

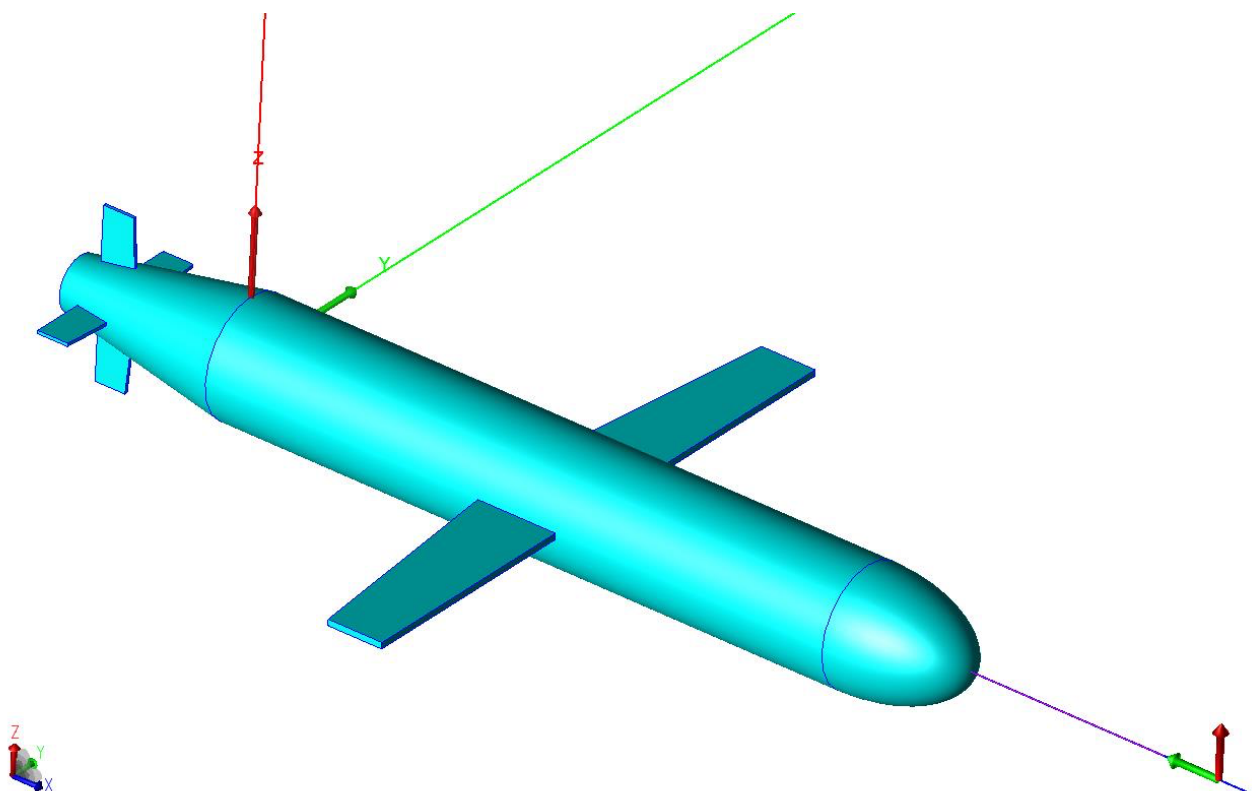
3. Расчет ЭПР крылатой ракеты

Цель: рассчитать моностатическую эффективную площадь рассеяния (ЭПР) крылатой ракеты с использованием волнового возбуждения.

Результаты: Диаграмма направленности.

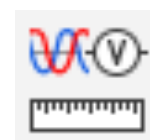
Частотный диапазон: 1 ГГц

Модель крылатой ракеты показана на рисунке.



Настройка проекта

- Перейдите во вкладку **Configure/Settings/Units** и установите следующие параметры:



Frequency to GHz (частота в Гигагерцах)

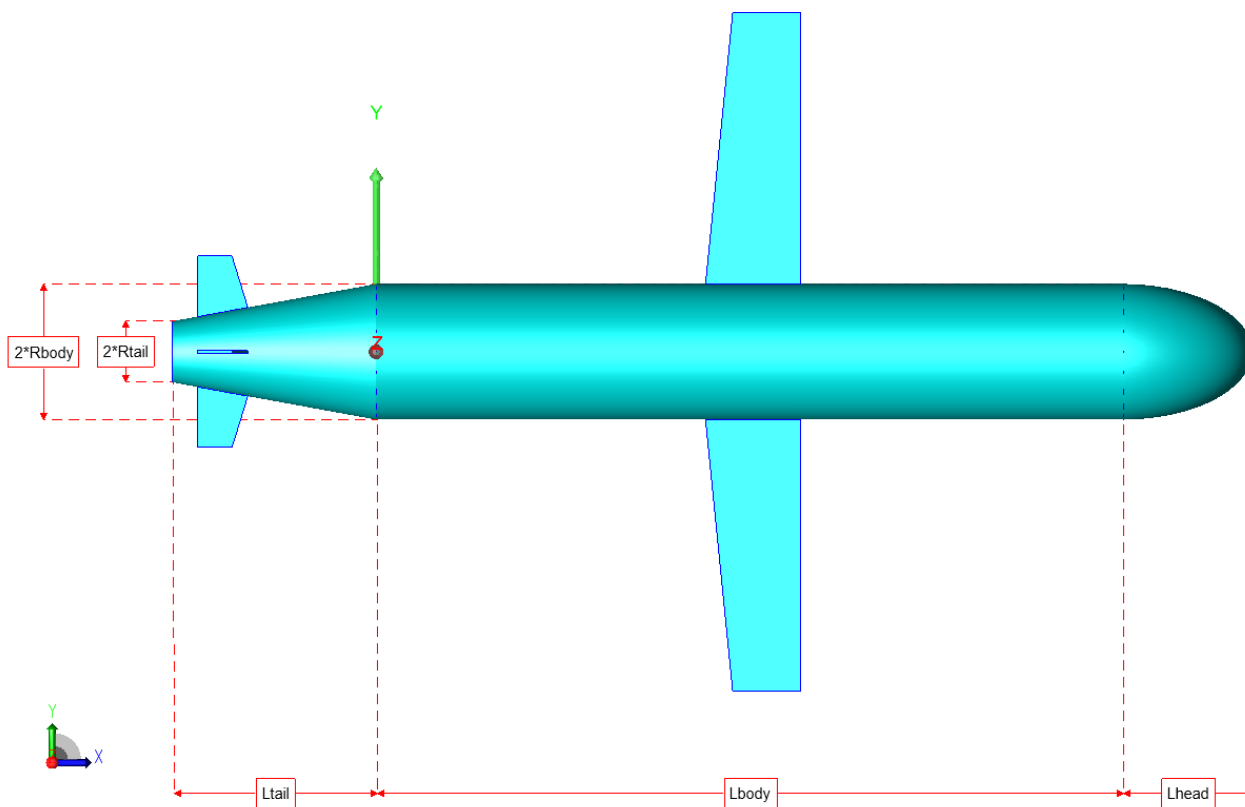
Length/Coordinate to Meter (длина/сетка в Метрах)

Wire Radius to Millimeter (радиус проводника в Метрах)

Voltage to V (напряжение в Вольтах)

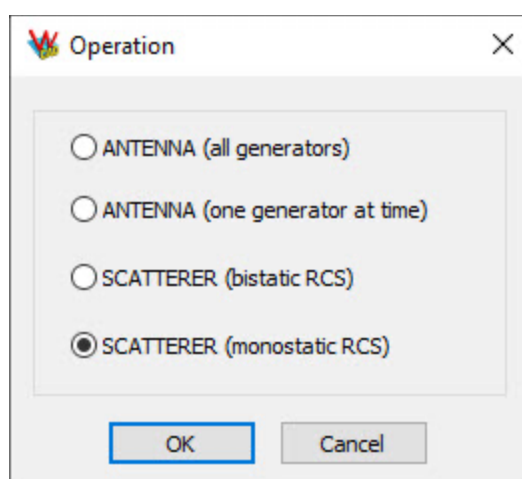
Field to V/m (поле в Вольт / метр)

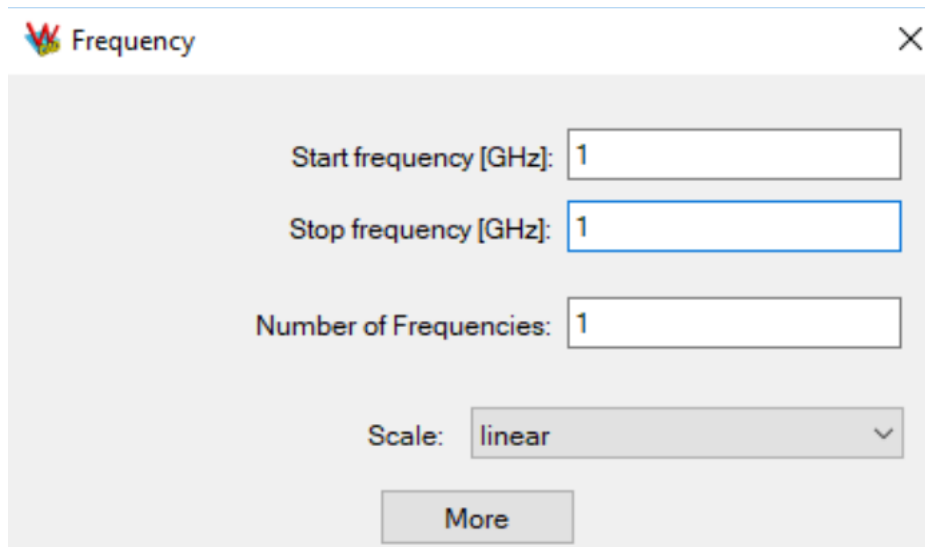
Размеры модели показаны на рисунке ниже.




Шаг 1. Настройка проекта

- Задайте режим работы **Operation** () и частоту **Frequency** () как показано ниже:





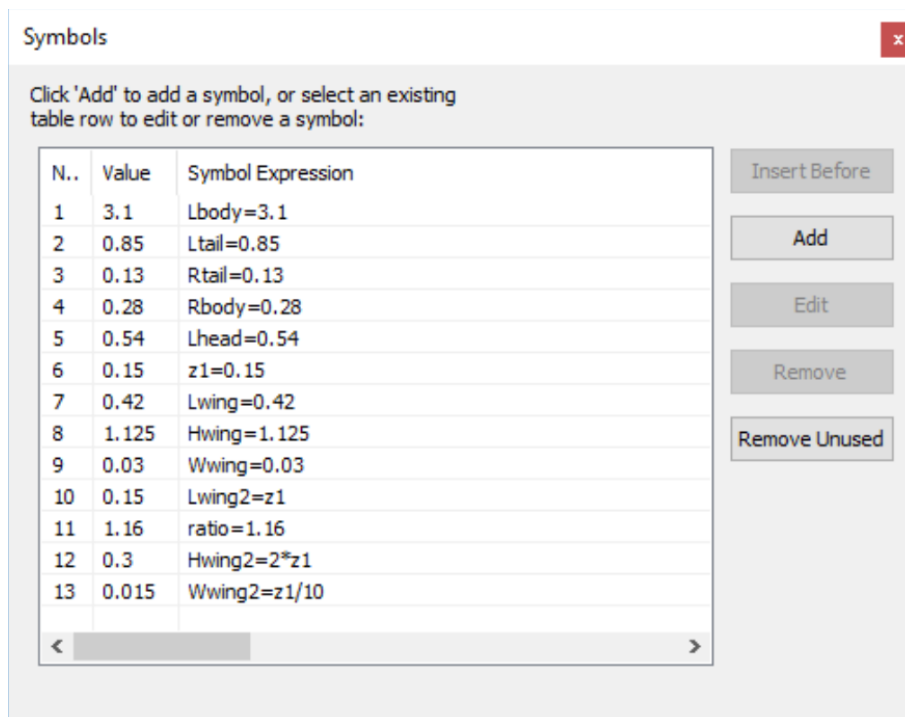
Шаг 2. Настройка переменных

- Задайте размеры конструкции в виде переменных. Вставьте необходимые переменные в таблицу **Symbols** (**Edit - Symbols** или ):

- **Lbody** – длина корпуса ракеты ($L_{body} = 3.1$ m)
- **Ltail** – длина хвостовой части ракеты ($L_{tail} = 0.85$ m)
- **Rtail** – радиус хвостовой части ($R_{tail} = 0.13$ m)
- **Rbody** – радиус корпуса ракеты ($R_{body} = 0.28$ mm)
- **Lhead** – длина головной части ракеты ($L_{head} = 0.54$ m)


Добавьте вспомогательные переменные:

- $z1 = 0.15$
- $L_{wing} = 0.42$
- $H_{wing} = 1.125$
- $W_{wing} = 0.03$
- $L_{wing2} = z1$
- $ratio = 1.16$
- $H_{wing2} = 2 * z1$
- $W_{wing2} = z1/10$

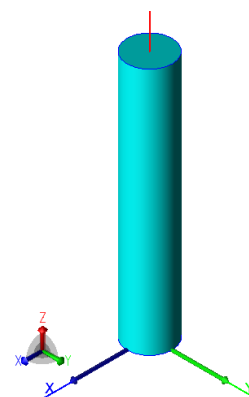


Шаг 3: Создание корпуса, головной и хвостовой части ракеты

Корпус ракеты создадим с помощью цилиндра **Cylinder**, хвостовую часть создадим с помощью конуса **Cone**, а головную часть ракеты с помощью сферы **Sphere** и операции масштабирования **Scale**.

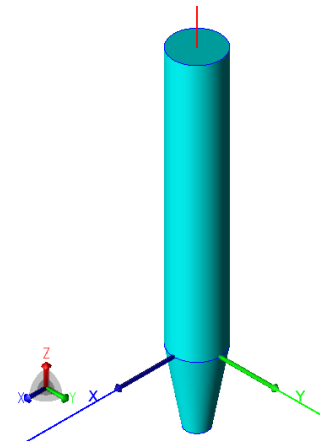
Создайте корпус ракеты. В диалоговом окне **Construct** выберите **Cylinder** () используя следующие параметры:

- Центр цилиндра: **(0,0)**
- Радиус цилиндра: **Rbody**
- Высота цилиндра: **Lbody**



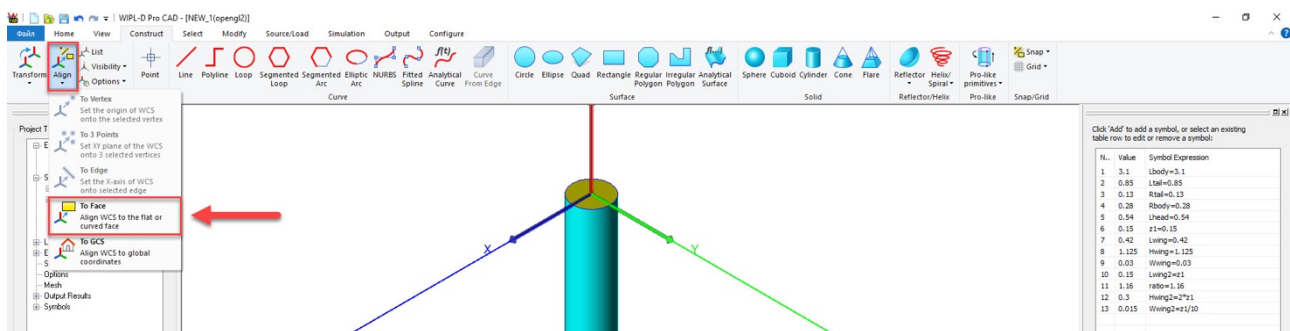
Создайте хвостовую часть ракеты. В меню **Construct** выберите конус **Cone** () используя следующие параметры:

- Центр сферы: **(0,0)**
- Радиус корпуса ракеты: **Rbody**
- Радиус хвостовой части ракеты: **Rtail**
- Высота сферы: **- Ltail**



Установите режим выбора в меню **Select / Select by Single Click** () и переключитесь на выбор **Face Level Selection** ().

Выберите верхнее основание цилиндра и нажмите **Align To Face** с помощью меню **Construct / Align / To Face**. Начало локальной системы координат переместилось на основание цилиндра.

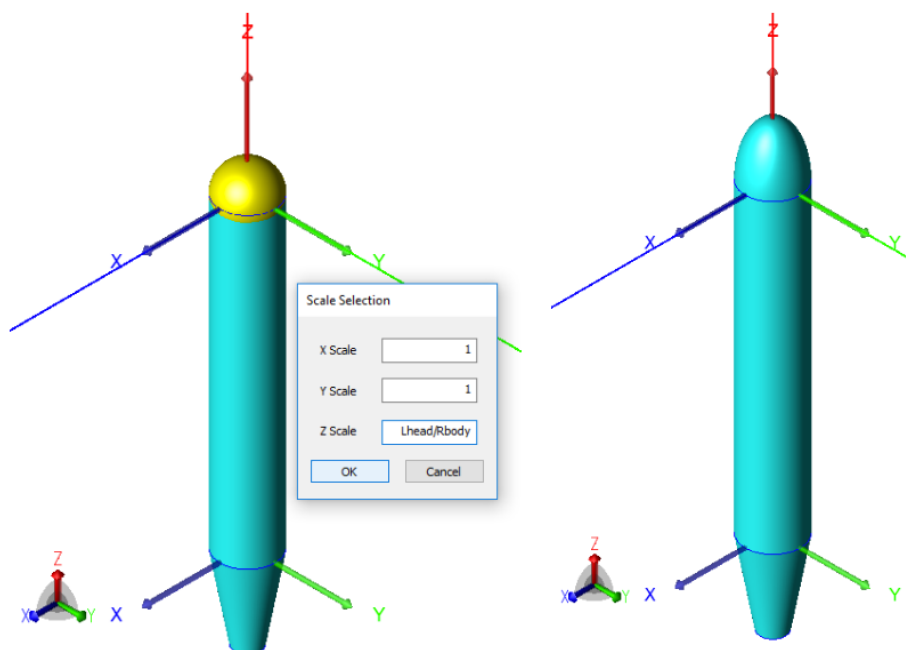



Создадим переднюю часть ракеты. В меню **Construct** выберите сферу **Sphere** () используя следующие параметры:

- Центр сферы: **(0,0)**
- Радиус корпуса ракеты: **Rbody**

Переключитесь в меню **Select** на **Body Level Selection** ()

Выберите сферу (**Body3**) в дереве проекта и масштабируйте ее при помощи команды в меню **Modify/Scale** () по оси Z используя следующие параметры:




В дереве проекта выберите все тела используя клавишу **Ctrl** и объедините их, используя команду **Unite Simplify** () в меню **Modify**.

Примечание: команда **Unite Simplify** в отличие от команды **Unite** стирает все грани внутри закрытого тела.



Шаг 4: Создание крыльев ракеты

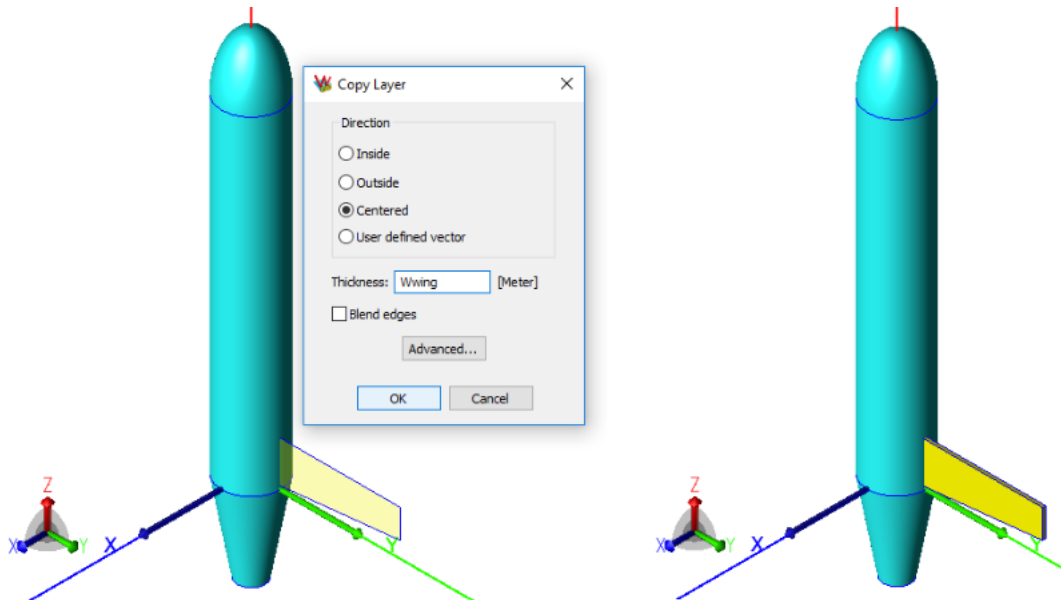
Самый простой способ создать крылья ракеты – это нарисовать их в центре системы координат и переместить в правильные положения. Крылья будем создавать с помощью инструмента **Quad** с последующим копирование **Copy Layer**.



Перейдем в глобальную систему координат в меню **Construct/Align/To GCS** ().


Выберете **Quad** в меню **Construct**. Создадим крыло используя следующие параметры:


- Первая координата: **(0,0,0)**
- Вторая координата **(0,Hwing+Rbody,z1)**
- Третья координата **(0,Hwing+Rbody,Lwing)**
- Четвертая координата **(0,0,Lwing)**
- Нажмите **ESC**


Добавим толщину крыла ракеты, для этого выберите только что созданное тело (**Body5**) перейдите в меню **Modify/Copy** () выберите **Copy Layer** (). Задайте параметры указанные на рисунке.

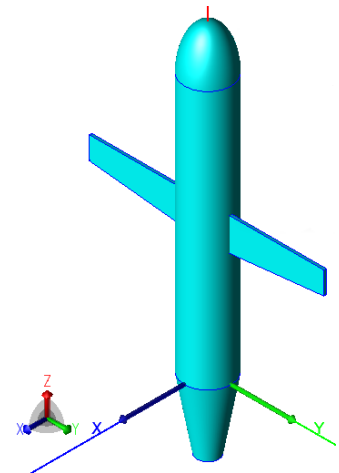



Выберите в дереве проекта **Body5**, перейдите в меню **Modify/Copy** () выберите **Copy in Place** ().

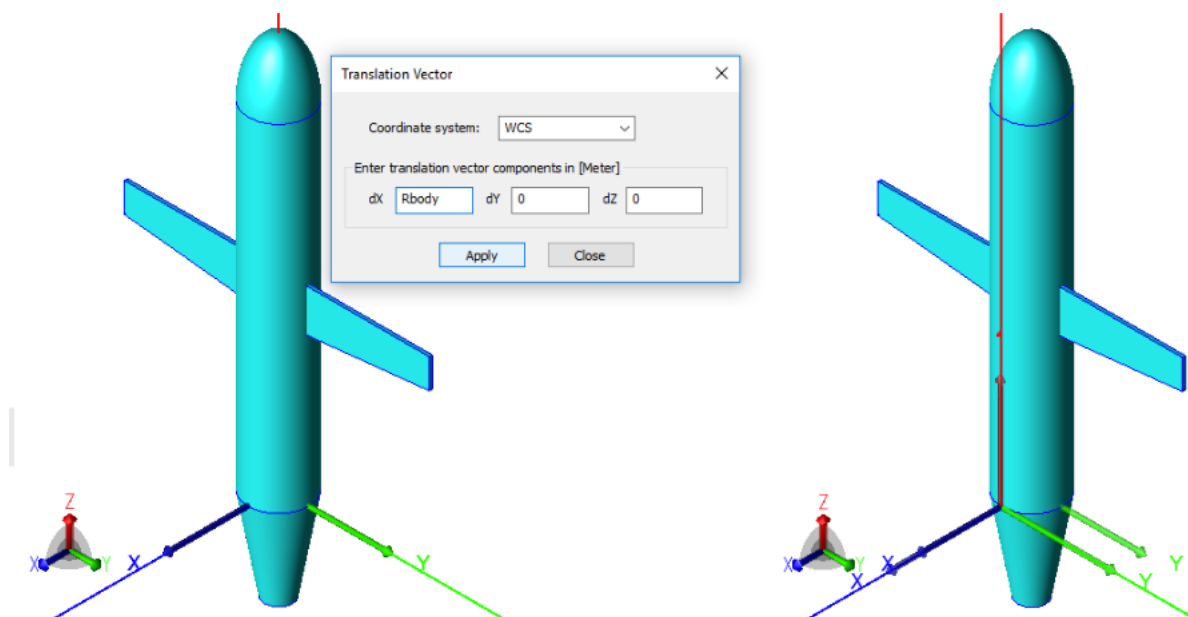
Выберите в дереве проекта только что созданное тело **Body5_1**, перейдите в меню **Modify**, выберите **Mirror/xOz** ().

Выберите в дереве проекта **Body5** и **Body5_1** при помощи кнопки **Ctrl**, объедините тела при помощи инструмента **Unite** (меню **Modify/Unite** ).

Выберите в дереве проекта тело **Body6** и перенесите тело используя команду **Translate** () в меню **Modify**. Используйте следующие координаты для переноса **(0,0,(Lbody-Lwing)/2)**.






Переместите локальную систему координат, для этого в меню **Construct**, выберите **Transform** (), выберите **Move**.

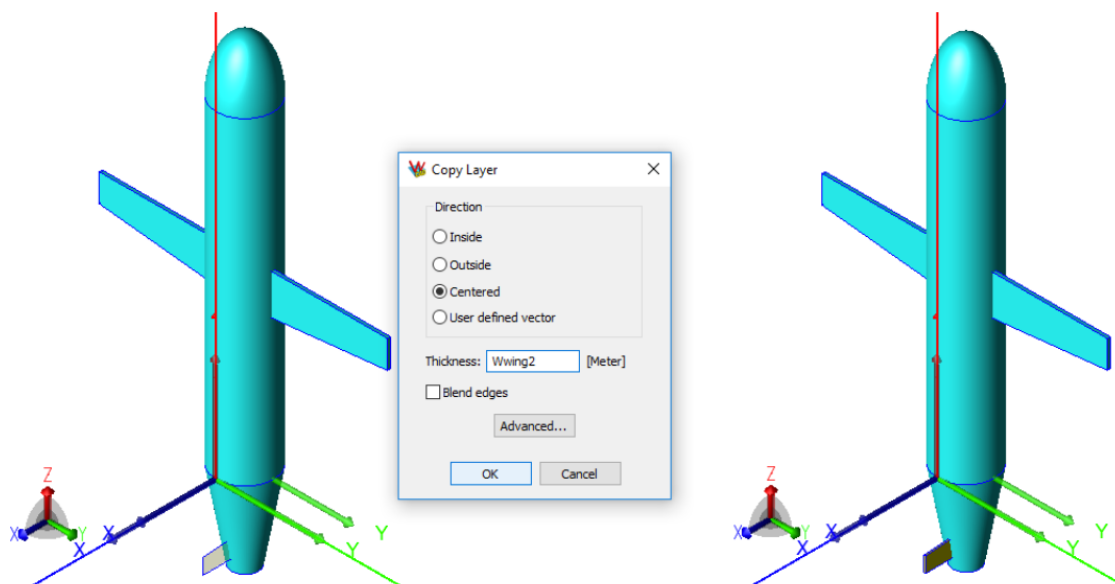


Выберете **Quad** в меню **Construct**. Создадим крыло используя следующие параметры:

- Первая координата: **(0,0,0)**
- Вторая координата **(Hwing2,0,0)**
- Третья координата **(Hwing2,0,Lwing2)**
- Четвертая координата **(0,0,ratio*Lwing2)**
- Нажмите **ESC**

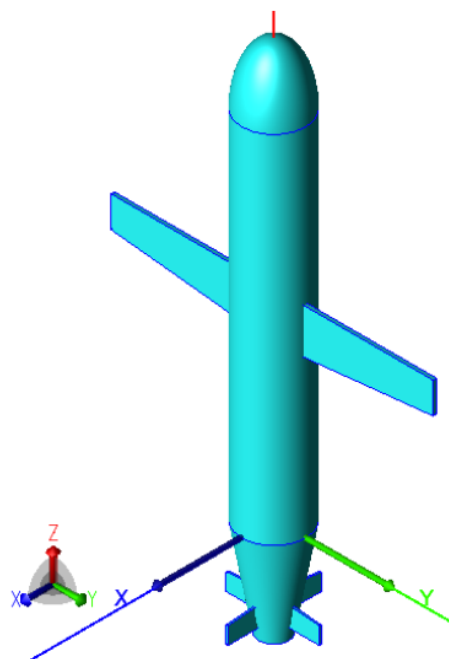
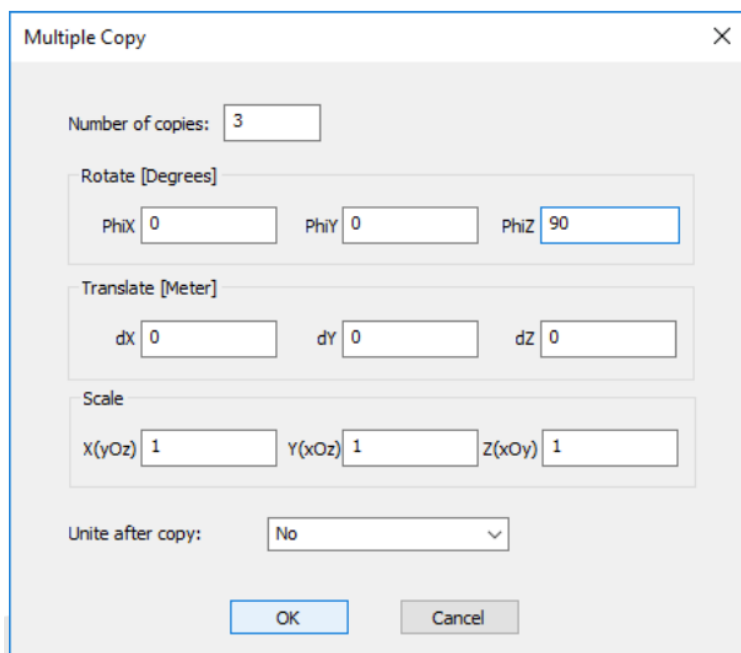
В дереве проекта выберете **Body7**, в меню **Modify** выберете **Translate** (). Используйте следующие координаты для переноса **(-7*Ltail*Rtail/16/Rbody,0,-7*Ltail/8)**.

Добавим толщину крыла ракеты, для этого в дереве проекта выберете **Body7** перейдите в меню **Modify/Copy** () выберете **Copy Layer** (). Задайте параметры, указанные на рисунке.



Перейдите в глобальную систему координат, для это в меню **Construct / Align** выберите **To GCS** (🏠).

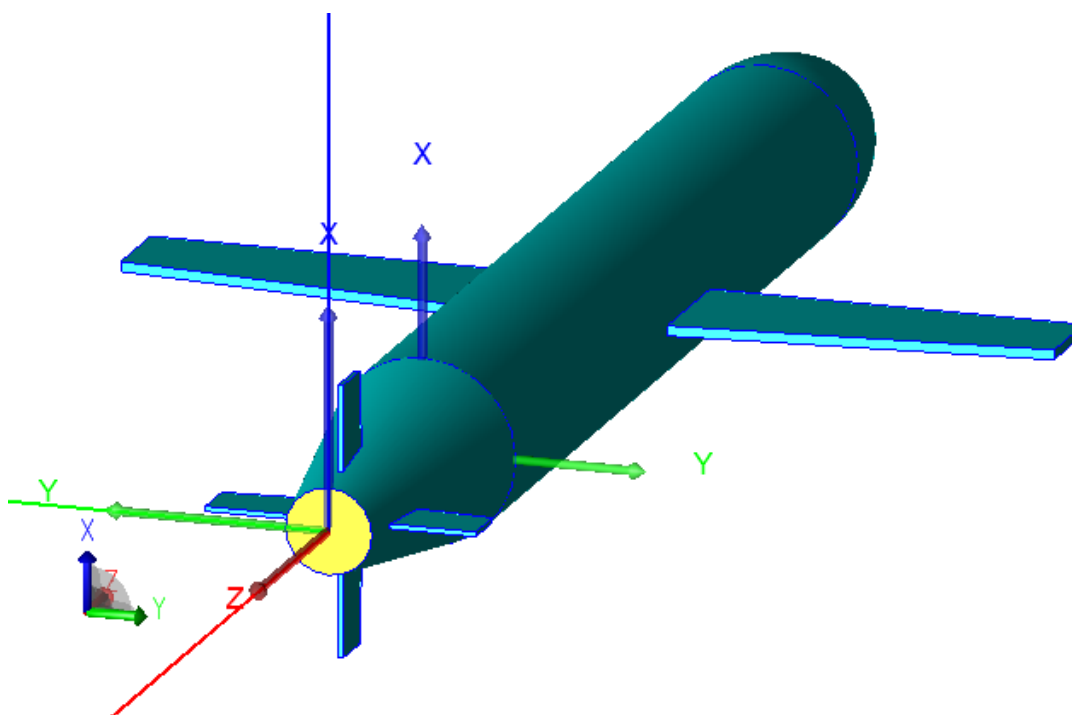
В дереве проекта выберите **Body7**, в меню **Modify** выберите **Copy**, далее **Multiple Copy** (📄). Укажите параметры как указаны на рисунке:



В дере проекта выберите все тела при помощи клавиши **Ctrl** и объедините их при помощи инструмента **Unite Simplify** (📄) в меню **Modify**.


В меню **Select** выберите **Face** (📄).

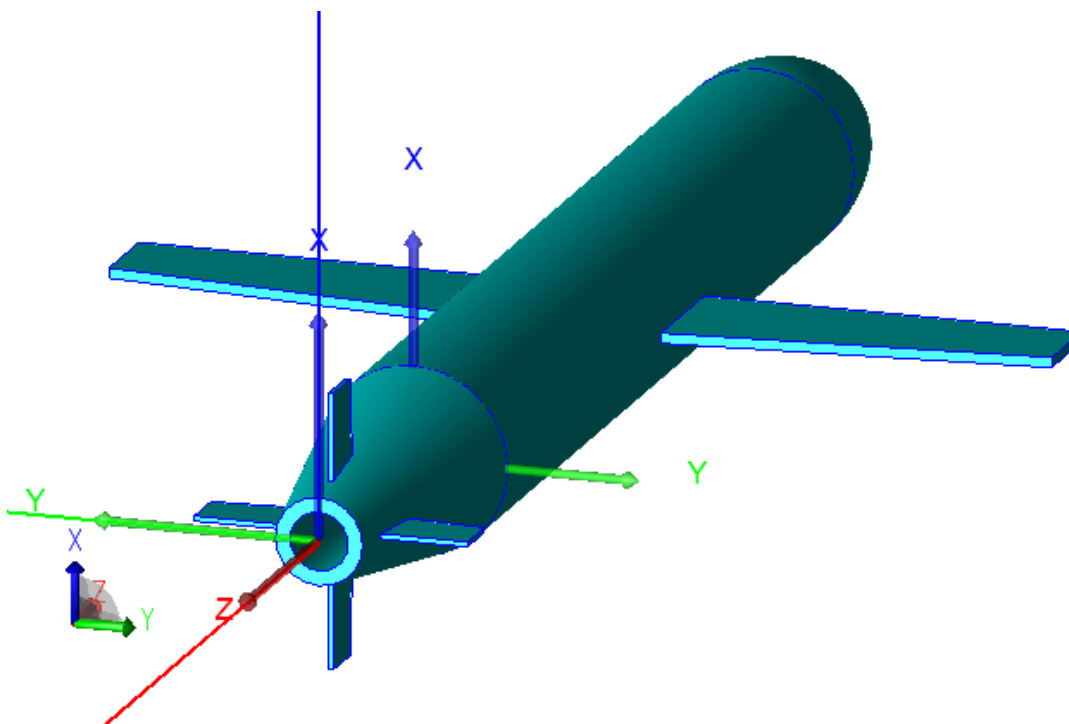
Выберите грань на нижней стороне ракеты. Перенесите систему координат используя команду **Construct / Align / To Face**.



В меню **Construct** выберите **Cylinder** () используя следующие параметры:

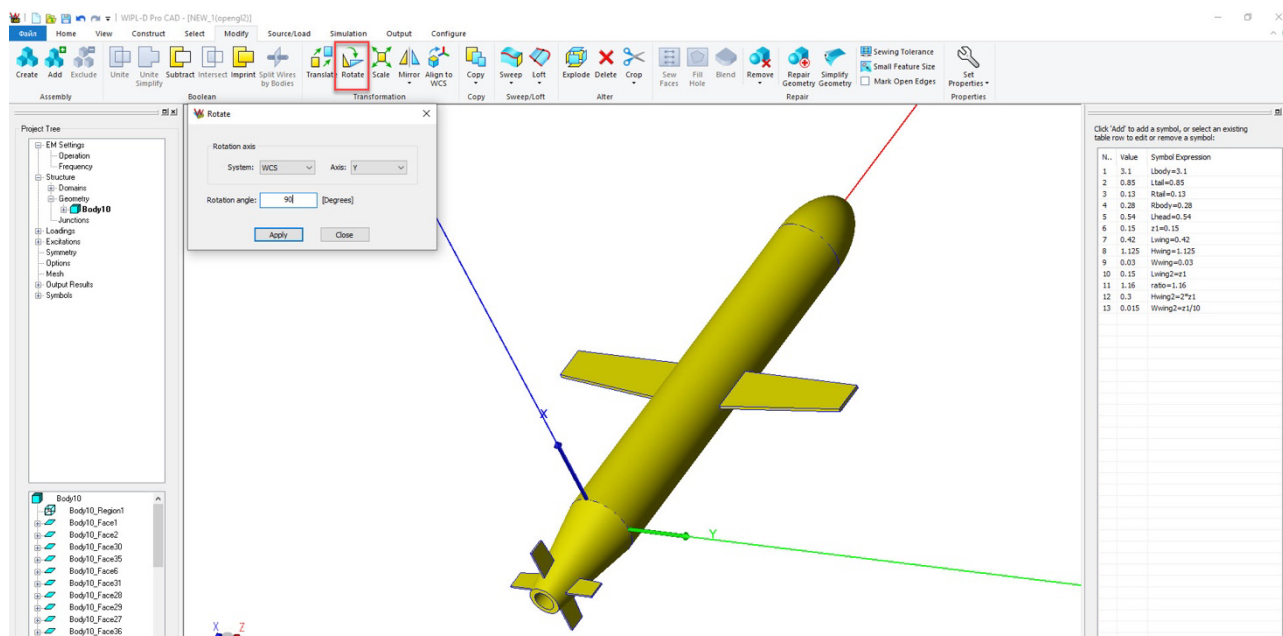
- Центр цилиндра: **(0,0)**
- Радиус цилиндра: **$2 \cdot R_{tail} / 3$**
- Высота цилиндра: **$-L_{tail} / 2$**
- **ESC**

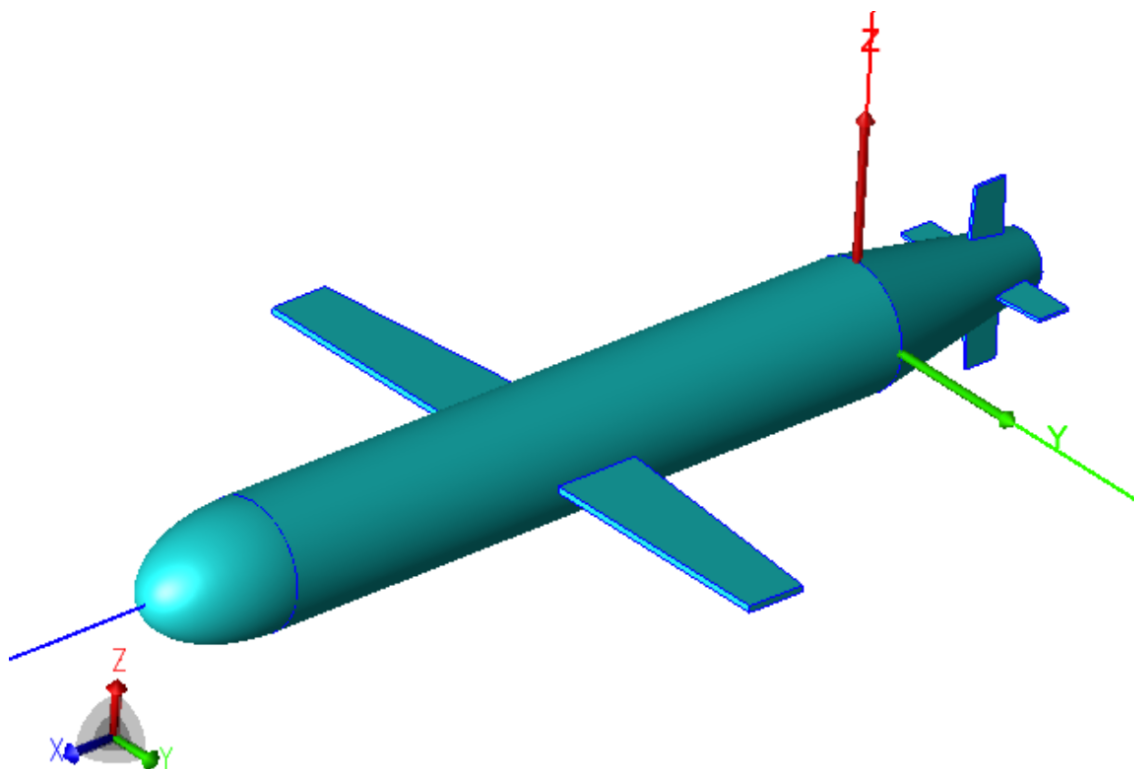
В окне проекта выберите только что созданное тело **Body9**. Перейдите в меню **Modify** выберите операцию вычитания **Subtract** () , укажите тело **Body8**.



Перейдите в глобальную систему координат, для это в меню **Construct / Align** выберите **To GCS** ().

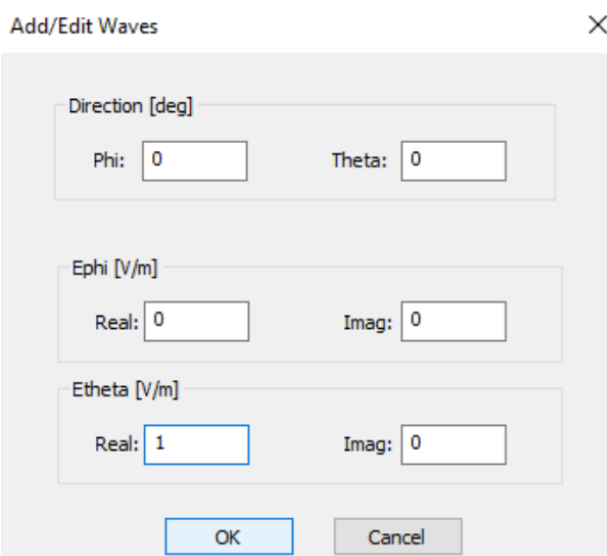
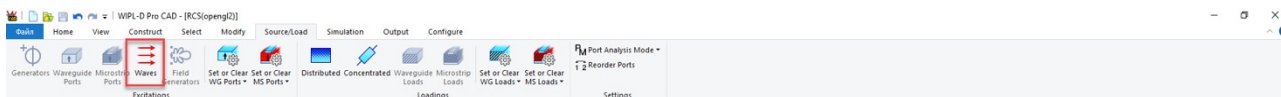
В дереве проекта выберите полученное тело **Body10** и поверните его на 90 градусов по оси Y (в меню **Modify** выберите **Rotate**).





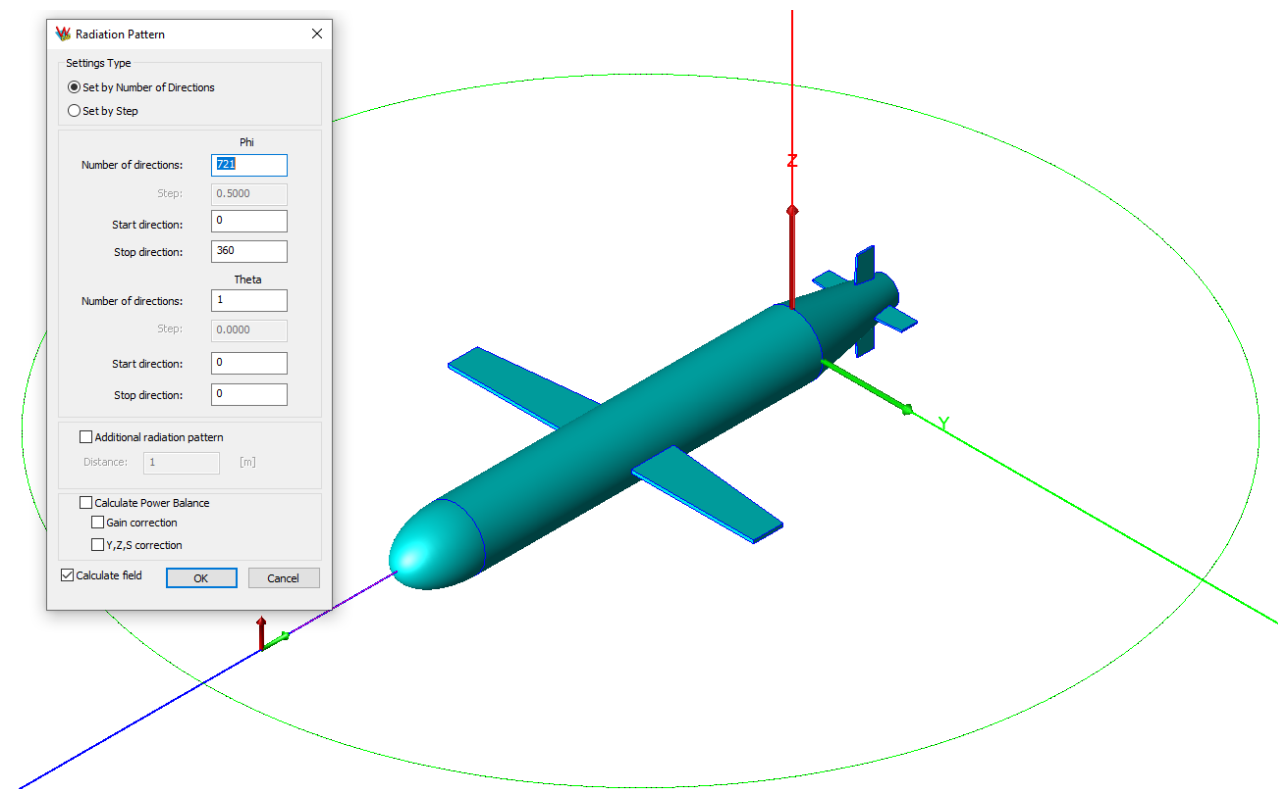
Шаг 5: Источник возбуждения

В меню **Source/Load** выберите **Waves** (☰). Укажите параметры как указаны на рисунке.



Шаг 6: Настройка моделирования

Для расчета диаграммы направленности укажите направления, которые будут использоваться для расчета моностатического рассеяния. Для этого перейдите в меню **Home/Output Results** выберите **Radiation** (). Укажите параметры как указаны на рисунке ниже.



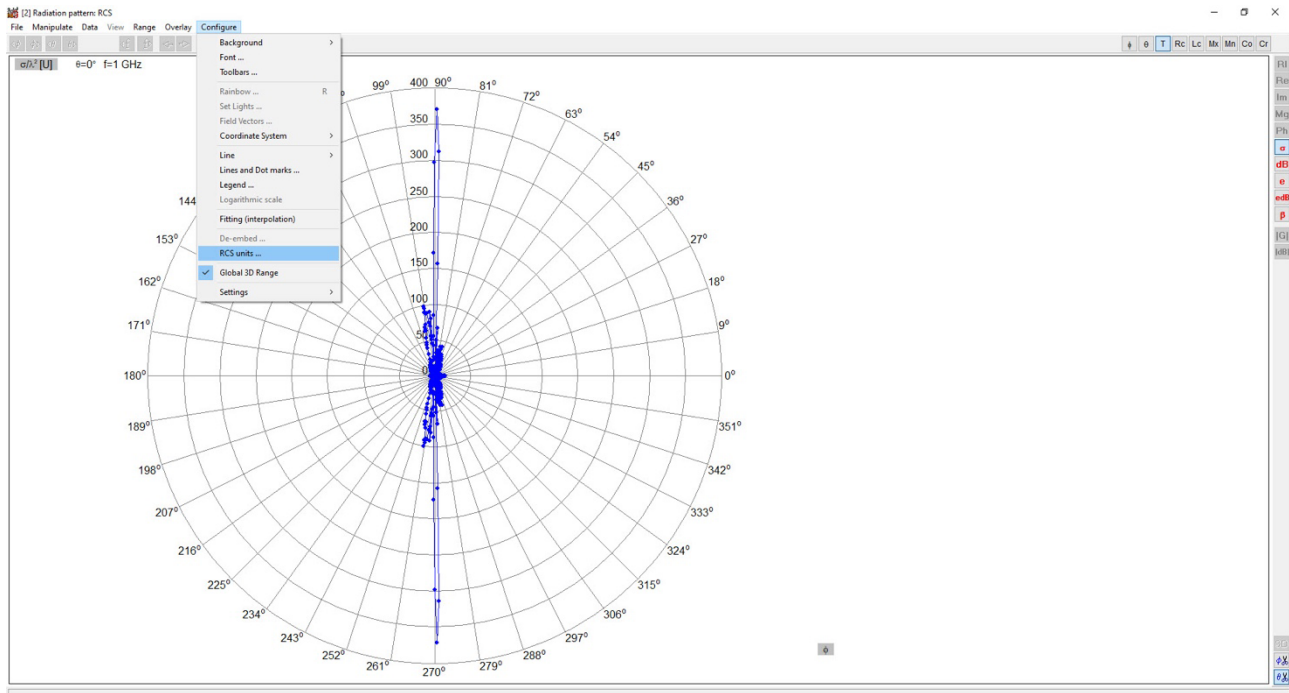
Шаг 7: Запуск моделирования

Запустите процесс моделирования, для этого в меню **Home** выберите **EM Simulation** ()

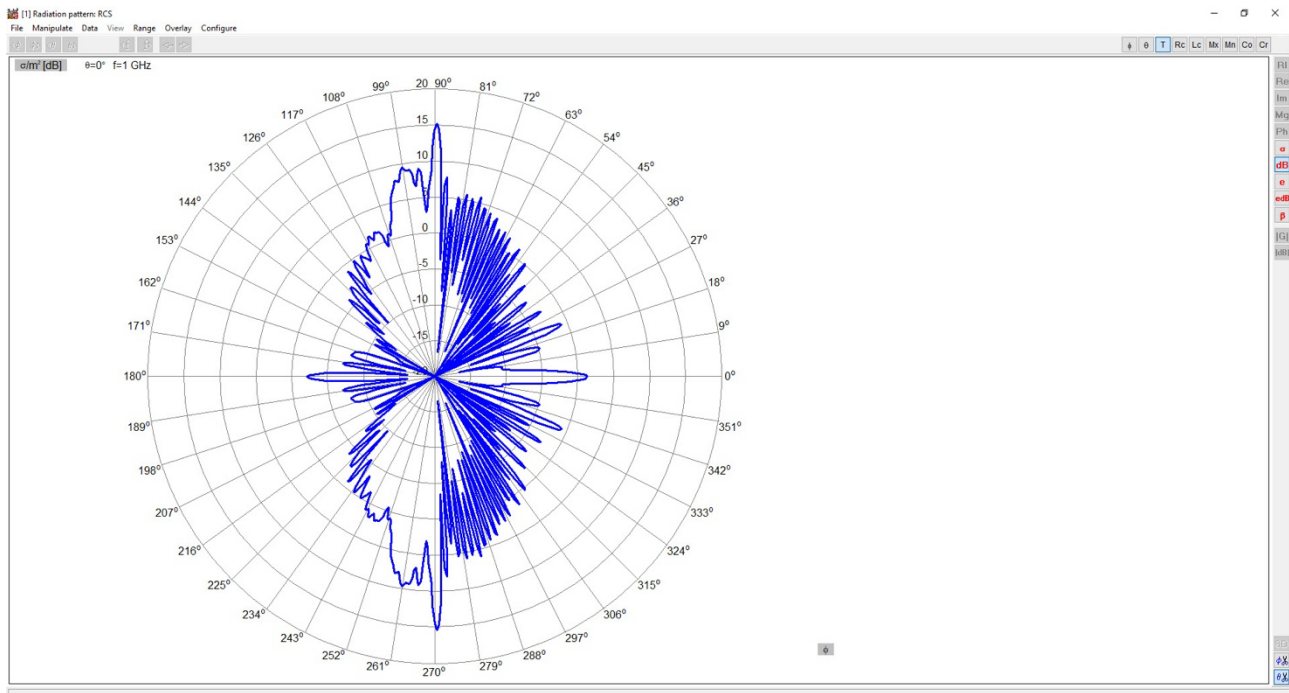
Шаг 8: Результаты моделирования

Для просмотра результатов моделирования перейдите в меню **Home**, выберите **Radiation** ().

В появившемся окне **Radiation Pattern** выберите **Configure**, далее **RCS units**, выберите σ/m^2



Отобразите ЭПР в децибелах **dB**.



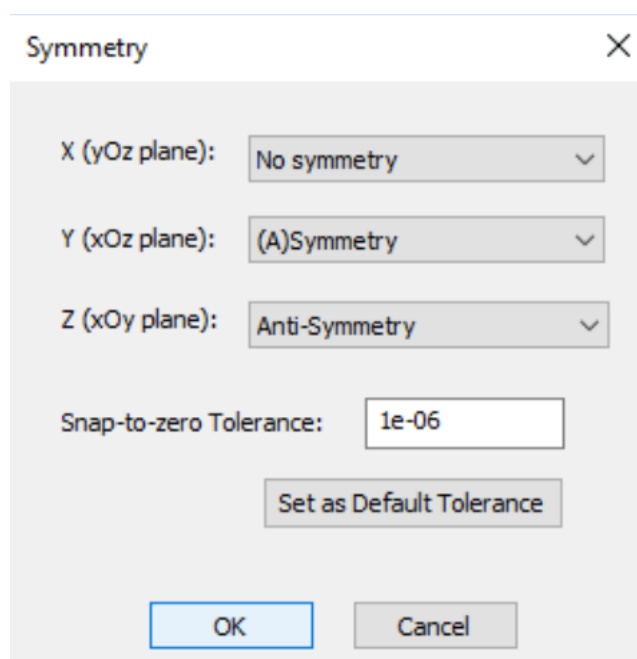
Домашнее задание

Обратите внимание, что модель симметрична относительно плоскостей xOy и xOz . Сохраните только что созданный проект как новый под другим названием при помощи **Файл – Save As**.

В новом проекте необходимо использовать параметры симметрии.

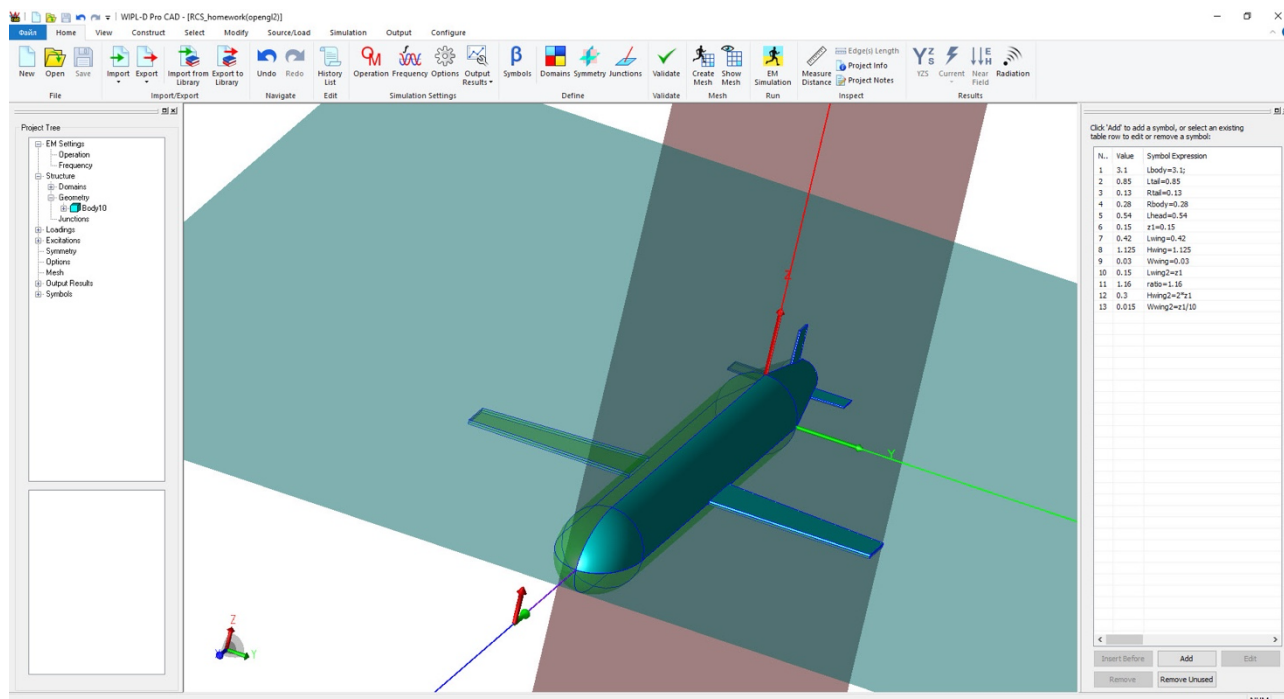
В меню **Modify** выберете команду **Crop (Y+ и Z+)**.

В меню **Home** выберете команду **Symmetry**. Укажите значения как показано на рисунке.

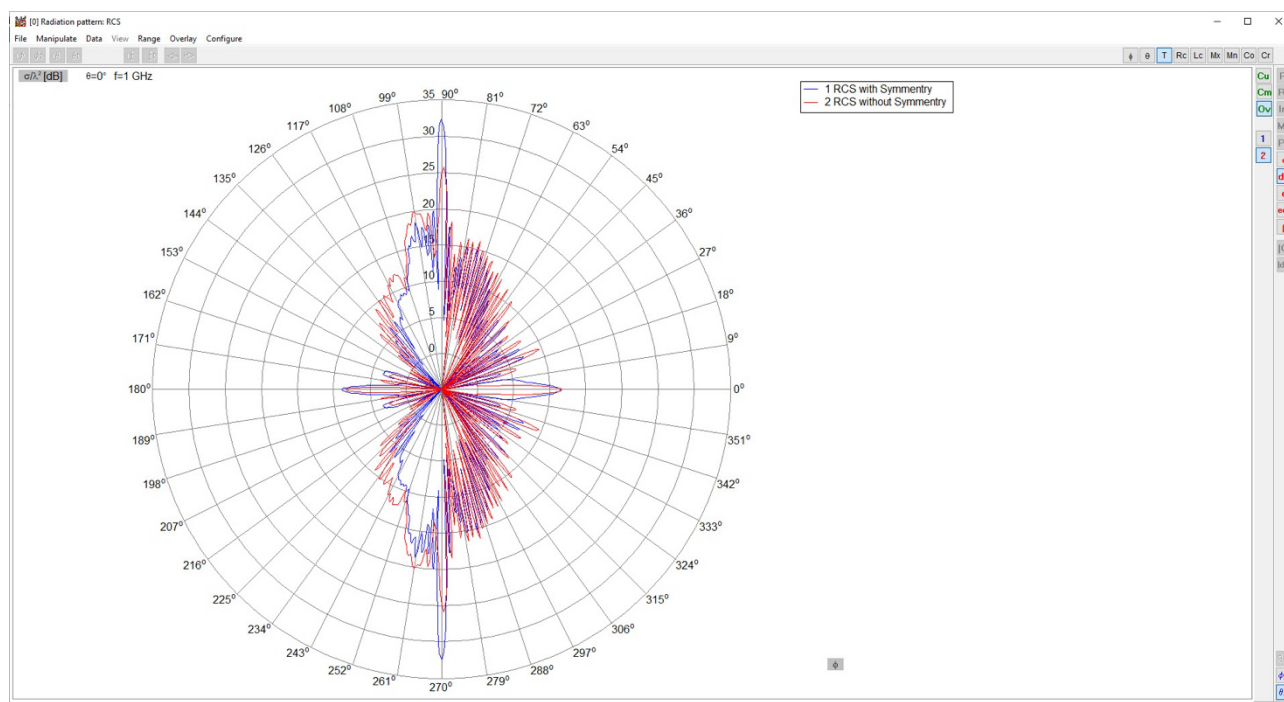


Антисимметрия используется, когда структура симметрична, а возбуждение антисимметрично относительно базовой координатной плоскости.

(A) Симметрия (A - это аббревиатура для асимметричного возбуждения, а симметрия указывает на то, что сама структура симметрична) используется потому, что структура симметрична относительно базовой координатной плоскости, но возбуждение не является ни симметричным, ни антисимметричным.



Сравните результаты моделирования с симметрией (синий цвет) и без использования симметрии.



Домашнее задание отправить на адрес электронной почты info@elm-c.ru или в личном кабинете ELM HelpDesk.

Видеоурок по расчету ЭПР крылатой ракеты:



Полезные ссылки:

- Описание программных решений WIPL-D: <https://www.elm-c.ru/wipl-d>
- Обучение WIPL-D: <https://www.elm-c.ru/obuchenie-wipl-d>
- Скачать WIPL-D: <https://www.elm-c.ru/download>
- Статьи по WIPL-D: <https://www.elm-c.ru/vendors/wipl-d>
- Youtube канал: [перейти](#)

Лицензирование, приобретение и получение временных лицензий WIPL-D:

- Телефон: +7 (495) 005-51-45
- Адрес электронной почты: info@elm-c.ru



ООО “ЭЛМ” – официальный дистрибьютор компании WIPL-D на территории Российской Федерации и СНГ.

По вопросам приобретения, получения временных лицензий, обучения, пожалуйста, обращайтесь:

Контактная информация:
www.elm-c.ru | +7 (495) 005 - 51 - 45 | info@elm-c.ru
117638, г. Москва, улица Одесская, дом 2

Youtube канал: <https://www.youtube.com/@elm.software>

Telegram канал: <https://vk.com/elm.tech>

Вконтакте: <https://vk.com/elm.tech>