

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Московский государственный технический университет гражданской
авиации» (МГТУ ГА)**

Кафедра технической механики и инженерной графики

Авторы: Г.Б. Варданян к.т.н., доцент

М.В. Семакова, старший преподаватель

Н.Н. Медведева, старший преподаватель

СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ САМОЛЁТА В СИСТЕМЕ КОМПАС- 3D

учебные материалы по подготовке к лабораторным занятиям по
дисциплине «Инженерная и компьютерная графика»

для обучающихся 1 курса
по направлениям 25.03.01, 20.03.01, 25.03.02,
специальностям 25.05.03, 25.05.05
очной формы обучения

Краткая аннотация: Цель учебного материала - выработать умение и навыки по выполнению контрольного задания по теме «Моделирование поверхности самолёта в системе КОМПАС-3D». На основе теоретического материала, усвоенного студентами на лекционном и практическом занятиях, данное пособие способствует выработке навыков для самостоятельного выполнения контрольного задания по дисциплине.

Москва, 2026

Учебно-методическое пособие представляют собой руководство по выполнению лабораторной работы №20 в среде Компас-3D для студентов, изучающих дисциплины «Инженерная и компьютерная графика», а также организации самостоятельной работы. В данном пособии рассмотрены вопросы трехмерного параметрического моделирования с помощью графического редактора Компас 3D, приведён пример выполнения данной работы.

Лабораторные занятия включают в себя выполнение инструкций и освоение теоретического материала, входящих в состав настоящих учебных материалов.

Задачи лабораторных занятий:

1. Развить общие и профессиональные компетенции обучающегося.
2. Сформировать умения применять полученные теоретические знания на практике.
3. Вырабатывать при выполнении заданий такие профессионально значимые качества, как самостоятельность, ответственность, точность.

В результате проведения лабораторных занятий у студентов формируются:

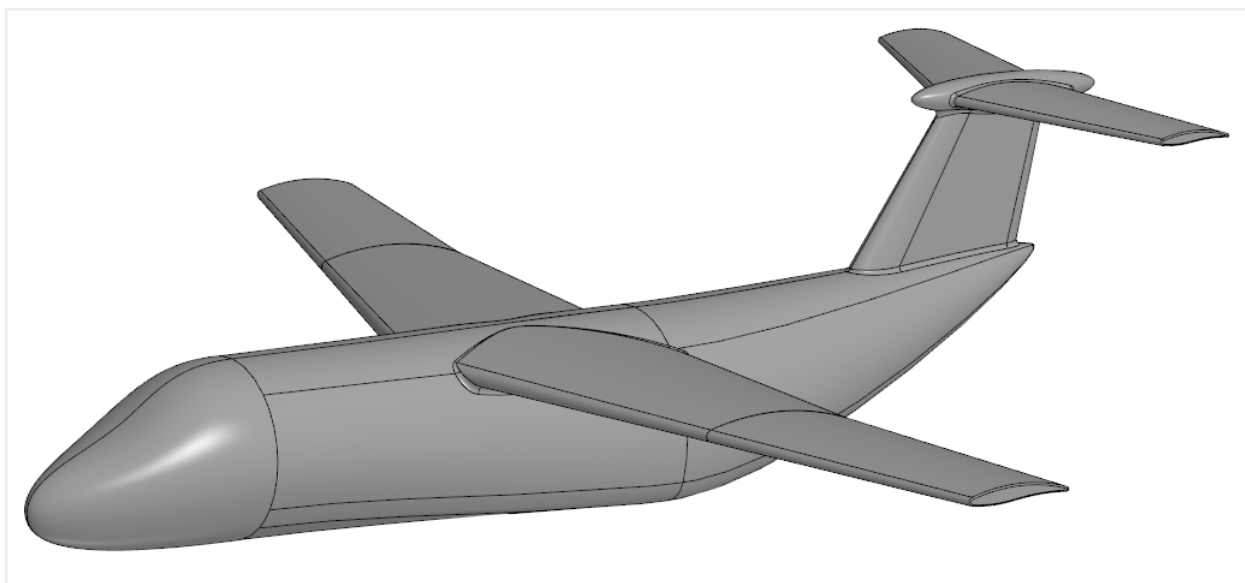
- знания об основных командах программы КОМПАС 3D;
- навыки работы с КОМПАС 3D, позволяющие создавать модели отдельных деталей и сборочных чертежей, строить вспомогательные прямые и плоскости, эскизы, пространственные кривые. В системе объёмные модели и плоские чертежи ассоциированы между собой: любое редактирование модели влечёт за собой изменение в чертеже, созданном по этой модели.

Моделирование поверхности самолёта в 3D.

Задание:

Создание поверхностной (и твердотельной) модели самолета:

- эскизы (базовые элементы, сплайны, ограничения, размеры, параметры), рабочая геометрия (плоскости, оси, точки);
- объёмные элементы (выдавливание, вращение, поверхность по сечениям, поверхность по сети кривых);
- операции редактирования (усечение поверхности, заплатка, сшивка поверхностей, скругление, разрезать, зеркальный массив)




Этапы создания модели самолёта:

1. **Фюзеляж.** Каркас и эскизы. Фюзеляж. Направляющие кривые. Фюзеляж. Поверхности
2. **Крылья.** Каркас. Крылья. Эскиз сечений. Крылья. Поверхности
3. **Киль.** Каркас. Киль. Эскиз сечений. Киль. Поверхности
4. **Стабилизатор.** Каркас. Стабилизатор. Поверхности
5. Твердотельная модель
6. **Бульб.** Эскиз. Бульб. Объемный элемент
7. Скругления-сопряжения

1.Создание Фюзеляжа

1.1 Создайте документ **Деталь**. В меню **Настройка** подключите **Получить лицензию на КОМПАС-3D**. На панели **Быстрого доступа** установите ориентацию **Изометрия**. В **Дереве построения** укажите плоскость системы координат **ZY**, на панели **Быстрого доступа** нажмите кнопку **Эскиз**. Плоскость **ZY** будет считаться **базовой**. Определите имя Документа «Самолёт». Сохраните в созданной папке «Моделирование самолёта в 3D»


1.2 Создайте смещённые плоскости, расположенные вдоль продольной оси фюзеляжа параллельно базовой плоскости Рис 1. Система смещённых плоскостей образует Опорную геометрию. Для этого на панели **Вспомогательные объекты** нажмите кнопку **Смещённая плоскость**. На **Панели параметров** выберите команду **Смещённая плоскость**, задайте

расстояние 85мм. Создайте объект  Проверьте наличие созданной смещённой плоскости в браузере модели в Дереве построения.

Не выходя из команды **Смещённая плоскость** продолжите создание плоскостей для опорных сечений в хвостовой и носовой частях фюзеляжа.

Для хвостовой части фюзеляжа создайте плоскость на расстоянии 175мм от базовой.

Для носовой части создайте плоскость на расстоянии 40мм, но в другую сторону от базовой плоскости. Для этого установите параметр «Расстояние» -40.

Завершите построение смещённых плоскостей  . Построена Опорная геометрия фюзеляжа, состоящая из базовой и рабочих плоскостей.

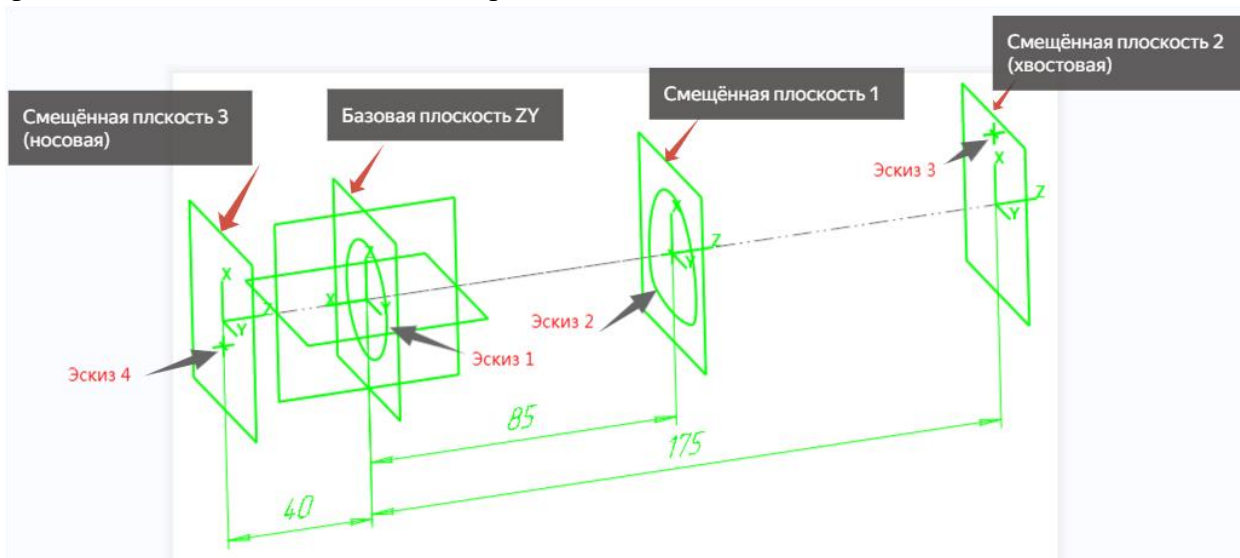


Рис.1

1.3 Построение эскизов сечений фюзеляжа в плоскостях Опорной геометрии

1.3.1 Создание эскиза сечения кабины. Эскиз 1.

В базовой плоскости расположено сечение кабины, представляющее собой окружность диаметром 32мм (Рис.2)

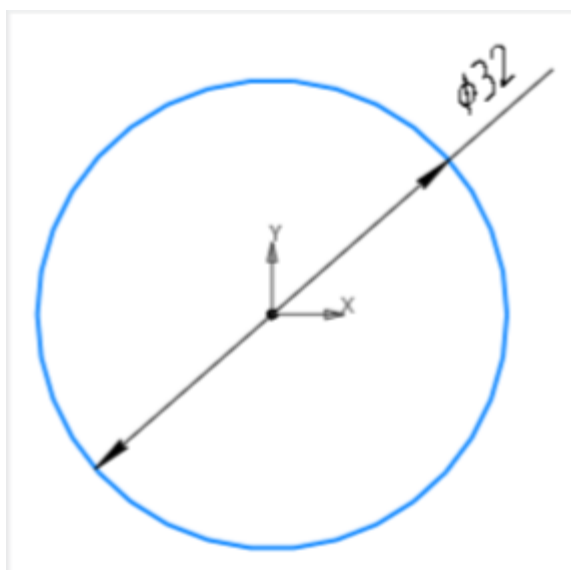



Рис.2

Создайте Эскиз на базовой плоскости ZY . Укажите на чертеже, либо в *Дереве построения*, плоскость ZY , выберите на панели **Быстрого доступа** команду **Эскиз** .

Плоскость Эскиза развернулась параллельно экрану. Установите на панели **Быстрого доступа** включёнными *Параметрический режим*, *Отображать ограничения*, *Отражать степени свободы*.

Используя клавишу **Окружность** на панели **Геометрия**, создайте окружность диаметром 32 мм в произвольном месте.

Выполните проецирование центра окружности на начало координат для привязки центра сечения к строительной оси модели.

Командой *Объединить точки* на панели **Ограничения** совместите центр окружности с центром координат, указав их поочерёдно. Для проверки совмещения всех плоскостей со строительной осью поверните изображение, нажав правую клавишу мышки. Для возвращения изображения эскиза в положение параллельное экрану нажмите на панели **Быстрого доступа** клавишу *Нормально к ...*.

Завершите создание Эскиза 1, нажав кнопку  в рабочем поле или на панели **Быстрого доступа**.

1.3.2 Создание эскиза сечения фюзеляжа перед хвостовой частью (расположение ramпы). Эскиз 2.

Эскиз (Рис.3) представляет собой замкнутый контур «грушевидной формы». Кривая, описывающая верхнюю часть имеет форму дуги окружности, смещённой относительно окружности в базовом сечении. Кривая, описывающая нижнюю часть, условно «пол грузовой кабины», имеет большой радиус кривизны.

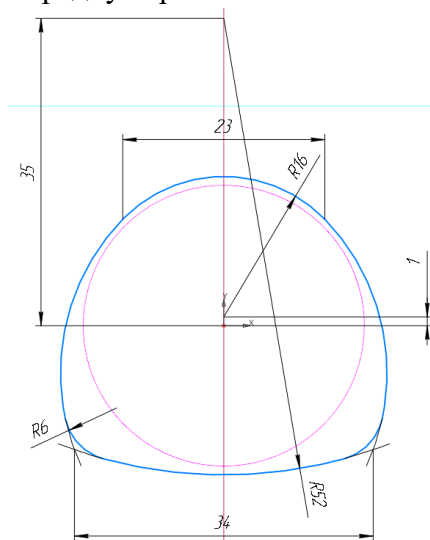


Рис.3

Создайте эскиз на второй опорной плоскости - Смещённая плоскость 2, нажав на клавишу **Эскиз** и указав плоскость.

Для построения верхней части эскиза выберите инструмент **Дуга - Дуга по трём точкам**. Нанесите произвольно три точки выше окружности первого сечения.

Разместите две крайние точки симметрично относительно плоскости ZX . Для этого на панели **Геометрия** нажмите на клавишу *Спроецировать объект*, укажите плоскость ZX . Проекция плоскости будет представлять прямую линию. На панели **Ограничение** выберите инструмент *Объединить точки* и на панели параметров команду *Симметрия двух точек*

. Укажите последовательно прямую симметрии и две крайние точки. Укажите размеры: расстояние между точками - 23 мм, радиус кривизны - R16, расстояние от центра кривизны до центра координат базовых плоскостей - 1 мм.

Построения нижней кривой выполните в аналогичном порядке, установив размеры: расстояние между точками - 34 мм, радиус кривизны - R52, расстояние от центра кривизны до центра координат базовых плоскостей - 35 мм.

Соедините верхнюю и нижнюю дуги боковыми дугами, используя для построения команду **Дуга по двум точкам** и привязываясь к точкам на верхней и нижней дугах. Выполните сопряжение боковых и верхней кривых командой **Касание** на панели **Ограничение**, указав попарно верхнюю и боковые кривые. Выполните сопряжение боковых и нижней кривых командой **Скругление**, задав радиус одной из дуг скругления R6. Радиус другой дуги задайте через команду **Равенство** на панели **Ограничение**. Завершите построение Эскиза 2.

1.3.3 Создание эскиза хвостовой части фюзеляжа. Эскиз 3.

Создайте эскиз окончания хвостовой части на крайней плоскости - *Смещённая плоскость 2*, нажав на клавишу Эскиз и указав плоскость. Эскиз представляет собой точку, расположенную по оси Y на 20 мм выше монтажной оси модели. Завершите создание Эскиза 3.

1.3.4 Создание эскиза носовой части фюзеляжа. Эскиз 4.

Создайте эскиз носовой части на крайней плоскости - *Смещённая плоскость 3*, нажав на клавишу Эскиз и указав плоскость. Эскиз представляет собой точку, расположенную по оси Y на 7 мм ниже монтажной оси модели. Завершите создание Эскиза 4.

1.4 Построение твердотельной оболочки фюзеляжа.

Постройте первичную модель оболочки фюзеляжа. Выберите: Панель **Твердотельное моделирование** - **Элемент по сечениям**. Укажите последовательно на **Дереве** построения все сечения фюзеляжа, начиная с носового.

Выполните коррекцию формы фюзеляжа.

1.4.1 Построение носовой части фюзеляжа - кабины пилота.

1.4.1.1 Построение каркаса.

Задача - построить вспомогательные кривые перехода от носа, Эскиз 4, до опорной плоскости фюзеляжа, расположенной в плоскости ZY, Эскиз 1. (Рис.4).

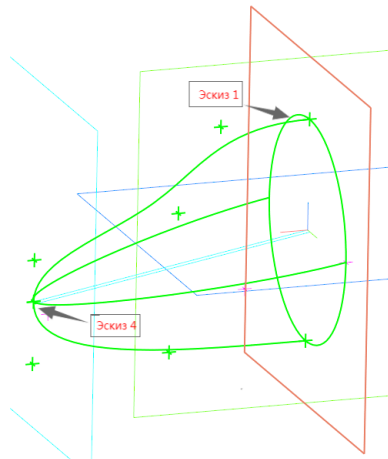


Рис.4

Построение верхней кривой, расположенной в плоскости ZX модели, начните с проецирования опорных сечений с изображениями Эскиза 4 и Эскиза 1 на эту плоскость. Проекция Эскиза 1 вырождается в прямую линию. Создайте *Эскиз* на плоскости ZX. Измените стиль линии проекции Эскиза 1 на вспомогательную.

Выберите инструмент *Сплайн по точкам - Сплайн по полюсам* для задания формы и кривизны линии. Укажите произвольно пять точек сплайн-линии, начиная и заканчивая точками на опорных сечениях. При этом, необходимо соблюдать подобие формы очерка носовой части фюзеляжа с характерными точками перегиба в месте расположения лобовой части стекла кабины - Рис.5.

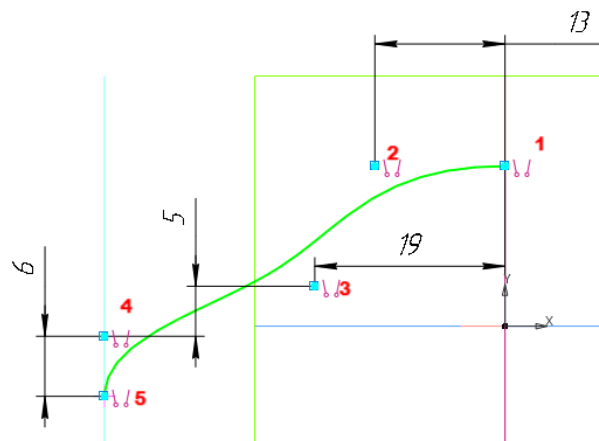


Рис.5

Построение нижней кривой-направляющей, также расположенной в плоскости ZY, выполняем аналогично построению верхней кривой и в той же последовательности (Рис. 6)

1. Создайте эскиз на плоскости ZX.
2. Проецируйте окружность на плоскость. Стиль линии её проекции, выродившейся в прямую линию, измените на вспомогательный.
3. Сформируйте сплайн по полюсам, обозначив два полюса в дополнение к двум полюсам в опорных сечениях.
4. Сформируйте сплайн по касательной к горизонтальной линии в точках 6 и 7 (пол кабины) и к вертикальной линии в точках 5 и 8 (нос фюзеляжа).
5. Задайте кривизну, назначив размеры 20 мм и 9 мм.
6. Завершите *Эскиз*.

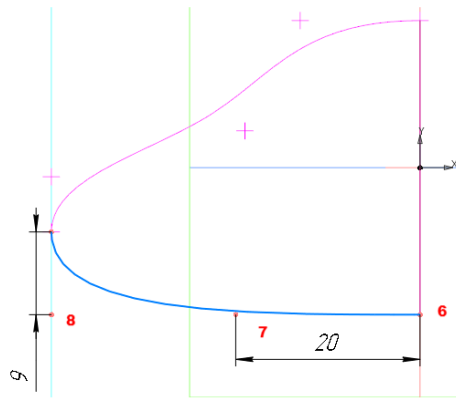


Рис. 6

Для построения боковых направляющих определите вспомогательную рабочую плоскость (эскизную). Нажмите клавишу *Смещённая плоскость*, выберите на панели параметров команду *Плоскость через ребро и точку*. Укажите Ось Y (ребро) и точку 5 (Рис.7). Завершите операцию.

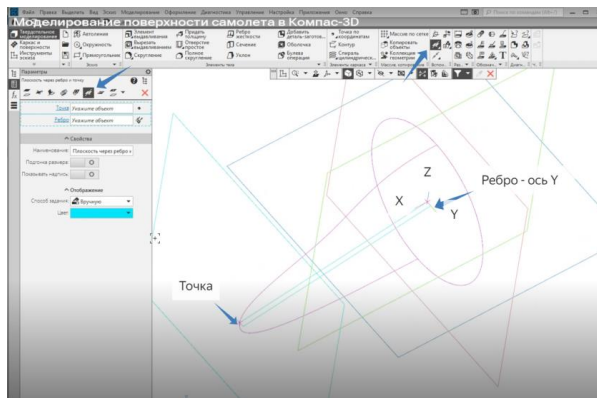


Рис. 7

Откройте набор инструментов **Каркас и поверхности**. Создайте на вспомогательной рабочей плоскости *Эскиз*. Спроецируйте две опорные точки - на носу фюзеляжа и на окружности на эскизную плоскость командой *Спроецировать объект*. Выберите произвольно ещё две точки командой *Точка* панели **Геометрия**. На панели **Каркас** нажмите кнопку *Слайн по точкам*, выберите команду *Слайн по полюсам*. Выровняйте точки 9 и 10 по горизонтальной, а 5 и 11 по вертикальной прямым. Задайте размеры 15 мм между 9 и 10 парой точек и 6 мм между 5 и 11 парой точек (Рис. 8). Завершите команды *Размеры* и *Эскиз*.

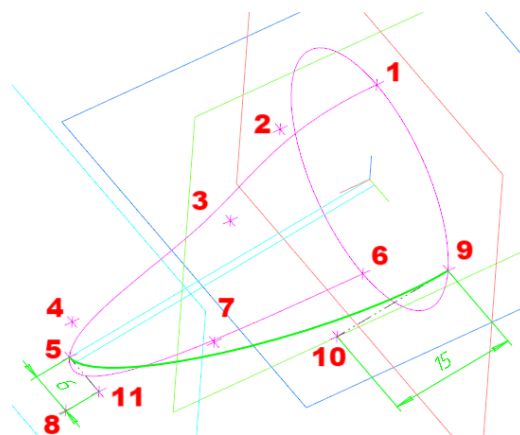


Рис.8

Постройте каркасные боковые кривые. Они симметричны относительно плоскости ZX. Поэтому, достаточно выполнить построение одной из них и зеркально отразить по отношению к плоскости симметрии ZX.

На панели **Каркас** выберите: *Сплайн по точкам - Сплайн по полюсам*. Последовательно соедините точки 9, 10, 11, 5. При формировании сплайна все точки получают привязки в таблице формируемого сплайна на панели параметров. Таким образом, при изменении координат точек сплайн также изменится. Завершите формирование сплайна.

Постройте зеркальную копию сплайна. На панели набора инструментов **Каркас и поверхности** вызовите команды *Массивы - Зеркало*, укажите на изображении или в Дереве построения Элемент - Сплайн модели, плоскость симметрии ZX, завершите построение. Таким образом, получены кривые для формирования носовой части поверхности фюзеляжа. Сохраните файл с моделью в отдельной папке.

1.4.1.2 Формирование поверхности носовой части.

Выполните формирование поверхности используя команду *Поверхность по сети кривых* на панели **Поверхности**. Эскиз в Базовой плоскости и Эскиз 4 в Смещённой плоскости 3 должны быть видимыми.

На панели параметров в поле Направление U отразите Эскиз 1, указав на него в Дереве построения и точку 5 на носу кабины.

Переключитесь на Направление V. Пропишите в поле Направления V последовательно Кривую, описывающую верхнюю часть поверхности, нажав на неё левой кнопкой мыши. Далее выделите боковые сплайны слева и справа от монтажной оси, нижний сплайн.

1.4.2 Формирование центральной части фюзеляжа.

Выберите на панели **Поверхности** последовательно команды *Поверхность выдавливания - Поверхность по сечениям*. Укажите на Дереве построения сечения Эскиз 1 и Эскиз 2. Командой *Нормально к* разверните плоскость XY параллельно экрану для того, чтобы переход между каркасными кривыми носовой и основной части был спроецирован без искажений. Переход поверхности в обоих сечениях формируется автоматически. Однако, для плавности перехода носовой и фюзеляжной части необходимо выполнить его нормально к сечениям, так же как и выполнен переход носовой части. Для этого на панели параметров выберите для Сечения 1 команду *Начальное сечение по нормали*. С той же целью выполните переход для Сечения 2 командой *Конечное сечение по нормали* (Рис.9). Завершите операцию.

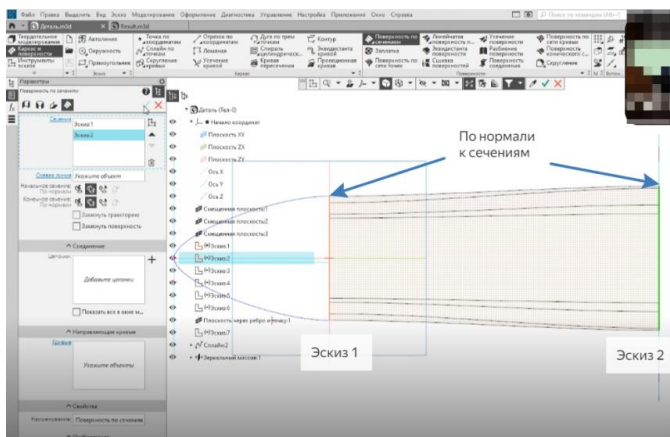


Рис. 9

Обеспечьте плавность сопряжения носовой и центральной поверхностей фюзеляжа на их границе (Рис. 10). Сопряжение происходит по трём направлениям кривых - верхняя кривая, описывающая кабину, нижняя и боковая кривые. под номером 1. Выделите цифру 1 на панели параметров в наборе *Сопряжение - Номер границы*.

Выберите боковую панель созданной поверхности, на панели параметров выберите *Условие примыкания - По касательной* (Рис. 10).

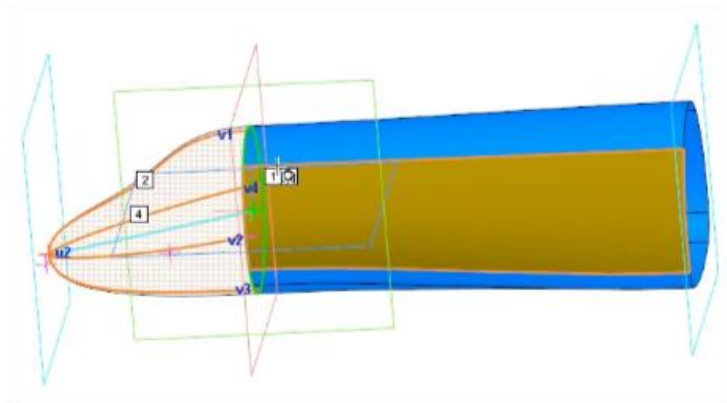
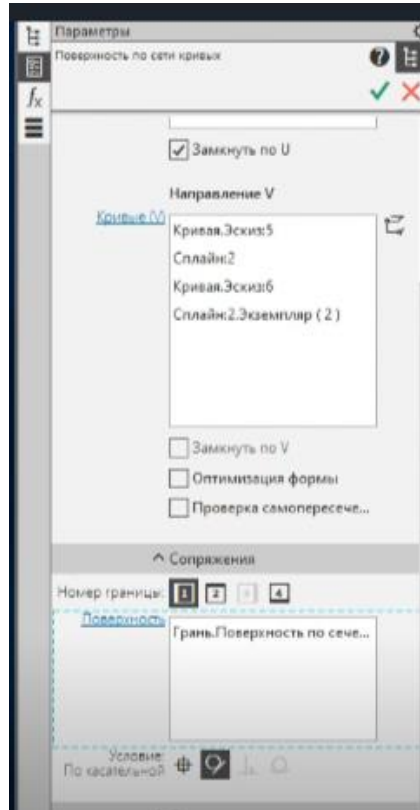




Рис. 10

1.4.3 Формирование поверхности хвостовой части фюзеляжа.

Поверхность формируется между Сечением 2 и Сечением 3. На панели **Поверхности** нажмите кнопку *Поверхность выдавливания* и выберите команду *Поверхность по сечениям*. Выделите левой клавишей мышки Эскиз 2 и точку на Эскизе 3, обозначающую окончание хвостовой части фюзеляжа.

Обеспечьте плавность перехода центральной и хвостовой поверхностей, задав на панели параметров *Начальное сечение по нормали*.

Придайте округлость фюзеляжу в конечной точке хвостовой части. Вызовите на Панели **Управления** команду *Конечное сечение Купол*, определите кривизну, установив *Коэффициентом 0,5*. Создайте объект , завершите операцию .

2. Построение твердотельной модели крыла.



Левая и правая консоль крыла симметрично расположены по отношению к плоскости симметрии фюзеляжа XZ. Поэтому для построения модели крыла достаточно построить одну из консолей и затем зеркально её отобразить.

2.1 Построение опорных плоскостей крыла.

Базовое сечение расположится в плоскости XZ. Командой *Смещённая плоскость* на панели **Вспомогательные объекты** расположите Смещённую плоскость 4 на расстоянии 60мм и Смещённую плоскость 5 на расстоянии 105мм от плоскости XZ. В этих плоскостях в дальнейшем расположатся профили крыла.

Создайте Смещённую плоскость 6, расположенную на 12мм выше плоскости XY. Эта плоскость определит положение крыла по высоте фюзеляжа.

2.2 Построение передней кромки крыла.

Создайте Эскиз на Смещённой плоскости 6. Командой *Спроецировать объект* спроецируйте на неё точку начала координат и Смещённую плоскость 5. Задайте произвольно переднюю кромку крыла командой *Отрезок* от точки на проекции Смещённой плоскости 5, вырожденной в прямую вспомогательную линию, до точки на трассировке от начала координат. Командой *Выравнивание* выставите на одной горизонтальной линии проекцию точки начала координат и точку отрезка на оси модели. Задайте линейный размер 36мм положения точки на трассировке и угловое положение направляющей передней кромки крыла относительно оси модели, составляющее 70° (Рис.11). Создайте объект , завершите операцию .

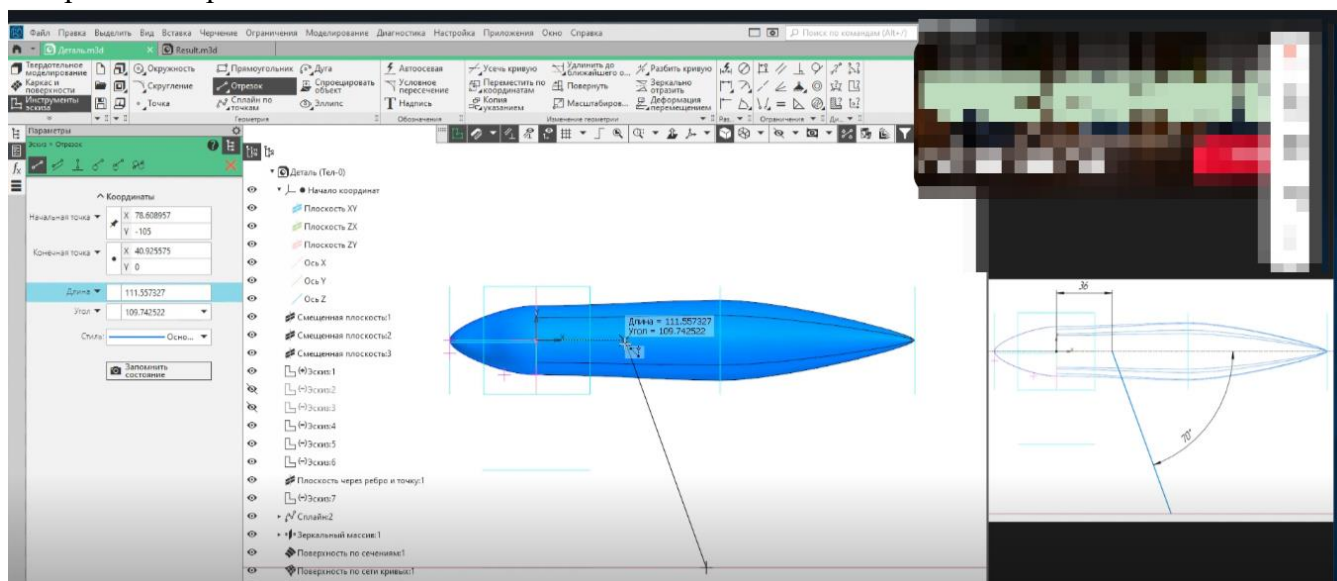


Рис.11

2.3 Определение положения профилей крыла по передней кромке.

Постройте точки пересечения опорных плоскостей с передней кромкой крыла. На панели **Каркас** выберите команды *Точка по координатам* - *Точка на пересечении*. Укажите на переднюю кромку и на одну из опорных плоскостей. Аналогично выполните построение точек пересечения второй опорной плоскости, плоскости XZ и передней кромки Рис.12.

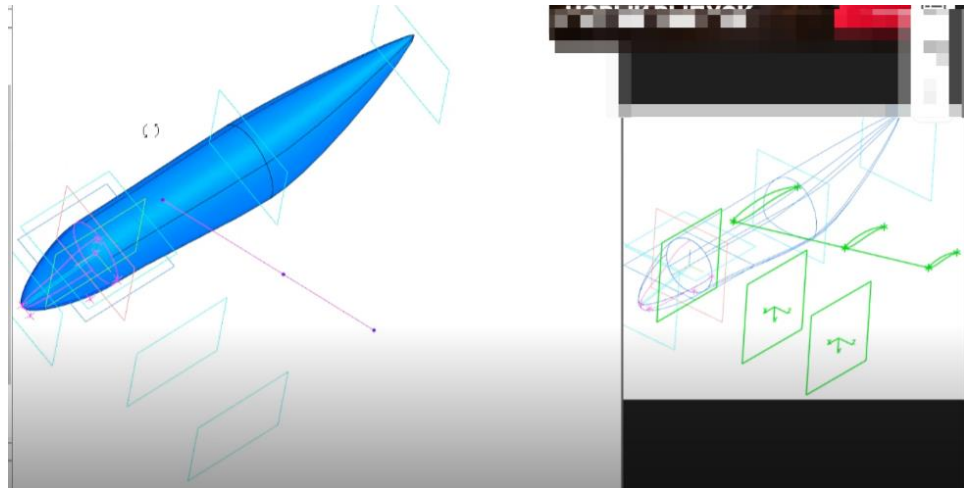


Рис. 12

2.4 Формирование профилей крыла.

Создайте документ **Фрагмент**. На панели **Быстрого доступа** включите *Параметрический режим*.

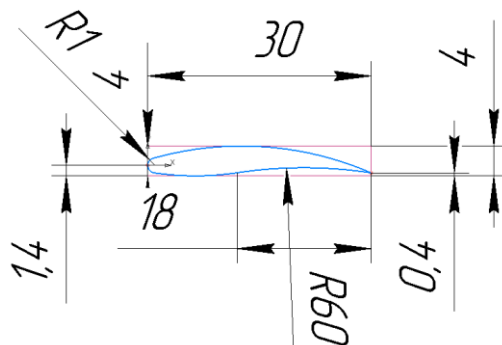


Рис. 13

2.4.1 Построение каркаса профиля крыла.

Установите опорную точку командой *Точка* и разместите её в начале координат.

Создайте прямоугольник произвольной формы и расположения, стиль линии *Вспомогательный*. Выровняйте по вертикальной линии одну из вершин левой стороны прямоугольника с опорной точкой в начале координат. Задайте размеры сторон прямоугольника 4мм и 30мм, соответствующие габаритным размерам профиля. Разместите прямоугольник таким образом, чтобы точка начала координат находилась примерно на середине короткой стороны. Определите положение нижнего левого угла на расстоянии 1,4мм от точки начала координат. Задайте положение ещё одной опорной точки каркаса профиля, определяющей положение «хвоста» профиля, на правой стороне прямоугольника командой *Точка*. Установите курсор на правой стороне прямоугольника в промежуточном положении между серединой стороны и нижним углом. Задайте размер от точки до нижнего угла 0,4мм.

2.4.2 Построение профиля крыла

Постройте носовую часть передней кромки. Командой *Дуга* постройте дугу радиусом $R1$ с центром на трассировке от начала координат. Выровняйте центр дуги и начало координат по горизонтальной прямой. Командой *Касание* разместите дугу по касательной к левой стороне прямоугольника.

Постройте «спинку» профиля. Командой *Дуга - Дуга по трём точкам* укажите последовательно опорную точку на носке, опорную точку на хвосте и промежуточную точку между ними в произвольном месте. Выполните командой *Касание* последовательно сопряжение сначала носка и спинки, спинки и верхней стороны прямоугольника.

Постройте нижнюю часть профиля. Она состоит из двух частей: выпуклой, от носка, и вогнутой, от хвоста профиля. Командой *Дуга - Дуга по трём точкам* постройте выпуклую дугу от носка до примерно середины нижней стороны прямоугольника, определив произвольно положение крайней точки внутри, а средней точки вне прямоугольного каркаса. Не прерывая команду постройте вогнутую часть.

Определите размер 18мм от хвоста до промежуточной точки профиля, в которой сопрягаются выпуклая и вогнутая кривые. Командой *Касание* задайте сопряжение носовой и выпуклой кривых, выпуклой кривой и нижней стороны прямоугольника, выпуклой и вогнутой кривых. Задайте радиус кривизны вогнутой кривой $R60$. Сохраните **Фрагмент** под именем «**Профиль крыла база**».

Откройте Окно Переменные, в котором отражены в табличном виде все размеры, заданные во Фрагменте. Замените числовые значения параметров габаритных размеров на переменные. Для этого значения 40 замените на **pv1**, нажмите Enter, и 4 замените на **pv2** - Enter. Переменные разместятся в новой таблице со своими текущими значениями. Изменение значений в таблице приведёт к изменению параметров графического изображения Фрагмента.

Для того, чтобы использовать параметры **pv1** и **pv2** в других приложениях, в первой колонке, нажав правую кнопку, объявите их «**Внешними**» (Рис. 14). Сохраните Фрагмент.

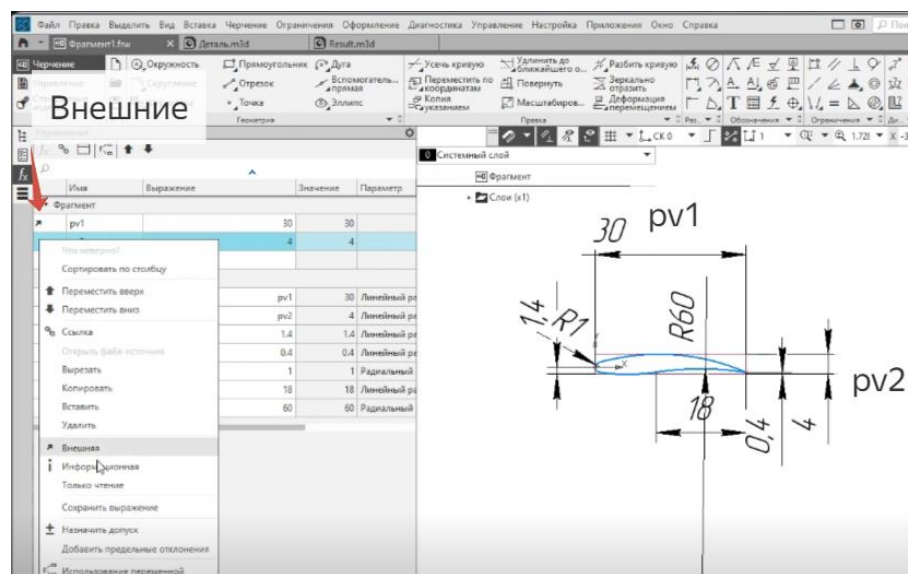


Рис. 14

2.4.3 Построение крыла.

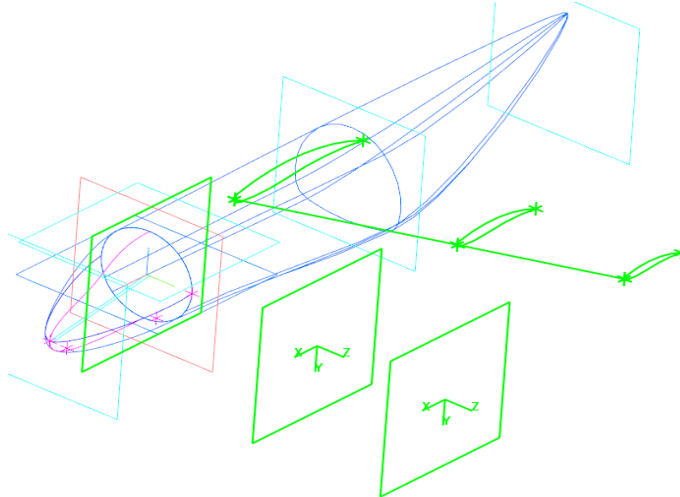


Рис. 15

2.4.3.1 Построение сечений крыла.

Перейдите в документ «Самолёт». На плоскости симметрии модели XZ создайте Эскиз. На панели **Быстрого доступа** переключитесь на каркасный режим командой *Каркас*. Командой *Спроецировать объект* выполните проецирование опорной точки носовой части корневого профиля на эскизную плоскость.

Вставьте Фрагмент профиля командой *Вставка* на Главном меню. Выберите файл «**Профиль крыла база**» и разместите его на свободном месте рабочего поля. Выполните привязку носка профиля и точки корневого сечения на передней кромке командой *Объединить точки* (Рис. 15).

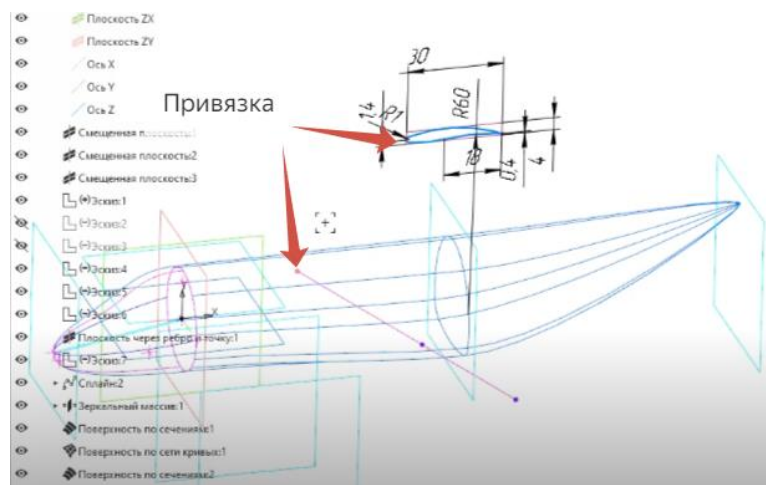


Рис. 15


Выполните редактирование Фрагмента открыв Окно Параметры, или дважды нажав на изображение Фрагмента, и изменив значение масштаба на 1,8. Корневое сечение крыла построено. Завершите Эскиз.

Аналогично выполните построение профиля в двух других опорных плоскостях, используя ту же последовательность построений:

1. Создайте Эскиз на плоскости построений.
2. Спроецируйте опорную точку носовой части профиля на плоскость построений.
3. Вставьте Фрагмент профиля, разместив его на рабочем поле.

4. Выполните привязку носка профиля и опорной точки.
 5. Выполните редактирование Фрагмента, задав масштабы 1,1 и 0,8 соответственно для Фрагмента на средней и концевой опорных плоскостях.
- Завершите построение сечений крыла.

2.4.3.2 Построение обшивки крыла.

На панели **Поверхность** вызовите команды *Поверхность выдавливания* - *Поверхность по сечениям*. Выберите последовательно профиль в концевом сечении затем профиль в среднем сечении и профиль в корневом сечении. Создайте объект  (Рис. 16).

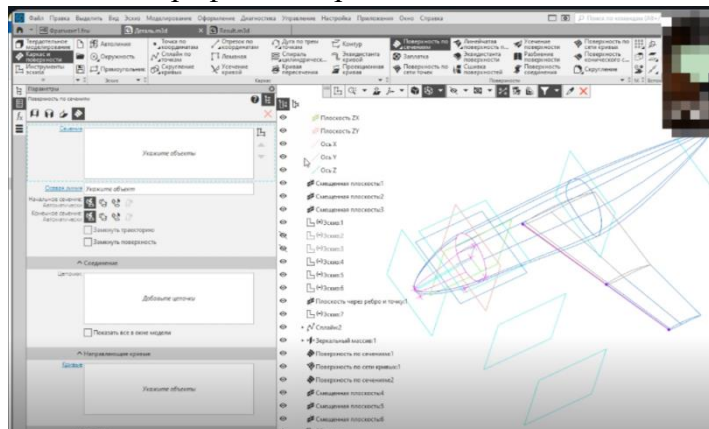





Рис. 16

На панели **Быстрого доступа** переключитесь в режим *Полутонное с каркасом*. Получен вид поверхности модели.

На панели **Управления** параметрами переключитесь на *Структурное представление*. Все созданные поверхности отражены на панели параметров. Видимостью каждой из них можно управлять. Построенная поверхность крыла представляет собой пустотелую оболочку, не замкнутую по торцам со стороны корневого и концевого сечений. Выполните замыкание оболочки на концевом сечении. На панели **Поверхности** выберите команду *Заплата*, укажите линии контура концевого сечения. Создайте объект . Завершите операцию .

Построенная поверхность модели не является цельной, а состоит из отдельных, не связанных частей. В следствии этого, изменение какого-либо параметра в одной из секций обшивки не будет распространяться на изменение того же параметра других секций одной и той же конструкции (например, крыла или фюзеляжа).

Для придания свойства целостности конструкции крыла и фюзеляжа вызовите команду *Сшивка поверхностей*, укажите поверхности левой консоли крыла, Создайте объект  (Рис. 17).

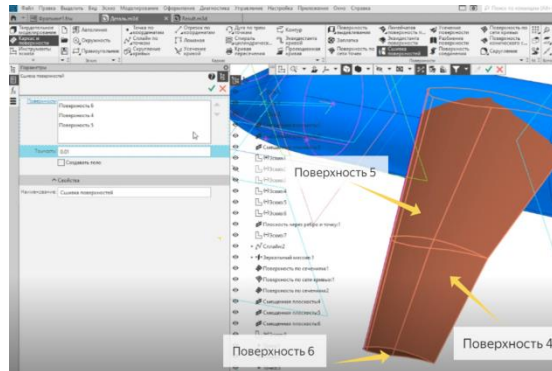




Рис. 17

Не прерывая команды укажите поверхности фюзеляжа - носовую с расположением в ней кабины, центральную и хвостовую (Рис. 18). Создайте объект . Завершите операцию . В структуре модели останется две поверхности - фюзеляжа и левой консоли крыла.

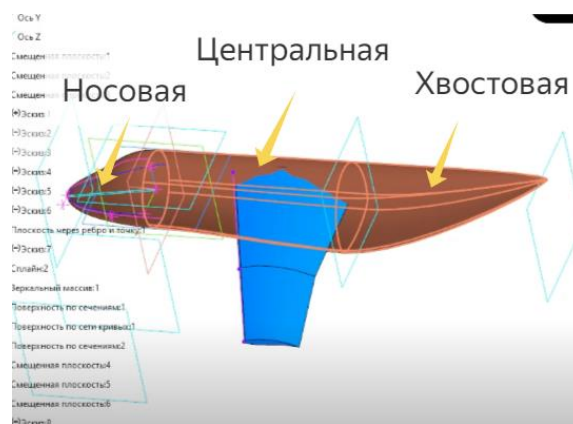








Рис. 18

Постройте правую консоль крыла, используя для этого инструменты для зеркального отображения. На панели **Поверхности** вызовите команды *Массив по сетке - Зеркальный массив*, укажите поверхность левой консоли крыла. На панели **Управления** выделите поле *Плоскость*, укажите плоскость симметрии XZ. Создайте объект . Завершите операцию .

Объедините поверхности левой и правой консолей. Вызовите команду *Сшивка поверхностей*, укажите поверхности обеих консолей крыла. Создайте объект . Завершите операцию .



Построенные поверхности крыла и фюзеляжа не объединены в общую конструкцию самолёта. Для объединения поверхностей необходимо их усечь в местах сопряжения и сшить.

Усеките крыло в местах сопряжения с фюзеляжем. Вызовите команду *Усечение поверхности*, укажите все поверхности крыла, примыкающие к фюзеляжу. Они обозначатся в окне *Грани поверхности*. Перейдите в окно *Секущий объект*. Укажите все поверхности фюзеляжа, примыкающие к крылу. Команда *Сменить направление* на панели **Управления** позволяет выбрать ту часть крыла, которую нужно оставить после усечения. Выберите

усечение поверхности крыла внутри фюзеляжа. На панели **Управления** сделайте активной клавишу *Усечение исходной поверхности*. Создайте объект . Завершите операцию .

Аналогично усеките фюзеляж в местах примыкания крыла:

1. Вызовите команду *Усечение поверхности*.
2. Укажите все поверхности фюзеляжа, примыкающие к крылу. Они обозначатся в окне *Грани поверхности*.
3. Перейдите в окно *Секущий объект*. Укажите все поверхности крыла, примыкающие к фюзеляжу.
4. Команда *Сменить направление* на панели **Управления** выберите усечение фюзеляжа внутри крыла. На панели **Управления** сделайте активной клавишу *Усечение исходной поверхности*.

Сшивка крыла и фюзеляжа выполняется командой *Сшивка поверхностей* с указанием любой грани на фюзеляже и крыле. Создайте объект . Завершите операцию . Создание единой поверхности фюзеляжа и крыла завершено.

3. Построение кия.

Последовательность построения кия аналогична той, что использовалась для построения крыла.

Постройте две вспомогательные плоскости по высоте кия, расположенные на расстояниях 18,4мм - плоскость корневого сечения и 50 мм - плоскость концевого сечения кия относительно плоскости XY, используя команду *Смещённая плоскость* (Рис. 19).

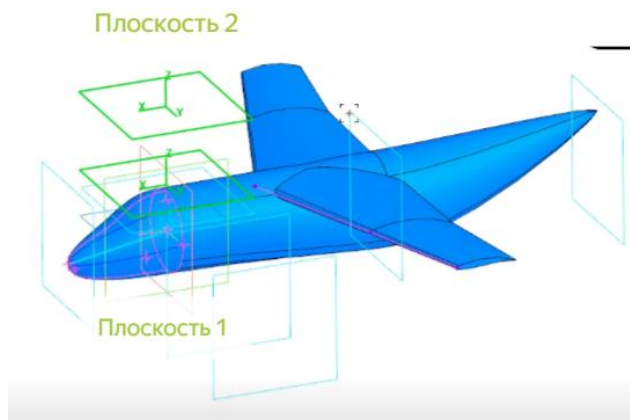


Рис. 19

3.1 Построение базового профиля сечения кия.

Для построения профиля сечения кия создайте документ *Фрагмент*. Выберите команду *Точка*, разместите курсор в начале координат и привяжите к нему базовую точку, нажав левую клавишу мыши. Создайте прямоугольник, стиль линии *Вспомогательная*, произвольной формы вблизи точки привязки. Создайте вспомогательную точку и разместите её на середине левой стороне прямоугольника. Выберите команду *Объединить точки* и укажите на базовую и вспомогательную точки. Используя команду *Линейный размер*, установите габаритные размеры прямоугольника 6мм по высоте и 38мм по ширине.

Профиль сечения кия имеет симметричную форму относительно его продольной оси (Рис. 20).

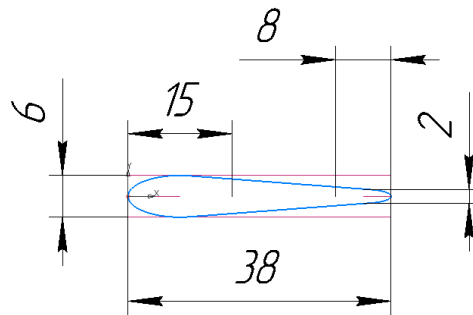


Рис. 20

Поэтому для его формирования выполните построением двух эллипсов командой *Эллипс* с центрами осей, расположенными на средней линии прямоугольника, проходящей через вспомогательную точку. Первый эллипс выполните с размером малой оси, большим, чем высота прямоугольника. Второй эллипс выполните с размерами меньшими, чем габаритные размеры прямоугольника. Командой *Авторазмер* установите длину больших осей эллипсов 15 мм и 8 мм, и 2 мм длину малой оси малого эллипса (Рис. 21).

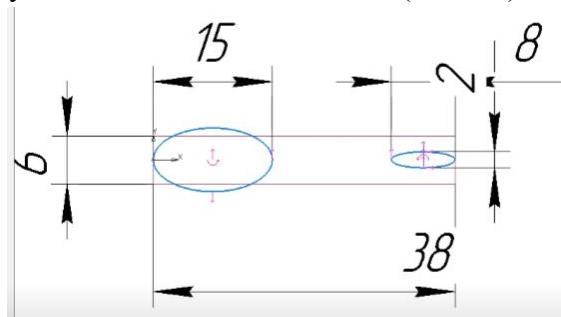


Рис. 21

Длина малой оси большого эллипса должна быть равна длине короткой стороны прямоугольника. При этом кривые эллипса будут располагаться по касательной к длинным сторонам прямоугольника. Командой *Касание*, укажите эллипс и верхнюю длинную сторону прямоугольника. Верхняя дуга эллипса расположилась по касательной к стороне прямоугольника, но при этом сместились оси эллипса. Вызовите команду *Выравнивание*, укажите обе вершины малой оси и вертикальную линию. В результате обе вершины расположатся на одной вертикальной прямой, а дуги эллипса, проходящие через них, расположатся по касательной к длинным сторонам прямоугольника (Рис. 22).

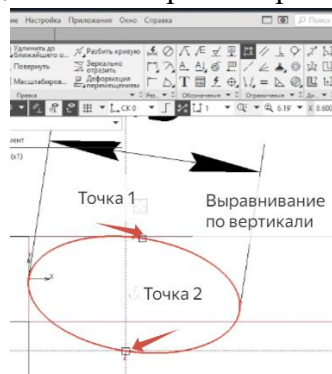


Рис. 22

Не отменяя команду *Выравнивание*, установите центр малого эллипса и базовую точку по одной горизонтали, последовательно указывая обе точки и горизонтальную линию. Оба эллипса соедините боковыми сторонами, расположенными по касательной в ним. Командой *Отрезок* создайте два отрезка, расположенных вне длинных сторон прямоугольника под некоторым углом к ним. Отрезки должны быть расположены по касательной к обоим эллипсам. Вызовите команду *Касание*, укажите последовательно эллипс и отрезок. Повторите построение для каждого эллипса и обоих отрезков. Чтобы точки касания отрезков и эллипсов были общими, вызовите команду *Объединить точки - Точка на кривой* и укажите концы отрезков и эллипсы (Рис. 23).




Рис. 23

Командой *Усечь кривую* удалите дуги эллипсов, расположенные внутри профиля. В результате построений возможно нарушение симметрии эллипсов. Для проверки и возможной коррекции вызовите команду *Выравнивание* и укажите на точки окончания малой оси большого эллипса и вертикальную линию. Сохраните Фрагмент под именем **«Профиль киля база»**.

3.2 Построение каркаса киля.

Задача - расположить контуры киля во вспомогательных плоскостях корневого и концевого сечений.

Перейдите в файл «Фюзеляж». Корневое сечение киля располагается в вспомогательной плоскости *Смещённая плоскость*. Постройте на ней Эскиз. Выполните вставку Фрагмента «Профиль киля база». Выставьте фрагмент на монтажную ось модели : *Выравнивание - точка на носке фрагмента - точка проекции начала координат*. Для удобства построения перейдите в каркасное изображение, вызвав команду *Каркас* на панели **Быстрого доступа**. Задайте расположение носка контура корневого сечения киля от начала координат на расстоянии 132мм. Создайте объект . Завершите операцию Эскиз (Рис. 24).

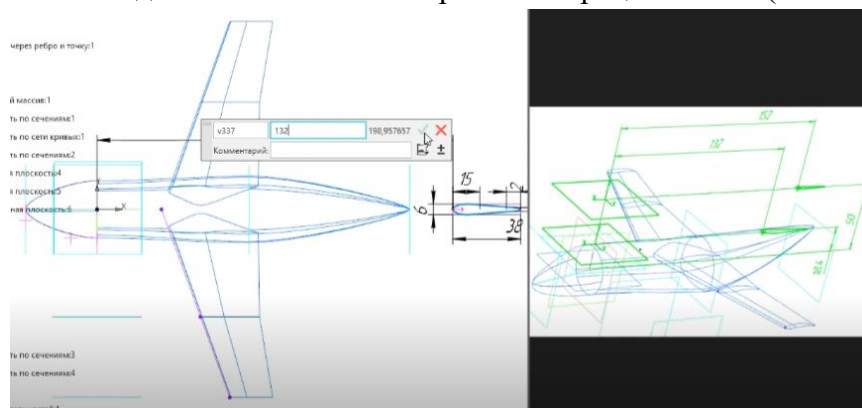



Рис. 24

Аналогично вставьте фрагмент на плоскость концевого сечения кия. Измените геометрические параметры фрагмента. Откройте фрагмент для редактирования двойным щелчком, установите значение масштаба 0,6. Расположите его от начала координат на расстоянии 152 мм. Создайте объект . Завершите операцию Эскиз (Рис. 25).

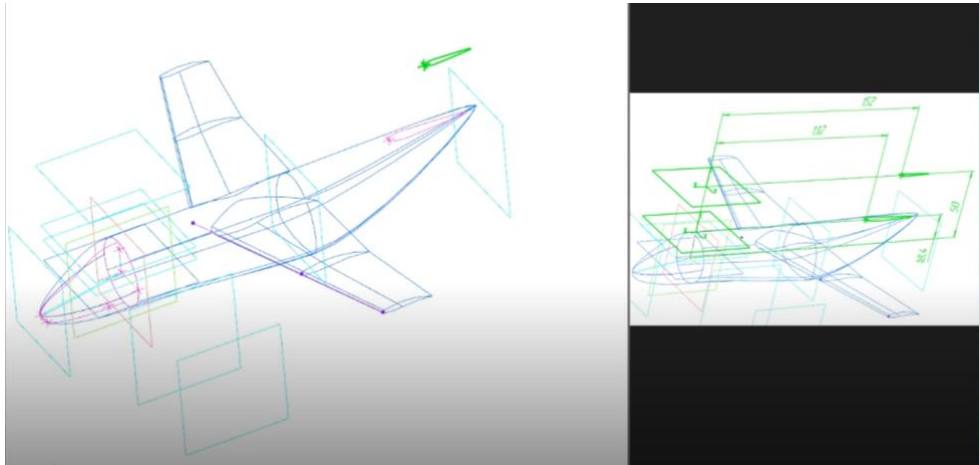








Рис. 25

Соедините оба сечения поверхностью. Откройте группу команд *Поверхность выдавливанием - Поверхность по сечениям*, укажите последовательно оба сечения. Создайте объект . Завершите операцию .



3.3 Соединение объединённых поверхностей кия и фюзеляжа.

Для соединения поверхностей кия и фюзеляжа необходимо выполнить ряд операций по вырезанию поверхностей по контуру их соединения. Перейдите из каркасного отображения модели в полутонное, нажав на панели Быстрого доступа кнопку *Полутонное с каркасом*.



Выполните усечение кия. Вызовите команду *Усечение поверхности*, обозначьте все поверхности кия, пересекающиеся поверхностью фюзеляжа. Они отобразятся в окне *Грани поверхности*. Затем на панели **Управления** сделайте активным *Секущий объект*. Обозначьте верхнюю поверхность фюзеляжа, пересекающую поверхность кия. Переключитесь на панели **Управления** на режим *Исходной поверхности*. Создайте объект . Завершите операцию .

Выполните усечение фюзеляжа. Вызовите команду *Усечение поверхности*, обозначьте верхний сектор поверхности фюзеляжа, пересекающиеся поверхностью кия. Затем на панели **Управления** сделайте активным *Секущий объект*. Обозначьте все поверхности кия, пересекающую поверхность фюзеляжа. Переключитесь на панели **Управления** на режим *Исходной поверхности*. Создайте объект . Завершите операцию .

Объедините поверхности фюзеляжа и кия. Вызовите команду *Сшивка поверхностей*. Укажите поверхности фюзеляжа и кия. Вызовите команду *Усечение поверхности*, обозначьте все поверхности кия, пересекающиеся поверхностью фюзеляжа. Они отобразятся в окне *Грани поверхности*. Затем на панели **Управления** сделайте активным *Секущий объект*. Обозначьте верхнюю поверхность фюзеляжа, пересекающую

поверхность кия. Переключитесь на панели **Управления** на режим *Исходной поверхности*. Создайте объект . Завершите операцию  ...

4.Создание стабилизатора



Стабилизатор создаётся в той же последовательности, что и крыло. Корневое сечение стабилизатора находится в базовой плоскости XZ. Концевое сечение стабилизатора находится во вспомогательной плоскости, расположенной на расстоянии 42 мм от плоскости XZ. Постройте вспомогательную плоскость «*Смещённая плоскость 9*» с использованием команды *Смещённая плоскость*. Создайте объект . Завершите операцию .

4.1 Построение корневого профиля сечения стабилизатора.

Создайте Эскиз на плоскости XZ модели. Переключитесь на *Каркас* на панели **Быстрого доступа**, для удобства построения.

Выполните вставку Фрагмента с профилем крыла - файл **Профиль крыла база**. Разместите профиль на свободном месте рабочей области в конкурентной по отношению к профилю концевое сечения стабилизатора позиции. Выполните позиционирование профиля и оси симметрии концевое сечения стабилизатора. Для этого:

1. Спроецируйте носок эллипса концевое сечения стабилизатора на плоскость XZ. Измените стиль линии на - *Тонкая*.
2. Командой *Выравнивание* совместите точку на носке профиля крыла и точку на носке концевое профиля стабилизатора для их совмещения по горизонтальной линии.
3. Установите линейный размер 2,2 мм между этими точками.

Позиционирование корневого профиля стабилизатора завершено. Создайте объект . Завершите операцию  (Рис. 26).

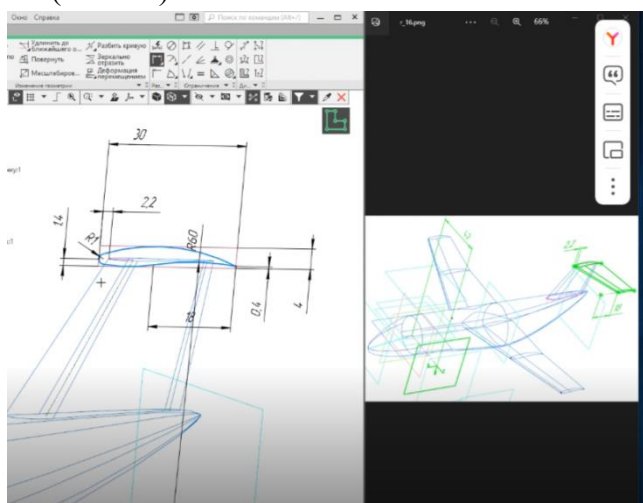


Рис. 26

4.2 Построение концевое профиля сечения стабилизатора.

Создайте Эскиз на вспомогательной *Смещённой плоскости*. Для удобства построения переключитесь на *Каркас* на панели **Быстрого доступа**.

Выполните вставку Фрагмента с профилем крыла - файл **Профиль крыла база**. Для обеспечения возможности взаимного позиционирования концевой и корневой профилей спроецируйте носовую часть профиля корневого сечения на ту же вспомогательную *Смещённую плоскость*. Разместите профиль концевой сечения позади корневого профиля. Выровняйте профили по горизонтальной оси, используя опорные точки на носках профилей. Расположите носок концевой профиля на расстоянии 18 мм от носка корневого профиля (Рис. 27).

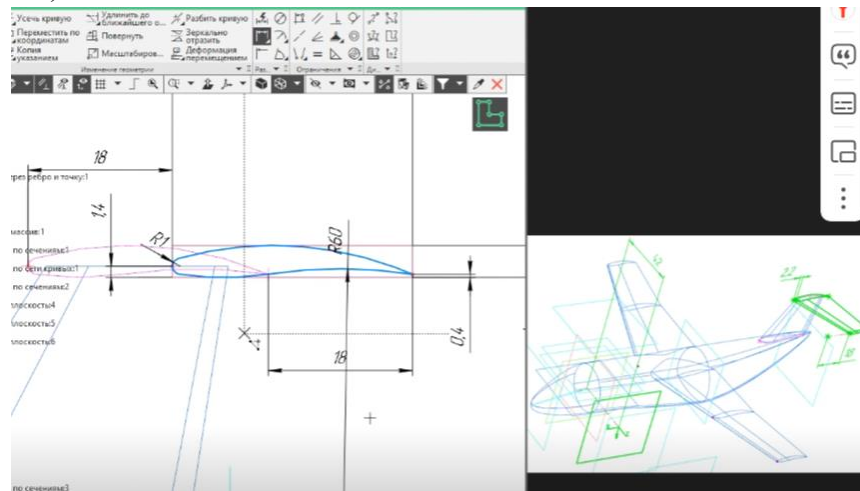


Рис. 27

Геометрические параметры концевой профиля меньше параметров корневого профиля. Для изменения параметров контура концевой сечения дважды нажмите на его изображение и установите на **Панели управления** масштаб равный 0,6. Создайте объект . Завершите операцию .

4.3 Построение поверхности стабилизатора.

Вызовите команду *Построение по сечениям*, укажите профили концевой и корневого сечений. Создайте объект . Завершите операцию . Получена замкнутая поверхность с открытыми по контурам профилей торцами.

Вызовите команду *Заплата* и укажите контур концевой сечения. Создайте объект . Завершите операцию .



Вызовите команду *Сшивка поверхностей*. Укажите поверхность, на которой выполнена «Заплатки» и поверхность стабилизатора. Создайте объект . Завершите операцию . Построена поверхность левой консоли стабилизатора.



Поверхность правой консоли стабилизатора постройте, вызвав команду *Массив по сетке - Зеркальный массив*. Выделите поверхность левой консоли стабилизатора и плоскость XZ, относительно которой будет выполнено копирование. Создайте объект . Завершите операцию .

Соедините поверхности консолей в единую поверхность стабилизатора. Вызовите команду *Сшивка поверхностей*, укажите левую и правую консоли. Создайте объект . Завершите операцию .



4.4 Создание объединённой поверхности кия и стабилизатора

Для соединения поверхностей кия и стабилизатора необходимо выполнить ряд операций по вырезанию поверхностей по контуру их соединения. Перейдите из каркасного отображения модели в полутонное, нажав на панели Быстрого доступа кнопку *Полутонное с каркасом*.

Выполните усечение стабилизатора. Вызовите команду *Усечение поверхности*, обозначьте все нижние поверхности стабилизатора, пересекающиеся поверхностью кия. На панели **Управления** они отобразятся в окне *Грани поверхности*. Затем сделайте активным *Секущий объект*. Обозначьте поверхности кия, которыми будет усечена поверхность стабилизатора. Они отразятся в окне *Секущий объект*. Командой *Сменить направление* оставьте внешнюю сторону поверхности стабилизатора. При этом отсекается часть поверхности стабилизатора внутри контура пересечения с килем. **Результат усечения** выберите - *Усечение исходной поверхности*. Создайте объект . Завершите операцию .

Выполните усечение кия. Вызовите команду *Усечение поверхности*. Обозначьте поверхности кия, пересекающиеся с поверхностью стабилизатора. На панели **Управления** они отобразятся в окне *Грани поверхности*. Затем сделайте активным *Секущий объект*. Обозначьте нижнюю поверхность стабилизатора, с которой пересекаются поверхности кия. Командой *Сменить направление* оставьте внешнюю сторону поверхности кия. **Результат усечения** выберите - *Усечение исходной поверхности*. Создайте объект . Завершите операцию .

4.5 Создание объединённой поверхности стабилизатора с килем.

Вызовите команду *Сшивка поверхностей*. Укажите поверхность стабилизатора и кия. Создайте объект . Завершите операцию .
Получено изображение поверхности с «нулевой толщиной».

5. Создание твердотельной модели самолёта.

На панели **Набора инструментов** выберите *Твердотельное моделирование*. Создайте Эскиз на плоскости XY. При этом изображение модели развернётся в проекции *Вид сверху*. Создайте прямоугольник, стиль линии Основная. Длинная сторона прямоугольника должна превышать продольный габаритный размер модели .

Выводите по горизонтали нижнюю сторону прямоугольника и продольную ось модели командой *Выравнивание*, указав вершину прямоугольника и центр координат (Рис. 28) .

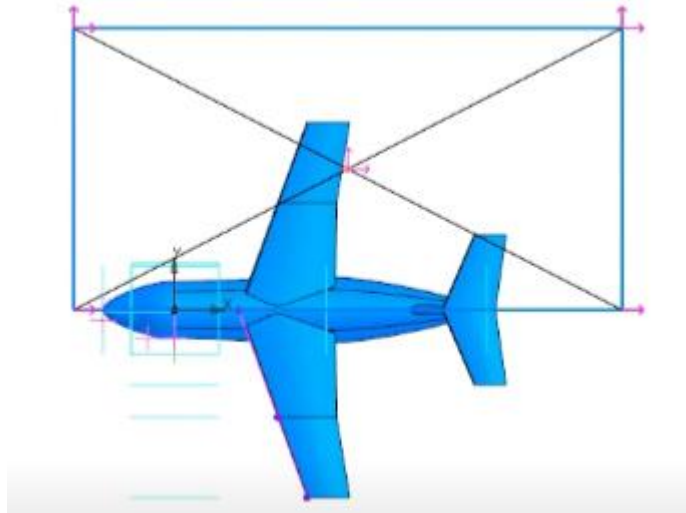


Рис. 28

Постройте прямоугольный параллелепипед по эскизу прямоугольника, в который полностью вписывается половина модели по трём координатам X, Y, Z. Вызовите команду *Элемент выдавливания*, на панели *Управление параметрами* переключитесь на режим симметрии, захватите левой клавишей мышки ребро параллелепипеда и установите размер, превышающий габаритные размеры модели. Создайте объект . Завершите операцию (рис. 29, 30).

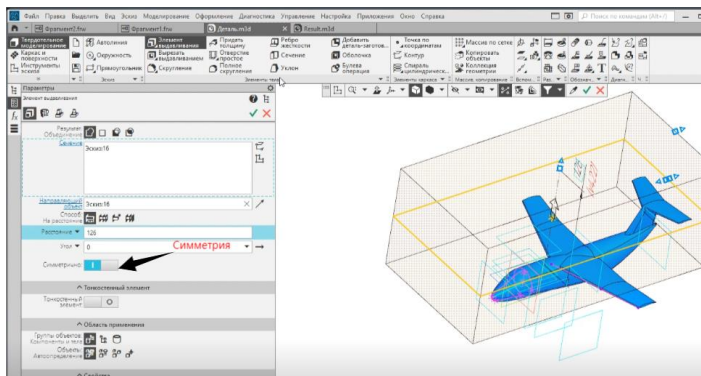


Рис. 29

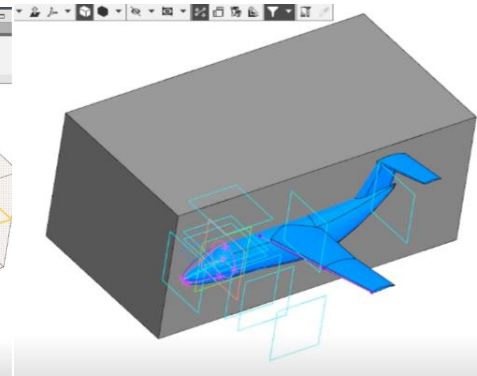


Рис. 30

В полученном твердотельном параллелепипеде вырежьте модель самолёта. Выберите команду *Разрезать* на панели *Элементы тела*. Секущим объектом определите всю поверхность фюзеляжа из *Структуры модели* - *Поверхность 2*. В качестве объектов, которые будут подвергаться резке, в *Области применения* в окне *Группа объектов* выберите *Тела*, в окне *Объекты* - *Выбранные объекты* и укажите в *Структуре модели* *Тело 1* - построенный ранее параллелепипед. Создайте объект . Поставьте «флажок» *Оставить всё*. Завершите операцию (Рис. 31).

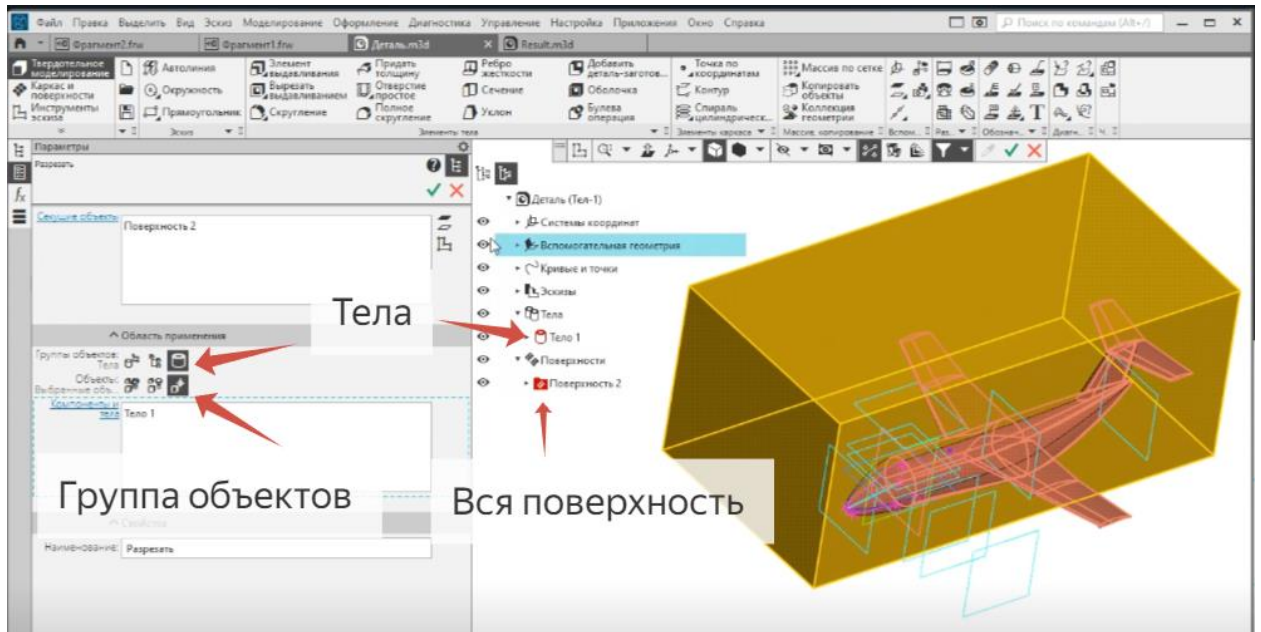


Рис. 31

Откройте структуру модели. Скройте видимость Поверхностей. *Тело 2* представляет собой матрицу для твердотельной копии. *Тело 3* - половина твердотельной модели (Рис.32, 33)

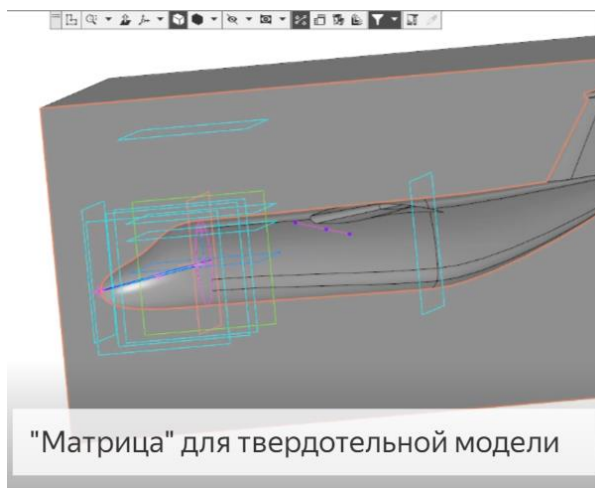


Рис. 32

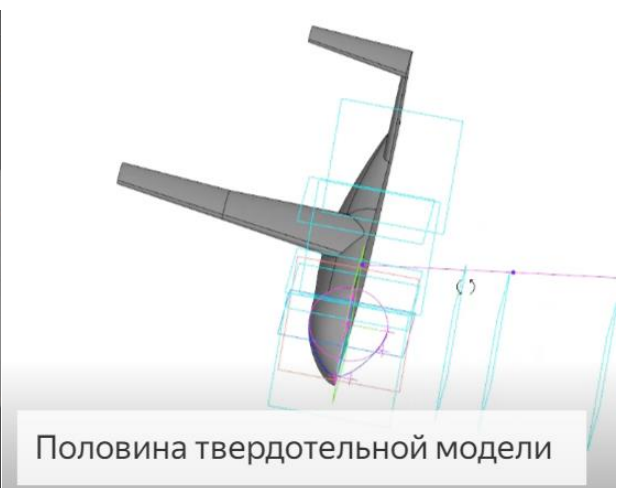


Рис. 33

Для получения полной модели выполните зеркальное копирование командой *Массив по сетке - Зеркальный массив*, выберите *Тело 2*. Активируйте окно *Плоскость* на панели **Управления**, укажите плоскость XZ (Рис. 34).

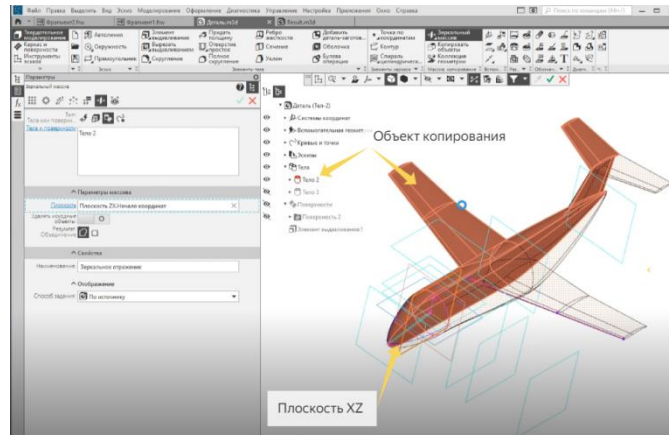


Рис. 34

Создайте объект  . Завершите операцию  .

5. Создание аэродинамического буля на стабилизаторе.

Буль имеет эллиптическую форму. Расположен на стыке стабилизатора и киля. Создайте Эскиз на плоскости XZ - плоскости продольной симметрии фюзеляжа. Для создания опорной геометрии, необходимой для построения эскиза буля, спроецируйте место стыка передних кромок левой и правой консолей стабилизатора на плоскость Эскиза (Рис. 35).

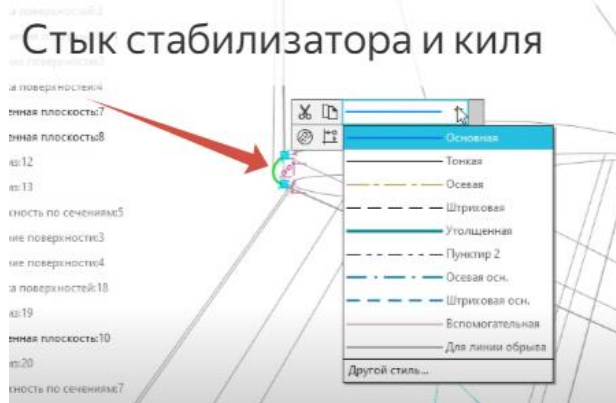


Рис. 35

Измените стиль линии стыка на вспомогательный. Перейдите в *Каркасный режим*, вызвав команду *Каркас* на панели **Быстрого доступа**. Командой *Нормально к...* установите Эскиз параллельно плоскости экрана. Постройте эллипс с центром на средней линии контура корневого сечения (используйте привязку *Центр*). Размер малой и большой диагоналей эллипс должны превышать габаритные размеры сечения. Командой *Отрезок* постройте большую диагональ. Командой *Усечь кривую* усеките нижнюю часть эллипса (рис. 36).

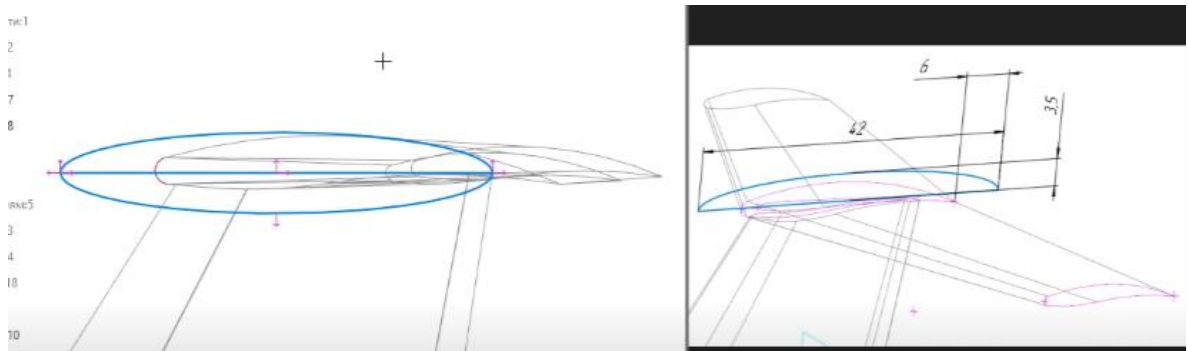




Рис. 36

Командой *Авторазмер* выставьте длину большой диагонали 42 мм, половину длины малой диагонали 3,5 мм. Выровняйте по горизонтальной линии центр эллипса и центр радиуса проекции носка корневого профиля.

Выполните позиционирование эллипса по отношению к корневому сечению. Задайте расстояние от окончания хвостовой части корневого сечения до правой оконечности большой диагонали эллипса равным 6 мм. Построение контура буля завершено. Создайте объект . Завершите операцию  Выйдите из Эскиза. Сформируйте контур по эскизу буля. Вызовите команду *Контур*, укажите эскиз буля (Рис. 37).

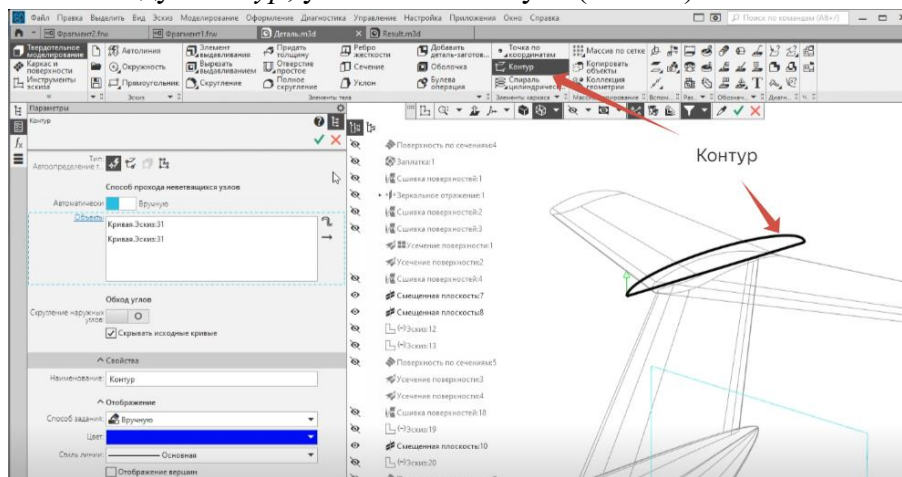









Рис. 37

Вызовите команду *Выдавливание вращением* из группы команд *Элемент выдавливания*. Укажите в качестве *Сечения* эллиптическую кривую контура, в качестве *Оси* - большую ось эллипса. В качестве *Результата* выберите *Объединение*. Создайте объект . Завершите операцию . Перейдите от *Каркасного* в *Полутоновое* изображение.

6. Сопряжение поверхностей.

Для придания аэродинамически выгодной формы в местах сопряжения поверхностей выполните скругления. Вызовите команду *Скругление*. Сделайте активным переключатель *По касательным рёбрам* для выделения полного замкнутого контура. Выполните скругления:

- передней кромки крыла. Установите радиус сопряжения 10 мм, выделите контур среднего сечения на левой и правой консолях крыла. Создайте объект  ;
- задней кромки крыла. Установите радиус сопряжения 0,4 мм. Создайте объект  ;
- в местах сопряжения консолей крыла и фюзеляжа радиусом 1 мм. Создайте объект  ;
- задней кромки стабилизатора радиусом 0,3 мм. Создайте объект  ;
- передней кромки стабилизатора радиусом 0,3 мм;
- в местах сопряжения стабилизатора и бульба по замкнутому контуру радиусом 1 мм;
- в местах сопряжения киля с фюзеляжем и бульбом радиусом 1 мм;
- по кромкам концевых сечений крыла и стабилизатора радиусом 0,3 мм.

Завершите операцию .

На панели Быстрого доступа скройте вспомогательную геометрию, отключите отображение режима *Каркас*.
Создана 3D модель самолёта.

