



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»**

**«Программа расчета воздействия плазменных струй
электроракетных двигателей на внешние поверхности
космических аппаратов»
Turbo DESIGN 20.0 – JET**

Руководство пользователя

Москва, 2026

1. Аннотация

Данное краткое руководство предназначено для изучения основных приемов работы с пакетом программ **TurboDESIGN 20.0 – Jet**, и описывает порядок действий оператора при работе с программным обеспечением. В руководстве приведено описание пользовательского интерфейса программы, рассмотрены примеры решения расчетных задач с использованием программного обеспечения **TurboDESIGN 20.0 – Jet**.

Подробное руководство по эксплуатации программного комплекса и исполняемые файлы со снятыми ограничениями поставляется вместе с дистрибутивом.

Для получения информации о стоимости программного обеспечения или информации о возможности использования программного обеспечения на условиях открытой лицензии необходимо связаться с Центром трансфера технологий «Аэроспейс» по телефонам:

+7 499 158-46-88

+7 499 158-40-69

или написать запрос на электронную почту:

patent@mai.ru

tvv@mai.ru

Для уточнения технической информации по программе или по комплексу **TurboDESIGN 20.0** используйте следующие контакты для связи с разработчиками (Надирадзе Андрей Борисович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой 208):

Тел: +7 499 158-46-74

e-mail: nadiradze@mai.ru

2. Знакомство с TurboDESIGN 20.0 – Jet

Пакет программ TurboDESIGN 20.0 – Jet (TDN 20.0) предназначен для проведения расчетов и анализа взаимодействия электроракетных и тепловых двигателей (ЭРД) с поверхностями космических аппаратов (КА). В нем решаются следующие задачи:

- расчет параметров потоков частиц от двигателей в различных точках поверхности КА (концентрация, средняя энергия, плотность тока, плотность потока, коническая, многофракционная модель струи);
- расчет геометрических параметров взаимодействия частиц струи с поверхностями КА (угол вылета частиц, угол падения частиц, расстояние до источника – бесстолкновительный режим течения);
- расчет тепловых потоков от воздействия частиц плазменных струй ЭРД и тепловых двигателей малой тяги (ЖРД, ТКД);
- расчет скорости распыления материалов внешних поверхностей КА под действием ионов плазменных струй ЭРД;
- расчет скорости осаждения продуктов распыления на внешних поверхностях КА.

Геометрический облик КА задается в виде множества триангулированных поверхностей, что обеспечивает его полную совместимость с современными конструкторскими пакетами, такими, например, как *CATIA*, *Solid Works*, *Inventor*. Все элементы геометрической модели образуют иерархическую структуру неограниченной сложности. В модели реализованы механизмы наследования свойств элементов от родительских элементов к дочерним. Имеется возможность задания многовариантной геометрической модели с движущимися элементами. Импорт геометрии осуществляется через STEP-файлы. Для совместимости с предыдущими версиями программы предусмотрена возможность задания примитивов, образованных фрагментами поверхностей 1-го и 2-го порядка, таких как прямоугольник, треугольник, диск, сфера, конус, параболоид и т.п. Кроме того, введены дополнительные примитивы, такие как куб, ферма и т.п.

Исходные данные для расчета: геометрическая модель КА; параметры струй ЭРД и двигателей малой тяги с тепловым механизмом ускорения; коэффициенты распыления материалов внешних поверхностей КА; коэффициенты осаждения продуктов распыления; индикатриса распыления материалов.

Средства визуализации результатов расчетов, обеспечивают возможность отображения КА и построения изолиний значений параметров, управление режимами отображения объекта, раскраски элементов объекта, определения значения исследуемого параметра в любой точке изображения и т.д.

3. Сведения о технических и программных средствах

Пакет программ устанавливают на персональный компьютер (далее ПК). Параметры ПК должны быть не ниже приведенных в таблице 1.

Для подготовки отчетных документов, содержащих графическую информацию, к ПК должен быть подключен цветной (лазерный) принтер.

Таблица 1 – Минимальный состав аппаратных и программных средств

Наименование параметра	Значение
Операционная система	Win 7.0
Процессор	Pentium-V
Частота процессора, ГГц	3,5
Оперативная память, Гб	32
Жесткий диск, Гб	500
Графический адаптер	GeForce GTX
Монитор: диагональ тип разрешение	21'' – 23'' TFT 1280x1024
Принтер	Цветной, лазерный

4. Элементы пользовательского интерфейса

Для начала работы с *TDN 20.0-Jet* необходимо запустить исполняемый файл *tdn20jet.exe*. На мониторе появится главное окно программы.

Главное окно программы показано на рисунке 1 и содержит следующие стандартные элементы управления:

- строку меню;
- панель управления;
- строку состояния;
- окно библиотеки для отображения объектов базы данных;
- окно объектов для отображения геометрической модели КА;
- окно многовариантного объекта.

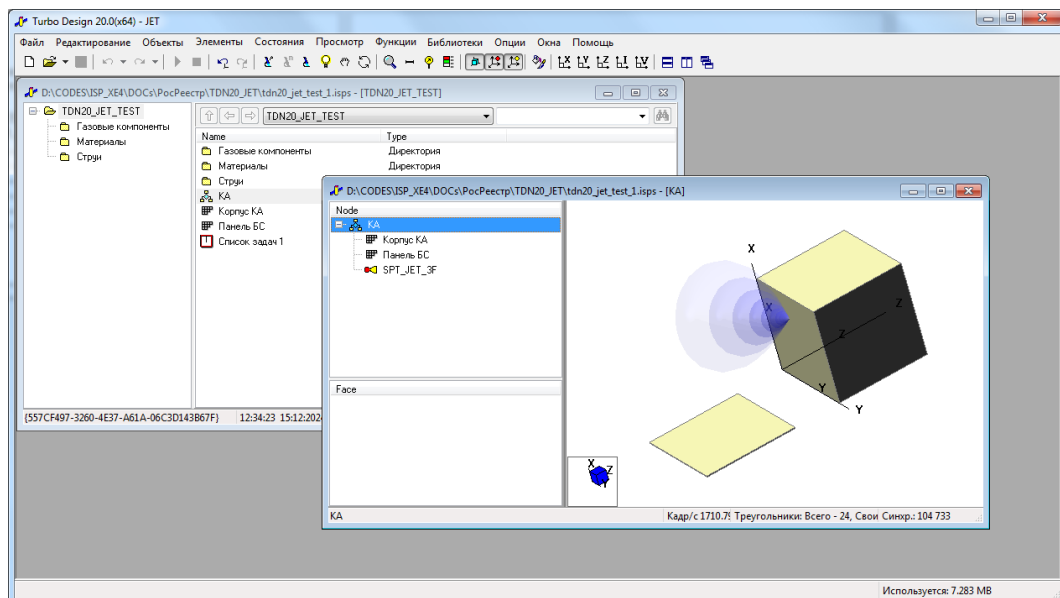


Рисунок 1 – Главное окно программы.

Окно простого объекта (рисунок 2) позволяет отображать объекты, имеющие единственное состояние.

Окно простого объекта предназначено для визуализации геометрической модели КА и результатов расчета. В данном окне в интерактивном режиме формируется геометрия объекта, задаются свойства отдельных элементов и целых групп, просматриваются результаты расчетов.

В данном окне возможно произвести следующие действия:

- поворот образа КА;
- масштабирование и автомасштабирование;
- задать диапазон отображения данных;
- задать тип шкалы отображения данных;
- переключение проекций и режимов отображения,
- задать цвет отображения результатов
- и ряд других сервисных функций.

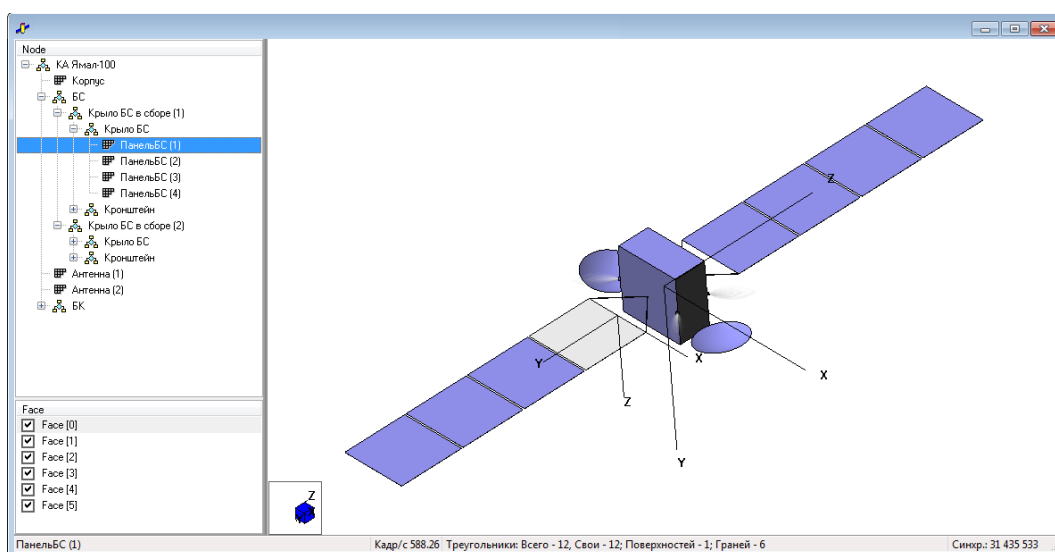


Рисунок 2 – Окно простого объекта

Окно простого объекта содержит в левой части структуру объекта (множество элементов), а в правой – трехмерное изображение объекта.

Основными элементами данного окна являются:

- селектор - содержит иерархический список элементов объекта;
- панель граней – содержит список граней поверхности примитива (элемента геометрической модели).
- панель объекта - содержит графический образ объекта;
- панель системы координат - содержит изображение главной системы координат объекта;
- цветовая шкала - содержит информацию об отображаемых в настоящий момент данных;
- строка состояния - отображает информацию о выделенном элементе.

Окно многовариантного объекта имеет аналогичную структуру, но в нем добавлен движок, который позволяет просматривать несколько состояний, например, вращение панелей солнечных батарей. В этом окне имеется возможность задания параметров и просмотра результатов расчетов каждого состояния.

Окно библиотеки (рисунок 3) отображает список объектов базы данных (БД) и позволяет управлять ими – создавать новые, удалять ненужные.

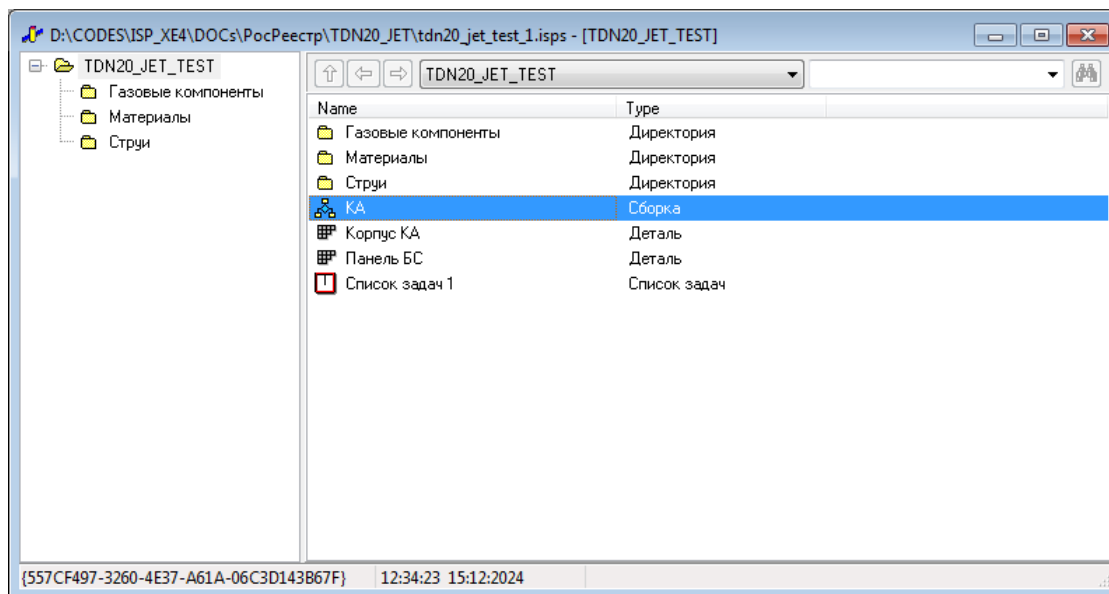


Рисунок 3 – Окно библиотеки

Окно библиотеки содержит правую и левую панели, строку положения курсора и строку поиска в верхней части окна и строку состояния в нижней части окна (рисунок 2).

Список объектов БД является иерархическим, и содержит геометрию КА, описания материалов, двигателей, характеристики и т.д.

Структура каталога БД отображается в левой части окна, содержание текущего каталога – в правой части. В строке состояния отображаются следующие параметры выделенного объекта:

- имя объекта
- тип объекта
- идентификатор объекта
- время последнего изменения объекта.

В строке положения курсора отображается имя выделенного (текущего) каталога. Для управления положением (вперед или назад по истории, вверх по иерархии) используются стрелки.

5. Примеры результатов расчета

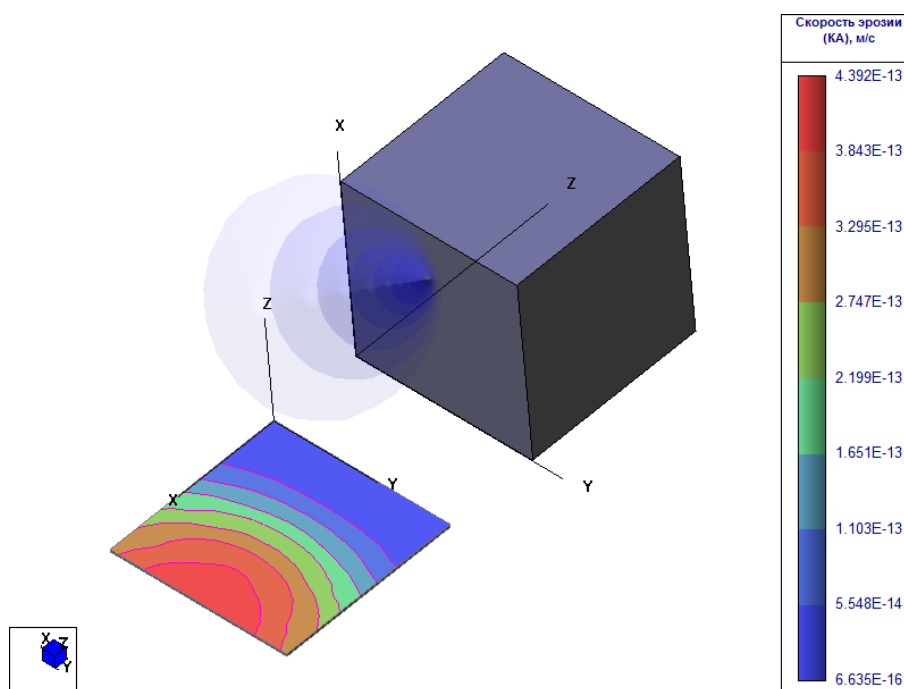


Рисунок 4 – Результаты расчета скорости эрозии поверхности солнечной батареи под действием плазменной струи ЭСР

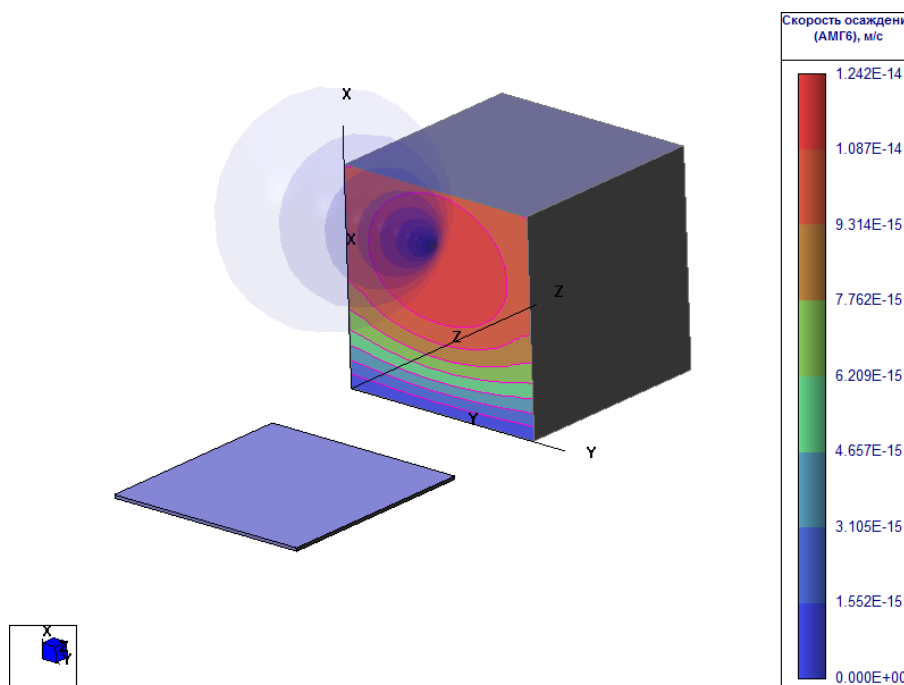


Рисунок 5 – Результаты расчета скорости осаждения продуктов распыления поверхности солнечной батареи под действием плазменной струи ЭСР на поверхности корпуса КА