

# Работа с 3D-моделями в системе Fusion 360 – ОТ КОНЦЕПЦИИ ДО ВОПЛОЩЕНИЯ

## Часть II. Сборки. Подготовка УП

(Окончание. Начало в #5/2016)

А.Ю. Стремнев, к.т.н. (БГТУ им. В.Г. Шухова)

nm12351@yandex.ru



### Сборки – разделяй, соединяй, экспериментировуй!

Один из распространенных вариантов разработки концепции изделия в CAD-системе заключается в создании 3D-модели базовой детали с последующим построением вокруг нее всех необходимых узлов. Рассмотрим, как реализуется данный подход в системе Autodesk Fusion 360 ([www.autodesk.com/products/fusion-360/overview](http://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview)).

Наша цель – создать модель сборки для отливки (штамповки) детали в виде корпуса лодки. Будем считать, что 3D-модель корпуса уже имеется. Порядок её создания отображается на панели *Design History* под рабочим полем. В соответствии с историей создания, сначала была построена фасонная поверхность, а затем по эскизу выдавлено плоское основание палубы. В результате деталь представляет собой единое тело (*Body1*); информация об этом отображается в ветке *Bodies* окна браузера

(*BROWSER*) (рис. 1). Предполагаемая сборка будет состоять из матрицы и пуансона, рабочие грани которых должны соответствовать форме корпуса лодки. Поэтому вырисовывается невеселая перспектива как минимум дважды повторить путь кропотливого поверхностного моделирования. Но ведь сложные внешние и внутренние обводы лодки уже имеются в детали-корпусе. Это обстоятельство мы используем при формировании пуансона и матрицы. Более того, создавать эти детали мы будем в файле корпуса лодки.

Предполагаемая сборка будет состоять из матрицы и пуансона, рабочие грани которых должны соответствовать форме корпуса лодки. Поэтому вырисовывается невеселая перспектива как минимум дважды повторить путь кропотливого поверхностного моделирования. Но ведь сложные внешние и внутренние обводы лодки уже имеются в детали-корпусе. Это обстоятельство мы используем при формировании пуансона и матрицы. Более того, создавать эти детали мы будем в файле корпуса лодки.

Выбрав в качестве основы эскиза плоскость палубы, изобразим на ней контур в виде прямоугольника командой *2-Point Rectangle*. Этот контур является проекцией габаритов матрицы и пуансона, а сама эскизная плоскость станет их плоскостью разреза (рис. 2).

Полученный прямоугольный контур выдавим командой *Extrude*, руководствуясь двумя соображениями. Во-первых, объем будем образовывать в обе стороны от плоскости эскиза, указав для этого необходимые расстояния в двух полях *Distance* окна *Extrude* (рис. 3). Это позволит в дальнейшем применить одну часть объема для пуансона, а другую – для матрицы. Во-вторых, и это очень существенно, в поле *Operation* установим вариант

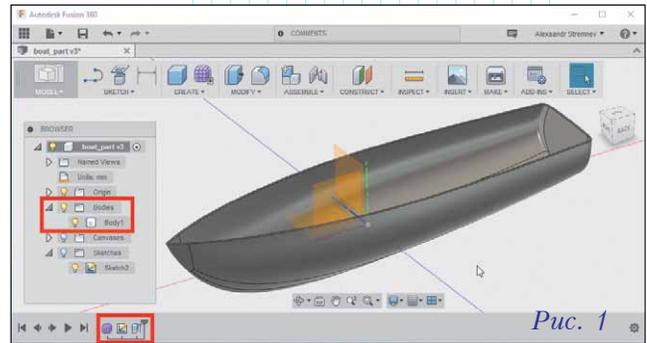


Рис. 1

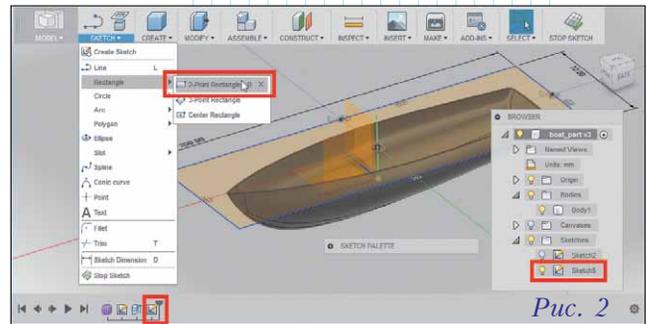


Рис. 2

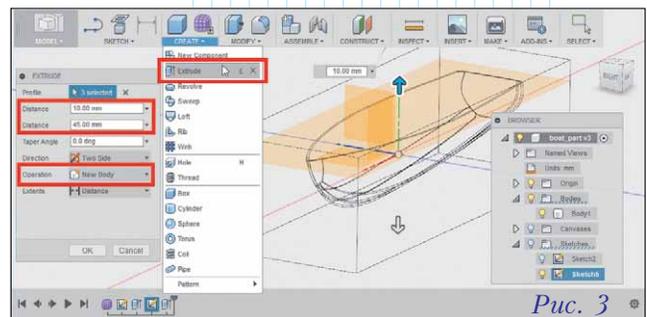


Рис. 3

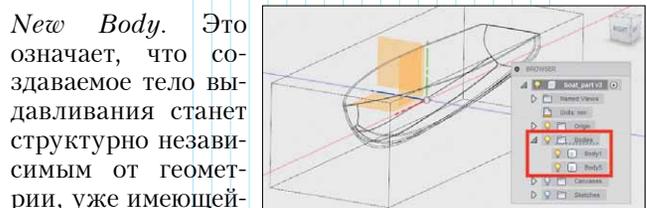


Рис. 4

*New Body*. Это означает, что создаваемое тело выдавливания станет структурно независимым от геометрии, уже имеющейся в файле детали.

После выполнения команды *Extrude* в файле модели содержится уже два тела: корпус лодки и заготовка для матрицы и пуансона (рис. 4).

Для разделения имеющегося тела на заданные части служит команда *Split Body*. В качестве разделяемого тела (*Body to Split*) укажем заготовку

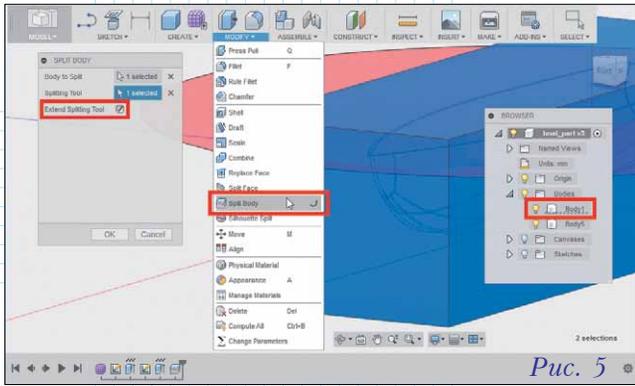


Рис. 5

для матрицы и пуансона, а средством разделения (*Splitting Tool*) изберем плоскость палубы на корпусе лодки (рис. 5).

С выбором последней могут возникнуть сложности, поскольку она скрыта внутри объема окружающего её тела. Здесь поможет следующий прием: нужно навести мышь на область модели с необходимым элементом (даже, если он не виден), а затем, щелкнув мышью и удерживая кнопку, дождаться появления выпадающего меню. В нём можно выбрать необходимый объект – из тех, что находятся под указателем (рис. 6).

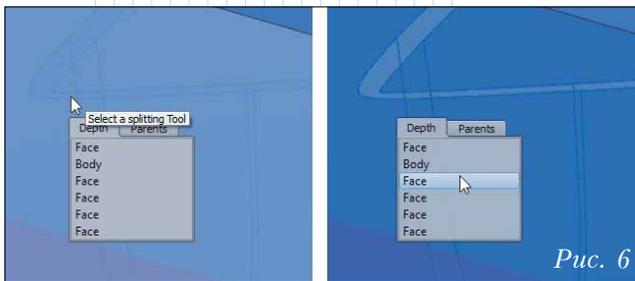


Рис. 6

В результате применения команды *Split Body* мы получаем уже три геометрических тела. Так как они будут соответствовать деталям сборки, то имеет смысл дать им подходящие имена, используя для этого браузер (рис. 7).

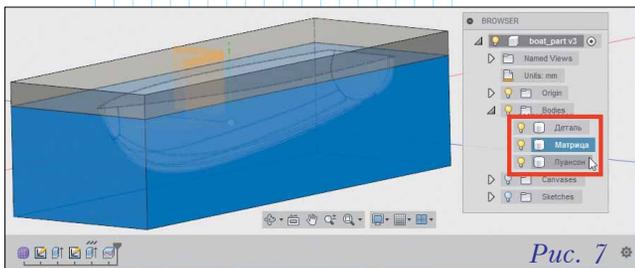


Рис. 7

Модель содержит практически все необходимые компоненты, но не сделано главного – в матрице и пуансоне отсутствуют образующие грани для детали-корпуса лодки. Воспользуемся инструментом *Combine* для комбинирования геометрии имеющихся тел. Идея этой команды будет заключаться в том, чтобы с помощью операции *Cut* вырезать тело корпуса лодки (*Tool Bodies*) из тела, соответствующего

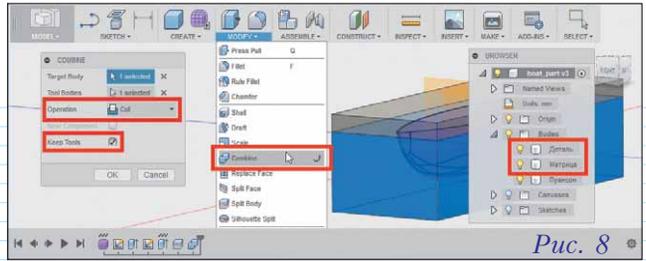


Рис. 8

матрицы (*Target Body*). В окне *Combine* установим опцию *Keep Tools*, сохраняющую тело-инструмент, а именно корпус лодки – его в качестве детали мы задействуем в итоговой сборке (рис. 8).

В результате выполнения команды *Combine* образовалось новое тело, являющееся объемом, заключенным внутри корпуса лодки. Этот объем наряду с корпусом отделен от тела матрицы, которая получила необходимую фасонную рабочую поверхность (рис. 9).

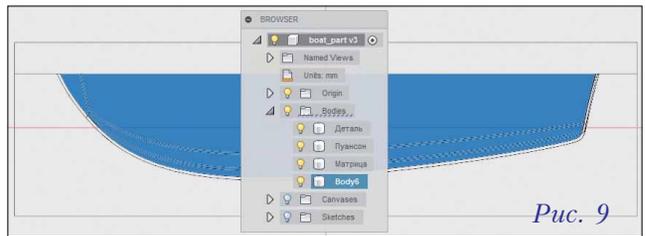


Рис. 9

Для окончательного формирования пуансона осталось объединить его с телом внутреннего объема лодки. Для этого снова применим команду *Combine*, но уже по варианту *Join*. При этом подключаемое к пуансону тело (*Tool Bodies*) отдельно сохранять не нужно, поэтому флажок *Keep Tools* следует сбросить (рис. 10).

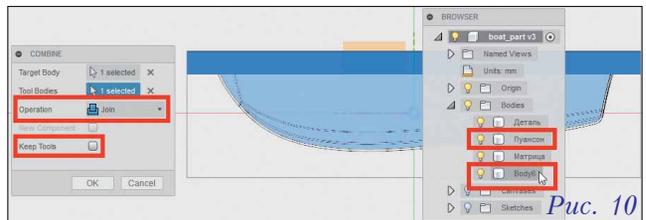


Рис. 10

Таким образом, тело пуансона приобрело окончательную форму с необходимой рабочей поверхностью (рис. 11).

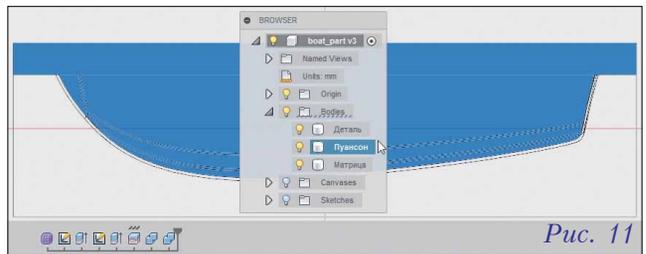


Рис. 11

Не следует забывать, что все действия мы выполняли в файле исходной детали, и полученные в нём тела-прототипы (пуансон и матрица) фактически

деталью не являются. Придать им такой статус (и, соответственно, работать с ними на уровне сборки) позволяет контекстная команда *Create Components from Bodies* (Создание компонентов из тел) (рис. 12).

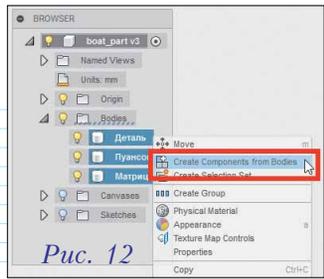


Рис. 12

После преобразования тел в компоненты-детали, структура модели претерпевает существенные изменения. В окне браузера появляются ветки, соответствующие образованным деталям (с включенными в них телами), весь редактируемый файл становится сборкой (об этом свидетельствует значок в корне браузера) и, самое главное, компоненты обретают подвижность – деталь корпуса лодки, матрицу и пуансон можно свободно перемещать в рабочем пространстве модели. Контекстная команда *Appearance* позволяет придать компонентам-деталю желаемый цвет: надо просто выбрать его в библиотеке, предлагаемой программой, и перетащить на соответствующий компонент (рис. 13).

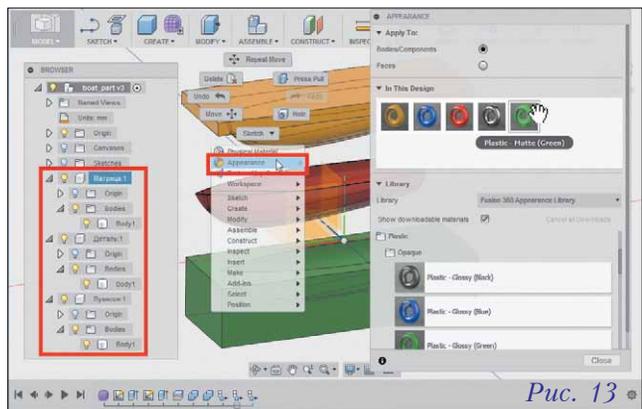


Рис. 13

“Настоящая” сборка должна быть не просто совокупностью деталей и узлов, а связанной системой, в которой движение отдельных компонентов строго согласовано. Как правило, основой сборки является какой-либо неподвижный базовый элемент. В нашем случае таковым будем считать деталь-матрицу. Выполним для нее контекстную команду *Ground*, обездвигив компонент в пространстве (рис. 14).

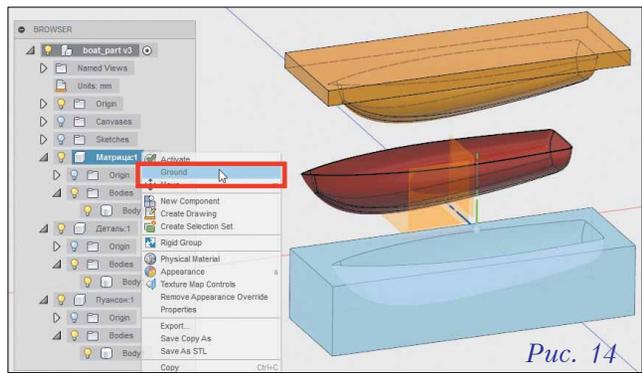


Рис. 14

Особенностью *Autodesk Fusion 360* является то, что при задании каких-либо ограничений подвижности компонентов (в том числе командой *Ground*) система предлагает сохранить текущее положение элементов сборки. Если такое сохранение требуется, то в окне запроса следует нажать кнопку *Capture Position*, в обратном случае – *Continue*. После фиксации детали-матрицы появляется соответствующий значок в браузере, а сведения об этой операции сохраняются в *Design History* (рис. 15).

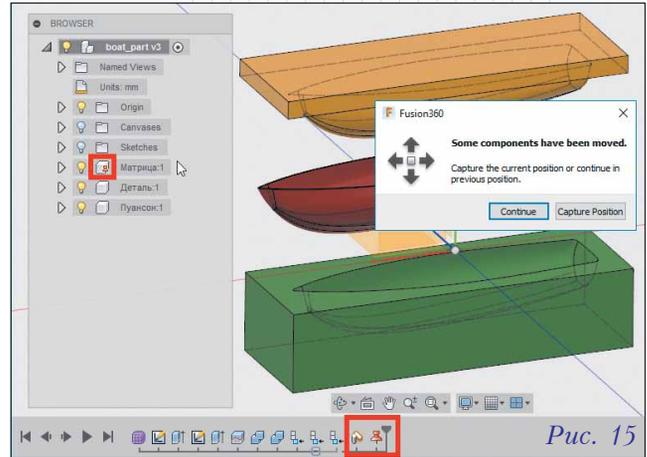


Рис. 15

Естественно, мы могли бы зафиксировать и корпус лодки, и пуансон – так же, как матрицу. Но тогда сборка представляла бы собой “застывшее мгновение”; конструктора же, как правило, интересует “работа” модели изделия, в выражающая ся в связанном дви-

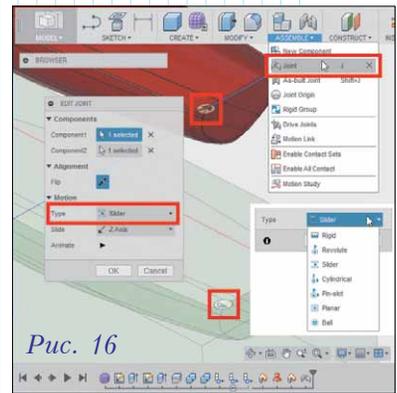


Рис. 16

жении её компонентов. Образовать такие связи позволяет богатая по функционалу команда *Joint* (Соединение). Организуем с её помощью, например, выемку детали из матрицы. В окне команды в качестве связываемых элементов (*Component1* и *Component2*) укажем на детали лодки и на матрице совпадающие точки, принадлежащие плоскости разреза. По этим точкам будет формироваться связь между компонентами. Тип соединения необходимо выбрать в соответствующем списке (*Type*) окна *Edit Joint*. В этом списке перечислены по сути все известные в механике типы кинематических пар, отличающиеся, главным образом, количеством степеней свободы, которые они оставляют связываемым компонентам. В нашем случае применим связь типа *Slider* (Поступательная) (рис. 16).

Добавление поступательного соединения приводит к тому, что деталь корпуса лодки может двигаться только вдоль направления нормали к

плоскости разреза. Второй компонент связи – матрица – остается неподвижным, поскольку к нему ранее была применена команда фиксации (*Ground*). Информация обо всех соединениях отображается в секции *Joints* браузера и на панели *Design History*. При движении компонента, входящего в связь, в рабочем поле на специальном индикаторе выводится величина смещения от исходного положения соединения (рис. 17).

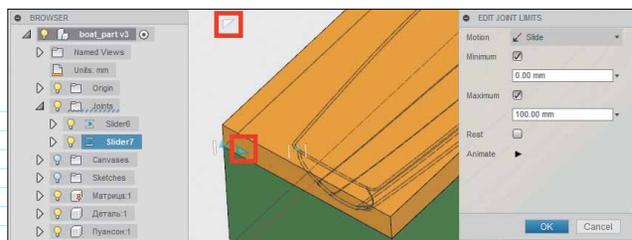


Рис. 20

друга на максимальное расстояние, равное 100 мм (рис. 20).

Теперь “буксировка” компонентов сборки позволяет заметить, что взаимное движение детали лодки и пуансона относительно матрицы не согласовано – объемы корпуса и пуансона могут пересечь друг друга. Выходом из этой ситуации станет добавление связи-соединения типа *Motion Link* (Связь-движение). Соответствующая команда позволяет реализовать связь между указанными соединениями таким образом, что при определенном смещении в рамках одного из них, будет осуществляться перемещение в другом. Установим в нашей сборке связь между поступательными движениями корпуса лодки и пуансона. Посредством браузера укажем в окне *Motion Link* необходимые соединения, а в полях *Distance* введем расстояния, пропорционально которым планируется осуществлять движение. В данном случае пуансон предполагается выводить из матрицы в два раза быстрее корпуса лодки (рис. 21).

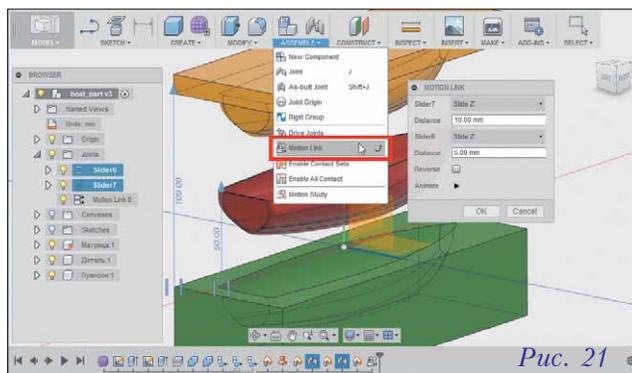


Рис. 21

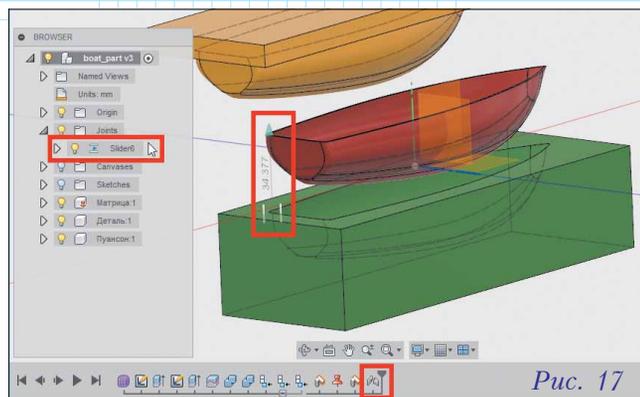


Рис. 17

Пределы подвижности компонентов в соединениях можно ограничить. Например, в нашем случае посредством контекстной команды *Edit Joint Limits* для связи *Slider* зададим пределы перемещения детали лодки относительно матрицы (рис. 18). Минимальное смещение (*Minimum*) соответствует начальному положению компонентов сборки, а максимальное (*Maximum*) – выходу корпуса из матрицы на указанное расстояние (50 мм).

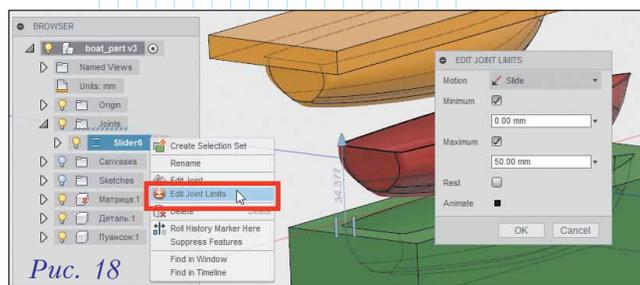


Рис. 18

Далее определим движение пуансона относительно матрицы, используя команду *Joint*. Аналогично тому, как это было сделано для детали лодки и матрицы, выберем тип соединения *Slider* (рис. 19).

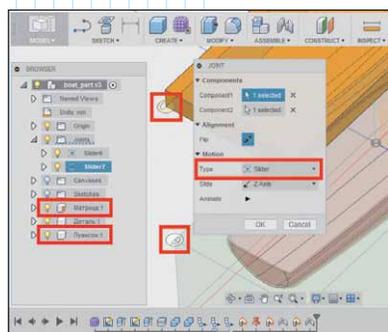


Рис. 19

Пределы подвижности в соединении пуансона и матрицы установим так, чтобы эти детали смещались друг относительно

Проверить поведение сборки можно, перемещая детали вручную, или же контекстной командой *Animate Model* (Анимировать модель) браузера для любого из соединений. В последнем случае движение компонентов сборки автоматически осуществляется в пределах тех свобод, которые предоставлены соединениями (рис. 22). Анимация

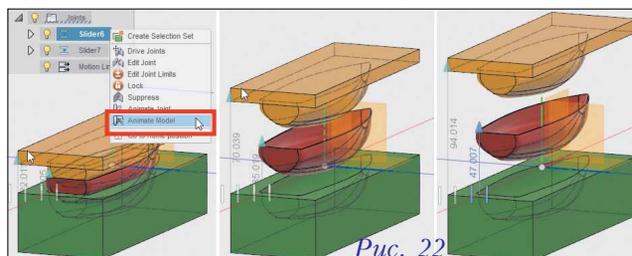


Рис. 22

циклически воспроизводится в рабочем поле окна до нажатия клавиши *Esc*.

Анализ нашей сборки показывает, что её модель, в целом, построена верно, но не учитывается один важный момент: в реальной конструкции завал бортов корпуса лодки не позволит извлечь пуансон из детали, а саму деталь – из матрицы. Если исходить из конструкции детали, то, возможно, мы некорректно выбрали направление извлечения, а, следовательно, потребуется изменить технологию – например, разделив все компоненты сборки вдоль их плоскости симметрии.

Но, в силу того, что наш проект по сути является учебным, для обеспечения корректной сборки деталей мы выберем вариант правки корпуса лодки. Для этого выделим в *Design History* объект типа *Form*, описывающий форму корпуса, и войдем в режим его редактирования контекстной командой *Edit* (рис. 23).



Рис. 23

Находясь в режиме *SCULPT*, сначала отключим сглаживание геометрии (комбинация клавиш *Alt+1*), а затем выделим все заваленные ребра на модели лодки (рис. 24).

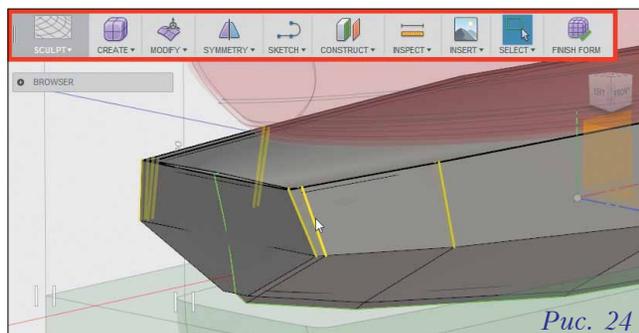


Рис. 24

Далее вызовем команду *Edit Form* (Редактирование формы) и, пользуясь интерактивным манипулятором, повернем ребра на необходимый угол (рис. 25).

После этого включим режим сглаживания геометрии (сочетание клавиш *Alt+3*) и, убедившись

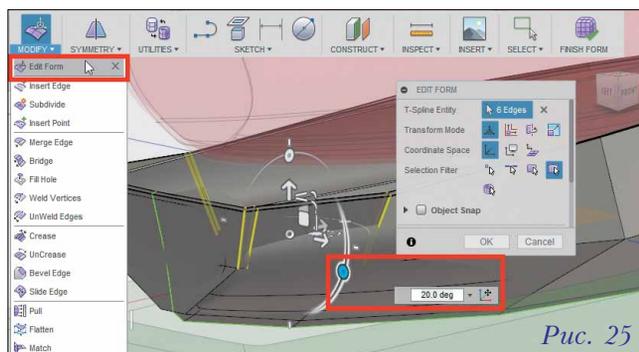


Рис. 25

в устранении завала бортов, закончим редактирование командой *FINISH FORM* (рис. 26).

В результате все детали-компоненты нашей сборки, включая матрицу и пуансон, автоматически изменятся, так как при их создании использовалась операция комбинирования (*Combine*) с формой лодки (рис. 27).

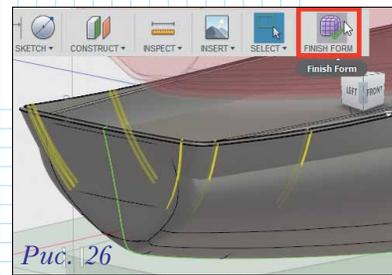


Рис. 26

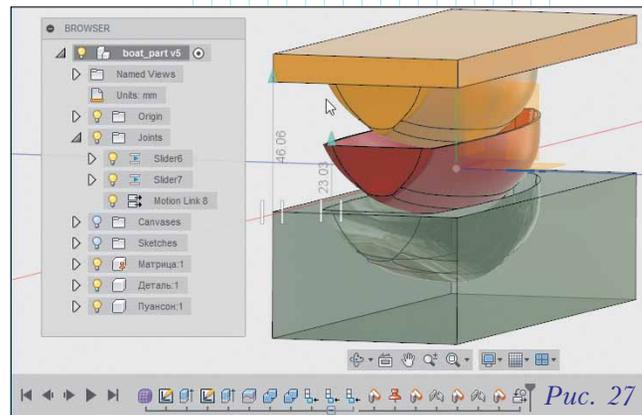


Рис. 27

Еще раз напомним, что вся сборка в проекте *Autodesk Fusion 360* была построена на основе “главной” базовой детали. Подобным образом могут быть реализованы модели не только технологических сборок для литья или штамповки, но и проекты, касающиеся, например, дизайна упаковок или сложных корпусов-оболочек технических объектов.

### Семь раз отмерь ... и примени САМ!

В соответствии с концепцией создания универсальных сред конструирования фирма *Autodesk* включила в систему *Fusion 360* модуль **САМ**. Таким образом, круг задач, решаемых этой САПР, стал охватывать практически весь жизненный цикл разработки технического объекта – от дизайнерской и конструктивной проработки до визуализации, инженерного анализа и воплощения в материале.

Чтобы начать работу в модуле станочной обработки, необходимо в меню *Change Workspace* выбрать пункт *САМ*. В открывшейся технологической среде в первую очередь обращает на себя внимание инструментальная лента для задания команд резания, симуляции обработки и генерации управляющих программ. В окне браузера отображаются последовательности операций. Рабочее поле служит для представления детали, заготовки, траекторий инструмента и результатов технологического проектирования (рис. 28).

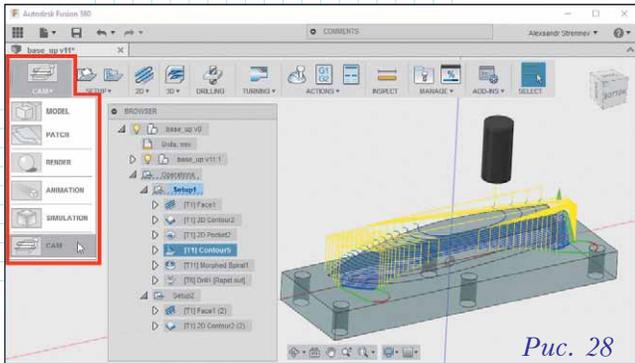


Рис. 28

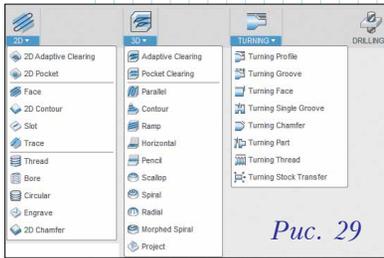


Рис. 29

В CAM-среде *Fusion 360* реализованы практически все возможные способы обработки на станках с ЧПУ (рис. 29). Здесь имеется широкая палитра разнообразных стратегий для токарных работ (*TURNING*), двух- и трехмерных операций фрезерования, а также для сверления отверстий (*DRILLING*).

В качестве примера подготовим управляющую программу для изготовления детали-пуансона со сложной формообразующей поверхностью, плоским основанием и рядом монтажных отверстий.

Сначала определим первый установ и параметры заготовки. Для этого воспользуемся командой *SETUP* среды *CAM*.

В окне настройки на вкладке *Setup* щелчком по верхней плоской грани детали определим направление оси *Z* (*Z Axis*) – именно с этого направления будет подводиться инструмент. Точку начала координат (*Origin*) укажем в одной из вершин на верхней плоскости заготовки. Форму заготовки (*Mode*), а также припуски (*Stock*) зададим на вкладке *Stock* (рис. 30).

Для снятия припуска с верхней грани заготовки, воспользуемся командой *Face* из группы *2D*. Окно настройки имеет идентичный внешний вид практически для всех операций, и первая его вкладка – *Tool* – служит для выбора инструмента и задания скоростных режимов. Сразу же оговоримся, что скорости резания и величины подачи система

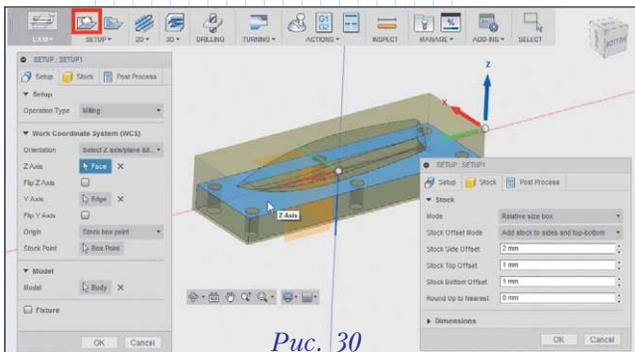


Рис. 30

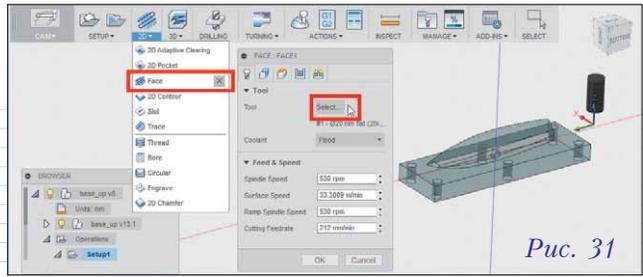


Рис. 31

устанавливает автоматически (по типу перехода и выбранному инструменту), но при наличии конкретных производственных требований их значения можно изменить.

Для вызова окна библиотеки инструментов щелчком по кнопке *Select* вкладки *Tool* (рис. 31).

В окне *Select Tool* представлены различные типы инструментов, сгруппированные по национальным стандартам, назначению, размерам и геометрии. Соответственно, для удобства выбора окно снабжено эффективными механизмами фильтрации по указанным критериям (рис. 32).

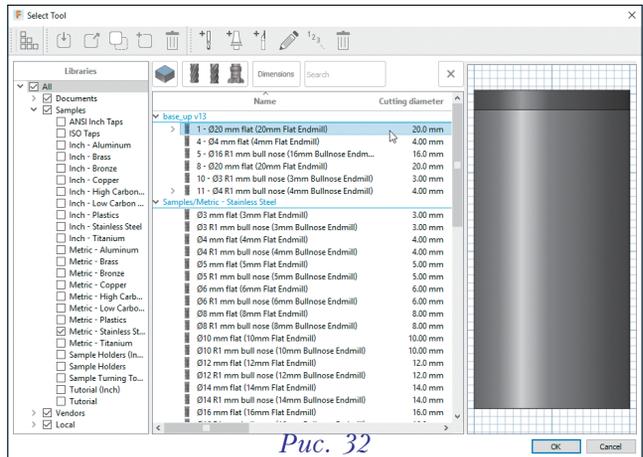


Рис. 32

При настройке каждой части технологического процесса вкладка *Geometry* служит для выбора поверхностей, ребер или точек, определяющих область действия инструмента. При этом выбор геометрии желательно максимально соотносить с типом технологического перехода. Например, для команды *Face* укажем в качестве области обработки контур верхней грани заготовки, поскольку именно с нее будет сниматься припуск (рис. 33).

Вкладка *Height* дает возможность определить ограничения вертикального хода инструмента при подходе к заготовке и осуществлении резания. Значения соответствующих отступов задаются

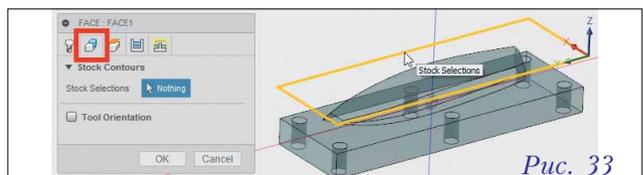


Рис. 33

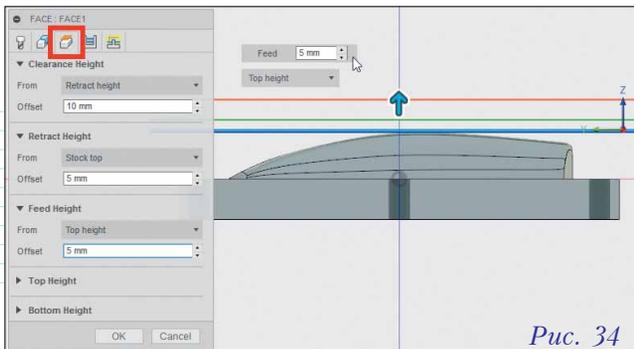


Рис. 34

посредством манипуляторов в рабочей области и полей для точного ввода (рис. 34).

Детальный контроль над процессом резания обеспечивают опции еще двух вкладок – *Passes* и *Linking* (рис. 35).

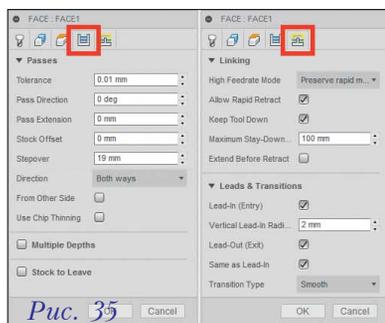


Рис. 35

На первой из них можно настроить стратегию резания, шаг и количество проходов, предусмотреть их перекрытие, величину остатков. Вкладка *Linking* служит для настройки безопасных для заготовки уровней, а также условий подвода и отвода инструмента перед началом и по завершении резания.

После настройки операции в рабочей области для нее отобразится траектория инструмента, а в окне браузера, в ветке установка, образуется соответствующий объект (рис. 36).

Для снятия припуска по контуру заготовки рациональным выбором будет команда *2D Contour*, в качестве области действия которой необходимо использовать ребра, лежащие на периметре детали (рис. 37).

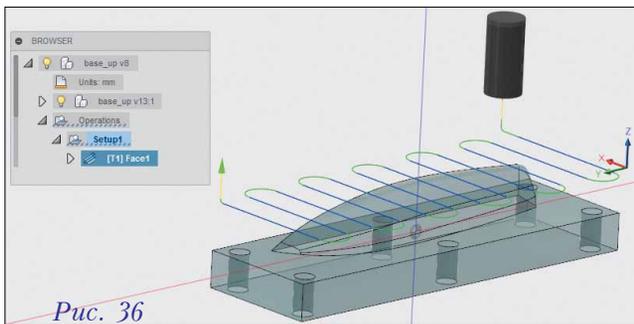


Рис. 36

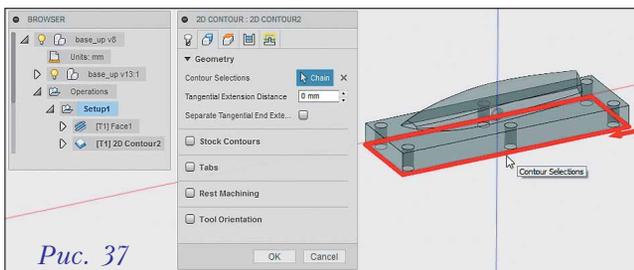


Рис. 37

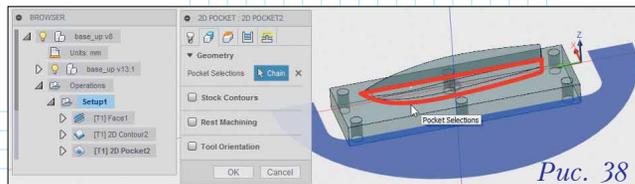


Рис. 38

Для быстрой обработки плоскостей, имеющих границу в виде произвольного замкнутого контура целесообразно применять команду типа *2D Pocket*. Таким карманом на нашей детали будем считать плоскость, к которой примыкает фасонная поверхность. Контур её пересечения с плоскостью разреза пуансона следует указать в качестве рабочей области (*Pocket Selections*) команды *2D Pocket* (рис. 38).

Траектория фрезеровки кармана обеспечивает обход инструментом плоской грани без зарезов в заготовке над фасонным участком детали (рис. 39).

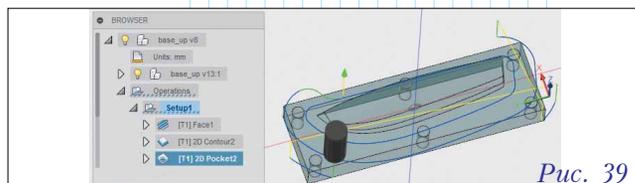


Рис. 39

Формировать сложно-профильную поверхность пуансона будем в две операции. Первую из них, черновую, определим как послынную *3D Contour* (рис. 40). Для указанных граней она обеспечит снятие большей части припуска. При этом за счет значительной вертикальной подачи формируется профиль, имеющий ступенчатую структуру.

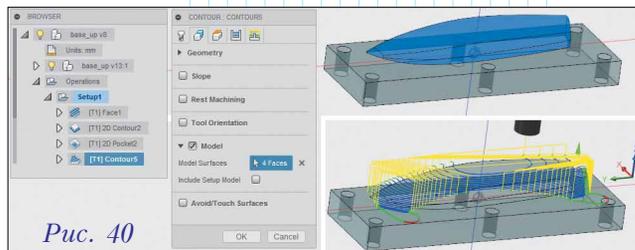


Рис. 40

Следующая формообразующая операция предназначена для чистового фрезерования пуансона. При этом нам необходимо максимально приблизиться к заданной фасонной форме. Хорошим выбором будет команда *Morphed Spiral* (рис. 41). За счет малой подачи, плавной траектории и высоких скоростей резания она позволит добиться приемлемого результата. Кроме того, для более гладкой обработки поверхности

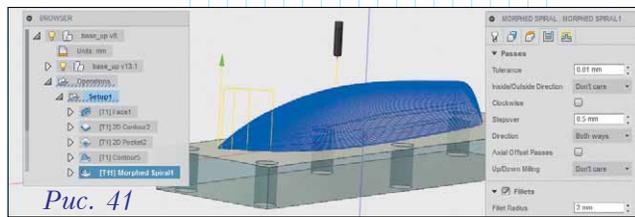


Рис. 41

полезно воспользоваться инструментом со скругленной режущей кромкой.

Назначаемая далее команда сверления отверстий (*DRILLING*) интересна тем, что при использовании опции *Select Same Diameter* она автоматически прокладывает путь между всеми отверстиями, имеющими одинаковый диаметр с первым выбранным. Конечно, для этой операции на вкладке *Tool* необходимо указать сверло соответствующего диаметра (рис. 42).

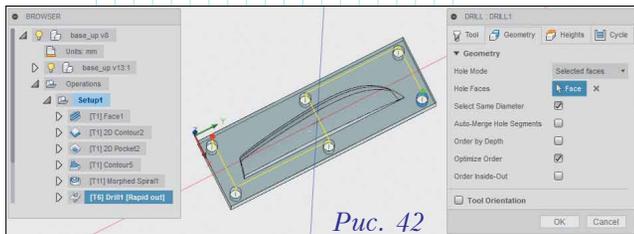


Рис. 42

При сверлении отверстий важно правильно определять глубину сверления (рис. 43). В случае сквозных отверстий для этого на вкладке *Heights* полезно задать “перебег”

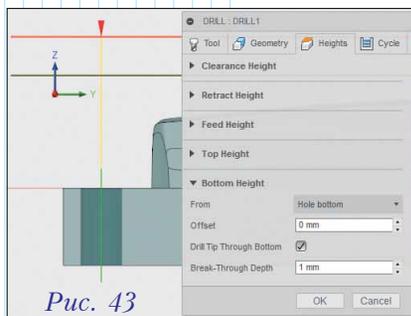


Рис. 43

для снятия заусенцев, настроив величину *Break-Through Depth* от дна отверстия (*From ... Hole bottom*).

Для удаления припуска с обратной стороны заготовки необходимо осуществить переустановку, добавив в технологию еще один элемент типа *Setup* с указанием новой лицевой поверхности заготовки (рис. 44).

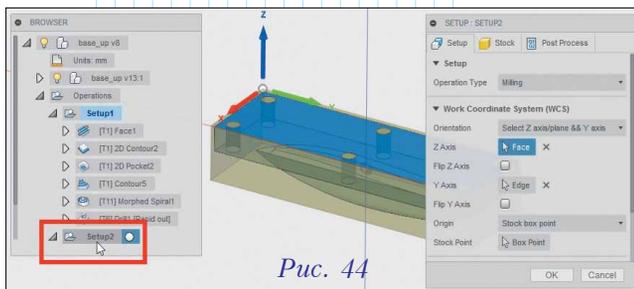


Рис. 44

Поскольку в нашем случае снятие припусков на втором установе будет осуществляться в аналогичных условиях, то можно скопировать технологические приемы предыдущего позиционного положения. Корректировка будет касаться только глубины обработки для вертикальных стенок с учетом закрепления заготовки (рис. 45).

Работа в современной САМ-системе предполагает контроль подготовленной технологической

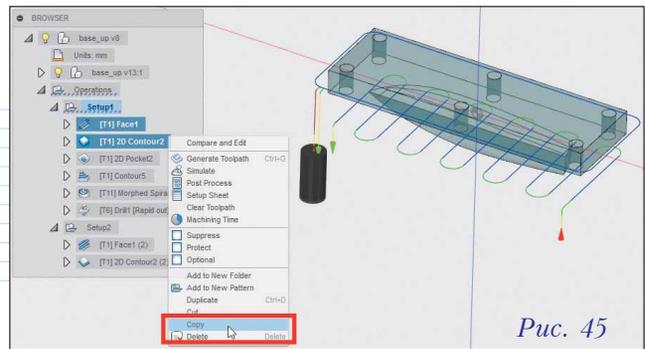


Рис. 45

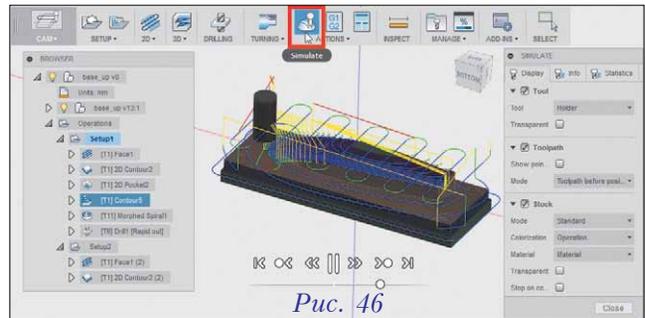


Рис. 46

цепочки перед формированием собственно управляющей программы. Соответствующий инструментальный имеется и в САМ-среде системы *Fusion 360*. Команда *Simulate* (рис. 46) предоставляет проектировщику “проигрыватель” для просмотра в рабочей области хода выполнения выбранных операций. Окно настроек позволяет управлять отображением инструмента (секция *Tool*), траектории (секция *Toolpath*) и заготовки (секция *Stock*).

Полезные сведения содержатся также на дополнительных вкладках окна *SIMULATE* (рис. 47). На вкладке *Info* доступна информация о количестве резаров (*Collisions*) и объеме заготовки после обработки (*Volume*).

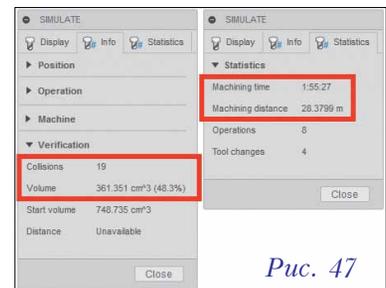


Рис. 47

Последний параметр, помимо всего прочего, при сравнении с объемом спроектированной детали дает представление о степени готовности технологической цепочки к использованию. На вкладке *Statistics* приводится информация об общем инструментальном пути (*Machining distance*) и времени резания (*Machining time*).

Итогом работы САМ-модуля *Fusion 360* является управляющая программа для оборудования с ЧПУ. Команда *Post Process* открывает окно, в котором следует выбрать модель станка в списке *Post Processor Configuration*, указать имя и расположение готового файла УП, а также внести

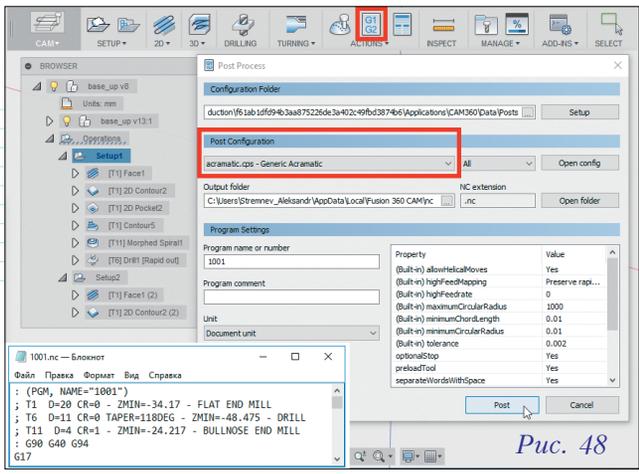


Рис. 48

правку в конфигурационные параметры в случае необходимости (рис. 48).

В заключение нашего небольшого обзора зададимся вопросом, можно ли рекомендовать систему Fusion 360 с модулем САМ для условий реального предприятия?

Если у вас уже есть налаженная связь программного обеспечения и технологического оборудования, то с переходом на Fusion 360 САМ имеет смысл повременить. Откровенные

пробелы функционала в этом продукте от Autodesk отметить трудно, вместе с тем, пожалуй, было бы не лишним предусмотреть адаптацию палитры операций и соответствующих настроек под выбранный станок. Кроме того, в блоке симуляции обработки, по мнению автора, недостаточно средств контроля необработанных участков.

Если же вы находитесь на распутье перед выбором наиболее подходящего САМ-решения, то Fusion 360 можно опробовать в тестовой эксплуатации. Что касается сферы образования, то традиционная для Autodesk политика в этой области вызывает только уважение – для студентов и преподавателей учебных заведений комплекс Fusion 360 предоставляется на некоммерческой основе – бесплатно ([www.autodesk.com/products/fusion-360/students-teachers-educators](http://www.autodesk.com/products/fusion-360/students-teachers-educators)).

**Об авторе**  
**Александр Юрьевич Стремнев** – канд. техн. наук, доцент кафедры информационных технологий Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.

◆ Новинки технической литературы ◆

С помощью этой книги познакомьтесь с основами Revit Architecture:

- Визуализация и документирование проекта
- Добавление и изменение содержимого
- Работа со стенами и навесными стенами
- Моделирование, формообразование и эскизирование ваших идей
- Аннотации и спецификации
- Маркировка помещений и создание цветowych схем на планах
- Подготовка документации с использованием видов и стадий
- Эффективная многопользовательская работа над проектом

Этот Официальный учебный курс Autodesk дает читателю основы Revit Architecture и обучает всему, что необходимо для быстрой и продуктивной работы с программой. В издании объясняется, как лучше всего использовать интерфейс, создавать планы этажей, добавлять новые элементы, готовить документацию, аннотировать работу и многое другое. Являетесь ли вы профессиональным пользователем модели информационного моделирования зданий (BIM - Building Information Model) или только подступаете к ее базовым возможностям, эта книга – прочная основа, необходимая для работы в Revit Architecture.

328 стр.  
649 руб.

Одобрено экспертами Autodesk!

Джеймс Вандезанд  
Фил Рид  
Эдди Кригел

Autodesk®

Revit® Architecture

ОФИЦИАЛЬНЫЙ УЧЕБНЫЙ КУРС

Покупка и заказ: [www.дмк.рф](http://www.дмк.рф) или [дмкpress@gmail.com](mailto:дмкpress@gmail.com)