

# Autodesk Fusion 360: комплексный подход к цифровому производству

Игорь Бобков, технический эксперт по направлению Цифровое производство Autodesk



В последнее время мы все чаще слышим дискуссии на тему четвертой промышленной революции или, как её еще называют, Индустрии 4.0 (термин, пришедший к нам из Германии). Много разговоров ведется вокруг её актуальности и темпов распространения в мире, включая Россию.

В 2011 году Индустрию 4.0 определили как “средство повышения конкурентоспособности обрабатывающей промышленности Германии через усиленную интеграцию киберфизических систем в заводские процессы”. Если говорить об основных явлениях, сопутствующих развитию четвертой промышленной революции, то это, прежде всего, дальнейшее развитие облачных сервисов, аддитивных технологий и средств для цифрового производства, инструментов виртуальной и дополненной реальности, систем машинного зрения и, конечно же, искусственного интеллекта.

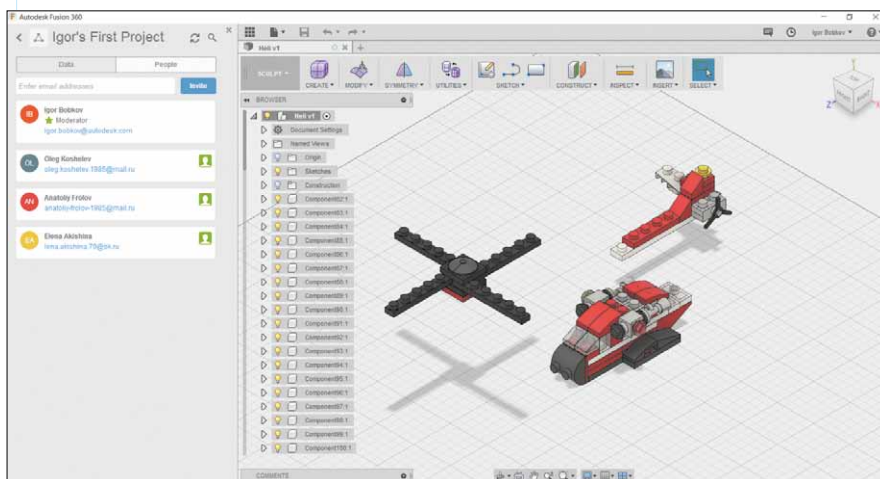
Для сохранения конкурентоспособности многие компании сейчас развиваются в перечисленных направлениях, вкладывая значительное количество средств в инновации. В свою очередь, Autodesk может предложить свои решения почти для каждой из этих технологий. Ярким примером служит программное обеспечение Autodesk Fusion 360 – САПР нового поколения, которая представляет собой комплексный облачный CAD/CAM/CAE-инструмент для 3D-проектирования и разработки изделий. Fusion 360 объединяет возможности совместной работы, цифрового проектирования, инженерного анализа и подготовки изделия к производству в одном пакете. В процессе его создания команда разработчиков руководствовалась ключевыми технологическими трендами в промышленной индустрии. Кроме того, были учтены основные запросы пользователей: облачные сервисы и мобильный доступ к проекту, простые в использовании инструменты моделирования, высокая скорость подготовки документации и возможность

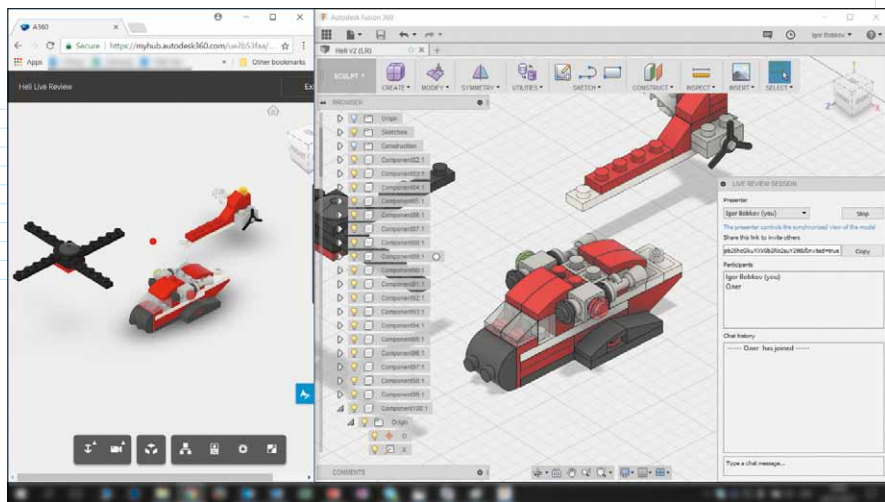
подготовки модели к выпуску на станках с ЧПУ и 3D-печати, высококачественная визуализация и возможность проведения расчетов.

Бытует ошибочное мнение, что Fusion и Inventor – это два аналогичных продукта. Если говорить упрощенно, то Inventor – это решение для промышленного проектирования, обладающее мощным набором инструментов для работы с большими сборками вплоть до масштабов проектирования уровня производственных цехов. А Fusion 360 – решение для проектирования в основном потребительских товаров, то есть объектов меньших масштабов, но с большим вниманием к мелким деталям и дизайну. К тому же, с учетом его игры в более демократичном ценовом сегменте, сегодня Fusion является оптимальным решением для малых и средних предприятий, открытых к современному подходу к САПР в аспекте хранения результатов своих работ в облаке. Кроме этого, решение является бесплатным для образовательных учреждений – так же, как и прочие продукты компании Autodesk.

## От совместной работы в облаке до загрузки файлов других САПР

Что же, помимо возможности хранения результатов работ в облаке, отличает Fusion 360 от стандартных CAD-систем? В первую очередь, это поддержка совместной работы над проектом без необходимости дополнительной установки каких-либо средств PDM и прочих систем. Для входа в Fusion 360 потребуется аккаунт Autodesk, составляющей которого является адрес электронной почты. Администратор (которым может быть, например, руководитель





инженерной команды) создает проект и обеспечивает к нему доступ всем членам команды на основании электронной почты. Сразу после этого результаты работ каждого инженера становятся видны всем участникам данного проекта из любого места с доступным интернетом. Кроме этого, *Fusion 360* позволяет отслеживать версии моделей, с которыми работает команда. Каждую из версий можно посмотреть и использовать в своей дальнейшей работе при необходимости.

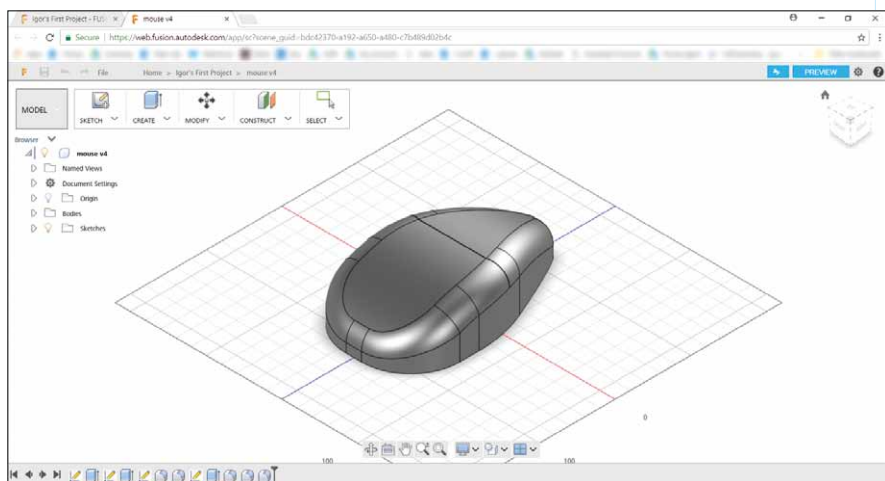
Также среди инструментов коллективной работы можно выделить возможность совместного рассмотрения проекта или результатов работ в режиме реального времени. Владелец сессии генерирует ссылку из *Fusion 360*, через которую к просмотру присоединяются остальные участники. Для такого подключения используется обычный интернет-браузер. Просмотр возможен и с мобильных устройств. Наведя мышкой на детали проекта в среде *Fusion 360*, остальные участники могут увидеть манипуляции с ними в режиме указки, подсвеченной красной точкой. Если необходимо, организатор демонстрации может передать права показа другому участнику сессии. Теперь, отчитываясь перед заказчиком о

результатах своих конструкторских работ или о промежуточных контрольных точках проекта, можно забыть про письма с вложенными архивами, скриншотами, сделанными с разных точек рабочего пространства, или с файлами, выгруженными из *CAD*-систем. Достаточно просто поделиться ссылкой и рассмотреть созданное изделие под нужным углом.

Вишенкой на торте может служить возможность работы в браузере – при этом речь идет не только о просмотре, но и о редактировании и создании моделей, а также доступе к проектам через сервис *Fusion Team*.

Правда, инструменты редактирования и создания моделей непосредственно в браузере пока находятся в режиме тестирования с пометкой предварительного просмотра, поэтому их набор опытному пользователю может показаться не таким богатым, как в интерфейсе десктопного клиента.

Если говорить о том, какие форматы файлов можно открыть в системе *Fusion 360*, то на данный момент она готова принять модели от основных игроков на рынке САПР. При этом *Fusion 360* обладает интересной особенностью – после загрузки файла можно попросить программу распознать операции, с помощью которых было смоделировано тело в исходной системе. Естественно, стопроцентное распознавание не всегда возможно. Тем не менее, с этой функцией имеет смысл поэкспериментировать. Здесь стоит также упомянуть о возможности сохранения файлов локально – на жесткий диск компьютера, на котором работает инженер. Сохранять модель можно в “родном” формате *Fusion 360* и в нейтральных форматах – например, *IGES* или *STEP*. Отдельно отмечу возможность сохранения файлов в формате *STL* – они пригодятся при подготовке моделей к *3D*-печати. Всё это можно сделать, используя инструмент экспорта непосредственно в среде *Fusion 360*. Кроме того, сервис *Fusion Team* позволяет получить дополнительную порцию форматов для выгрузки – например, файлов *Inventor 2016*, *DWG*, *SketchUP* и др. Эскиз, созданный в среде *Fusion 360*, можно сохранить в формат *DXF*, вызвав на нём в браузере контекстное меню. При выгрузке сборки в “родном” формате *Fusion 360* на локальный ПК, вся структура сохраняется одним файлом.



## Моделирование твердых и сетчатых тел для подготовки к 3D-печати

Твердотельное моделирование в среде *Fusion 360* представлено классическим набором инструментов. Совместное использование точного моделирования и функционала модуля *Sculpt* – свободного манипулирования с геометрией – позволяют совместить результаты работ в рамках одного изделия. Для чего это может быть полезно? Здесь для примера приведена модель канцелярского ножа, лезвие которого было получено путем параметрического моделирования с использованием определенных эскизов. Можно предположить, что облик и эргономика кожуха изделия еще не до конца определены и находятся на этапе концептуального проектирования. Таким образом, мы моделируем его предварительно с помощью поверхностей произвольной формы. В итоге наличие обоих инструментов в среде *Fusion 360* позволяет нам объединить оба элемента изделия в единое целое, получив на выходе предварительный дизайн. При этом редактирование кожуха ножа происходит достаточно просто, и к нему можно вернуться в любой момент, как только станет понятен окончательный дизайн.

В дополнение к этому *Fusion 360* предлагает набор инструментов для работы с сетчатыми телами, сведенный в отдельный модуль *Mesh*. Этот функционал позволяет преобразовывать обычные твердые тела в сетчатую структуру, инвертировать нормали полигонов сетки при необходимости, закрывать открытые поверхности сетчатой модели, оптимизировать сетчатую структуру изделия, увеличивая или уменьшая количество полигонов, сглаживать сетку и удалять объекты сетчатой модели, которые нам не нужны и т.д. Все перечисленные операции становятся

актуальными в случае подготовки моделей к 3D-печати при отсутствии под рукой специализированного программного обеспечения – например, *Autodesk Netfabb*.

Немного теории. При подготовке моделей к 3D-печати наиболее частыми ошибками являются следующие:

### ✓ Инвертированные нормали сетки

Файлы формата *STL* описывают твердые тела, поверхность которых является набором треугольников, у которых нормали должны быть направлены наружу. Такие полигоны-треугольники определяют границы объекта и позволяют программному обеспечению 3D-принтера определить внутреннюю и внешнюю поверхность модели. Если хотя бы одна из нормалей направлена в обратную сторону и противоречит другой нормали, то это вызывает сбой при 3D-печати, поскольку принтер не может различить лицевую и изнаночную сторону объекта.

### ✓ Проблема “незакрытой” полигональной сетки или “меш с дырками”

Одно из правил 3D-моделирования при подготовке к аддитивному производству заключается в том, что модель должна быть “водонепроницаемой”, герметичной. Если образуется “дырка”, это значит, что у какого-то ребра не хватает одной грани, а значит, модель не подходит для 3D-печати.

### ✓ Нахлест полигонов

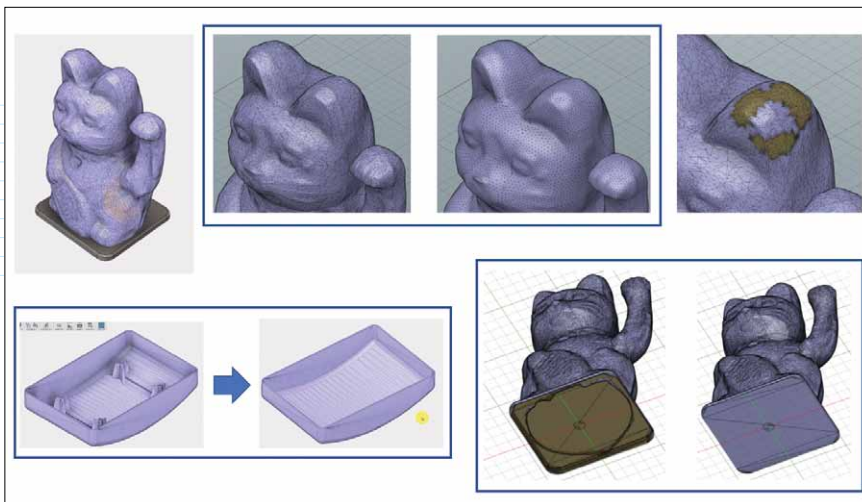
Такая ситуация образуется, когда создается полигон поверх уже существующего. Пересекающиеся грани могут сбить с толку слайсер-программу, которая послойно переводит 3D-модель в управляющий код для 3D-принтера.

### ✓ Общие и совпадающие ребра сетки

К одному ребру прикреплено более двух полигонов или два отдельных ребра созданы в одном и том же месте.

Допустим, у нас есть *CAD*-модель – статуэтка кошки с подставкой, – которую мы хотим напечатать на 3D-принтере. Подставка выполнена как обычное твердое тело, фигурка – изначально сетчатая. Для отправки модели на печать статуэтка должна представлять из себя единое тело. *Fusion 360* позволяет преобразовать подставку в “сетку”, после чего объединить оба тела в одно. Единственный нюанс – в этом случае подставка будет избавлена от истории её построения. Далее мы вдруг обнаруживаем, что в модели присутствуют инвертированные полигоны, а также есть незакрытые поверхности, например, на тыльной стороне основания. *Fusion 360* дает возможность с помощью двух функций инвертировать полигоны в нужную сторону и “зашить” открытую поверхность. Следующее, что нас может не устраивать – топология сетки. Допустим, мы хотим увеличить или уменьшить количество полигонов или просто оптимизировать структуру сетки, сгладив её. Программное





обеспечение позволит нам сделать и это. Как видно на скриншоте, до оптимизации структура сетки была достаточно хаотичной, после – треугольники выстраиваются структурированно. Таким образом, используя набор инструментов *Fusion 360*, мы можем привести эту модель в порядок.

### Генеративный дизайн и возможности оптимизации изделия

Теперь поговорим об инструментах инженерного анализа, а именно, модуле *Simulation*. Линейка возможных расчетов в стандартной версии *Fusion 360* немного шире, чем у основного продукта *Autodesk* для промышленного проектирования – *Inventor*. В дополнение к линейному и модальному анализу предлагается возможность решать задачи теплообмена. А в версии *Fusion 360 Ultimate* дополнительно предлагаются инструменты анализа потери устойчивости, напряжений под нагрузкой, которая носит случайный характер (симулятор событий), нелинейного анализа, а также инструменты топологической оптимизации – похожие на те, которые мы используем в системе *Inventor* (а именно – функционал *Shape generator*). При этом вычисления проводятся только в облаке, а значит, аппаратные ресурсы локального ПК остаются свободными.

Функционал нелинейного анализа и симулятора событий на данный момент доступен в режиме предварительного просмотра. Для проведения



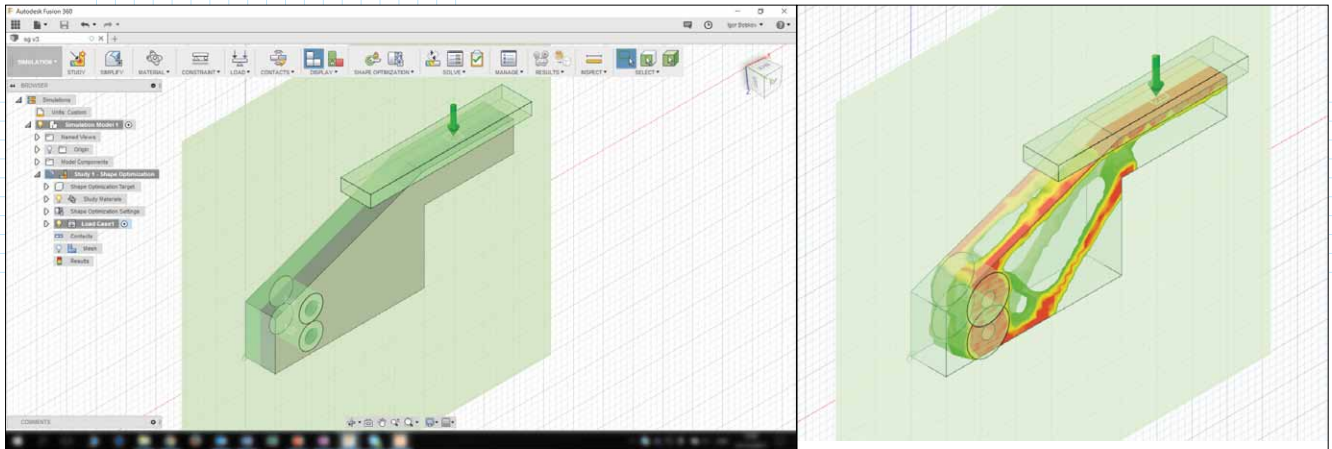
расчетов используется решатель *Nastran*.

Помимо этого, вскоре “на испытательном сроке” могут появиться инструменты *генеративного дизайна* (порождающее проектирование или синтез форм – можно встретить и такие названия). Некоторым этот функционал может быть известен под названием *Project Dreamcatcher* – как следующее поколение САПР, которое способно самостоятельно создавать конструкцию будущего изделия, основываясь на исходных параметрах (граничных условиях), изначально заданных инженером. После получения этих данных система анализирует и прорабатывает их,

возвращая затем несколько возможных вариантов исполнения. В результате проектировщик получает ответы в форме готовых геометрических решений. Таким образом, можно говорить о том, что конструкция изделия уже не создается непосредственно инженером, а определяется программой на основании изначально заданного человеком проектного намерения. При этом у проектировщика появляется возможность выбора альтернативных решений из нескольких предложенных программой вариантов.

Возможно, что этот функционал появится у *Fusion 360* уже в ближайшее время. А пока предлагаю поподробнее познакомиться с инструментами топологической оптимизации, которые уже доступны пользователям версии *Fusion 360 Ultimate*. Некоторые пользователи сейчас называют их средствами генеративного дизайна. По сути это неверно, потому что здесь речь идет о работе с уже спроектированным изделием. Инструменты оптимизации призваны лишь уменьшить его вес путем удаления лишнего материала с наименее ответственных областей. А генеративный дизайн подразумевает именно создание формы “с нуля”, исходя из ограничивающих условий. Хотя и в том, и в другом случае дизайн будущей конструкции носит весьма органический или, как еще говорят, бионический характер.

Итак, основой для оптимизации служит исходная 3D-модель и ряд начальных условий, которые определяются последовательно набором инструментов, представленными в ленте данного вида анализа. Для начала определяем материал нашего изделия. Если мы его уже задавали изначально при построении детали, он может быть просто унаследован с этого этапа. В качестве альтернативы можно определить другой материал в рамках проведения оптимизации. Далее указываем закрепление нашей детали путем наложения ограничений и прикладываем нагрузку в нужном месте. Функция *Shape Optimization* позволяет указать зоны изделия, которые не будут затронуты в ходе топологической



оптимизации. После этого нам предлагается определить, на сколько процентов мы хотим уменьшить массу нашего изделия. Естественно, на данном этапе необходимо учитывать реальные условия эксплуатации будущего изделия и объективно оценивать возможное снижение по массе. Далее при необходимости мы можем поменять настройки сетки – и остается лишь запустить решение нашей задачи. Как упоминалось ранее, данный вид расчета выполняется в облаке. После его завершения обе геометрии (исходная и оптимизированная) будут представлены в наложенном друг на друга виде. Исходную модель необходимо будет доработать, удалив излишки материала в соответствии с предложенным вариантом. Также стоит провести дополнительный прочностной анализ конечной версии конструкции – это позволит убедиться в том, что изделие соответствует реальным условиям его эксплуатации.

### **Fusion 360 для подготовки производства изделия**

Подготовка изделия к производству, если речь идет о традиционной обработке, доступна во вкладке CAM-меню *Change workspace*. Система *Fusion* использует то же ядро, что и *Autodesk HSM* – инструмент разработки управляющих программ для 5-осевых станков с ЧПУ. Поэтому тем, кто сталкивался с ним ранее, интерфейс и принцип работы должны быть знакомы и понятны. В стандартной версии *Fusion* поддерживаются 2.5- и 3-осевая обработка, а также операции точения. Водоструйная, лазерная и плазменная резка добавились в базовую версию весной 2017 года. В версии *Ultimate* мы можем работать уже с 4- и 5-координатными станками; доступны также операции контроля качества готового изделия.

Сам процесс подготовки изделия к производству – стандартный: определяем нашу заготовку, выбираем операцию и соответствующий инструмент, профиль, который мы хотим обработать, при необходимости указываем дополнительные параметры обработки, затем применяем наши настройки и получаем траекторию инструмента. После задания

всех обрабатываемых поверхностей нашей будущей детали получаем управляющую программу.

### **В заключение**

В данной статье мы не рассматривали полный функционал и набор технических особенностей *Fusion 360* – ввиду их схожести с инструментами *Inventor* и других аналогичных систем. Здесь мы обратили внимание на отличительные особенности, которые предлагает *Fusion*, и те технологии, которые сейчас наиболее интересны с точки зрения комплексного подхода к цифровому производству.

Тем не менее, несколько слов об оставшихся инструментах всё-таки сказать стоит:

- Имеется функционал работы с поверхностями, близкий к тому, что мы привыкли видеть в системе *Inventor*.
- Доступны библиотеки материалов – с возможностью их редактирования, копирования, наполнения, применения на модели, что в итоге обеспечивает получение реалистичных изображений.
- Можно создавать разнесенные виды и анимацию (через вкладку *Animation*).
- Поддерживается оформление чертежей. Преднастроенных библиотек для выполнения конструкторских документов по ГОСТу пока нет. Тем не менее, можно отредактировать подложку чертежа. То же касается и библиотек стандартных изделий. Стандартные элементы доступны в иностранных онлайн-библиотеках – по ссылке непосредственно из *Fusion 360*.
- Поддерживается работа с листовым металлом. Еще недавно модуль *Sheet metal* предлагался только в ознакомительном режиме, но с 8 августа этого года стал доступен пользователям.

С учетом наличия всех перечисленных инструментов в единой программной среде, предприятие-заказчик получает готовый комплексный подход к разработке изделия. *Fusion 360* полностью закрывает все потребности конечных пользователей – от возникновения идеи до её полного воплощения в жизнь на производстве. 📁