

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ
CATIA V5

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний*

САМАРА
Издательство СГАУ
2010

УДК СГАУ: 629.7

ББК 39.53

Составители: *В.А. Комаров, А.А. Вырыпаев, А.С. Кузнецов, Л.В. Одинцова.*

Создание 3D моделей авиационных конструкций в программном комплексе CATIA V5: метод. указания / сост. [В.А. Комаров и др.]. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – 39 с.

Представлена информация по различным способам создания и редактирования 3D моделей авиационных конструкций в современном программном комплексе PLM – решений CATIA V5. Рассмотрены примеры создания 3D моделей трапециевидного крыла.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 220305.65 - Автоматизированное управление жизненным циклом продукции по дисциплине «Автоматизация проектирования изделий». Также методические указания могут быть использованы для подготовки сотрудников сторонних организаций.

Разработаны на кафедре «Конструкция и проектирование летательных аппаратов» СГАУ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Основы работы в CATIA v5	5
1.1 Знакомство с программным комплексом.....	5
1.2 Запуск CATIA v5.....	12
1.2.1 Стратегия Windows	12
1.2.2 Представление документа CATIA v5	13
1.2.3 Концепция организации рабочей среды Workbench.....	14
1.2.4 Запуск CATIA.....	15
1.3 Интерфейс CATIA v5.....	16
2 Пример построения 3D модели крыла самолёта.	24
2.1 Исходные данные.....	24
2.2 Построение вспомогательной геометрии.....	25
2.2.1 Построение корневого профиля	25
2.2.2 Построение концевого профиля	28
2.3 Построение основных поверхностей крыла	29
2.3.1 Построение поверхности обшивки и нервюр.....	29
2.3.2 Построение лонжеронов и осей стрингеров крыла.....	34
Заключение	39

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время аэрокосмическая индустрия претерпела большие изменения. Внедрение информационных технологий на всех этапах жизненного цикла авиационной продукции, способствовало сокращению времени проектирования и производства. Повысилось качество и сложность авиационных изделий. Благодаря появлению программ 3D моделирования, используемых в проектировании авиационных конструкций, стало легче предотвращать появление и исправлять ошибки в проектировании. Один из лидеров в создании программ 3D моделирования, является компания Dassault Systèmes, выпускающая программный продукт CATIA.

Разработанное учебное пособие, предназначено для студентов старших курсов авиационных специальностей. Изучив пособие, студент получит навыки проектирования авиационных конструкций сложной формы.

1 ОСНОВЫ РАБОТЫ В CATIA V5

1.1 Знакомство с программным комплексом

CATIA — система автоматизированного проектирования французской фирмы Dassault Systèmes. CATIA V1 была анонсирована в 1981 году.

В настоящий момент в мире используются две версии — V4 и V5, которые значительно отличаются. CATIA V4 была анонсирована в 1993 году и создавалась для Unix-подобных операционных систем, CATIA V5 была анонсирована в 1998 году и это первая из версий, которая может работать под управлением Microsoft Windows. По заверению Dassault Systèmes CATIA V5 была написана с «нуля» и воплотила в себе передовые технологии САПР конца XX века — начала XXI века.

В первое время CATIA V5 не пользовалась особой популярностью на рынке, и, чтобы стимулировать переход с V4 на V5, Dassault Systèmes выдвинула концепцию PLM (Product Lifecycle Management). PLM – Управление жизненным циклом изделия, это множество стандартов, которые обеспечивают компании успешное внедрение инноваций в разработку и производство конкурентоспособной продукции низкой стоимости. Идея PLM оказалась удачной, и её подхватила почти вся индустрия САПР.

В феврале 2008 Dassault Systèmes анонсировала новую версию системы — CATIA V6. V6 поддерживает программы моделирования для всех инженерных дисциплин и коллективные бизнес-процессы на протяжении всего жизненного цикла изделия. Новая концепция фирмы получила название «PLM 2.0 на платформе V6». Суть концепции — трёхмерное моделирование и коллективная работа в реальном времени. Для связи между людьми, находящимися в разных точках мира, предусмотрены средства простого подключения к Web.

В PLM-решение V6 вошли системы CATIA для автоматизации проектирования, ENOVIA для управления инженерными данными и коллективной работы, SIMULIA для инженерного анализа и DELMIA для цифрового производства.

Основными конкурентами CATIA, являются NX от Siemens PLM Software и Pro/ENGINEER от Parametric Technology Corporation.

Система CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) - одна из самых распространенных САПР высокого уровня. Это комплексная система автоматизированного проектирования (CAD), технологической подготовки производства (CAM) и инженерного анализа (CAE), включающая в себя передовой инструментарий трёхмерного моделирования, подсистемы программной имитации сложных технологических процессов, развитые средства анализа и единую базу данных текстовой и

графической информации. Система позволяет эффективно решать все задачи технической подготовки производства - от внешнего (концептуального) проектирования до выпуска чертежей, спецификаций, монтажных схем и управляющих программ для станков с ЧПУ.

CATIA представляет собой инструменты параметрического твердотельного моделирования на основе примитивов, простые в использовании за счет пользовательского графического интерфейса Windows. В CATIA можно создавать полностью ассоциативные 3-D твердотельные модели с ограничениями или без них, использующие автоматические или определяемые пользователем зависимости и обеспечивающие соответствие изделия техническому заданию на его проектирование. Чтобы понять все вышеизложенное, далее подробнее описаны ключевые понятия.

Примитивы.

Подобно сборке, образуемой несколькими отдельными деталями, документ CATIA состоит из отдельных элементов. Эти элементы получили название примитивы. Создавая документ можно добавлять такие примитивы как призмы, полости, отверстия, ребра, скругления и фаски. Как только примитивы созданы, они немедленно применяются к обрабатываемому изделию.

Примитивы классифицируются: на основе эскизов (sketched-based) и вторичные (dress-up).

- Примитивы на основе эскизов строятся на 2D эскизе. Как правило, эскиз преобразуется в 3D тело в результате выдавливания, вращения, протягивания.
- Вторичные примитивы создаются непосредственно на теле модели. Скругления и фаски являются примерами такого типа примитивов.

CATIA графически отображает в дереве спецификации модели ее структуру на основе примитивов и другие не графические данные (см. [Рисунок 1.1](#)).

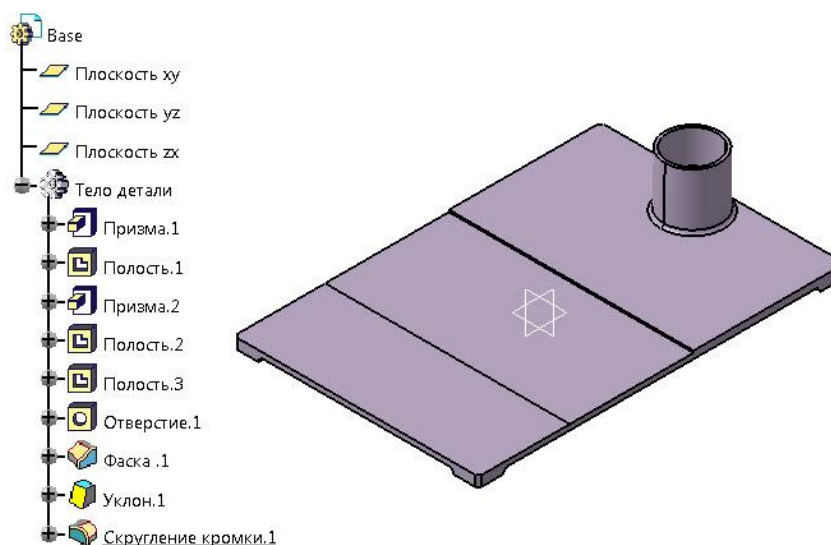


Рисунок 1.1 – Отображения структуры модели в дереве спецификации

Дерево спецификации показывает последовательность, в которой примитивы были созданы, и обеспечивает легкий доступ ко всей ассоциированной информации и элементам, лежащим в основе этого примитива.

Параметризация.

Размеры и отношения, используемые для создания примитивов, сохраняются в модели. Это обеспечивает соответствие модели ее техническому заданию и легкое изменение модели с помощью параметров.

- *Управляющие размеры* - это размеры, используемые для построения примитива. Они включают размеры, ассоциированные как с геометрией эскиза, так и собственно с примитивами. Рассмотрим, например, цилиндрическую призму. Диаметр призмы управляется диаметром окружности в эскизе, а ее высота - глубиной, на которую выдавливается окружность.

- *Отношения* включают в себя такую информацию, как параллельность, касание и концентричность. Такая информация обычно приводится на рисунке с помощью контрольных символов. Отражая эту информацию в эскизе, CATIA позволяет заведомо полностью зафиксировать в модели технические требования на ее проектирование.

Твердотельное моделирование.

Твердотельная модель - наиболее полный тип геометрической модели, используемый в CAD системах. Она включает всю каркасную и поверхностную геометрию, необходимую для полного описания ребер и граней модели. Кроме геометрической информации, твердотельные модели также выражают их собственную "топологию", связывающую вместе геометрию. Например, возможности топологии позволяют распознавать, какой грани (поверхности) соответствуют какие ребра (кривые). Такие встроенные вычислительные средства позволяют облегчить процесс достраивания примитивов в модель. Например, если модель требует скругление, достаточно выбрать ребро и задать радиус для его создания.

Полная ассоциативность.

Модель CATIA полностью ассоциирована с чертежами и деталями или сборкам, на которые она ссылается. Изменения модели автоматически отражаются в ассоциированных с ней чертежах, деталях, сборках. И напротив, изменения, выполненные в контексте чертежа или сборки, отражаются на модели.

Ограничения.

Геометрически ограничения (такие, как параллельность, перпендикулярность, горизонтальность, вертикальность, концентричность и совпадение) устанавливаются взаимосвязи между примитивами модели, фиксируя их положение друг относительно

друга. Кроме того, можно применять математические уравнения с параметрами. Применение ограничений и уравнений гарантирует, что конструкторские решения, например, такие как сквозные отверстия и соответствующие им радиусы, зафиксированы и сохраняются.

Задание на проектирование.

Техническое задание является конструкторским проектом детали для воплощения ее в твердотельной модели. Оно позволяет должным образом выразить требования к функциональности и представлению детали. Чтобы эффективно использовать возможности параметрического моделирования, какими обладает ядро САПР, необходимо продумать техническое задание еще до начала построения детали.

Используемая технология создания модели влияет на поведение модели в процессе ее изменений на этапах жизненного цикла.

Метод твердотельного моделирования, используемый для построения, может влиять на множество аспектов, включая гибкость к изменениям, устойчивость в процессе изменений и требования к ресурсам для вычисления нового результата. Поэтому учет технических требований важен для достижения наибольшей эффективности твердотельной модели детали.

Перечислим факторы, содействующие реализации в модели требований технического задания.

Автоматическое (явное) задание отношений - в зависимости от того, как строилась геометрия эскиза, автоматически создаваемые отношения обеспечивают общие геометрические взаимосвязи между объектами такие, как касание, параллельность, перпендикулярность, горизонтальность и вертикальность.

Уравнения - уравнения связывают размеры математически, обеспечивая внешний способ управления изменениями.

Дополнительные отношения - Другие отношения, добавленные в модель сразу же после их создания, позволяют другим способом соединять взаимосвязанную геометрию. Такими общими отношениями являются концентричность, совпадение и смещение.

Создание размеров - Способ, которым с учетом технического задания в эскизе создаются размеры. Добавление размеров в известной степени отражает способ возможного их изменения и управления элементами.

На изображенных примерах (см. [Рисунок 1.2](#)) представлены различные виды технических заданий, реализуемых в эскизе.

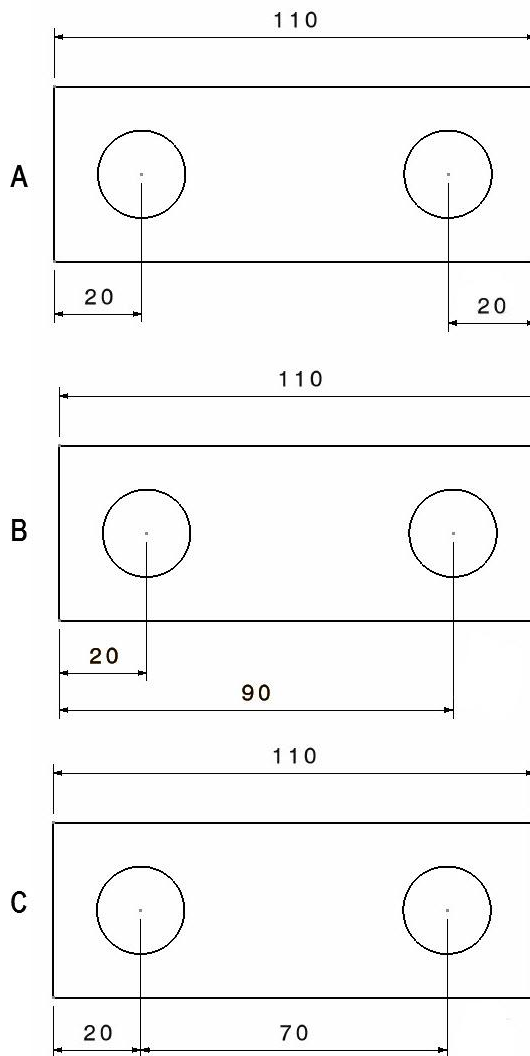


Рисунок 1.2 – Виды технических заданий реализуемых в САПР

А. На этом эскизе созданы размеры, которые обеспечивают для каждого отверстия расстояние 20мм от левого и правого ребра соответственно и не зависят от общей ширины плиты (110mm).

В. Размещение размеров относительно единой базовой линии позволяет сохранить положение отверстий относительно левого ребра плиты. Положение отверстий не зависит от изменений ширины плиты.

С. Задание размеров от ребра, а затем от центра первого отверстия до центра второго отверстия, обеспечивает расстояние от левого ребра и между центрами отверстий, независимо от общей ширины плиты.

Помимо способа задания размеров на эскизе, на выполнение требований технического задания влияет выбор примитивов и методологии моделирования. Рассмотрим формирование многоступенчатого вала (см. [Рисунок 1.3](#)). Деталь можно построить несколькими способами.

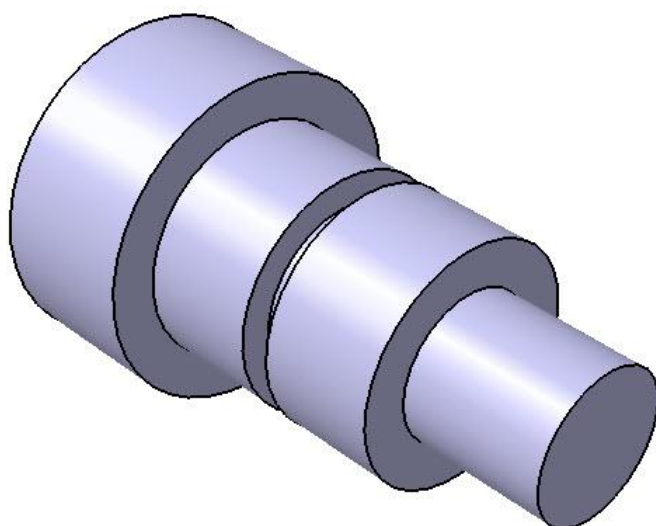


Рисунок 1.3 – Многоступенчатый вал

Первый способ «послойно». Послойным способом обрабатываемая деталь строится за один раз, добавляя к предыдущему примитиву слои или примитивы, пока не будет получено требуемое решение. Изменяя толщину или форму одного из слоев, получается волновой эффект; изменение одного слоя влияет на положение или место всех других слоев созданных на его базе (см. [Рисунок 1.4](#)).

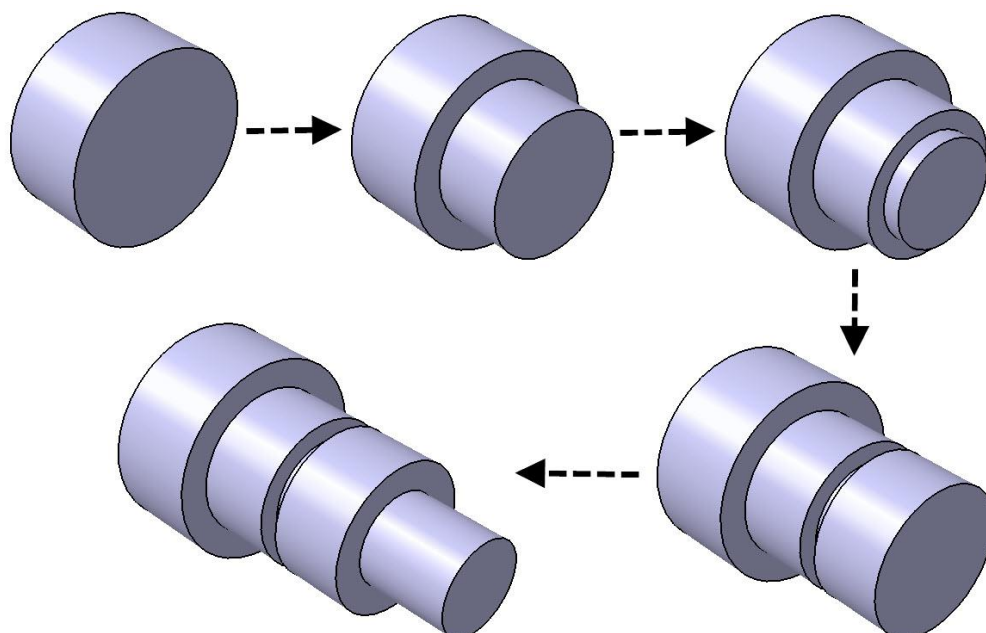


Рисунок 1.4 – Способ построения детали «послойно»

Второй способ «гончарного круга». Способом гончарного круга деталь строится как единое тело вращения. Один эскиз, представляющий поперечное сечение, содержит

всю информацию и размеры, необходимые для создания детали одним примитивом. Несмотря на то, что этот способ может показаться наиболее эффективным, включение всех требований модели в один эскиз ограничивает ее гибкость и делает изменения очень сложными (см. [Рисунок 1.5](#)).

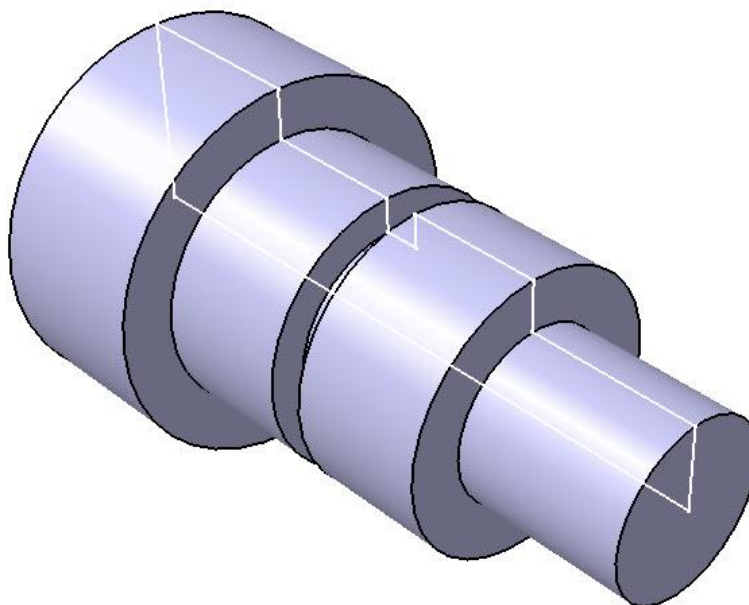


Рисунок 1.5 – Способ построения детали «гончарный круг»

Третий способ «обработки». Аналогия процесса обработки изделия имитирует в моделировании технологию изготовления детали. Например, если многоступенчатый вал вытачивается на токарном станке, моделирование начинается с прутка заготовки и продолжается удалением его материала за несколько проходов (см. [Рисунок 1.6](#)).

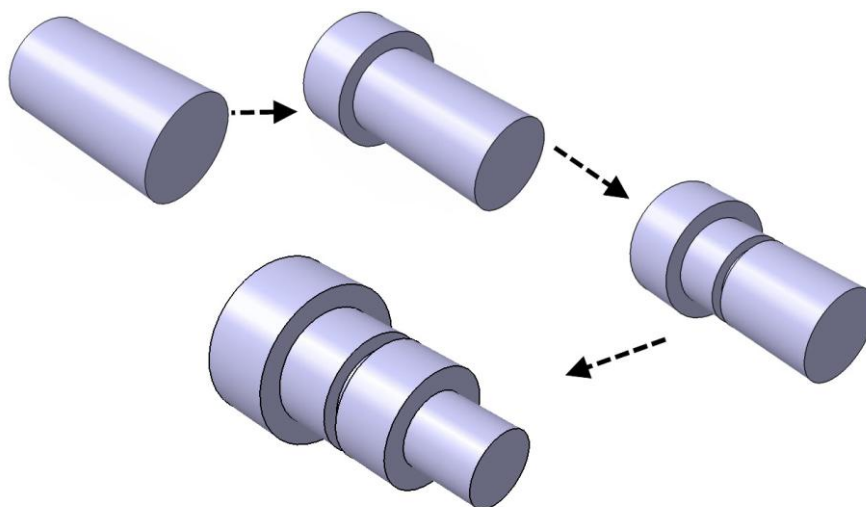


Рисунок 1.6 – Способ построения детали «Обработка»

1.2 Запуск CATIA v5

1.2.1 Стратегия Windows

CATIA v5 создана специально для операционной системы Windows и работает так же, как и другие приложения Windows.

Панели инструментов содержат иконки, обеспечивающие быстрый доступ к наиболее часто используемым командам. Панели организованы в рабочие среды. Они могут настраиваться, перегруппировываться и перемещаться по желанию пользователя.

Для выбора и опознания пользователем вводимой в CATIA V5 информации используется трехкнопочная мышка. Левая кнопка мыши используется для выбора отображаемых на экране элементов или объектов. Средняя кнопка мыши (или колесико) применяется для обозначения или указания направления на экране. Правая кнопка мыши используется для отображения контекстного меню для текущих или предварительно выбранных элементов на экране.

Пользователи CATIA обеспечиваются различными видами ответной реакции системы. Курсор мыши может отображаться в виде различных символов в зависимости от состояния (см. [Рисунок 1.7](#)).



Рисунок 1.7 – Различные состояния курсора мыши

Также могут появляться различные окна сообщений, содержащие информацию о выполнении, невыполнении процесса, или о результате выполнения требуемой процедуры (см. [Рисунок 1.8](#)).

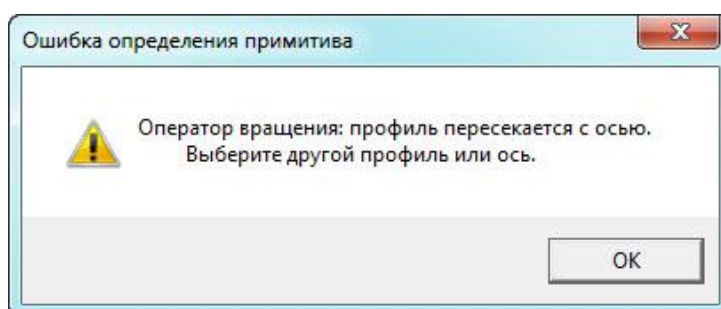


Рисунок 1.8 – Пример окна сообщений

При перемещении курсора над инструментами (без их выбора) появляются всплывающие подсказки и короткие сообщения-подсказки (см. [Рисунок 1.9](#)).

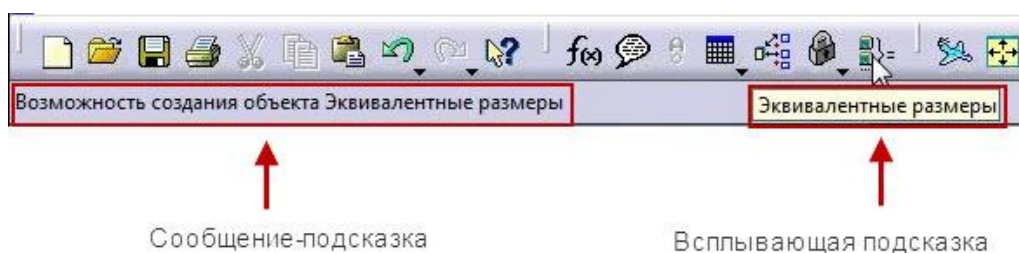


Рисунок 1.9 – Подсказки в CATIA v5

1.2.2 Представление документа CATIA v5

В CATIA существует множество разнообразных документов, которые можно создавать, изменять и сохранять. В них содержится вся геометрия и спецификации, определяющие объект. Наиболее распространенными типами документов, рассматриваемых в данном курсе, являются следующие (см. [Рисунок 1.10](#)):

- А. Документ детали (.CATPart);
- В. Документ сборки (.CATProduct);
- С. Документ чертежа (.CATDrawing)

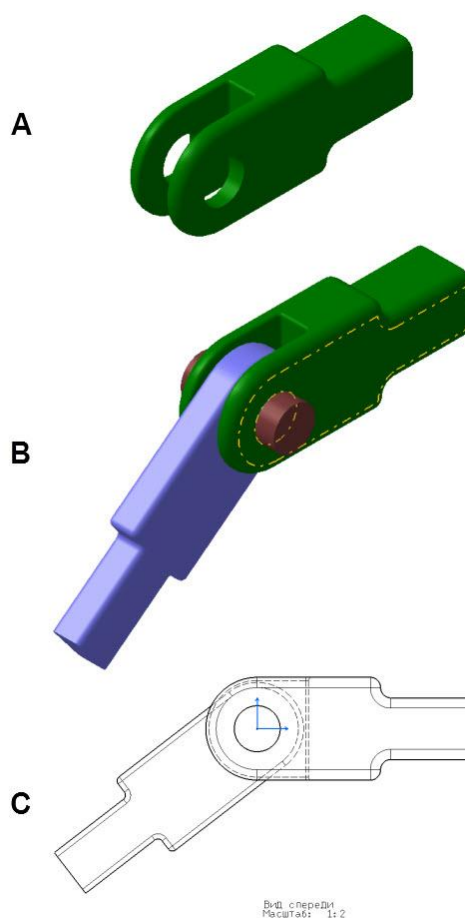


Рисунок 1.10 – Основные документы в CATIA

1.2.3 Концепция организации рабочей среды Workbench

Для работы с документом CATIA необходимо использовать одну из рабочих сред, соответствующую типу файла. Каждая рабочая среда содержит набор инструментов, предназначенных для выполнения конкретной задачи. Ниже перечислены наиболее часто используемые рабочие среды.



- **Part Design** – проектирование детали: создание деталей методом твердотельного моделирования.



- **Sketcher** – построение эскиза: построение плоских контуров с ассоциативными ограничениями; контуры затем используются для создания трёхмерной геометрии.



- **Wireframe & Surface Design** – Проектирование элементов каркаса и поверхностей: создание сложных тел при помощи трёхмерных каркасных и поверхностных элементов.



- **Assembly Design** – среда проектирования сборки: создание ограничений, примитивов и спецификаций для деталей в контексте сборки.



- **Generative Drafting and Interactive Drafting** – черчение: создание чертежей по разработанным деталям и сборкам.

На рисунке 1.11 (см. [Рисунок 1.11](#)) изображено главное рабочее окно CATIA v5, и элементы определения рабочей среды.

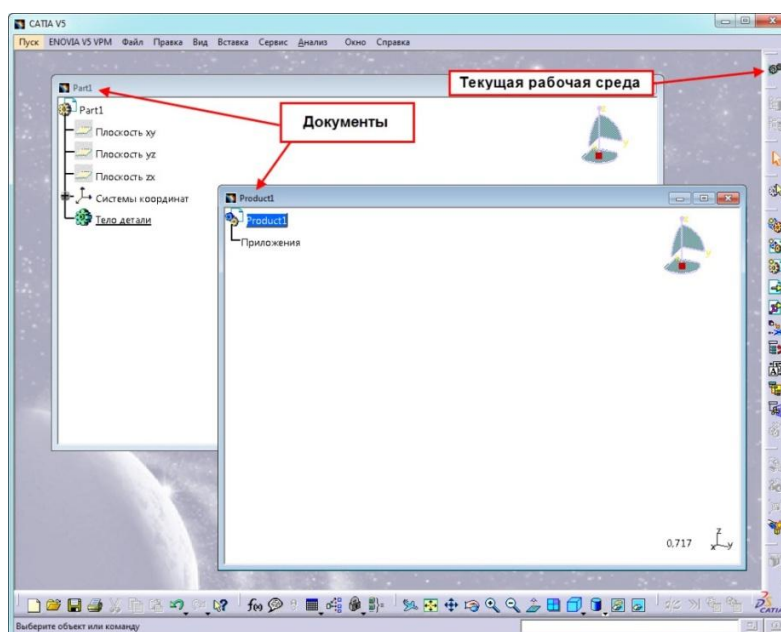


Рисунок 1.11 – Главное рабочее окно CATIA v5

1.2.4 Запуск CATIA

Программу можно запустить несколькими способами, используя возможности Windows.

1. Выбрать **CATIA** в меню **Start > Programs > CATIA** (Старт > Программы > CATIA) (см. [Рисунок 1.12](#)).

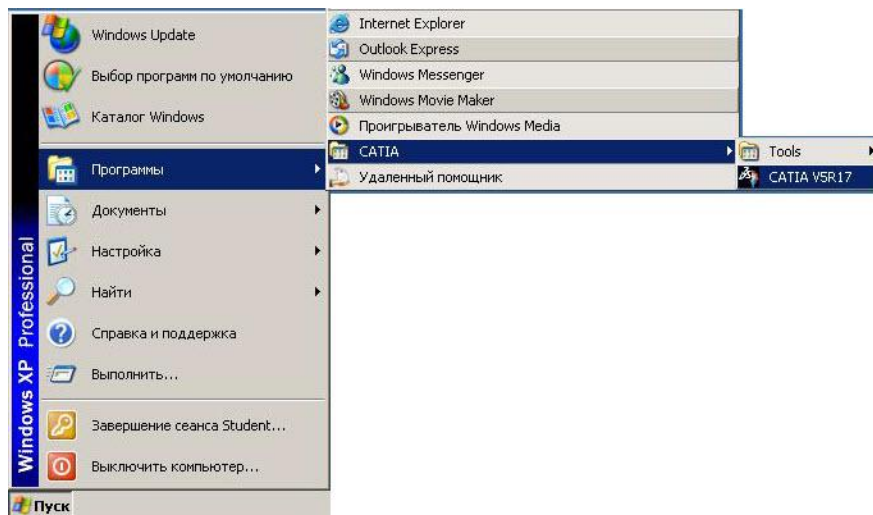


Рисунок 1.12 – Запуск CATIA из меню ПУСК

2. Нажать иконку CATIA, находящуюся на рабочем столе (см. [Рисунок 1.13](#)).

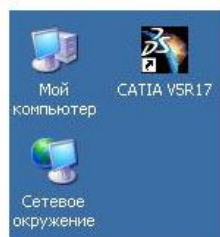


Рисунок 1.13 – Запуск CATIA с рабочего стола Windows

3. Дважды щелкнуть левой кнопкой мыши по существующему файлу CATIA (см. [Рисунок 1.14](#)).

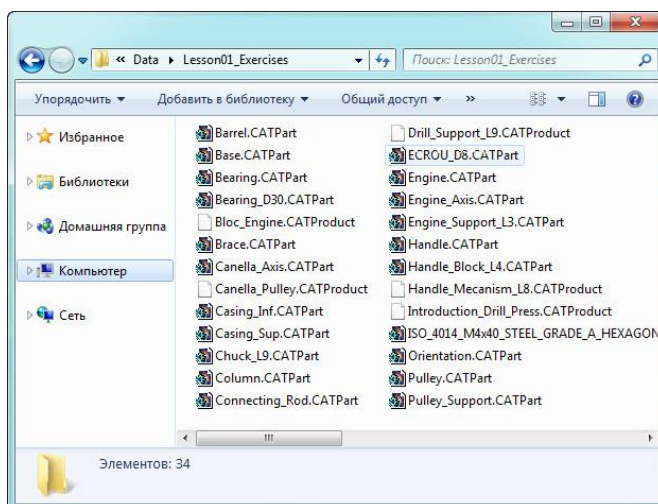


Рисунок 1.14 – Запуск существующего файла CATIA

1.3 Интерфейс CATIA v5

1.3.1 Описание рабочего окна

Интерфейс CATIA повторяет Windows-интерфейс и имеет ряд ключевых возможностей:

- отдельные рабочие среды и соответствующие им панели инструментов;
- легкий переход из одной рабочей среды в другую;
- стандартные и специфические меню и панели инструментов (File, Edit, Insert...);
- стандартные операции (Copy-Paste, Drag & Drop, Edit in place...);
- интуитивность (подсветка, copilot, форма курсора...);
- поддержка работы с несколькими документами;
- поддержка контекстного меню (третья кнопка мыши);
- дерево спецификации, включая все технологические примитивы, ограничения и связи.

Ниже рассмотрена компоновка элементов стандартного приложения CATIA (см. [Рисунок 1.15](#)): А – меню команд; В – дерево спецификации; С – окно активного документа; D – имя файла и расширение текущего документа; E – иконки увеличения, уменьшения размеров окна и его закрытия; F – иконка активной рабочей среды; G – специальные панели инструментов активной рабочей среды; H – панель стандартных инструментов; I – компас; J – геометрическая область.

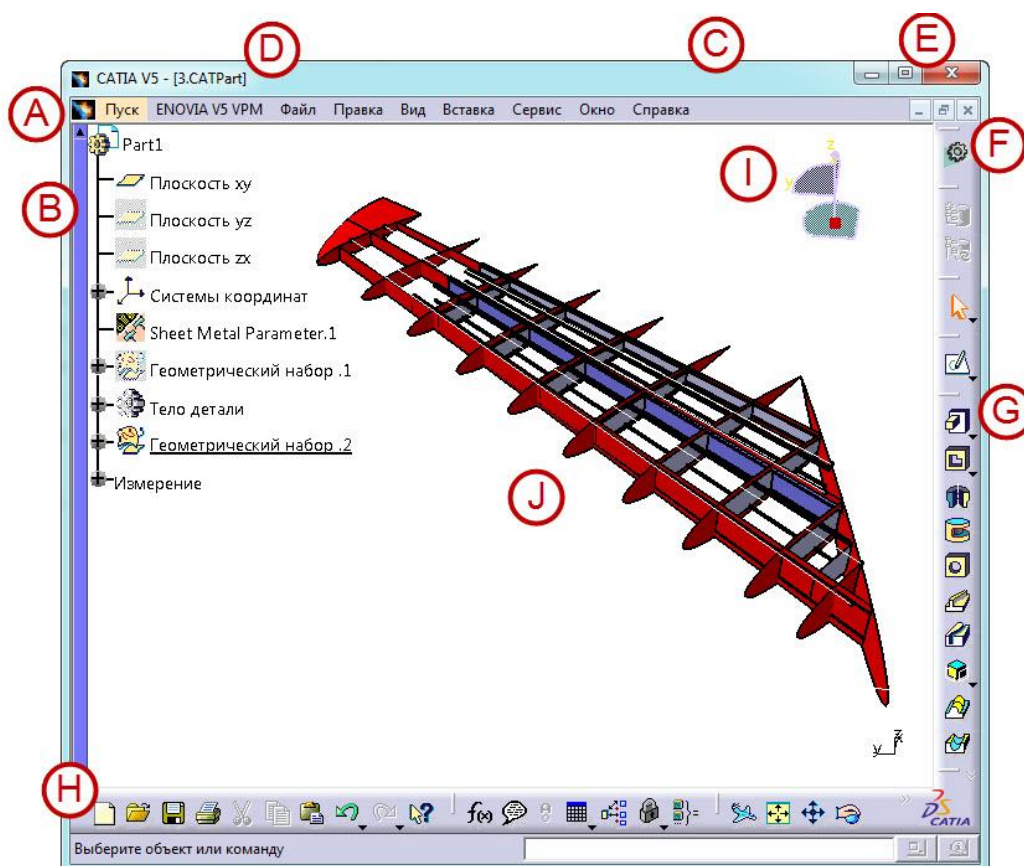


Рисунок 1.15 – Компоновка элементов

Рабочие среды содержат различные инструменты, которые могут понадобиться в процессе создания детали. Переключаться между основными рабочими средами можно двумя способами (см. [Рисунок 1.16](#)).

1. Использовать меню Start в меню команд CATIA.
2. Выбрать в меню File >New для создания нового файла определенного типа. При этом автоматически загружается соответствующая рабочая среда.

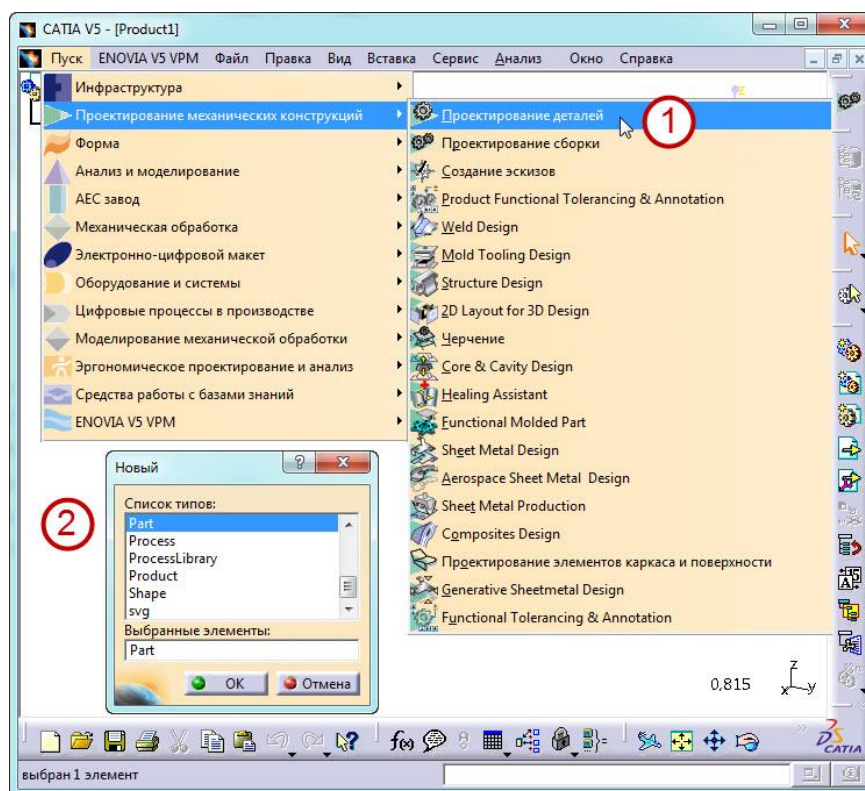


Рисунок 1.16 – Использование рабочих сред

1.3.2 Меню и панели инструментов.

Панели инструментов обеспечивают быстрый доступ к инструментам, которые также доступны в меню (см. [Рисунок 1.17](#)). Для активации/деактивации панели необходимо выполнить ряд действий:

1. Выбрать в меню **View > Toolbars**.
2. Появляется полный список панелей инструментов, относящихся к текущей рабочей среде.
3. Активные панели инструментов отмечены галочками.
4. Выбрать конкретную панель инструментов, чтобы активировать/деактивировать ее.

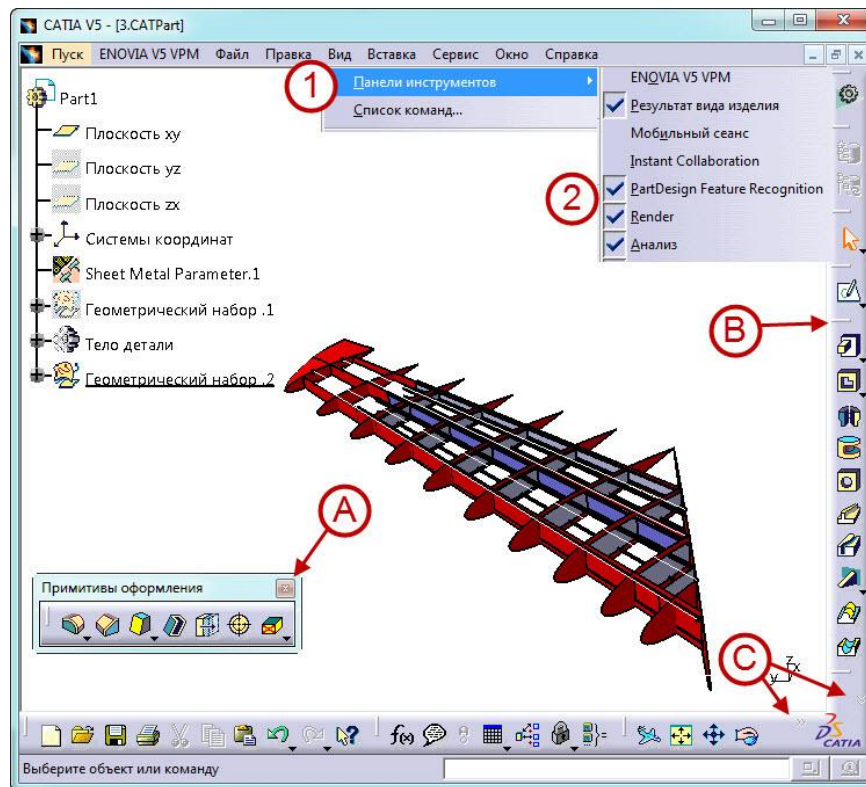


Рисунок 1.17 – Работа с панелями инструментов

Можно манипулировать панелями инструментов, закрывая, перегруппировывая или отображая их (см. [Рисунок 1.17](#)).

- А. Для закрытия плавающей панели нужно нажать на знак креста в правом верхнем углу.
- В. Перегруппировка панелей выполняется, если, потянув за разделитель, переместить панель в другую часть экрана.
- С. Двойные стрелочки означают, что доступно большее количество панелей, но при текущем размере окна их не видно. Чтобы переместить невидимые панели, необходимо потянуть за символ >>.

С таким количеством включенных в САТІА инструментов и панелей, разместить их все в обычных границах основного экрана не представляется возможным. В САТІА эта проблема решена благодаря использованию сворачивающихся панелей и наложению дополнительных панелей в границах экрана. Если панель инструментов невозможно найти, нужно удостовериться, что:

- искомый инструмент не располагается во всплывающей панели как дополнительный инструмент. САТІА объединяет инструменты одного вида в отдельно представляемые группы;

- инструмент или панель инструментов не находится за границами отображаемой области. В этом случае необходимо найти символы >> на краях экранного окна. Можно перетянуть панели из этой области в другое место, чтобы увидеть остальные панели;
- панель инструментов активна.

1.3.3 Дерево спецификации.

Дерево спецификации САТІА V5 обеспечивает поддержку в документе САТІА информации об иерархии элементов, ограничений, процессов и сборок. Дерево спецификации содержит визуальную поэтапную запись последовательности действий, в которой создавалась твердотельная модель.

Можно редактировать, переупорядочивать или удалять этапы процесса проектирования и спецификации с тем, чтобы получить новую законченную деталь без повторного создания модели. Дерево спецификации может скрыть определенные элементы и информацию, временно исключив их из рассмотрения в модели.

Например, представленная на рисунке 1.18 (см. [Рисунок 1.18](#)) модель содержит несколько отверстий. Можно просто скрыть («отключить») эти отверстия без их удаления, и получить базовую модель.

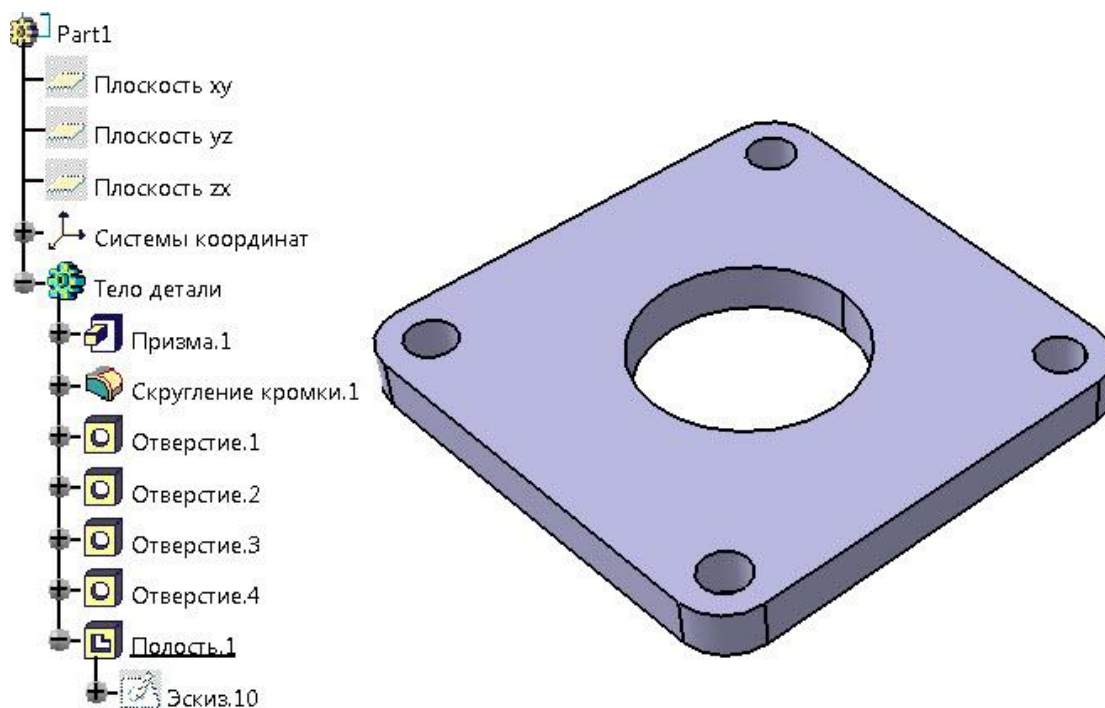







Рисунок 1.18 – Пример дерева спецификации

Манипуляции с деревом спецификации.

Операция	Действие	Описание
Hide the tree Скрыть дерево		Чтобы скрыть дерево или отобразить дерево, необходимо нажать клавишу <F3>
Activate/Deactivate the tree Активировать/Деактивировать дерево	 или 	Чтобы активировать или деактивировать структуру дерева, необходимо щелкнуть мышкой в любую его часть или одновременно нажать клавиши <Shift> и <F3>.
Move the tree Переместить дерево		Перетянуть структуру дерева с помощью левой кнопки мыши.
Expand/Collapse the tree Развернуть/Свернуть дерево		Чтобы развернуть дерево, необходимо щелкнуть по символу [+], а чтобы свернуть – по символу [-] (см. Рисунок 1.19).

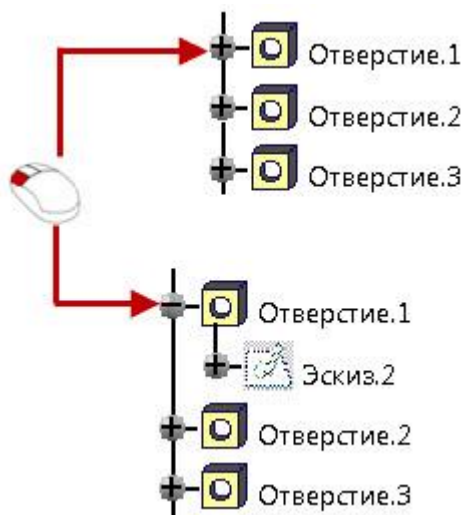


Рисунок 1.19 – Раскрытие ветвей дерева спецификации

1.3.4 Выбор объектов.

В ходе работы с программным комплексом САПР существует два способа выбора объектов:

1. Одиночный выбор.
 - Чтобы выбрать объект, необходимо нажать левую кнопку мышки.
 - Можно выбрать объект непосредственно из модели или соответствующего элемента в дереве. Выбирая геометрию, элементы подсвечиваются в дереве, и наоборот.
2. Множественный выбор.

- Для множественного выбора необходимо удерживать нажатой клавишу <Ctrl>, выделяя левой кнопкой мыши нужные объекты.
- Можно так же выбрать одновременно несколько объектов, заключив их внутрь области выделения.

1.3.5 Перемещение объектов с помощью мыши.

В трехмерном окружении CATIA существует несколько способов просмотра модели. Самыми простыми способами изменения вида модели являются перемещение, вращение и масштабирование.

А. Перемещение в плоскости экрана выполняется при нажатии и удерживании средней кнопки мыши (Кнопка №2 или нажатие на ролик).

В. Вращение позволяет поворачивать модель вокруг точки. Для этого необходимо нажать и удерживать среднюю кнопку мыши (Кнопка №2 или нажатие на ролик), одновременно щелкнув и удерживая левую кнопку мыши (Кнопка №1).

С. Масштабирование позволяет увеличивать или уменьшать размер модели в плоскости, параллельной плоскости экрана. Для этого необходимо, нажав и удерживая среднюю кнопку мыши (Кнопка №2 или нажатие на ролик), перемещать курсор вверх или вниз, а затем один раз щелкнуть (нажать и отпустить) левой кнопкой мыши (Кнопка №1), при этом необходимо удерживать нажатой среднюю кнопку мыши (Кнопка №2 или нажатие на ролик).

Компас.

Компас является вспомогательным инструментом ориентации при вращении вида, а также может использоваться для физического перемещения объектов в пространстве и манипулирования ими (см. [Рисунок 1.20](#)). Это особенно полезно в рабочих средах Assembly Design, Freestyle и Digital Mockup.



Рисунок 1.20 - Компас

Основанием компаса по умолчанию является плоскость XY. По умолчанию компас ориентирован параллельно осям ссылочной системы XYZ и расположен в верхнем правом углу экрана. По завершении поворота вида положение компаса пересчитывается в

зависимости от нового угла или направления вида, который теперь отображается внутри геометрической области окна.

1.3.6 Графические свойства.

Панель инструментов **Graphic Properties** (Графические свойства) позволяет изменять различные графические свойства отображаемых на экране элементов (см. [Рисунок 1.21](#)). Изменяемые графические свойства перечислены ниже.

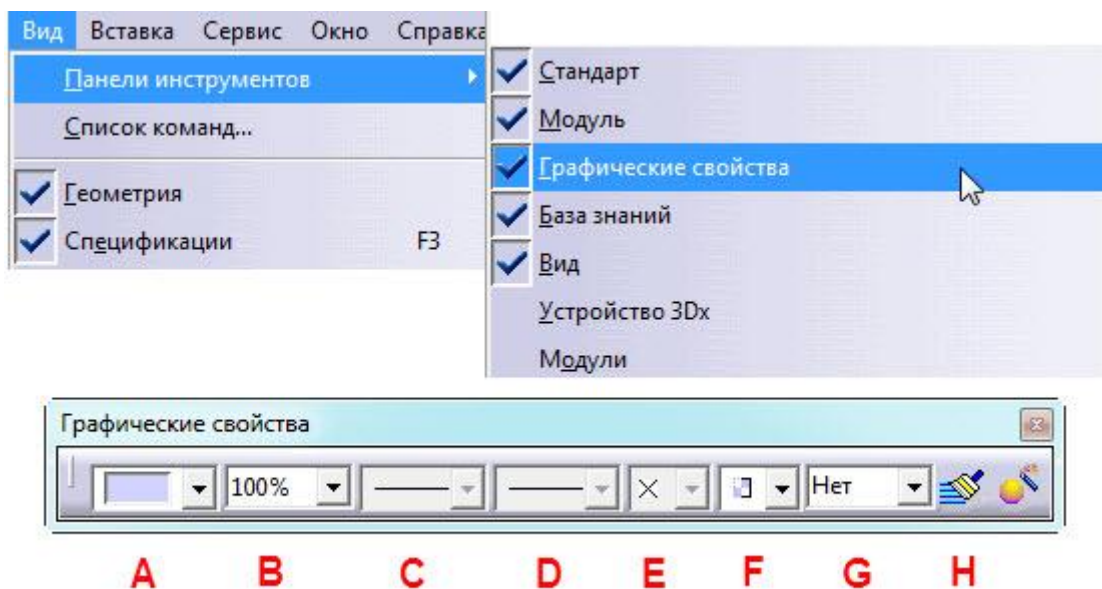


Рисунок 1.21 – Графические свойства

- A. Цвет заливки.
- B. Прозрачность.
- C. Толщина линии.
- D. Тип линии.
- E. Символ точки.
- F. Стилль представления.
- G. Активный слой.
- H. Инструмент **Painter** (Формат по образцу) копирует графические свойства одного примитива в другой.

Для изменения графических свойств элемента необходимо выполнить несколько шагов.

1. Выбрать элемент (элементы) с помощью левой кнопки мыши.
2. Нажать правую кнопку мыши и щелкнуть **Properties** (Свойства) в контекстном меню.
3. Выбрать вкладку **Graphic Properties** (Графические свойства), а затем задать требуемые графические свойства.

1.3.7 Стили представления.

Для визуализации геометрии, в САТИА можно применять различные стили представления, что позволяет получить более четкое представление о модели. Панель инструментов вида **View** (Вид) содержит целый набор стилей представления (см. [Рисунок 1.22](#)).

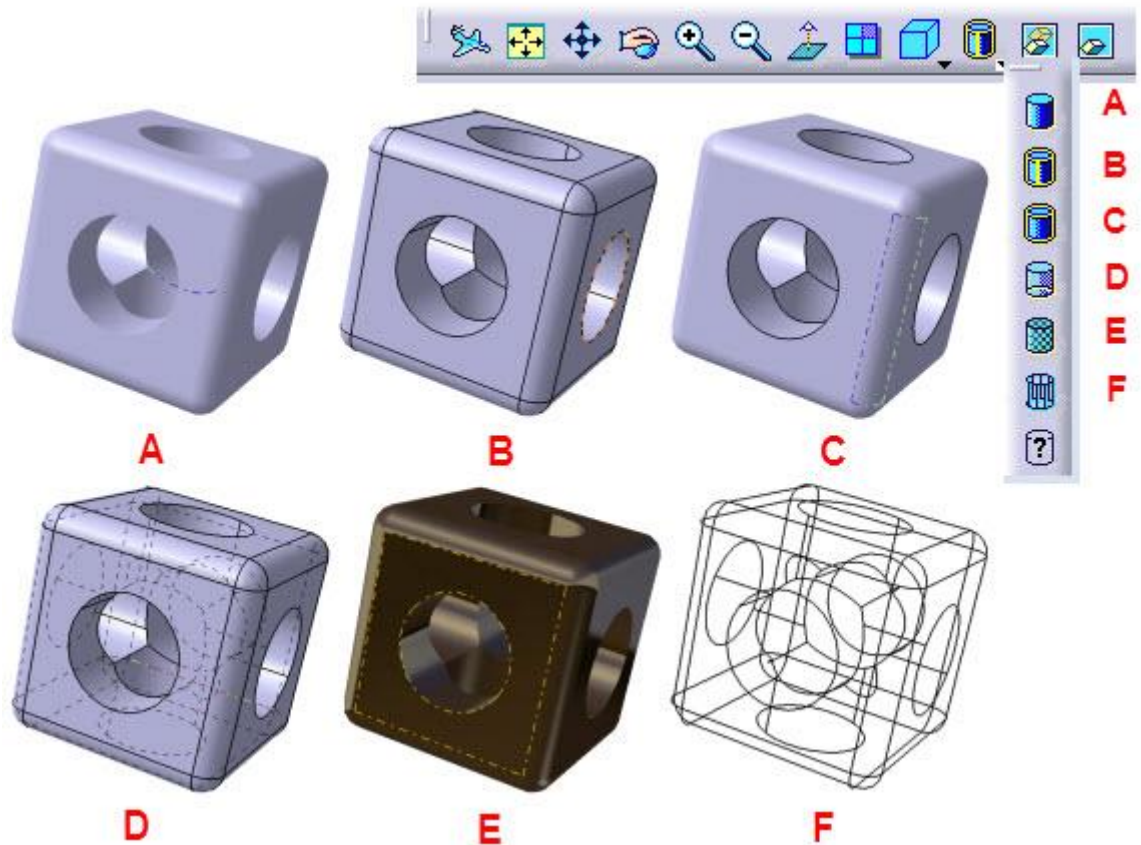


Рисунок 1.22 – Стили представления

- A. **Shading (SHD)** (Заливка).
- B. **Shading with Edges** (Заливка с ребрами).
- C. **Shading with Edges without smooth Edges** (Заливка с ребрами без гладких ребер).
- D. **Shading with Edges with Hidden edges** (Заливка с видимыми и скрытыми ребрами).
- E. **Shading with Material** (Заливка с материалом).
- F. **Wireframe (NHR)** (Каркас).

В процессе применения стиля представления выполняется следующая процедура.

1. Выбирается текущий стиль представления на панели инструментов вида **View** (Вид).
2. Выбирается новый стиль. Он будет автоматически применен к геометрии.

2 ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ 3D МОДЕЛИ КРЫЛА САМОЛЁТА.

2.1 Исходные данные

В качестве примера для построения 3D модели возьмём простое не стреловидное крыло со следующими параметрами, представленными на рисунке 2.1 (см. [Рисунок 2.1](#)).

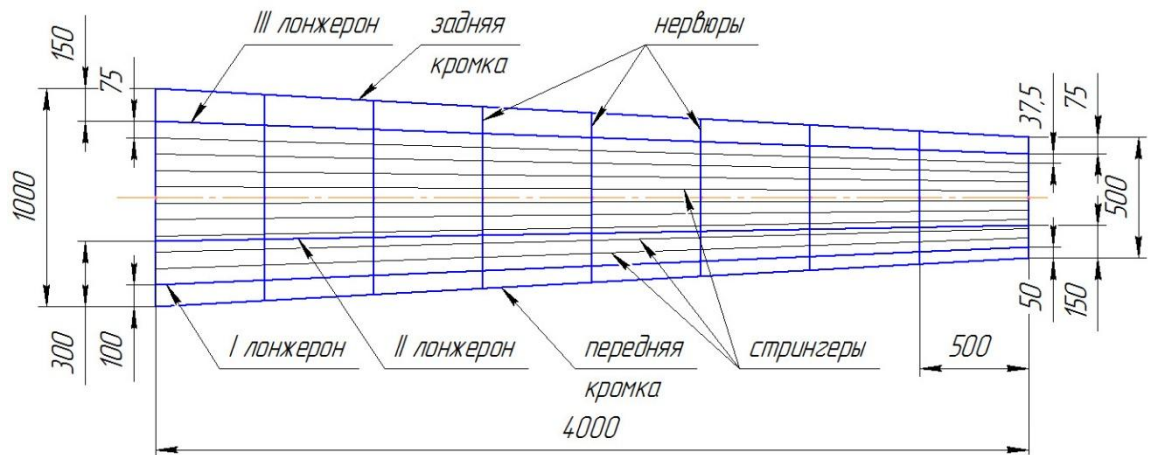


Рисунок 2.1 – Форма и размеры крыла в плане

В качестве профиля крыла возьмём симметричный профиль NACA 0012 (см. [Рисунок 2.2](#)). Относительные координаты профиля можно определить по справочнику профилей, или найти в интернете.

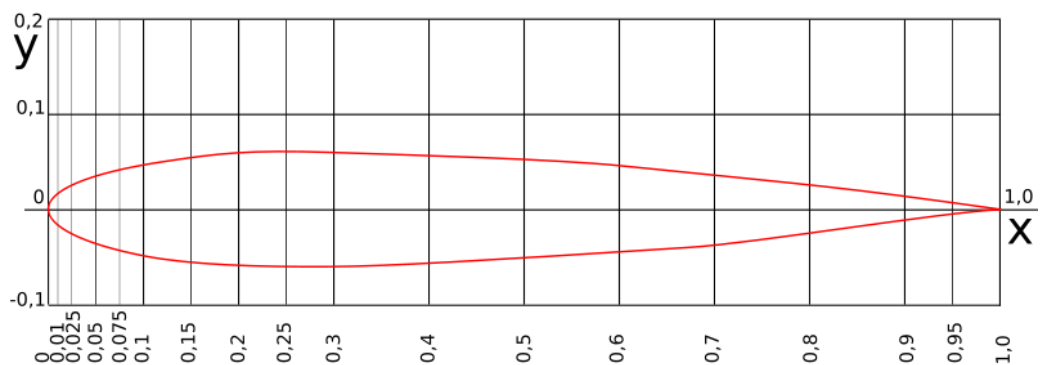


Рисунок 2.2 – Форма профиля NACA 0012

Чтобы получить координаты точек профиля, необходимо воспользоваться формулами:

$$X_i = X_i^0 \times b_0;$$

$$Y_i = Y_i^0 \times b_0.$$

Где, X_i и Y_i – будущие координаты точек профиля; i – номер точки; X_i^0 и Y_i^0 – относительные координаты точек профиля; b_0 – корневая хорда.

2.2 Построение вспомогательной геометрии

2.2.1 Построение корневого профиля

Как говорилось ранее, крыло имеет сложную геометрию, поэтому для создания 3D модели, воспользуемся модулем **Wireframe & Surface Design** (Проектирование элементов каркаса и поверхностей).

Для того чтобы построить геометрию крыла, необходимо задать вспомогательные элементы (плоскости, точки, линии и т.д.).

Корневая нервюра нашего крыла будет находиться в плоскости начала координат. Корневой профиль крыла можно построить тремя способами:

1. Задать координаты точек в пространстве. Для этого необходимо знать третью координату точек профиля. Она будет равна нулю, т.к. профиль находится в плоскости.
2. Создать эскиз в нужной плоскости, и в нём построить профиль по двум координатам.
3. Воспользоваться специальным макросом, написанным для программы MS Excel, который передаёт координаты точек заданные в таблице Excel в созданный эскиз САТИА.

Для построения нашей геометрии, воспользуемся вторым способом. В качестве основания для нашего эскиза выберем плоскость ZX. Создадим эскиз в плоскости ZX, для этого необходимо выбрать плоскость в дереве спецификации или в геометрической области (см. [Рисунок 2.3](#)).

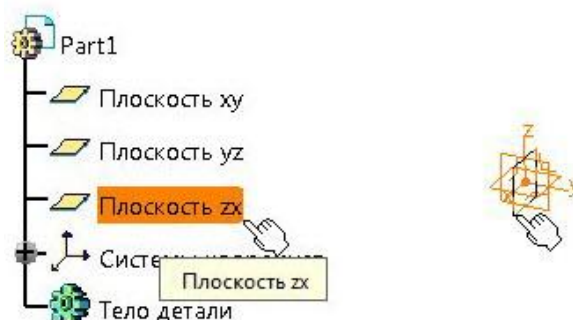


Рисунок 2.3 – Выбор плоскости ZX

После того как выбрали плоскость, необходимо нажать на кнопку **Sketch** (Эскиз) на панели **Sketcher** (Создание эскизов) (см. [Рисунок 2.4](#)).



Рисунок 2.4 – Панель создания эскизов

Мы перешли в рабочее пространство **Sketcher** (Создание эскизов). Теперь нужно построить точки профиля, выбрав инструмент **Point by Clicking** (Точка щелчком мышки) на панели **Profile** (Профиль) и задать координаты точек на панели **Sketch tools** (Инструменты эскиза) (см. [Рисунок 2.5](#)).

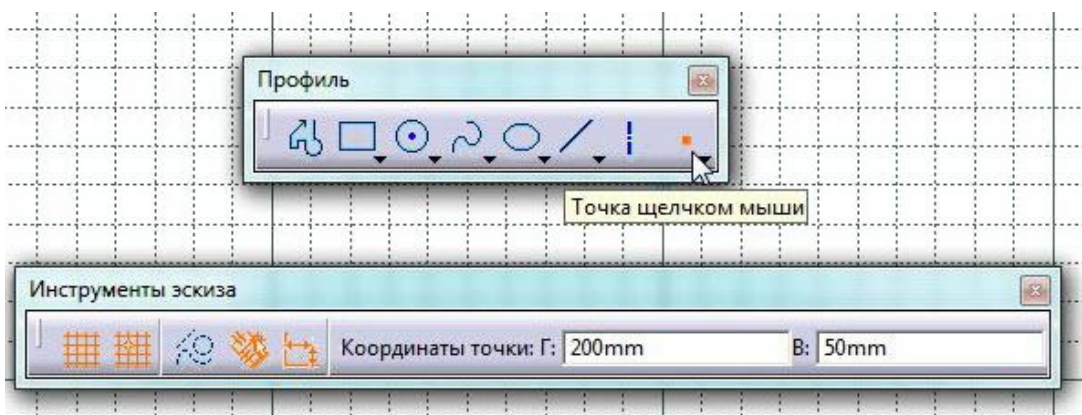


Рисунок 2.5 – Построение точек в эскизе

Таким образом, нужно построить все точки профиля, в результате должен получиться облик профиля, изображённый на рисунке 2.6 (см. [Рисунок 2.6](#)).

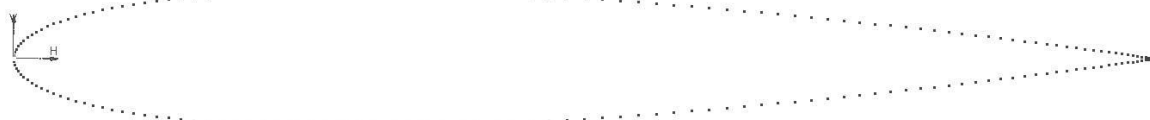


Рисунок 2.6 – Все точки профиля

Далее по этим точкам строим сплайн, нажав на кнопку инструмента **Spline** (Сплайн) на панели **Profile** (Профиль) (см. [Рисунок 2.7](#)). По очереди, выбирая точки, строим сплайн. Результат этой операции представлен на рисунке 2.7 (см. [Рисунок 2.7](#)).



Рисунок 2.7 – Построение сплайна

Теперь нужно передвинуть всю построенную геометрию так, чтобы по горизонтали центр профиля находился в начале координат. Это нужно для того, чтобы центрировать концевой и корневой профиль. Выберем построенную геометрию (см. [Раздел 1.3 – Интерфейс CATIA v5](#)), затем выполним операцию Перенос, нажав на кнопку инструмента **Translate** (Перенос) на панели **Operation** (Операция) (см. [Рисунок 2.8](#))

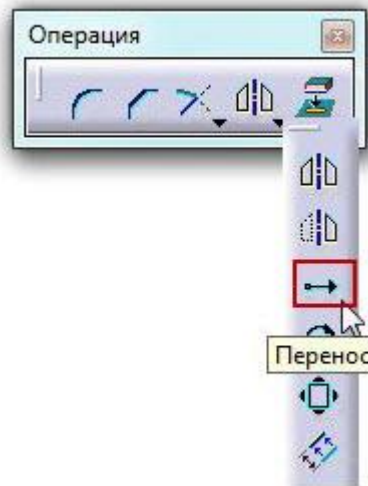


Рисунок 2.8 – Выбор инструмента Перенос

Затем в появившихся параметрах на панели **Sketch tools** (Инструменты эскиза) задаём координаты **Start Point** (Начальной точки) и **End Point** (Конечной точки) указанные на рисунке 2.9 (см. [Рисунок 2.9](#)). При этом необходимо отключить опцию **Duplicate Mode** (Режим дублирования) в окне **Translation Definition** (Определение переноса) (см. [Рисунок 2.10](#)).



Рисунок 2.9 –Задание вектора переноса

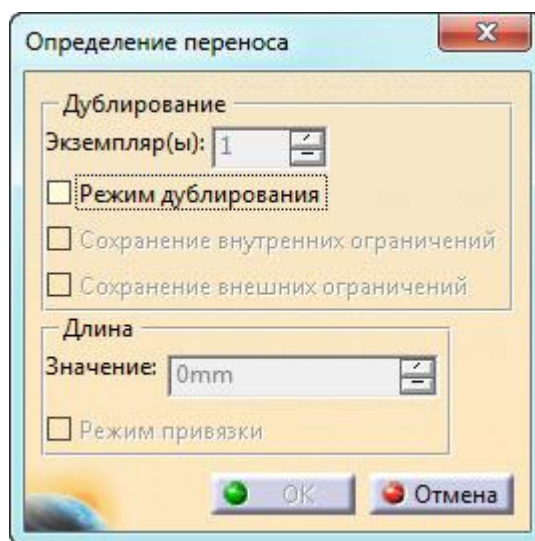


Рисунок 2.10 – Рабочее окно Определение переноса

Эскиз корневой профиля построен (см. [Рисунок 2.11](#)), теперь нужно выйти из рабочего пространства **Sketcher** (Создание эскизов), для необходимо нажать на кнопку **Exit workbench** (Выход из модуля) на панели **Workbench** (Модуль) (см. [Рисунок 2.12](#)).

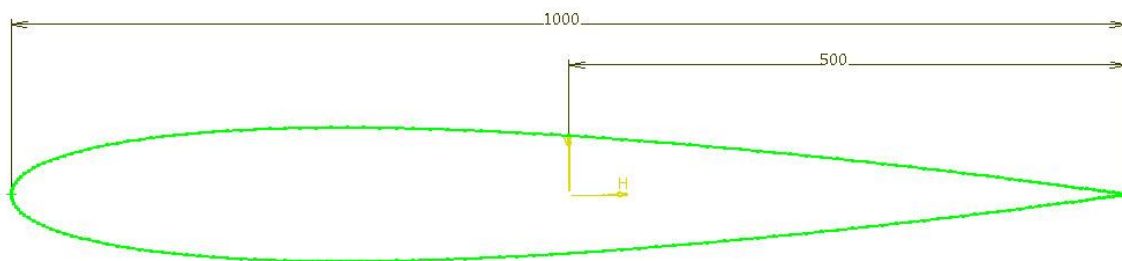


Рисунок 2.11 – Корневой профиль крыла

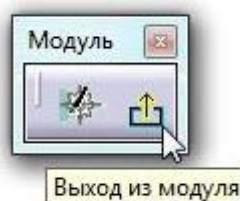


Рисунок 2.12 – Выход из рабочего пространства Создание эскизов

2.2.2 Построение концевого профиля

Для построения концевого профиля необходима вспомогательная геометрия. Нужно построить вспомогательную плоскость параллельную плоскости корневой профиля на расстоянии 4000 мм, равному размаху консоли крыла.

Чтобы создать вспомогательную плоскость, нужно в рабочем модуле **Wireframe & Surface Design** (Проектирование элементов каркаса и поверхностей) на панели **Wireframe** (Каркас) выбрать инструмент создания плоскости **Plane** (Плоскость) (см. [Рисунок 2.13](#)).

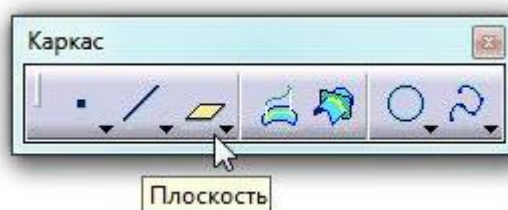


Рисунок 2.13 – Панель с вспомогательной геометрией

В окне **Plane definition** (Определение плоскости) задать необходимые параметры (см. [Рисунок 2.14](#)) и нажать кнопку **ОК**:

- **Plane type** (Тип плоскости) – **Offset from plane** (Смещение относительно плоскости);
- **Reference** (Опорный элемент) – **Plane ZX** (Плоскость ZX);
- **Offset** (Смещение) – 4000 мм.

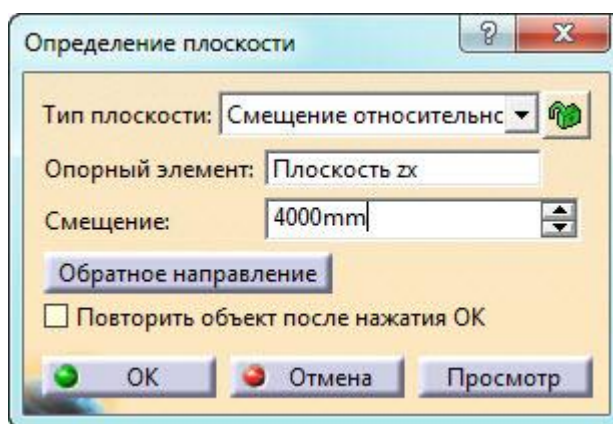


Рисунок 2.14 – Параметры определения плоскости

Далее в созданной плоскости необходимо создать эскиз. В эскизе построить точки по координатам концевой профиля и сплайн. Способ и порядок построения точно такой же, как и для корневого профиля описанный в разделе 2.2.1 (см. [Раздел 2.2.1 – Построение корневого профиля](#)).

Результат построения концевой профиля представлен на рисунке 2.15 (см. [Рисунок 2.15](#)).

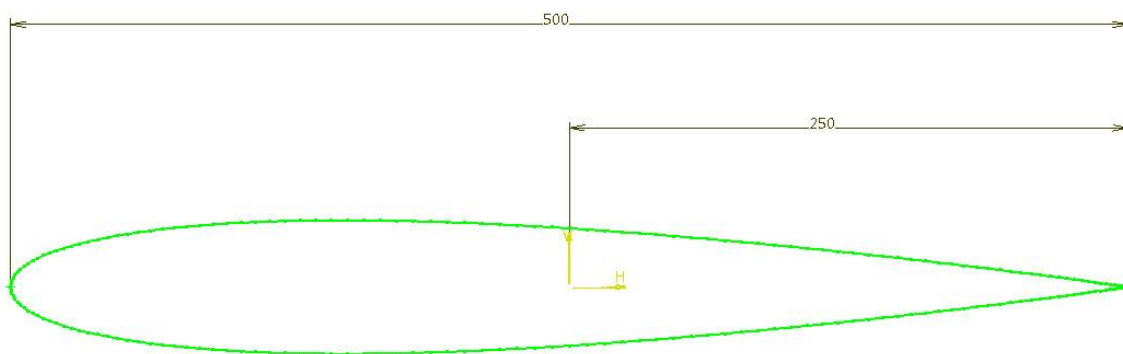


Рисунок 2.15 – Концевой профиль крыла

2.3 Построение основных поверхностей крыла

2.3.1 Построение поверхности обшивки и нервюр

Для построения поверхности обшивки, воспользуемся инструментом **Multi-sections Surface** (Поверхность лофта), для этого необходимы сечения, в нашем случае это сплайны профилей, и направляющие линии.

Чтобы построить направляющие нужно на панели **Wireframe** (Каркас) выбрать инструмент **Line** (Линия) (см. [Рисунок 2.13](#)). В окне **Line definition** (определение линии) задать параметры, указанные на рисунке 2.16 (см. [Рисунок 2.16](#)), в качестве **Point 1** (Точка 1) выбираем точку на задней кромке корневого профиля, а в качестве **Point 2** (Точка 2) выбираем точку на задней кромке концевой профиля.

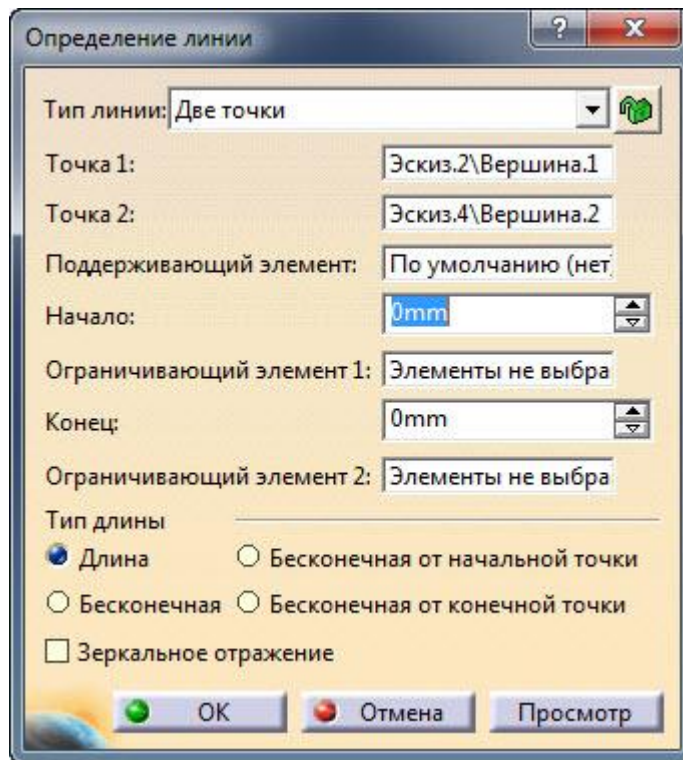


Рисунок 2.16 – Рабочее окно Определение линии

Вторая направляющая строится аналогичным образом, только в качестве **Point 1** (Точка 1) выбираем точку на носке корневого профиля, а в качестве **Point 2** (Точка 2) выбираем точку на носке концевой профиля.

Строим поверхность лффта. Выбираем инструмент **Multi-sections Surface** (Поверхность лффта) на панели **Surfaces** (Поверхности) (см. [Рисунок 2.17](#)).

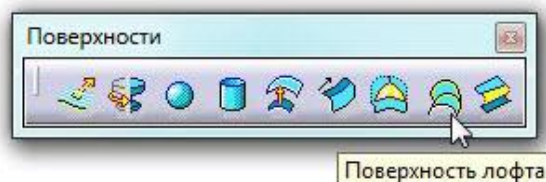


Рисунок 2.17 – Инструмент Поверхность лффта

В окне **Multi-sections Surface definition** (Определение поверхности лффта) изображённом на рисунке 2.18 (см. [Рисунок 2.18](#)), в верхней части указываем профили корневой и концевой нервюр, сначала верхнюю половину (нижнюю панель строим отдельно), в нижней части окна указываем направляющие. Нижнюю панель обшивки строим аналогичным образом.

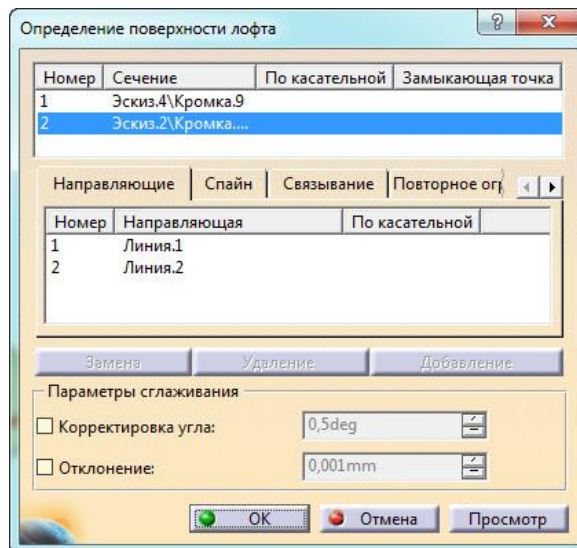


Рисунок 2.18 – Окно Определение поверхности лофта

Поверхности нервюр будем строить инструментом **Fill** (заполнение) на панели **Surfaces** (Поверхности) (см. [Рисунок 2.19](#)).



Рисунок 2.19 – Инструмент Заполнение

Для выполнения этой команды нужно иметь замкнутый контур. Для корневой и концевой нервюры у нас есть контур, который образуется сплайнами. Построим контуры для рядовых нервюр. Для этого сначала определим плоскости, в которых они будут лежать. По исходным данным (см. [Рисунок 2.1](#)), рядовые нервюры располагаются на расстоянии 500 мм друг от друга. Следовательно, нам нужно построить 7 плоскостей (см. [Рисунок 2.13](#)) указав в окне **Plane definition** (Определение плоскости) тип плоскости **Offset from plane** (Смещение относительно плоскости) (см. [Рисунок 2.20](#)). Для первой плоскости опорным элементом будет являться плоскость **ZX**, для остальных – предыдущая построенная плоскость. Значение смещения – 500 мм.

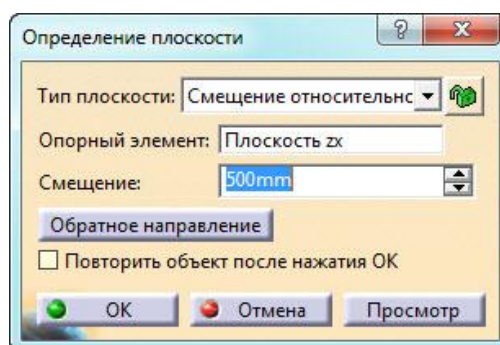


Рисунок 2.20 – Задание параметров определения плоскости

Следующим шагом строим профили крыла в каждой плоскости. Для этого воспользуемся инструментом **Intersection** (Пересечение) на панели **Wireframe** (Каркас) (см. [Рисунок 2.21](#)). В окне **Intersection definition** (Определение пересечения) в качестве **First element** (первого элемента) указывается одна из панелей обшивки, в качестве **Second element** (второго элемента) – плоскости нервюр (см. [Рисунок 2.22](#)).

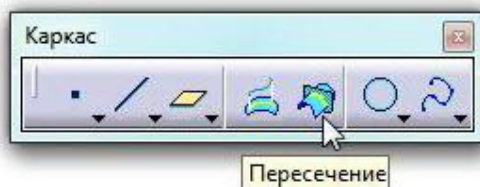


Рисунок 2.21 – Инструмент Пересечение

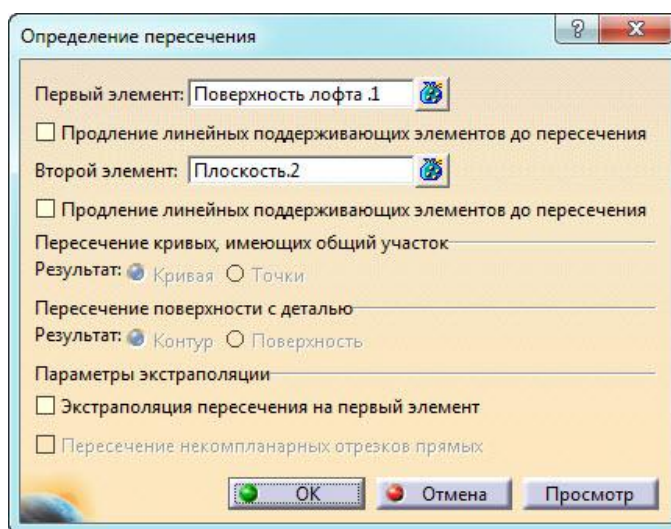


Рисунок 2.22 – Параметры определение пересечения

В каждой плоскости нервюр необходимо построить пересечение с верхней и нижней панелями обшивки (см. [Рисунок 2.23](#)).

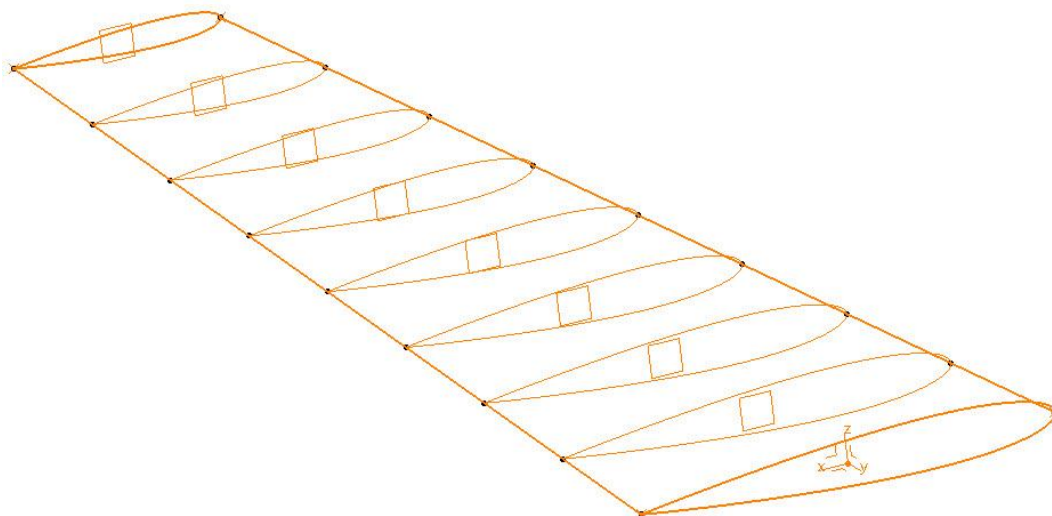


Рисунок 2.23 – Контуры профиля всех нервюр

После построения контуров нервюр, строим поверхности нервюр, воспользовавшись инструментом **Fill** (заполнение) (см. [Рисунок 2.19](#)). В окне **Fill Surfaces definition** (Определение заполненной поверхности) в разделе **Boundary** (граница), нужно указать все линии образующие контур профиля, для каждой нервюры отдельно (см. [Рисунок 2.24](#)).

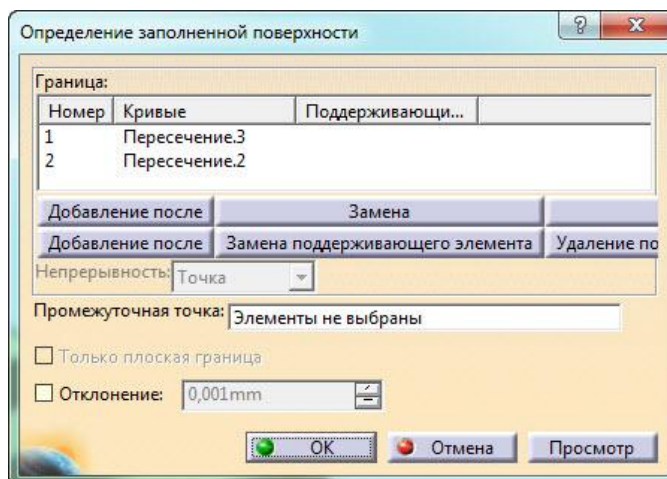


Рисунок 2.24 – Определение заполненной поверхности

Итогом выполненных операций является крыло с обшивкой и нервюрами, геометрия представлена на рисунке 2.25 (см. [Рисунок 2.25](#)).

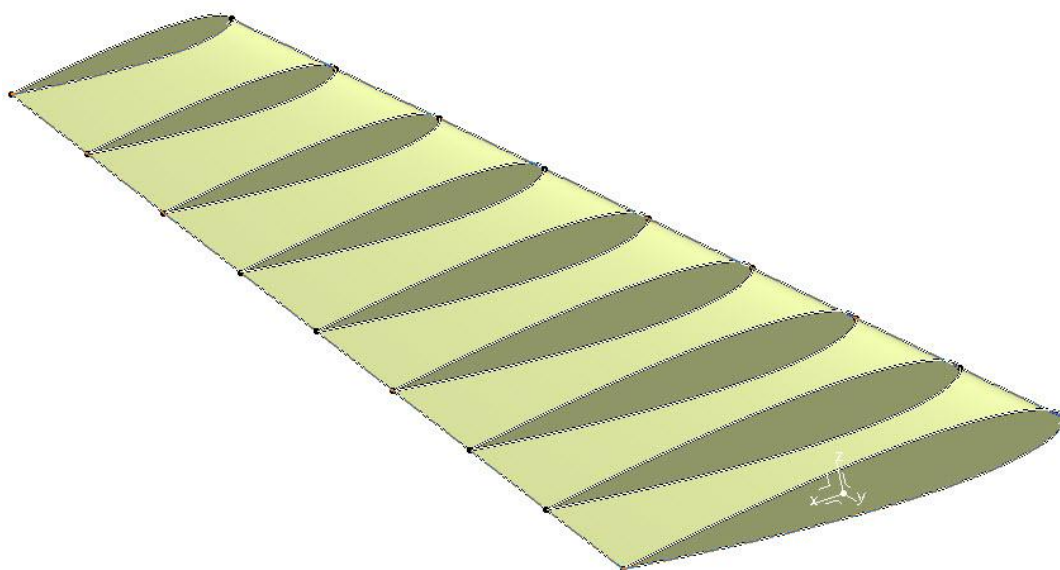


Рисунок 2.25 – Крыло с обшивкой и нервюрами (для наглядности верхняя панель обшивки скрыта)

2.3.2 Построение лонжеронов и осей стрингеров крыла

Для построения лонжеронов, необходимо определить их положение на корневом и концевом профилях. По исходным данным (см. [Рисунок 2.1](#)), наше крыло состоит из трёх лонжеронов. Первый лонжерон, находится на расстоянии 10% от носка крыла. Второй лонжерон - на расстоянии 30% от носка крыла, его расположение обусловлено максимальной строительной высотой профиля. Третий лонжерон находится на расстоянии 15% от задней кромки крыла.

В плоскостях корневого и концевого профилей установим точки, в местах установки лонжеронов.

Воспользуемся инструментом **Point** (Точка) на панели **Wireframe** (каркас) (см. [Рисунок 2.26](#)).



Рисунок 2.26 – Инструмент Точка

В окне **Point definition** (Определение точки) зададим параметры, изображённые на рисунке 2.27 (см. [Рисунок 2.27](#)). Выбираем **Point type** (Тип точки) – **Between** (Между). В качестве **Point 1** (Точка 1) и **Point 2** (Точка 2), указываем крайние точки профиля, а параметр **Ratio** (Коэффициент) устанавливаем (по порядку) значения 0,1, 0,15, 0,3, в соответствии с расположением лонжеронов.

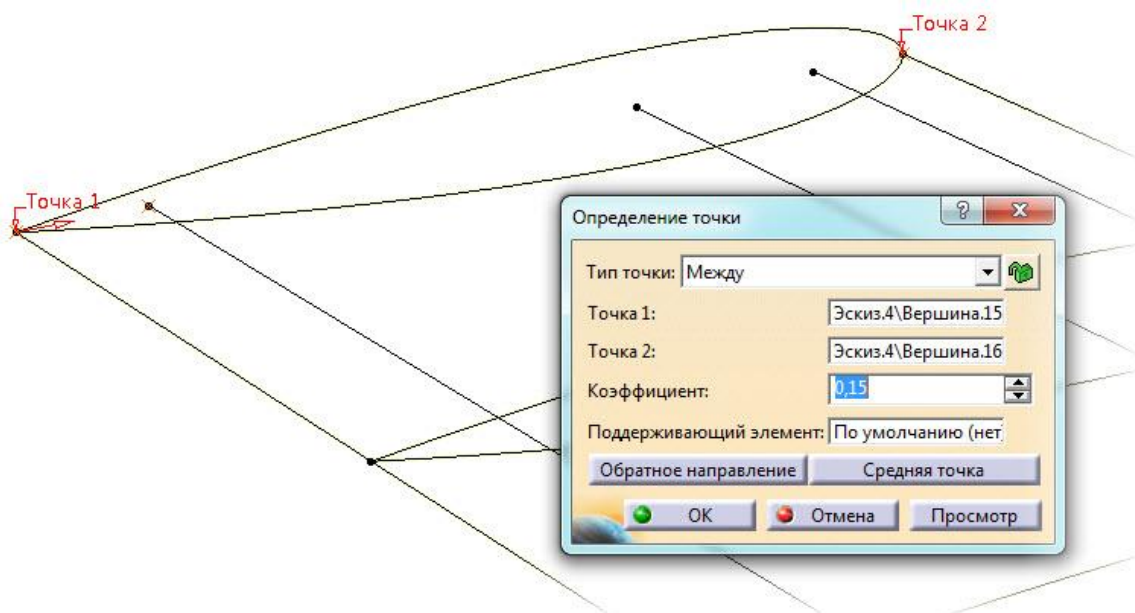


Рисунок 2.27 – Установка точек расположения лонжеронов

Далее необходимо соединить точки, соответствующие каждому лонжерону линией, воспользовавшись инструментом **Line** (линия) (см. [Рисунок 2.13](#)). В результате мы получим линии лонжеронов вдоль размаха консоли крыла (см. [Рисунок 2.28](#)).

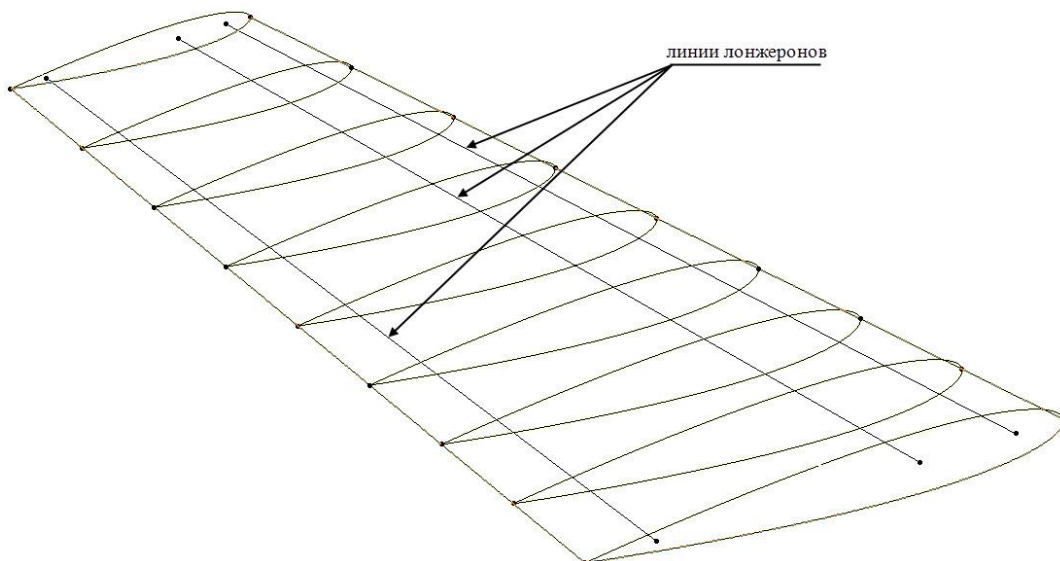


Рисунок 2.28 – Линии лонжеронов

Строим поверхности лонжеронов, для этого воспользуемся инструментом **Extrude** (Выдавливание) на панели **Wireframe** (Каркас) (см. [Рисунок 2.29](#)).



Рисунок 2.29 – Инструмент Выдавливание

В окне **Extruded surfaces definition** (Определение поверхности выдавливания) задаём следующие параметры (см. [Рисунок 2.30](#)):

1. **Profile** – линии лонжеронов.
2. **Direction** – задаём **Component Z** (Ось Z).
3. **Limit** (Предел) 1 и 2, **type** (Тип) – **Up-to element** (Ограничивающий элемент).
4. **Limit** (Предел) 1 и 2, **Up-to element** (Ограничивающий элемент) – выбираем верхнюю и нижнюю панели обшивки соответственно.

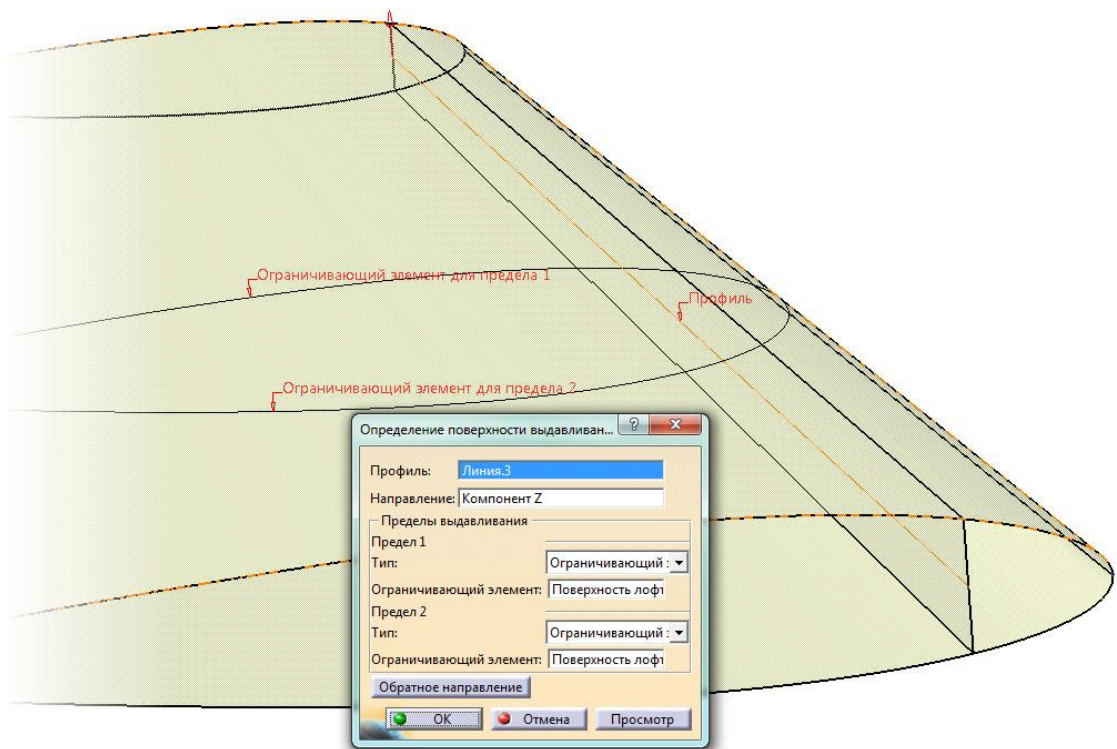


Рисунок 2.30 – Построение поверхностей лонжеронов

Построение осей стрингеров. По исходным данным (см. [Рисунок 2.1](#)) всего у нас 9 стрингеров, равномерно распределённых между первым и третьим лонжеронами. Стрингеры будем строить командой **Line** (Линия) (см. [Рисунок 2.13](#)). Сначала нужно построить точки на крайних нервюрах. Для этого создадим плоскости между первым и вторым лонжеронами, а затем найдём пересечение этих плоскостей с контурами нервюр.

Применим инструмент **Points and Planes Repetition** (Повторение точек и плоскостей) на панели **Wireframe** (Каркас) (см. [Рисунок 2.31](#)).

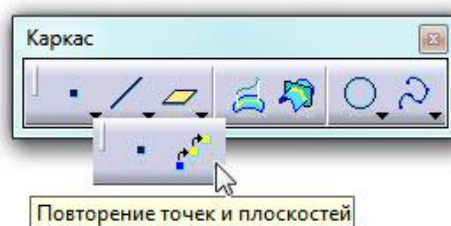


Рисунок 2.31 – Инструмент Повторение точек и плоскостей

В окне **Points and Planes Repetition** (Повторение точек и плоскостей) (см. [Рисунок 2.32](#)) задаём следующие параметры:

1. **First point** (Первая точка) – выбираем точку на первом лонжероне, построение которой изображено на рисунке 2.27 (см. [Рисунок 2.27](#)).
2. **Curve** (Кривая) – необходимо построить кривую между точками первого и третьего лонжерона. Нажимаем правой кнопкой мыши в зоне выбора

кривой и в контекстном меню выбираем Create line (Создание линии) (см. [Рисунок 2.32](#)).

3. **Parameters** (Параметры) – Instances and Spacing (Экземпляры и шаг).
4. **Instances** (Экземпляры) – 9, количество плоскостей.
5. **Spacing** (Шаг) – 75 мм для корневой нервюры, 37,5 мм для концевой нервюры.
6. **Second point** (Вторая точка) - выбираем точку на третьем лонжероне.
7. **Create normal planes also** (Создание плоскостей перпендикулярно объекту) – включить.

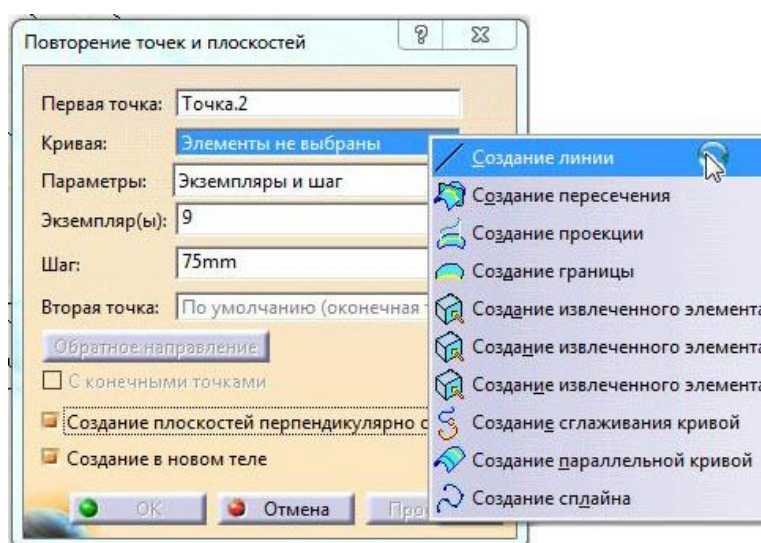


Рисунок 2.32 – Создание параллельных плоскостей

Построим пересечение плоскостей с контурами нервюр. Воспользуемся инструмент **Intersection** (Пересечение) (см. [Рисунок 2.21](#)). В качестве **First element** (Первый элемент), выберем геометрический набор с плоскостями в дереве спецификации, который создан в результате операции **Points and Planes Repetition** (Повторение точек и плоскостей) (см. [Рисунок 2.33](#))

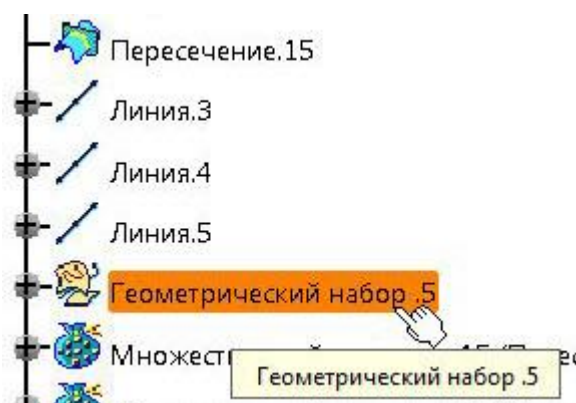


Рисунок 2.33 – Геометрический набор

В качестве **Second element** (Второй элемент), выберем контуры нервюр. В результате полученных пересечений у нас построятся точки на контурах нервюр.

Плоскости необходимо построить с каждой стороны нервюр, корневой и концевой. Пересечения необходимо сделать отдельно, для верхней части нервюры и нижней части нервюры.

Построенные точки на корневой нервюре соединяем с точками на концевой нервюре. Результат представлен на рисунке 2.34 (см. [Рисунок 2.34](#)).

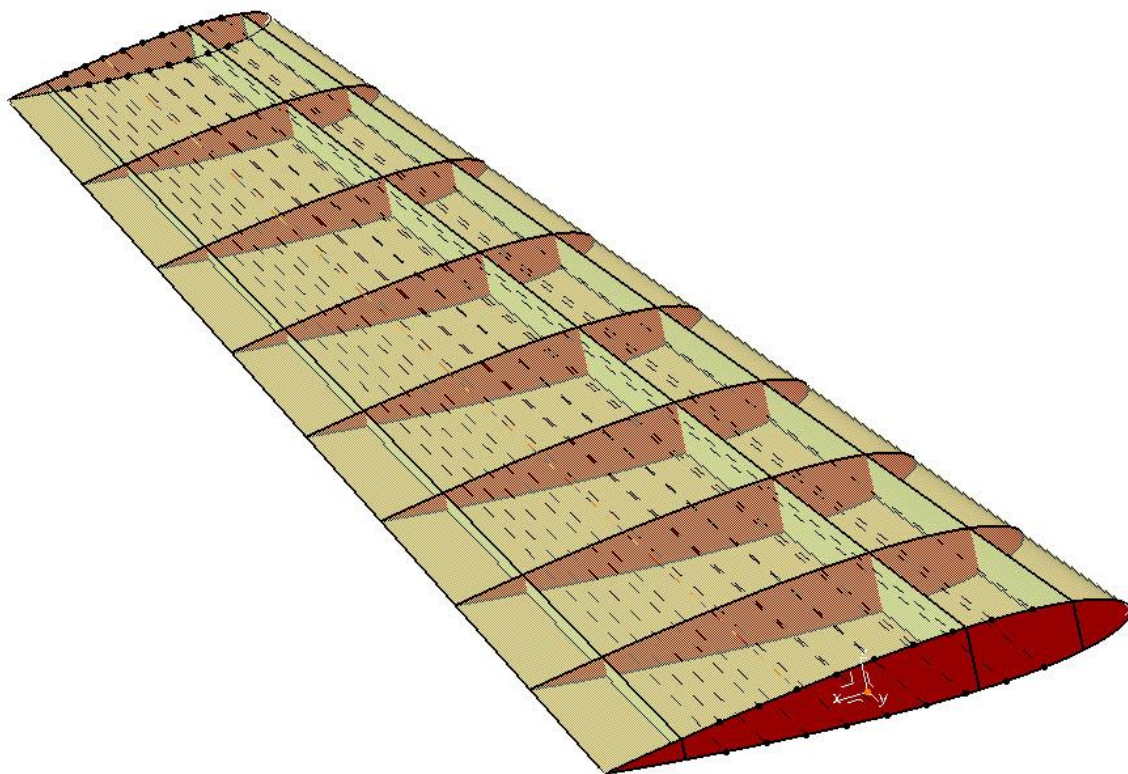


Рисунок 2.34 – Крыло со всеми силовыми элементами

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В методическом пособии представлены основные инструменты работы в программном комплексе Catia v5 компании Dassault Systèmes. Описан интерфейс программы. Рассмотрен пример разработки модели обыкновенного не стреловидного крыла.

Разработанное пособие может широко применяться инженерами авиационных предприятий для повышения навыков работы в программе Catia v5. Также пособие могут использовать студенты авиационных и других технических специальностей.

Учебное издание

**СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ
АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ CATIA V5**

Методические указания

Составители: *Комаров Валерий Андреевич*
Вырыпаев Артём Александрович
Кузнецов Антон Сергеевич
Одинцова Людмила Владиславовна

Редактор _____

Доверстка _____

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
Аэрокосмического университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.