

Расширение возможностей MSC.Patran при нагружении агрегатов самолета распределенной аэродинамической нагрузкой

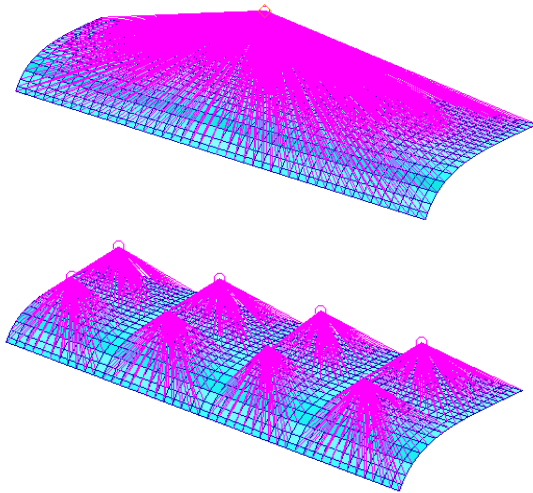
Козлов Михаил Владимирович

АО «ИНУМиТ»



Способы нагружения агрегатов самолета распределенной аэродинамической нагрузкой в MSC.Patran

RBE3



Analytical field

Action:

Object:

Method:

Field Type
☒ Scalar ☐ Vector

Coordinate System Type
☐ Real ☒ Parametric

Geometric Entity

Scalar Function

Independent Variables

'C1
'C2
'C3

Discrete field

Discrete FEM Field Table Data

☐ Auto Highlight

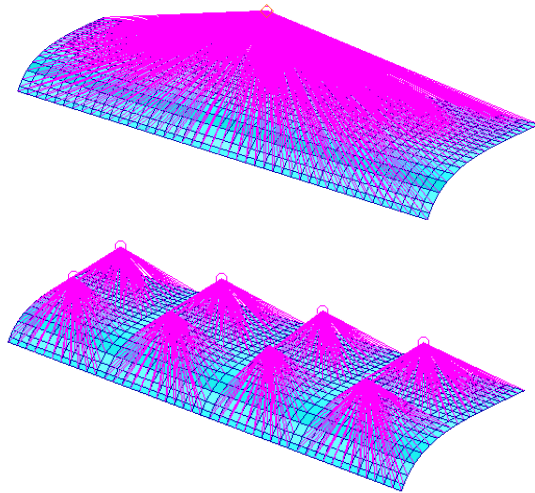
Select an Element

	Entity	Values
1	Elem 1	<0., 0., 0.0024985413>
2	Elem 2	<0., 0., 0.0024918874>
3	Elem 3	<0., 0., 0.0024851672>
4	Elem 4	<0., 0., 0.0024783795>
5	Elem 5	<0., 0., 0.0024715234>
6	Elem 6	<0., 0., 0.0024645978>
7	Elem 7	<0., 0., 0.0024576017>
8	Elem 8	<0., 0., 0.0024505341>
9	Elem 9	<0., 0., 0.0024433942>

Number of rows to insert:

Способы нагружения агрегатов самолета распределенной аэродинамической нагрузкой в MSC.Patran

RBE3



Analytical field

Action:

Object:

Method:

Field Type
☒ Scalar ☐ Vector

Coordinate System Type
☐ Real ☒ Parametric

Geometric Entity

Scalar Function

Independent Variables

'C1
'C2
'C3

Discrete field

Discrete FEM Field Table Data

☐ Auto Highlight

Select an Element

	Entity	Values
1	Elem 1	<0., 0., 0.0024985413>
2	Elem 2	<0., 0., 0.0024918874>
3	Elem 3	<0., 0., 0.0024851672>
4	Elem 4	<0., 0., 0.0024783795>
5	Elem 5	<0., 0., 0.0024715234>
6	Elem 6	<0., 0., 0.0024645978>
7	Elem 7	<0., 0., 0.0024576017>
8	Elem 8	<0., 0., 0.0024505341>
9	Elem 9	<0., 0., 0.0024433942>

Number of rows to insert:

Хочется иметь автоматический способ формирования дискретных полей для любых законов распределения нагрузки.

Программа для нагружения агрегатов самолета
распределенной аэродинамической нагрузкой

AL
AeroLoad

- Написана на языке Matlab.
- Решает задачу создания дискретных полей нагрузок для любых законов распределения нагрузки.
- Подходит для задания нагрузок типов «CID Distributed Load» и «Pressure».

Основные функции

- Нагрузка в программе задается с помощью указания суммарной силы и задания двух законов распределения: распределения погонной нагрузки по размаху и распределения давления по хордам.

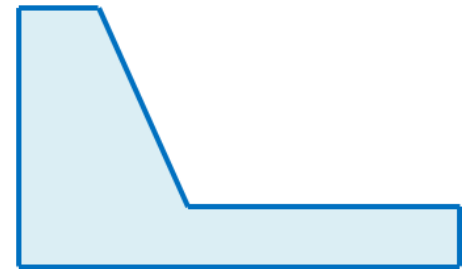
P

+



по размаху

+

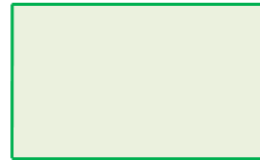


по хордам

Основные функции

- Распределение погонной нагрузки по размаху может быть задано:

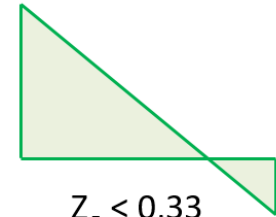
В виде трапеции с заданным центром давления



$$Z_d = 0,5$$

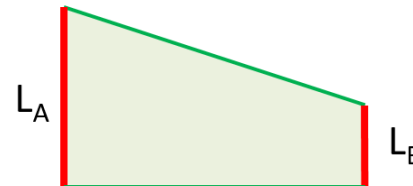


$$0,33 < Z_d < 0,5$$



$$Z_d < 0,33$$

В виде трапеции, построенной пропорционально длинам хорд



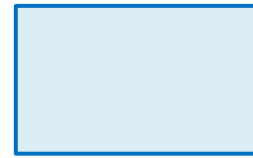
Произвольным распределением, загружаемым из файла



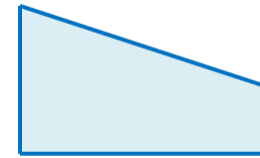
Основные функции

- Распределение давления по хордам может быть задано:

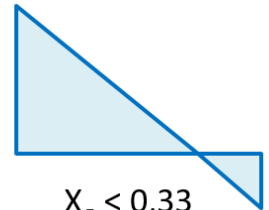
В виде трапеции с заданным центром давления (значение центра давления может быть переменным по размаху агрегата)



$$X_d = 0,5$$

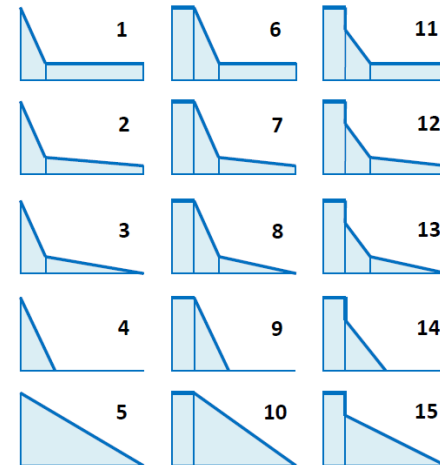


$$0,33 < X_d < 0,5$$

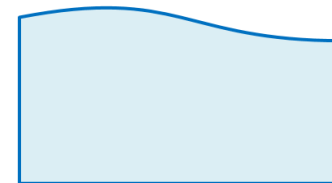


$$X_d < 0,33$$

В виде одного из 15 модельных распределений (все параметры распределений могут быть переменными по размаху агрегата)



Произвольным распределением, загружаемым из файла (вид распределения может быть любым и меняться от хорды к хорде)



Основные функции

- Программа Aero Load выполняет суммирование фактических нагрузок, приходящих на элементы, и выдает результирующие силовые факторы (силы, моменты, фактический центр давления).

фактические результирующие нагрузки:

Суммарная сила: 2998.90744

Fx: 0.00000

Fy: 0.00000

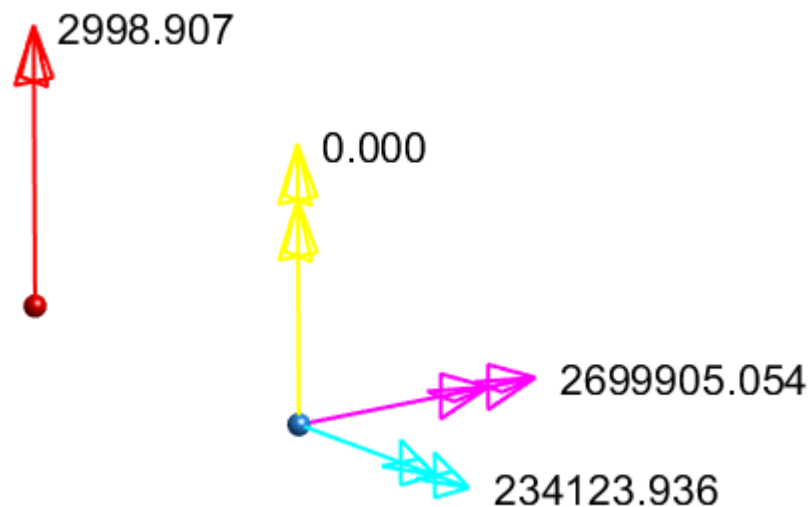
Fz: 2998.90744

Суммарный момент: 2710037.14329

Mx: -234123.93586

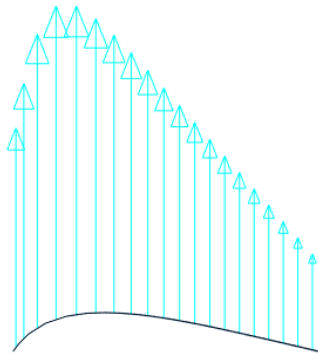
My: -2699905.05401

Mz: 0.00000



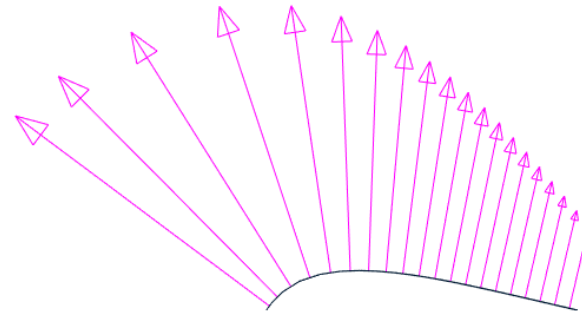
Основные функции

- Поле нагрузок на элементы может быть получено либо в виде поля для типа нагрузки CID Distributed Load, либо в виде поля для типа нагрузки Pressure:



CID Distributed Load

На элементы прикладывается вертикальная нагрузка P , распределенная по заданному закону



Pressure

На элементы прикладывается давление, вертикальная составляющая которого в сумме равна P и распределена по заданному закону

Основные функции

- Графическое окно для визуализации и проверки нагружения

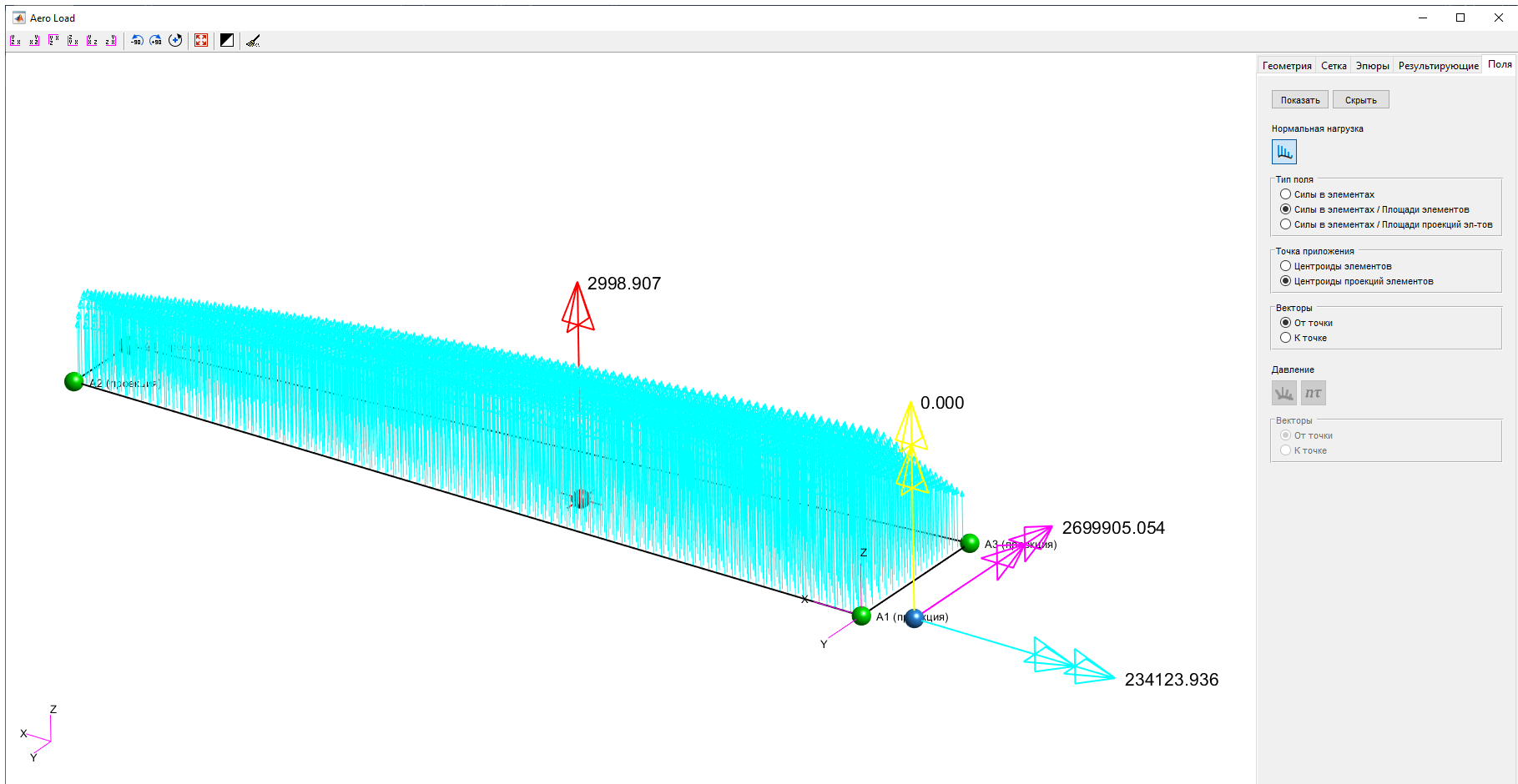


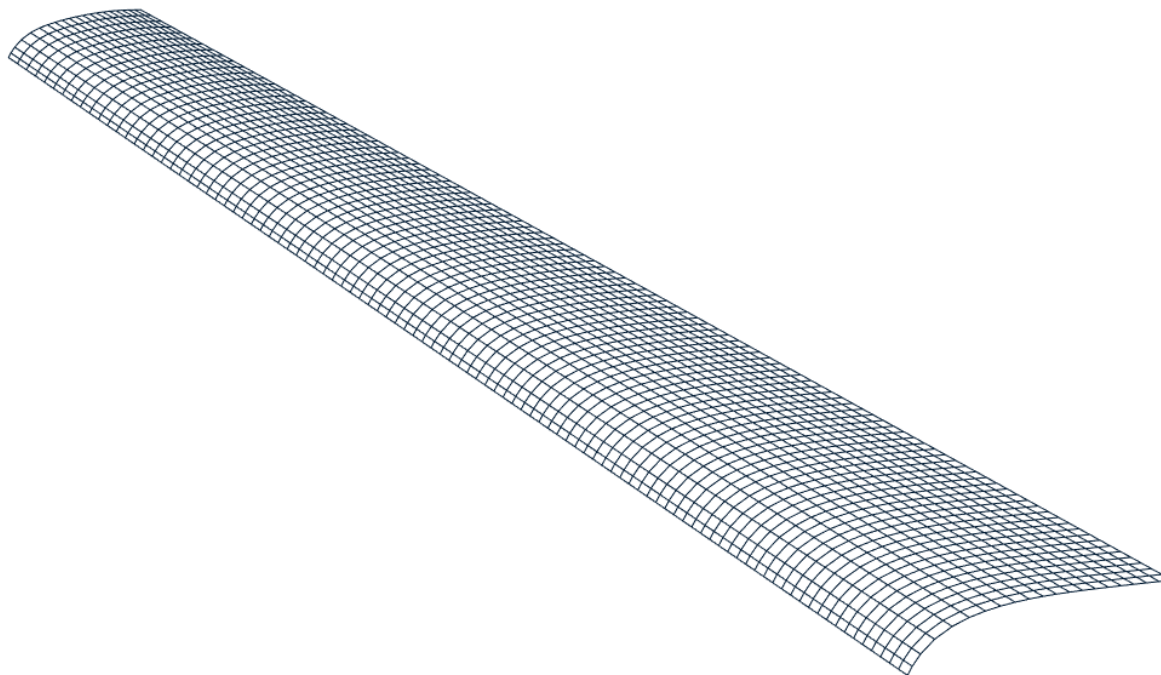
Схема работы программы



1. Пользователь создает файл BDF с областью сетки, которую необходимо нагрузить распределенной аэродинамической нагрузкой.
2. Программа Aero Load считывает файл BDF и выполняет нагружение по заданному закону.
3. Результатом работы программы является либо CSV файл с дискретным полем нагрузок на элементы, либо SES файл, осуществляющий создание в базе Patran данного дискретного поля.
4. Пользователь создает в Patran дискретное поле нагрузок либо напрямую с использованием CSV файла, либо путем проигрывания сессионного файла.

Процедура работы

Создание bdf файла с частью сетки, которую необходимо загрузить. Обычно это одна из обшивок агрегата.



Процедура работы

Задание базовой плоскости. Базовая плоскость - это та плоскость, по нормали к которой действует нагрузка.

```
% Способ задания базовой плоскости
```

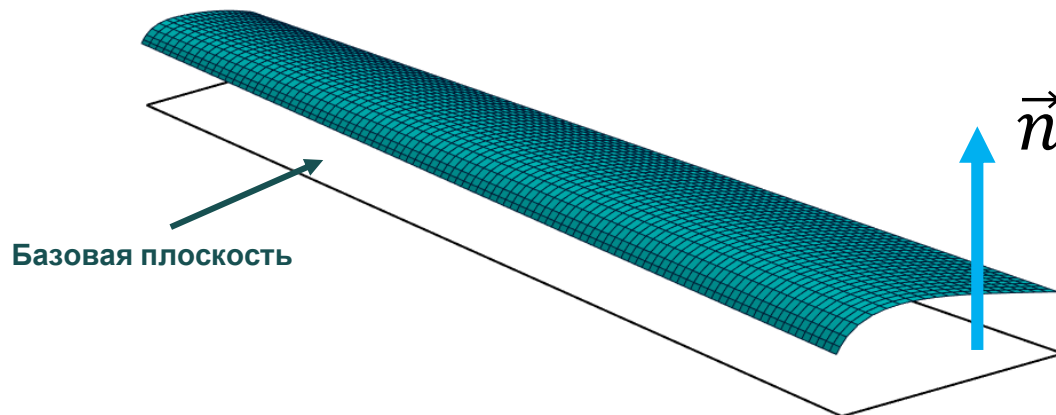
```
Basic_Plane_Definition = 'THREE_POINTS'; % POINT_NORMAL | THREE_POINTS
```

```
% Если Basic_Plane_Definition = THREE_POINTS
```

```
D1 = [0 0 0];
```

```
D2 = [0 -400 0];
```

```
D3 = [2000 0 0];
```



Нормаль определяется последовательностью обхода D1 -> D2 -> D3.

Процедура работы

Задание поверхности хорд по четырем угловым точкам.

% A1 -> A2 - направление размаха по передней кромке

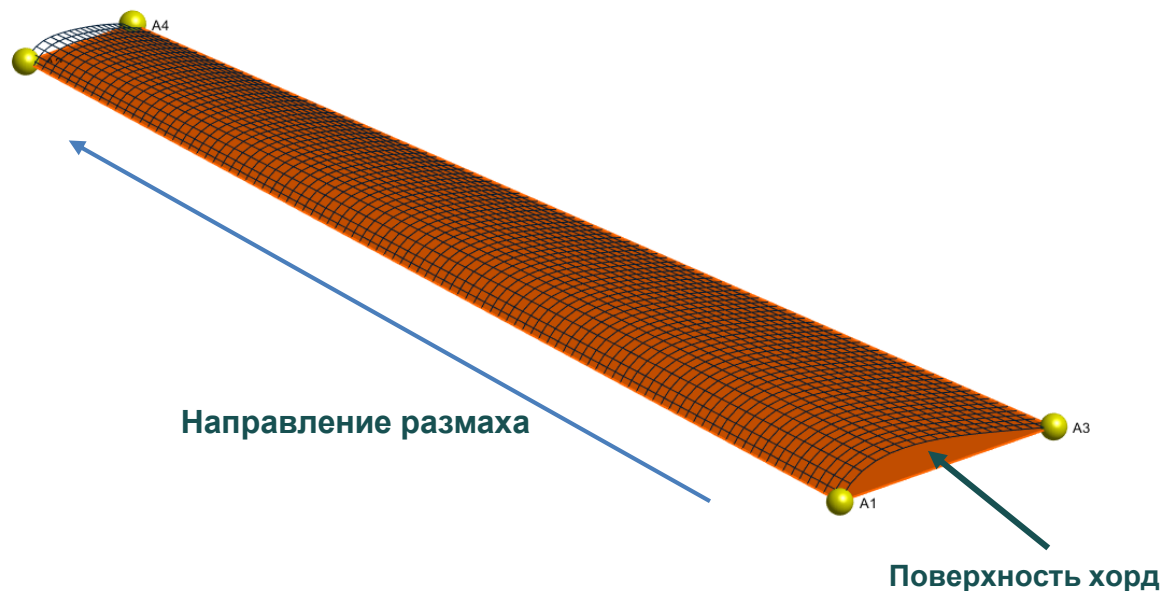
A1 = [0 0 100];

A2 = [2000 0 100];

% A3 -> A4 - направление размаха по задней кромке

A3 = [0 -400 100];

A4 = [2000 -200 100];



На проекции поверхности хорд на базовую плоскость будет создано поле распределенной нагрузки.

Процедура работы

Задание суммарной силы.

% Суммарная сила, действующая по нормали к базовой плоскости

$P_n = 3000;$

Положительное направление нагрузки задается направлением нормали к базовой плоскости.

Процедура работы

**Задание закона распределения погонной нагрузки по размаху.
Зададим распределение по трапеции с центром давления 0,38.**

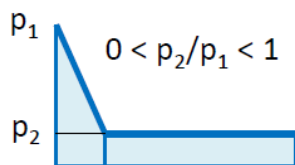
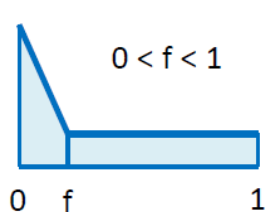
```
% Закон распределения погонной нагрузки по размаху
Span_Load_Law = 'TRAPEZOID'; % TRAPEZOID | CHORD_PROPORTIONAL | LOAD_DIAGRAM

% -----
% Если Span_Load_Law = TRAPEZOID
% -----
Span_Trapezoid_Zd_Type = 'PARAMETER'; % PARAMETER | LOCATION    % Способ задания центра давления по размаху

% Если Span_Trapezoid_Zd_Type = PARAMETER
    Span_Trapezoid_Zd_Value = 0.38; % Центр давления по размаху задается параметром Zd
```


Процедура работы

Задание закона распределения давления по хордам. Зададим распределение «по сапогу» с разными параметрами на корневой и концевой хордах (сделаем разную высоту ступеньки p_2/p_1).



Задаваемые
параметры:

- p_2/p_1
- f

$f = 0,2$

$p_2/p_1 = 0,33$ (корневая хорда)

$p_2/p_1 = 0,15$ (концевая хорда)

```
% Закон распределения давления по хордам
```

```
Chord_Pressure_Law = 'MODEL_1'; % TRAPEZOID | MODEL_X, где X - число от 1 до 15 | USER_MODEL
```

```
Chord_Model_X_f_Type = 'CONSTANT'; % CONSTANT | DISTRIBUTION % Способ задания параметра f
```

```
% Если Chord_Model_X_f_Type = CONSTANT
```

```
Chord_Model_X_f_Value = 0.2; % Параметр f по каждой хорде постоянен
```

```
Chord_Model_X_p2_p1_Type = 'DISTRIBUTION'; % CONSTANT | DISTRIBUTION % Способ задания параметра p2/p1
```

```
% Если Chord_Model_X_p2_p1_Type = DISTRIBUTION
```

```
Chord_Model_X_p2_p1_Distr_File_Name = '_Model_X_p2_p1_Distribution.txt';
```

*_Model_X_p2_p1_Distribution.txt – Блокнот

Файл Правка Формат Вид Справка

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРА p_2/p_1 ПО РАЗМАХУ АГРЕГАТА

#####

0 0.33

1 0.15

Процедура работы

Задание настроек суммирования нагрузок. Суммирование нагрузок используется для проверки фактической нагрузки, приходящей на элементы.

```
% Точка суммирования
Summation_Point = [-100 -50 0]; % Необходима для вычисления результирующего момента

% Прямоугольная система координат для компонент результирующей силы и результирующего момента
Coord_Origin = [0 0 0];          % Начало системы координат
Point_On_Axis_3 = [0 0 1];       % Точка на оси Z
Point_On_Plane_13 = [1 0 0];     % Точка в плоскости XZ
```

Процедура работы

Задание настроек дискретного поля нагрузок.

```
Distributed_Load_Mode          = 'CID_DISTR_LOAD'; % CID_DISTR_LOAD | PRESSURE
```

```
% Если Distributed_Load_Mode = CID_DISTR_LOAD
```

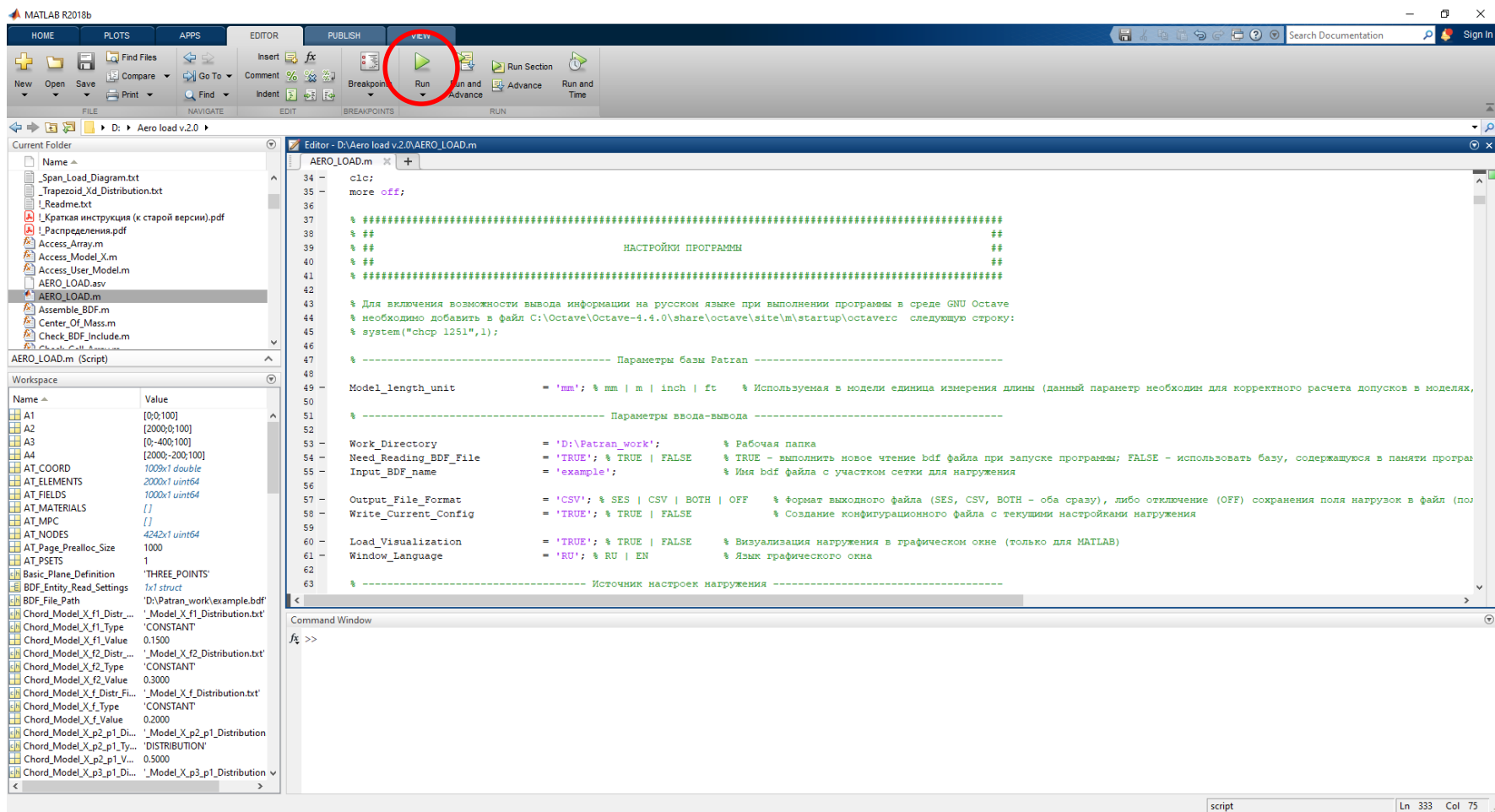
```
    Vector_Field_Component      = 3; % 1 | 2 | 3
```

```
% Номер ненулевой компоненты векторного поля в случае нагружения через CID Distributed Load
```

Aero_Load_24-Jun-2024_15-27-56.csv – Блокнот				
Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
Elem 1, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.2054467137e-03>				
Elem 2, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.1798742765e-03>				
Elem 3, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.1541109629e-03>				
Elem 4, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.1281546425e-03>				
Elem 5, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.1020037461e-03>				
Elem 6, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.0756557421e-03>				
Elem 7, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.0491084081e-03>				
Elem 8, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.0223596501e-03>				
Elem 9, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.9954073867e-03>				
Elem 10, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.9682495440e-03>				
Elem 11, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.9408835450e-03>				
Elem 12, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.9133073816e-03>				
Elem 13, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.8855186834e-03>				
Elem 14, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.8575151617e-03>				
Elem 15, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.8292941643e-03>				

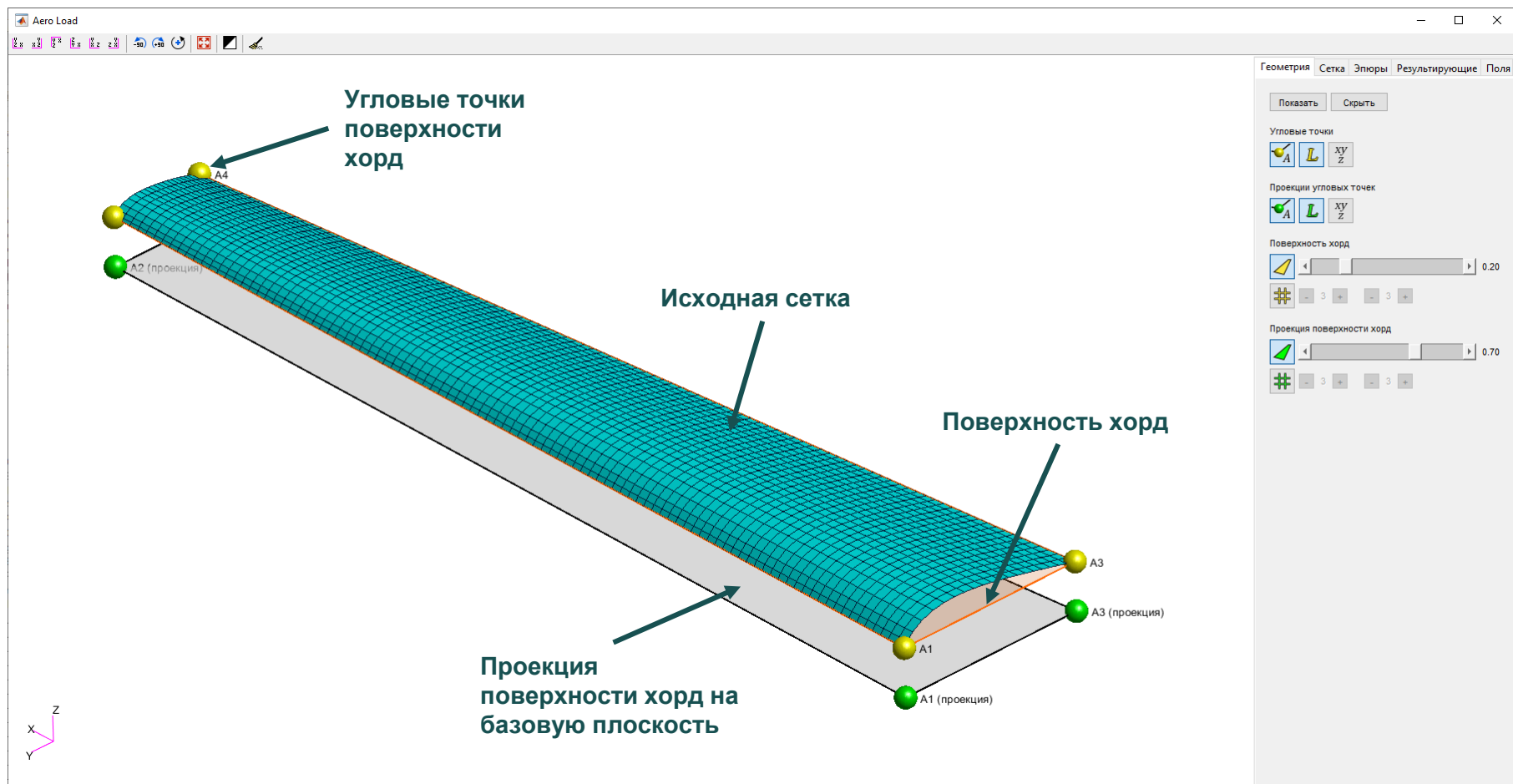
Процедура работы

Запуск программы осуществляется нажатием кнопки Run (или F5).



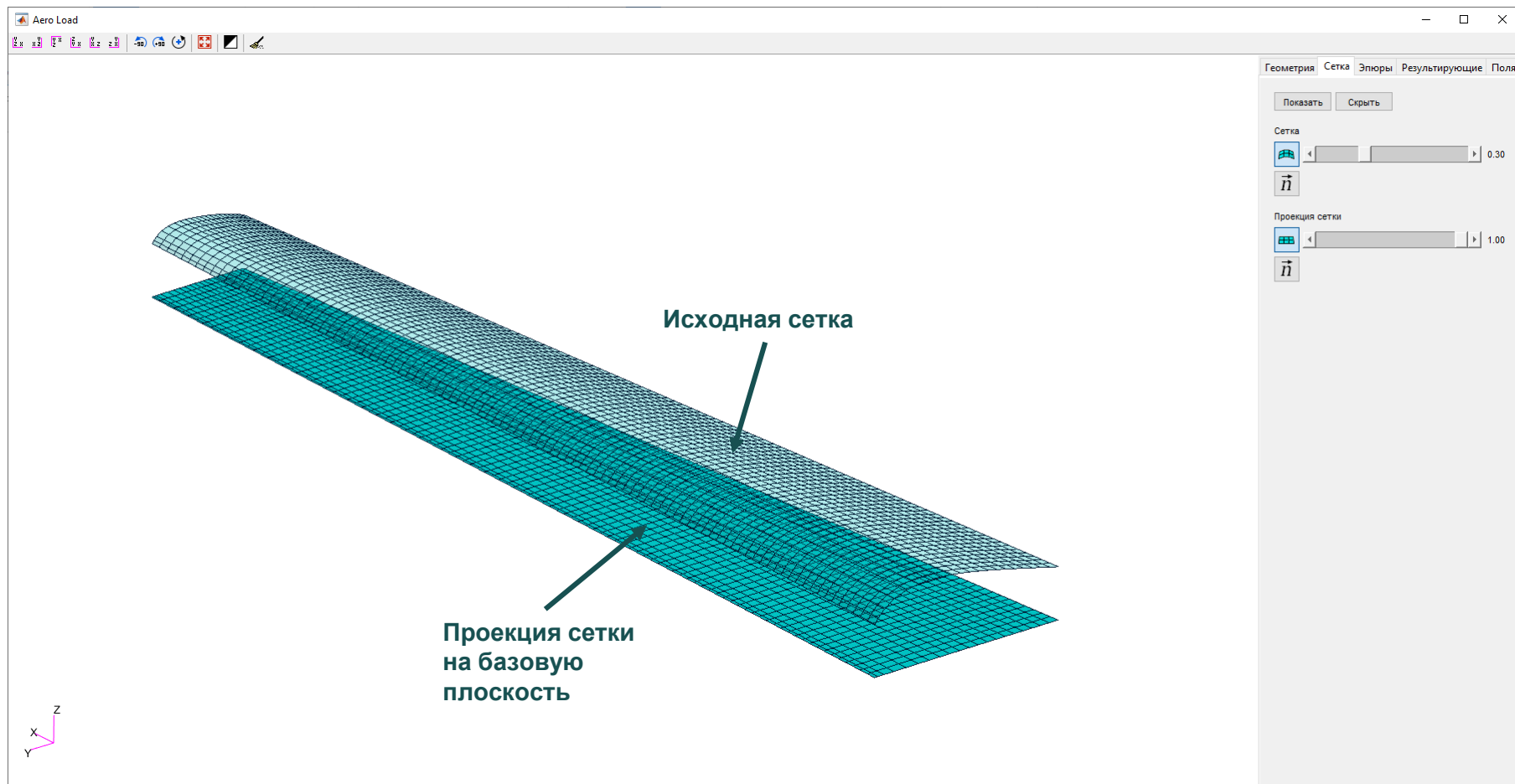
Процедура работы

Проверка нагружения в графическом окне. Вкладка геометрия.



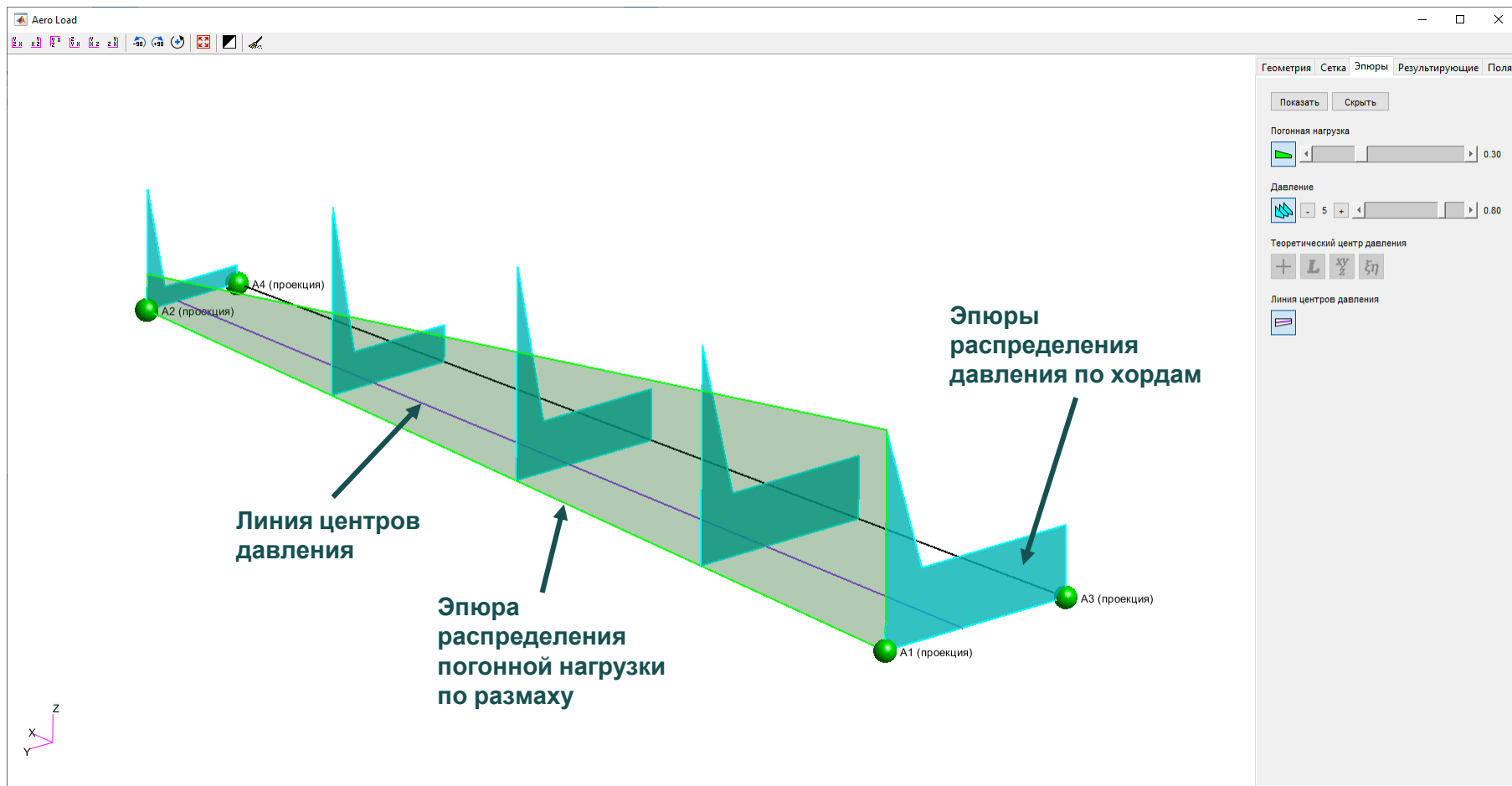
Процедура работы

Проверка нагружения в графическом окне. Вкладка сетка.



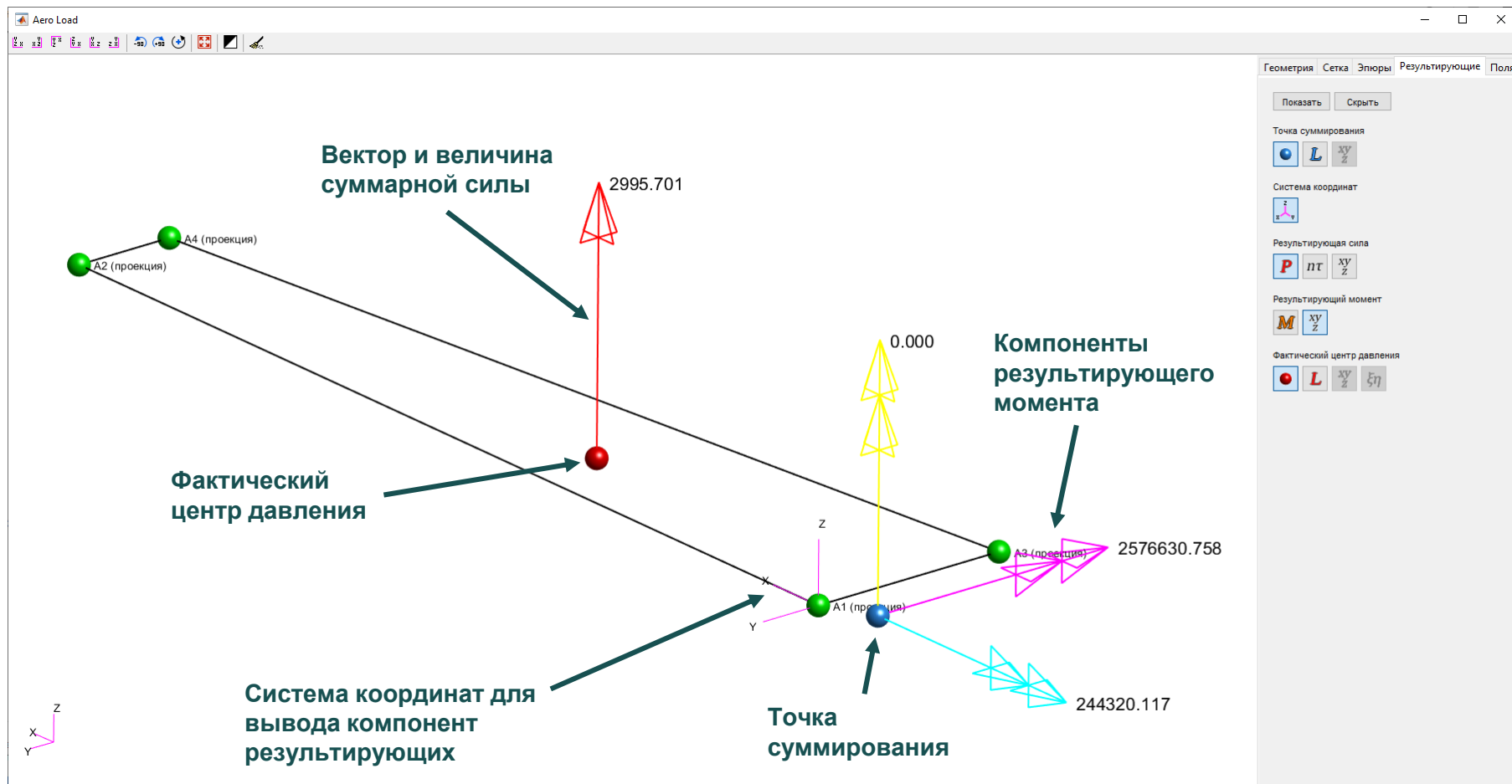
Процедура работы

Проверка нагружения в графическом окне. Вкладка эпюры. Здесь показываются заданные теоретические распределения нагрузок.



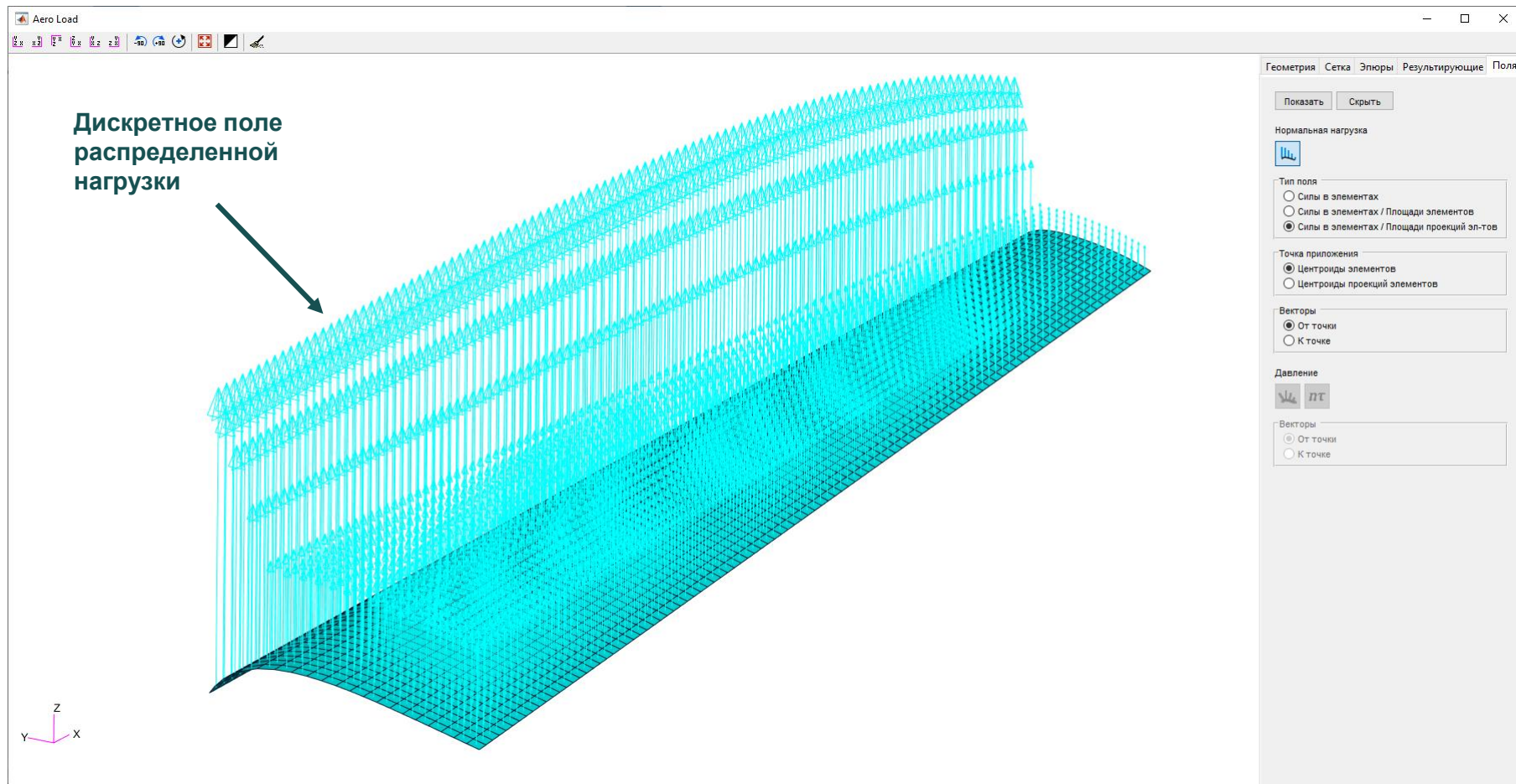
Процедура работы

Проверка нагружения в графическом окне. Вкладка результирующие. Здесь даны результирующие от фактических нагрузок на элементы.



Процедура работы

Проверка нагружения в графическом окне. Вкладка поля. Здесь показываются фактические векторные поля нагрузок.



Процедура работы

Выходные файлы.

-  **Aero_Load_24-Jun-2024_15-27-56.alcfg** ← Конфигурационный файл с настройками нагружения
-  **Aero_Load_24-Jun-2024_15-27-56.csv** ← CSV файл с полем нагрузок
-  **Aero_Load_24-Jun-2024_15-27-56.ses** ← SES файл для автоматического создания поля нагрузок

 Aero_Load_24-Jun-2024_15-27-56.csv – Блокнот

Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
Elem 1, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.2054467137e-03>				
Elem 2, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.1798742765e-03>				
Elem 3, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.1541109629e-03>				
Elem 4, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.1281546425e-03>				
Elem 5, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.1020037461e-03>				
Elem 6, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.0756557421e-03>				
Elem 7, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.0491084081e-03>				
Elem 8, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 5.0223596501e-03>				
Elem 9, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.9954073867e-03>				
Elem 10, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.9682495440e-03>				
Elem 11, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.9408835450e-03>				
Elem 12, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.9133073816e-03>				
Elem 13, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.8855186834e-03>				
Elem 14, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.8575151617e-03>				
Elem 15, <0.0000000000e+00, 0.0000000000e+00, 4.8292941643e-03>				

Импорт грузовок в Patran.



Программа Aero Load **БЕСПЛАТНА!**

- Программа Aero Load является свободным ПО и распространяется по лицензии GNU GPL версии 3.0.
- Это значит, что каждый может беспрепятственно скачивать, использовать и модифицировать данную программу.



Free as in Freedom



- Программа может работать либо в среде MATLAB (проприетарное ПО), либо в среде GNU Octave 4.4 – бесплатном свободном ПО (без графического окна).

<http://www.fastenerdoctor.ru/>

- Программу можно бесплатно скачать на сайте <http://www.fastenerdoctor.ru/>, где помимо нее доступна программа Fastener Doctor для лечения и конвертации крепежа в моделях MSC Patran.

AL
AeroLoad



Заключение

- Рассмотрены основные способы нагружения агрегатов самолета распределенной аэродинамической нагрузкой в MSC.Patran.
- Разработан бесплатный инструмент для нагружения агрегатов самолета распределенной аэродинамической нагрузкой – программа Aero Load. Она позволяет автоматически формировать дискретные поля для любых законов распределения нагрузки.
- Программа Aero Load размещена в свободном доступе в сети Интернет и обладает открытым исходным кодом, позволяющим на ее основе создавать другие инструменты, делающие более эффективной работу в MSC.Patran.

Спасибо за внимание!

