusion 360 (рис. 1) разработан в соответствии с современными стремлениями к минимизации габаритов и лаконичности. Главное окно программы содержит четыре основных фрагмента: рабочая область 1, представленная сеткой и направлением заданных координат, браузер структуры объекта 2, командная лента 3, сгруппированная по основным операциям, и панель управления видом 4, позволяющая отобразить объект во всех интересующих плоскостях.

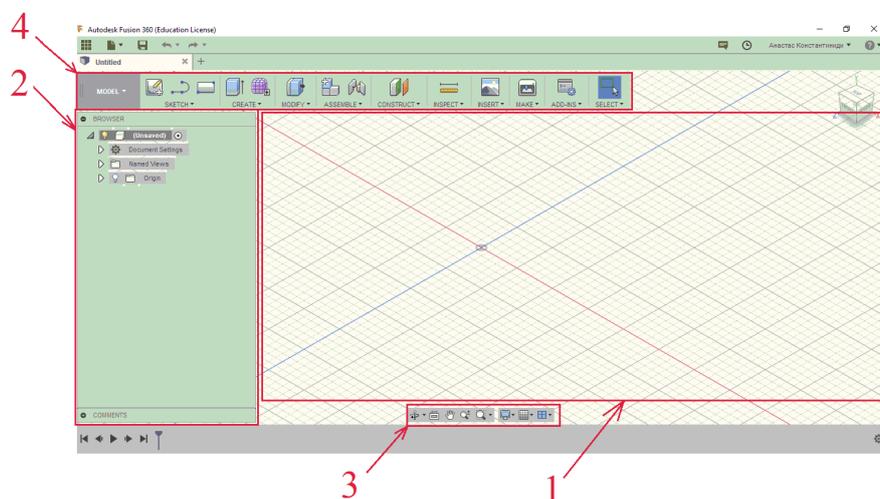


Рис. 1. Интерфейс главного окна Fusion 360:

1 — рабочая область; 2 — браузер структуры объекта; 3 — командная лента;
4 — панель управления

Чтобы начать работу в программе, необходимо создать новый проект (рис. 2). Интересной особенностью данной системы является ее полная универсальность относительно разрабатываемого объекта: создавая проект, пользователь не определяет его целевую принадлежность, это происходит непосредственно

в процессе работы в программе. Таким образом, мы можем создавать детали, сборки, визуализацию, анимацию, прочностной расчет и проекты станочной обработки, выполняя для создания проекта один и тот же алгоритм действий. Чтобы перейти к соответствующему набору инструментов, нужно определить создаваемый объект кнопкой Change Workspace (рис. 3) в ленте.

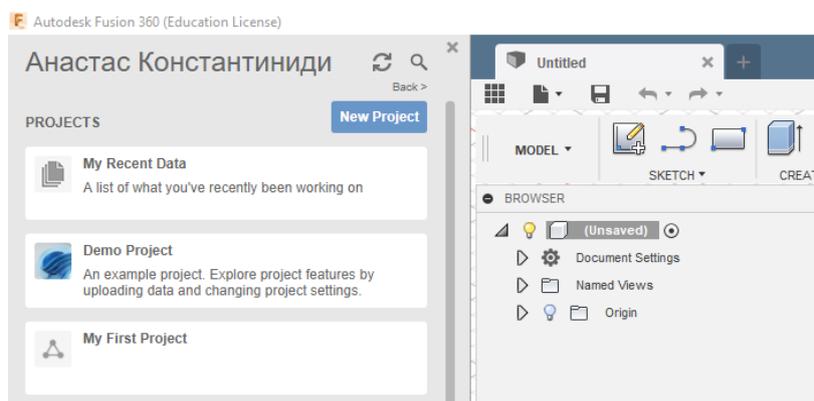


Рис. 2. Создание проекта

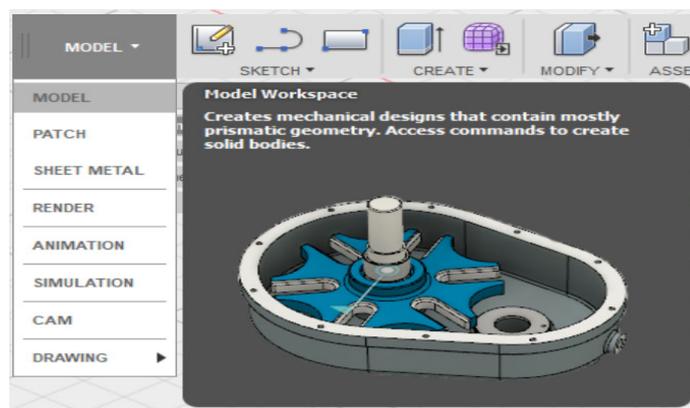


Рис. 3. Панель Change Workspace

Чтобы получить базовый набор команд и рабочую среду для создания моделей, следует выбрать пункт Model. На экране будет представлен соответствующий инструментарий команд, сгруппированных по основным рабочим задачам: Sketch (для создания эскиза), Create (для генерации объемной формы на базе эскиза), Modify (для добавления и редактирования дополнительных конструктивных элементов), Assemble (для создания сборок), Construct (вспомогательная геометрия) [11]. Чтобы подробно ознакомиться с функционалом Fusion 360, соберем экспериментальную 3D-модель детали корпуса.

Экспериментальная разработка корпуса на базе Fusion 360. Рассмотрим типовой процесс проектирования на примере разработки корпуса — детали, составленной из основных используемых при построении 3D-моделей примитивов.

Шаг 1. Создать примитив с помощью функции SKETCH — прямоугольник (116×60) (рис. 4).

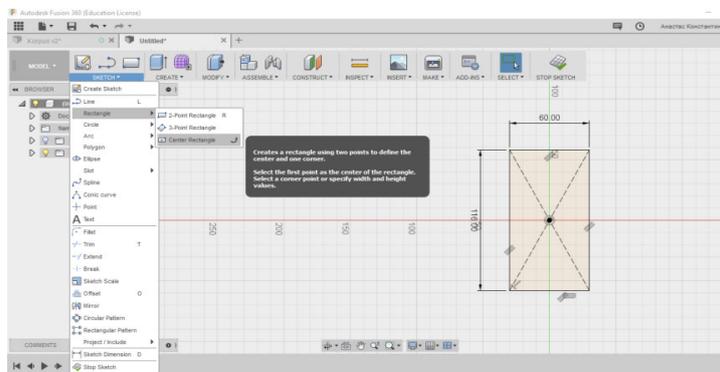


Рис. 4. Создание прямоугольника

Шаг 2. Сформировать окружность радиусом 30 мм, вписанную в прямоугольник, с помощью команды «Окружность по трем точкам» (рис. 5).

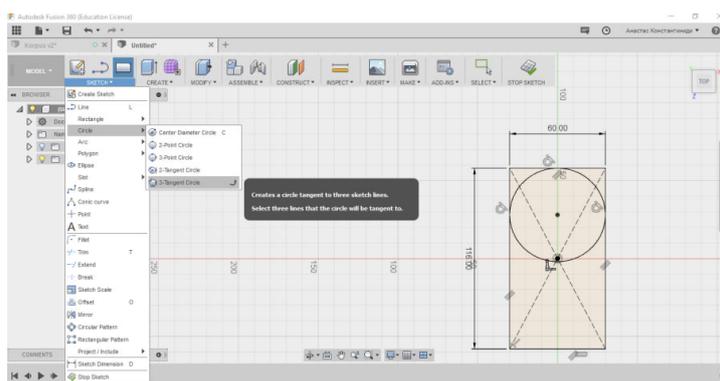


Рис. 5. Создание окружности

Шаг 3. Обрезать лишние линии с помощью команды Trim (горячая клавиша T), как показано на рис. 6.

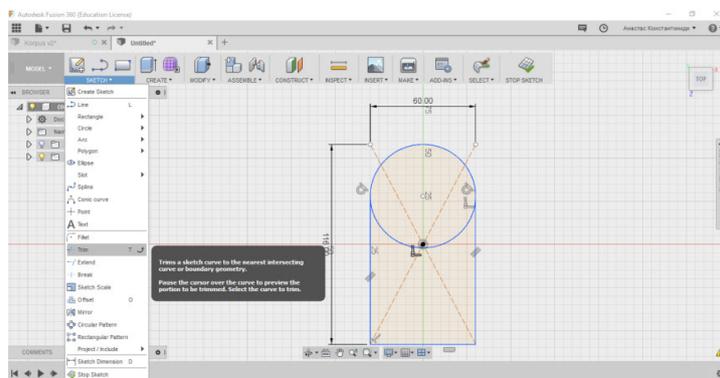


Рис. 6. Удаление вспомогательных линий

Шаг 4. В панели инструментов выбрать команду CREATE → Extrude (горячая клавиша E) и указать область, которую необходимо выдавить (рис. 7).

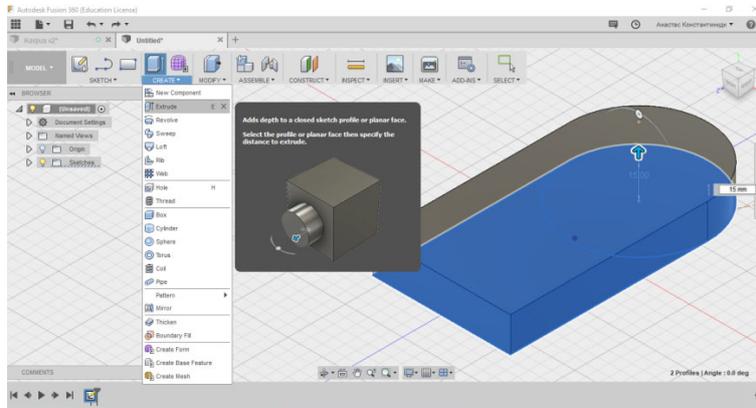


Рис. 7. Выдавливание необходимой области

Шаг 5. Создать дополнительную плоскость с помощью команды CONSTRUCT → Offset Plane (рис. 8) на высоте 15 мм над предыдущей плоскостью. В этой плоскости построить окружность диаметром $D = 52$ мм.

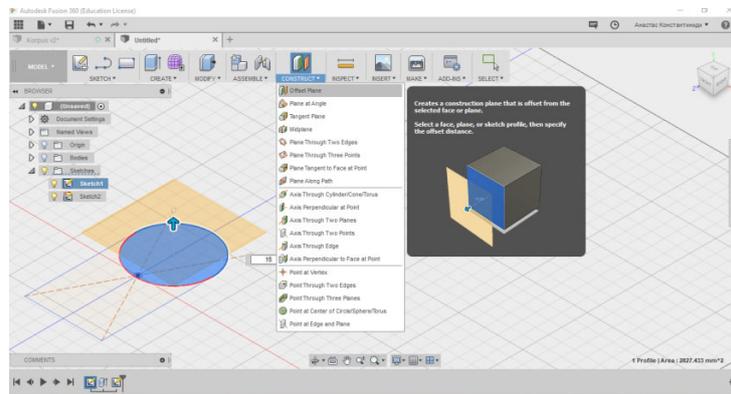


Рис. 8. Создание дополнительной области

Шаг 6. Над плоскостью, созданной на шаге 5, создать еще одну плоскость на высоте 15 мм. В этой плоскости построить окружность диаметром $D = 46$ мм. Центры окружностей должны совпадать с центром окружности, созданной на шаге 2.

Шаг 7. Применив команду CREATE → Loft, выбрать две окружности, построение которых описано на шагах 5, 6 (рис. 9).

Шаг 8. Создать окружность диаметром $D = 36$ мм (рис. 10). Применить команду выдавливания цилиндра высотой $H = 52$ мм.

Шаг 9. После выполнения выдавливания на шаге 8 создать окружность диаметром $D = 20$ мм. Выдавить сквозное отверстие диаметром, равным диаметру этой окружности (рис. 11).

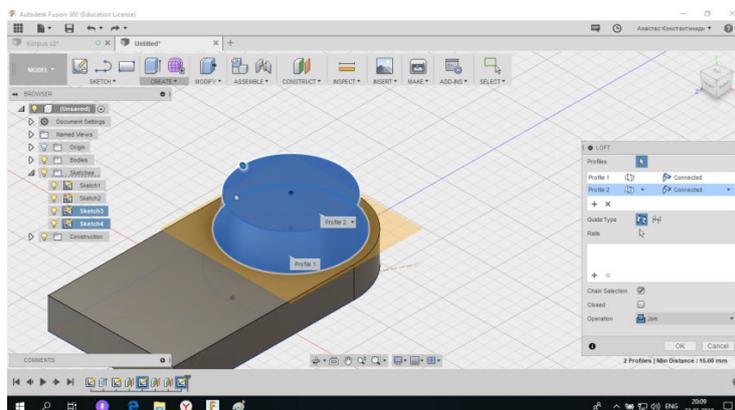


Рис. 9. Создание фигуры командой Loft

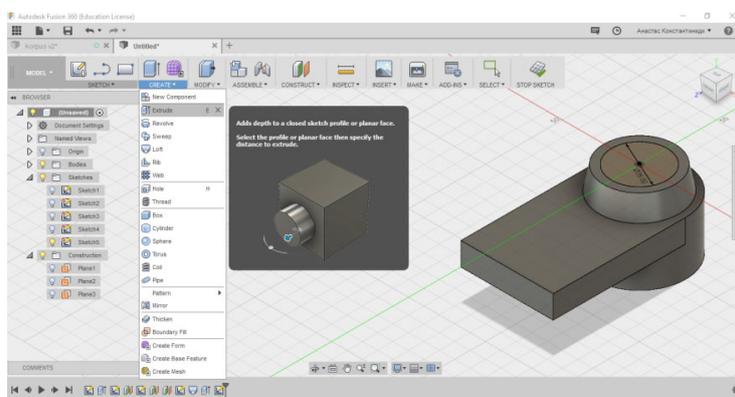


Рис. 10. Выдавливание цилиндра

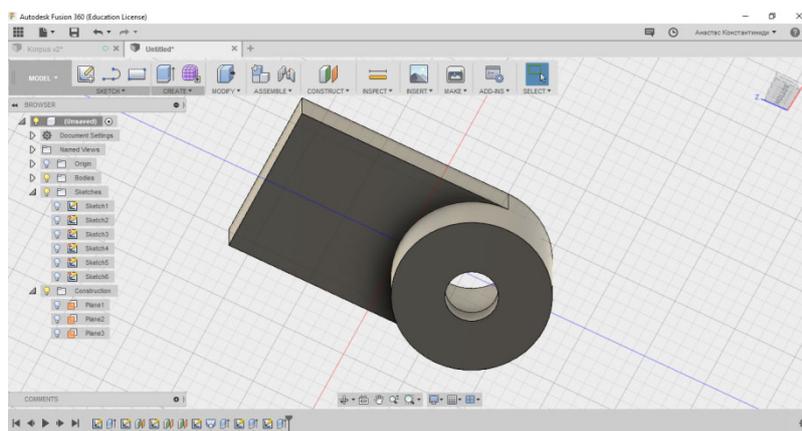


Рис. 11. Выдавливание сквозного отверстия

Шаг 10. Чтобы отключить видимость корпуса, на панели управления, расположенной в левой части экрана, нажать кнопку с изображением горячей лампочки напротив слова bodies. На поверхности корпуса создать примитив, как показано на рис. 12.

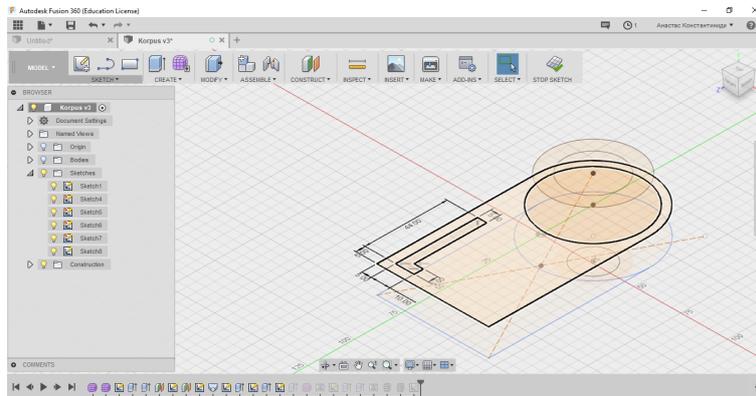


Рис. 12. Создание примитива

Шаг 11. После выдавливания элемента, соответствующего данному примитиву, командой **CREATE** → **Mirror** отобразить его относительно плоскости, которая показана на рис. 13.

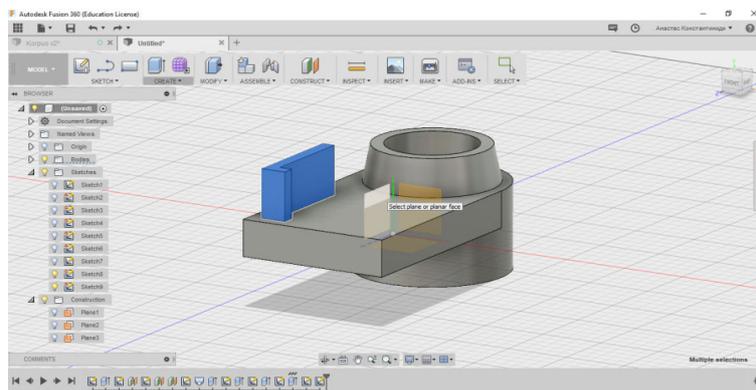


Рис. 13. Отображение относительно плоскости

Шаг 12. Создать примитив, как на рис. 14, в плоскости, полученной на шаге 1. Выдавить цилиндр высотой $H = 11$ мм.

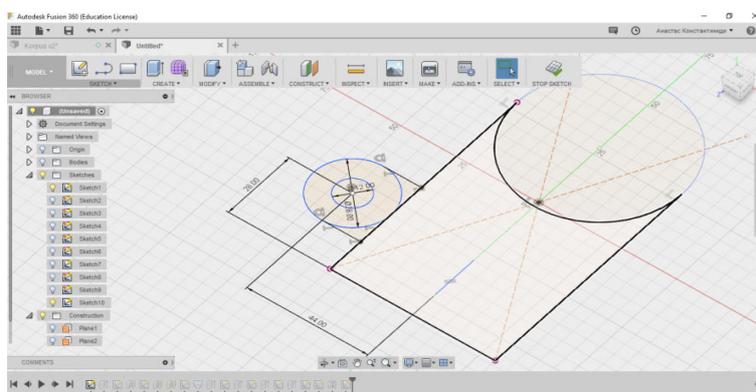


Рис. 14. Создание примитива

Шаг 13. Командой CREATE → Thread сформировать резьбу, как показано на рис. 15. Командой CREATE → Mirror отобразить элемент, созданный на шаге 12.

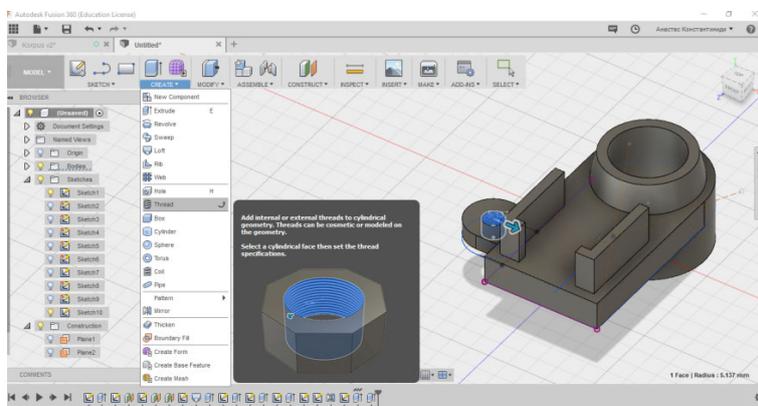


Рис. 15. Формирование резьбы

Шаг 14. Получить 3D-модель корпуса (рис. 16).

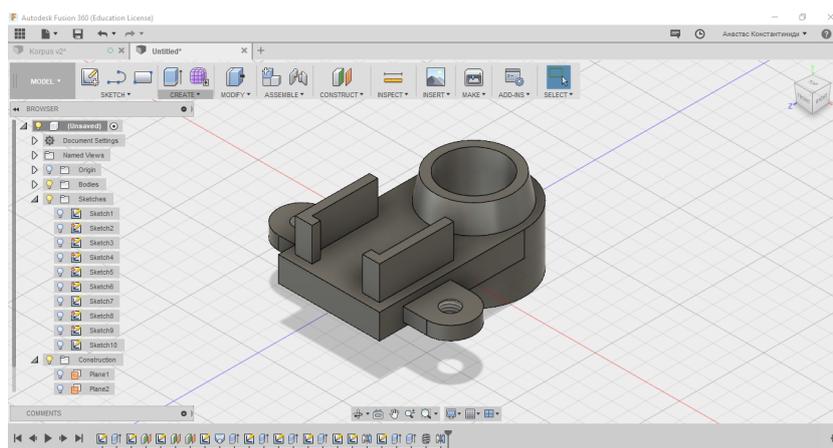


Рис. 16. 3D-модель корпуса

После завершения работы необходимо сохранить проект. Особенностью Fusion 360 является тесная интеграция с сетевым хранилищем Autodesk. После создания учетной записи все проекты, создаваемые в среде Fusion 360, сохраняются в это хранилище. Таким образом была получена экспериментальная 3D-модель корпуса, построение которой имело обучающий характер. Особенностью предлагаемой методики моделирования в данной среде является возможность ведения одного проекта полноценной командой разработчиков, поскольку проект после сохранения совместим с облачными технологиями.

Заключение. САПР Autodesk Fusion 360 является универсальным продуктом для 3D-моделирования, который обладает мощным функционалом, не уступающим таким уже зарекомендовавшим себя системам, как Autodesk Inventor, Solidworks, КОМПАС и т. д.

На основе произведенных экспериментальных построений изучены основы работы в среде Fusion 360. Главными особенностями данного продукта можно считать его универсальность для проектирования, проведения инженерных расчетов и подготовки деталей к производству. Основным преимуществом Fusion 360 относительно других CAD/CAE/CAM систем является внедренные облачные технологии, существенно оптимизирующие командную работу и способствующие максимально комфортной поддержке контроля версий.

Помимо востребованности на производствах для расчетов и проектирования в учебной деятельности САПР Fusion 360 становится неотъемлемой частью. В настоящее время при выполнении курсовых, научных, дипломных работ и исследований требуется визуализация и детальный разбор проектируемого устройства, помещения и т. д. На практике было выявлено, что Fusion 360 отлично справляется с данными задачами.

Литература

- [1] Билибин К.И. *Основы проектирования приспособлений*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006, 52 с.
- [2] Арабов Д.И., Власов А.И., Гриднев В.Н., Григорьев П.В. Концепция цифрового инструментального производства (FAB LAB) для прототипирования изделий электронной техники. *Международный научно-исследовательский журнал*, 2016, № 5-3(47), с. 23–34.
- [3] Власов А.И., Ганев Ю.М., Карпунин А.А. Система 5S-технология создания эффективного рабочего места в концепции «Бережливого производства». *Информационные технологии в проектировании и производстве*, 2016, № 1(161), с. 65–68.
- [4] Арабов Д.И., Верясова А.Ю., Гриднев В.Н. Комплексное макетирование узлов вычислительной техники с использованием инфраструктуры цифрового производства (FAB-LAB) в условиях сквозного обеспечения качества. *Тр. межд. симп. Надежность и качество*, 2016, № 1, с. 189–192.
- [5] Арабов А.А., Власов А.И., Гриднев В.Н., Зотьева Д.Е., Маркелов В.В. FAB-LAB технологии быстрого прототипирования изделий электронной техники. *Мат. II межд. науч.-практ. конф. «Современные научные исследования: методология, теория и практика*. Нижний Новгород, ЦСРНИ, 2014, с. 157–161.
- [6] Погорелов В. *AutoCAD 2009: 3D-моделирование*. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2009, 400 с.
- [7] Полещук Н.Н. *AutoCAD 2007: 2D/3D-моделирование*. Москва, Русская редакция, 2007, 416 с.
- [8] Сазонов А.А. *3D-моделирование в AutoCAD*. Москва, ДМК, 2012, 376 с.
- [9] Стремнев А.Ю. Работа с 3D моделями в системе Fusion 360 — от концепции до воплощения. *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, № 5(105), с. 47–53.
- [10] Трубочкина Н.К. *Моделирование 3D-наносхемотехники*. Москва, Бином. Лаборатория знаний, 2012, 499 с.
- [11] Швембергер С.И., Щербаков П.П., Горончаровский В.А. *3ds Max. Художественное моделирование и специальные эффекты*. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2006, 320 с.

Долова Анастасия Андреевна — бакалавр кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Константиниди Анастас Юрьевич — бакалавр кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Траоре Дауда Омара — бакалавр кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

LAGRANGIAN POINTS IN MARS-PHOBOB SYSTEM

A.A. Dolova

n.dlv@yandex.ru

SPIN-code: 9826-0740

A.Yu. Konstantinidi

keepesh97@mail.ru

SPIN-code: 1386-9265

Dauda Amara Traore

daoudaamaratraore@gmail.com

SPIN-code: 8187-5880

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

Analysis of Autodesk Fusion 360 CAD system is presented, detailed description of interface and main functions of software is given. Main features of CAD/CAE/CAM systems are considered, their significance for modern engineering is indicated. Basic concepts and definitions necessary for study of 3D-simulation systems are given. Starting process in Fusion 360 software is described step-by-step, overview of interface is presented, main advantages of software compared to other similar software tools are shown. As an experimental solution, a case detail has been developed that includes the main geometric primitives with a detailed analysis of the model building process.

Keywords

3D-simulation, computer-aided design system, software, case detail, Autodesk, Fusion 360, design, numerically controlled machine tool

Received 08.10.2018

© Bauman Moscow State Technical University, 2018

References

- [1] Bilibin K.I. Osnovy proektirovaniya prispособleniy [Fundamentals of attachment engineering]. Moscow, Bauman Press, 2006, 52 p.
- [2] Arabov D.I., Vlasov A.I., Gridnev V.N., Grigor'yev P.V. The concept of digital tool production (FAB LAB) for prototyping of products of electronic equipment. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal], 2016, no. 5-3(47), pp. 23–34.
- [3] Vlasov A.I., Ganev Yu.M., Karpunin A.A. 5S-effective workplace creation technology in lean manufacturing system. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve* [Information Technologies of CAD/CAM/CAE], 2016, no. 1(161), pp. 65–68.
- [4] Arabov D.I., Veryasova A.Yu., Gridnev V.N. Kompleksnoe maketirovanie uzlov vychislitel'noy tekhniki s ispol'zovaniem infrastruktury tsifrovogo proizvodstva (FAB-LAB) v usloviyakh skvoznoho obespecheniya kachestva [Complex prototyping of computer components using digital production infrastructure (FAB-LAB) in quality-controlled environment]. *Tr. mezhd. simp. Nadezhnost' i kachestvo* [Proc. Int. Symp. Reliability and Quality], 2016, no. 1, pp. 189–192.
- [5] Arabov A.A., Vlasov A.I., Gridnev V.N., Zot'yeva D.E., Markelov V.V. FAB-LAB tekhnologii bystrogo prototipirovaniya izdeliy elektronnoy tekhniki [FAB-LAB technologies of fast electronic products prototyping]. *Mat. II mezhd. nauch.-prakt. konf. "Sovremennyye nauchnye issledovaniya: metodologiya, teoriya i praktika"* [Proc. II Int. Sci.-Pract. Conf. "Modern Scientific Studies: Methodology, Theory and Practice"]. Nizhnyy Novgorod, TsSRNI publ., 2014, pp. 157–161.

- [6] Pogorelov V. AutoCAD 2009: 3D-modelirovanie [AutoCAD 2009: 3D-simulation]. Sankt-Petersburg, BKhV-Peterburg publ., 2009, 400 p.
- [7] Poleshchuk N.N. AutoCAD 2007: 2D/3D-modelirovanie [AutoCAD 2007: 2D/3D-simulation]. Moscow, Russkaya redaktsiya publ., 2007, 416 p.
- [8] Sazonov A.A. 3D-modelirovanie v AutoCAD [3D-simulation in AutoCAD]. Moscow, DMK publ., 2012, 376 p.
- [9] Stremnev A.Yu. Working with 3D models in Fusion 360system – from conception to realization. *CAD/CAM/CAe Observer*, 2016, no. 5(105), pp. 47–53.
- [10] Trubochkina N.K. Modelirovanie 3D-nanoskhmotekhniki [Simulation of 3D nanocircuitry]. Moscow, Binom. Laboratoriya znaniy publ., 2012, 499 p.
- [11] Shvemberger S.I., Shcherbakov P.P., Goroncharovskiy V.A. 3ds Max. Khudozhestvennoe modelirovanie i spetsial'nye efekty [3ds Max. Artistic simulation and special effects]. Sankt-Peterburg, BKhV-Peterburg publ., 2006, 320 p.

Dolova A.A. — Bachelor's Degree student, Department of Electronic Equipment Design and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Konstantinidi A.Yu. — Bachelor's Degree student, Department of Electronic Equipment Design and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Traore Dauda Amara — Bachelor's Degree student, Department of Electronic Equipment Design and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.