

Моделирование выпуска/уборки стоек шасси самолета в программном комплексе EULER (ЭЙЛЕР)

Бойков В.Г.

© ООО «АвтоМеханика»

01.09.2011

В данном разделе представлены основные принципы формирования моделей самолетных стоек шасси в программном комплексе (ПК) EULER с использованием типовых элементов конструкции. Созданные модели могут использоваться для моделирования выпуска/уборки шасси и проведения других исследований динамического поведения стоек. На рисунке 1 представлены примеры моделей стоек шасси различной конструкции. На рисунке 2 представлена модель механизма фиксации подкоса стойки шасси.

Представленные в данном разделе модели находятся в папке «Samples\Projects\Gears\Landing_gears» в виде исходных файлов ПК EULER.

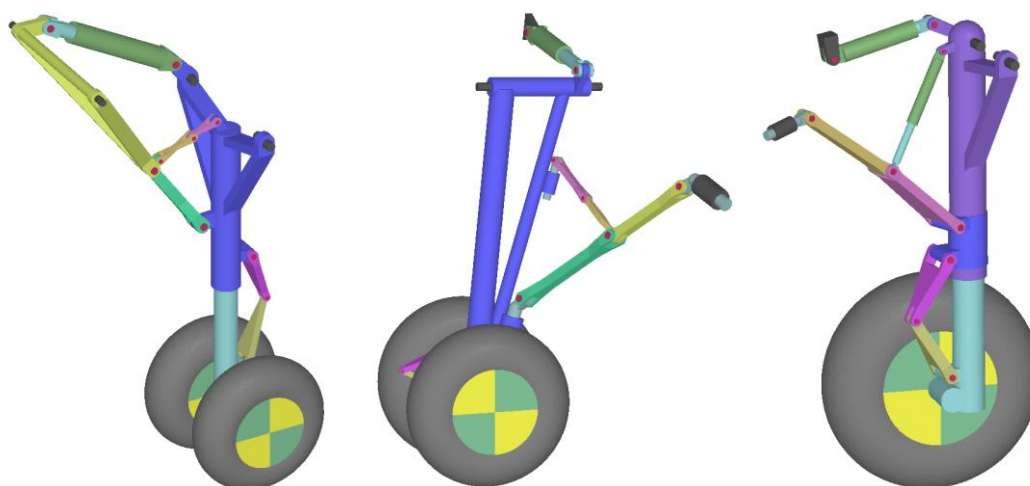


Рис. 1. Модели самолетных стоек шасси

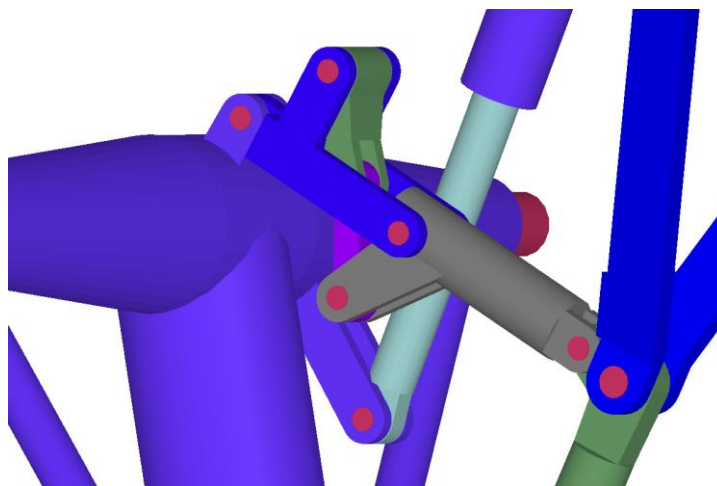


Рис. 2. Модель механизма фиксации подкоса стойки шасси

Типовые элементы конструкции

Для удобства формирования геометрической модели конструкции стойки можно использовать в качестве агрегатов параметризованные модели типовых элементов «кронштейн», «тяга», «флажок», «цилиндр», «рычаг_V», «колесо_A», «шлиц-шарнир», «корпус_T», «корпус_N». Рассмотрим модели этих элементов.

Модель «кронштейн» описана в файле «corbel.elr». Внешний вид модели элемента представлен на рисунке 3. Элемент имеет следующие параметры:

- pA (point) – центр оси вращения.
- vA (vector) – вектор оси вращения.
- RA (scalar [length]) – радиус оси вращения.
- z (scalar [-]) – полузазор относительно RA . По умолчанию ($z=1.25$).
- u (scalar [-]) – толщина уха относительно RA . По умолчанию ($u=1.25$).
- q (scalar [-]) – вылет оси относительно RA . По умолчанию ($q=0.5$).
- pB (point) – точка основания. Центр основания кронштейна определяется как проекция точки pB на плоскость, проходящую через точку pA и перпендикулярную вектору vA .
- b (scalar [-]) – относительная ширина основания. По умолчанию ($b=1.2$).

Все тела модели «кронштейн» объединены в группу с именем gS , которую можно использовать для прикрепления тел к звену.

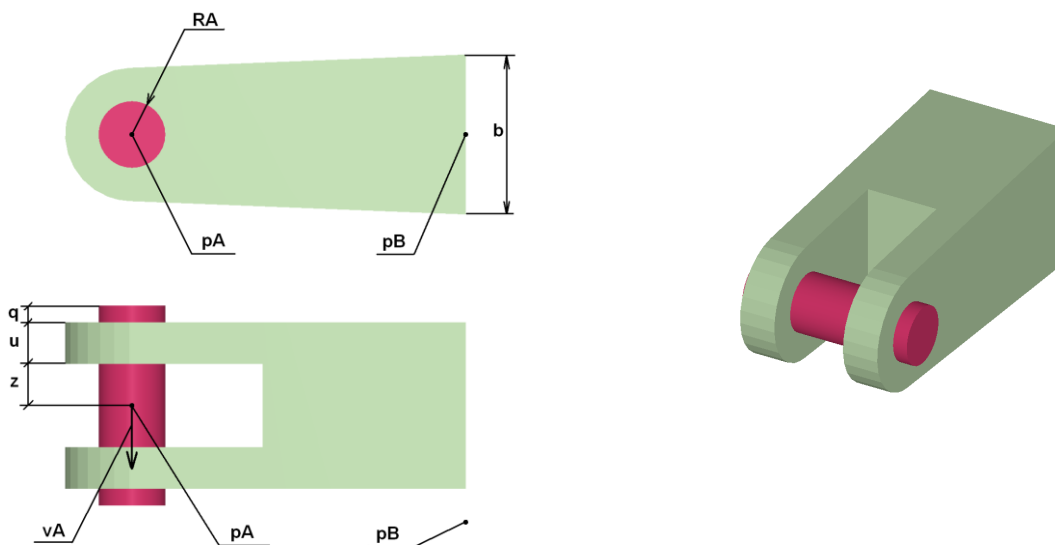


Рис. 3. Модель «кронштейн»

Модель «тяги» описана в файле «rod.elt». Внешний вид модели элемента представлен на рисунке 4. Элемент имеет следующие параметры:

- p1 (point) – центр оси 1.
- p2 (point) – центр оси 2.
- vA (vector) – вектор осей 1 и 2.
- RA1 (scalar [length]) – радиус оси 1.
- z1 (scalar [-]) – полузазор относительно RA1. По умолчанию (z1=1.25).
- u1 (scalar [-]) – толщина уха относительно RA1. По умолчанию (u1=1.25).
- q1 (scalar [-]) – вылет оси относительно RA1. По умолчанию (q1=0.5).
- RA2 (scalar [length]) – радиус оси 2.
- z2 (scalar [-]) – полузазор относительно RA2. По умолчанию (z2=1.25).
- u2 (scalar [-]) – толщина уха относительно RA2. По умолчанию (u2=1.25).
- q2 (scalar [-]) – вылет оси относительно RA2. По умолчанию (q2=0.5).
- H (scalar [length]) – толщина тяги.
- M (scalar [mass]) – масса тяги.

Все тела модели «тяги» объединены в группу с именем gS, которую можно использовать для прикрепления тел к звену.

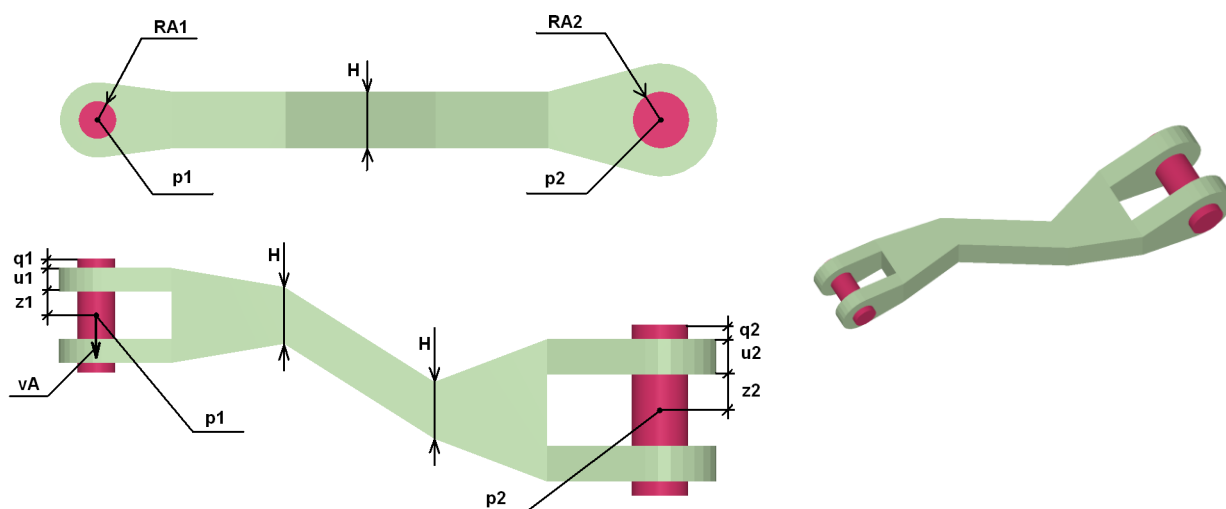


Рис. 4. Модель «тяги»

Модель «тяга2» описана в файле «rod2.elr». Внешний вид модели элемента представлен на рисунке 5. Элемент имеет следующие параметры:

- $p1$ (point) – центр оси 1.
- $p2$ (point) – центр оси 2.
- vA (vector) – вектор осей 1 и 2.
- $RA1$ (scalar [length]) – радиус оси 1.
- $z1$ (scalar [-]) – полузазор относительно $RA1$. По умолчанию ($z1=1.25$).
- $u1$ (scalar [-]) – толщина уха относительно $RA1$. По умолчанию ($u1=1.25$).
- $q1$ (scalar [-]) – вылет оси относительно $RA1$. По умолчанию ($q1=0.5$).
- $RA2$ (scalar [length]) – радиус оси 2.
- $z2$ (scalar [-]) – полузазор относительно $RA2$. По умолчанию ($z2=1.25$).
- $u2$ (scalar [-]) – толщина уха относительно $RA2$. По умолчанию ($u2=1.25$).
- $q2$ (scalar [-]) – вылет оси относительно $RA2$. По умолчанию ($q2=0.5$).
- H (scalar [length]) – толщина тяги.
- M (scalar [mass]) – масса тяги.

Все тела модели «тяга2» объединены в группу с именем gS , которую можно использовать для прикрепления тел к звену.

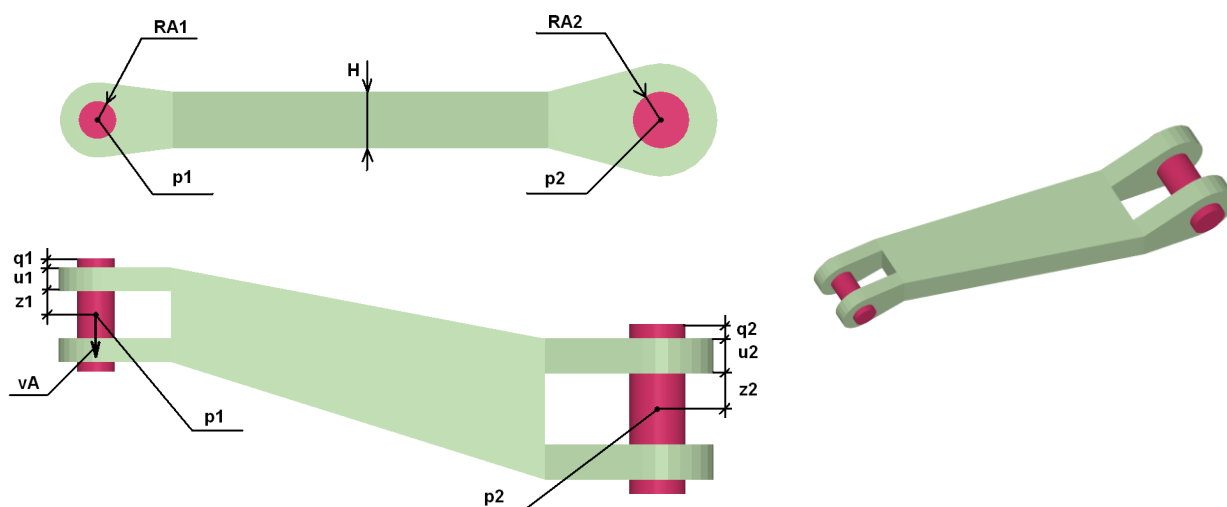


Рис. 5. Модель «тяга2»

Модель «флажок» описана в файле «flag.elg». Внешний вид модели элемента представлен на рисунке 6. Элемент имеет следующие параметры:

- pA (point) – центр оси вращения на флажке.
- vA (vector) – вектор оси вращения на флажке.
- RA (scalar [length]) – радиус оси вращения на флажке.
- z (scalar [-]) – полузазор относительно RA . По умолчанию ($z=1.25$).
- u (scalar [-]) – толщина уха относительно RA . По умолчанию ($u=1.25$).
- q (scalar [-]) – вылет оси относительно RA . По умолчанию ($q=0.5$).
- pB (point) – начало оси флажка.
- vB (vector) – вектор оси флажка (направлен в сторону pA).
- RB (scalar [length]) – радиус оси флажка.
- M (scalar [mass]) – масса оси флажка.

Тела корпуса (выделены на рисунке 6 синим цветом) объединены в группу с именем gB . Все остальные тела модели «флажок» объединены в группу с именем gS . Эти группы можно использовать для прикрепления тел к звеньям.

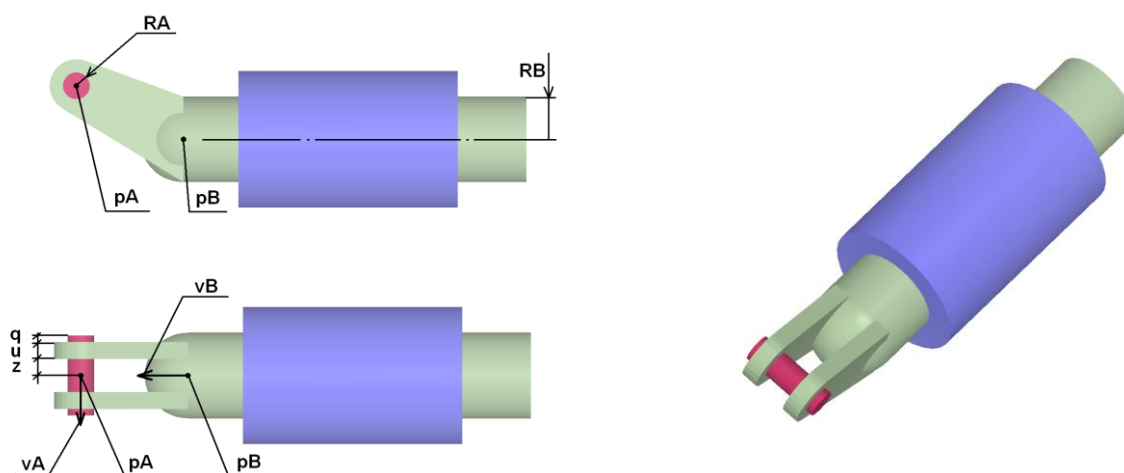


Рис. 6. Модель «флажок»

Модель «рычаг_V» описана в файле «lever_V.elr». Внешний вид модели элемента представлен на рисунке 7. Элемент имеет следующие параметры:

- pA (point) – центр малой оси.
- vA (vector) – вектор малой и большой осей.
- RA (scalar [length]) – радиус малой оси.
- z (scalar [-]) – полузазор относительно RA . По умолчанию ($z=1.25$).
- u (scalar [-]) – толщина уха относительно RA . По умолчанию ($u=1.25$).
- q (scalar [-]) – вылет оси относительно RA . По умолчанию ($q=0.5$).
- pB (point) – точка на большой оси.
- RB (scalar [length]) – радиус большой оси
- LB (scalar [length]) – длина большой оси.
- M (scalar [mass]) – масса рычага.;

Тела большой оси (выделены на рисунке 7 синим цветом) объединены в группу с именем gB . Все остальные тела модели «рычаг_V» объединены в группу с именем gS . Эти группы можно использовать для прикрепления тел к звеньям.

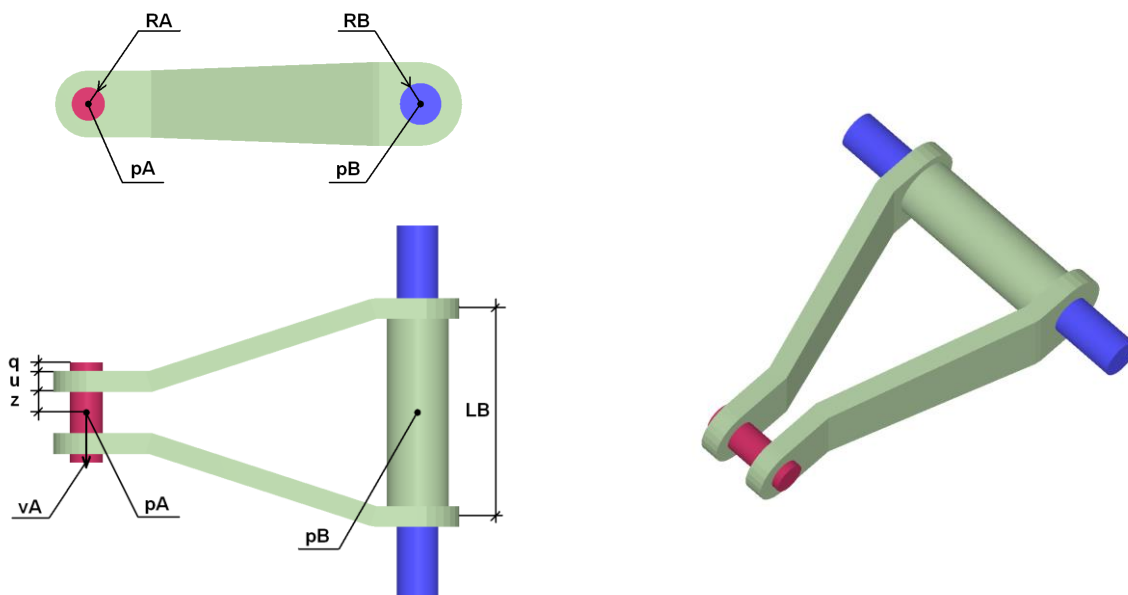


Рис. 7. Модель «рычаг_V»

Модель «цилиндр» описана в файле «cylinder.elr». Внешний вид модели элемента представлен на рисунке 8. Элемент имеет следующие параметры:

- pC (point) – центр крепления цилиндра.
- pS (point) – центр крепления штока.
- vA (vector) – направление вектора осей крепления цилиндра и штока. Реальный вектор осей перпендикулярен оси цилиндра (pC, pS).
- RC (scalar [length]) – радиус цилиндра.
- RA (scalar [length]) – радиус осей крепления.
- zC (scalar [-]) – полузазор относительно RA . По умолчанию ($zC=1.25$).
- uC (scalar [-]) – толщина уха относительно RA . По умолчанию ($uC=1.25$).
- qC (scalar [-]) – вылет оси относительно RA . По умолчанию ($qC=0.5$).
- zS (scalar [-]) – полузазор относительно RA . По умолчанию ($zS=1.25$).
- uS (scalar [-]) – толщина уха относительно RA . По умолчанию ($uS=1.25$).
- qS (scalar [-]) – вылет оси относительно RA . По умолчанию ($qS=0.5$).
- aC (scalar [-]) – длина цилиндра относительно исходного положения (pC, pS). По умолчанию ($aC=0.8$).
- MC (scalar [mass]) – масса цилиндра.
- MS масса штока.

В модели созданы два звена Cyl – цилиндр и Sh – шток. Звенья соединены цилиндрическим шарниром.

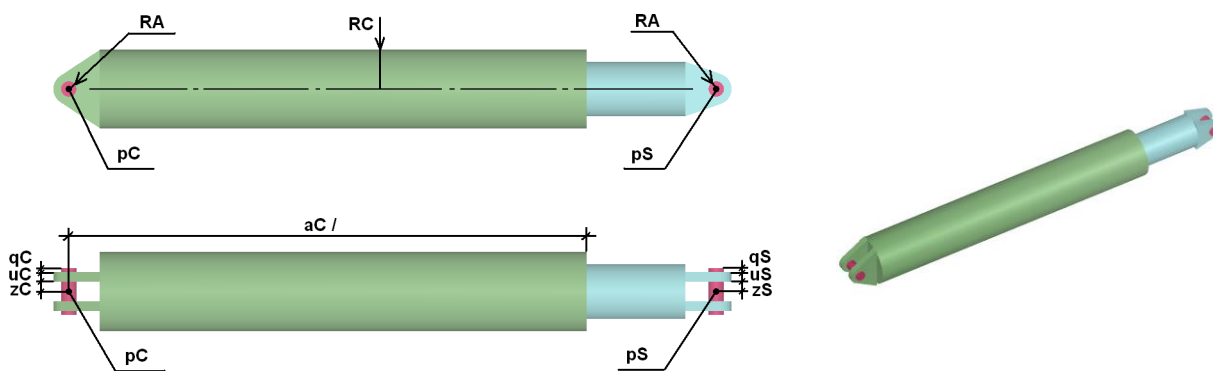


Рис. 8. Модель «цилиндр»

Модель «корпус_Т» описана в файле «trunk_T.elt». Внешний вид модели элемента представлен на рисунке 9. Ось поворота корпуса совпадает с вектором Z системы координат модели. Ось основного цилиндра корпуса совпадает с вектором Y системы координат модели. Таким образом, центр системы координат модели совпадает с точкой пересечения оси поворота и оси основного цилиндра. Элемент имеет следующие параметры:

- RA (scalar [length]) – радиус оси поворота.
- LA (scalar [length]) – база ушей оси поворота.
- RK (scalar [length]) – радиус корпуса.
- $yK0$ (scalar [length]) – координата «у» верхней точки корпуса.
- $yK1$ (scalar [length]) – координата «у» нижней точки корпуса.
- $yT1$ (scalar [length]) – координата «у» верхнего подкоса на корпусе.
- $yT2$ (scalar [length]) – координата «у» нижнего подкоса на корпусе.
- M (scalar [mass]) – масса корпуса.

В модели созданы три характерные точки $pA1$, $pA2$ и pK . Эти точки показаны на рисунке, их можно использовать для дальнейших построений модели стойки.

Тела оси поворота корпуса (выделены на рисунке 9 синим цветом) объединены в группу с именем gB . Все остальные тела модели «корпус_Т» объединены в группу с именем gS . Эти группы можно использовать для прикрепления тел к звеньям.

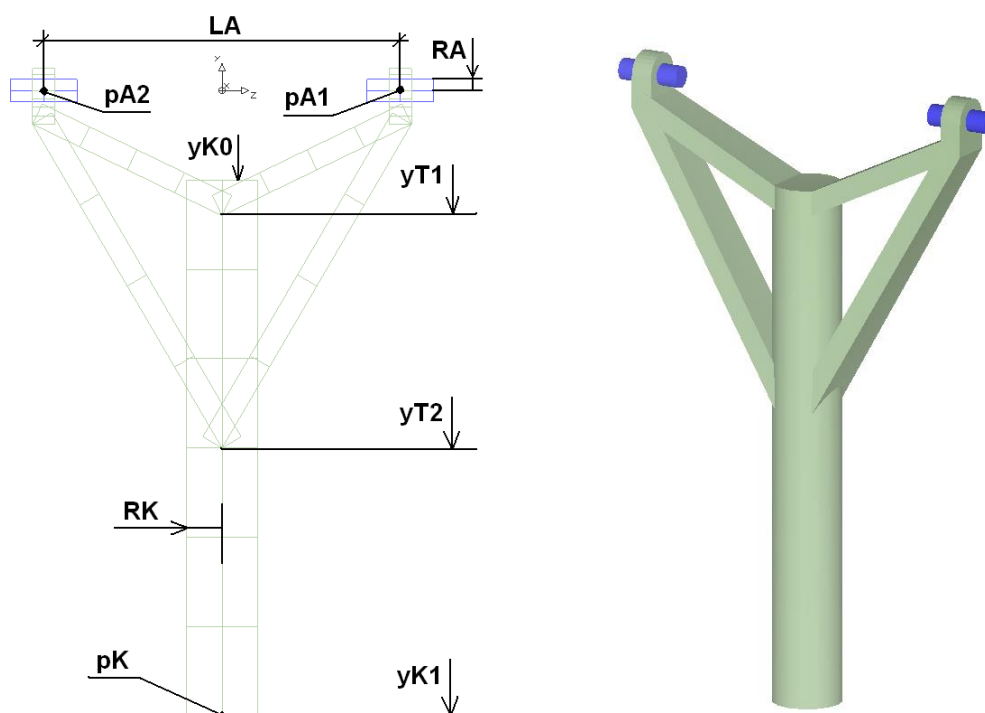


Рис. 9. Модель «корпус_Т»

Модель «корпус_N» описана в файле «trunk_N.elt». Внешний вид модели элемента представлен на рисунке 10. Ось основного цилиндра корпуса совпадает с вектором Y системы координат модели. Центр системы координат модели совпадает с точкой пересечения оси поворота корпуса и оси основного цилиндра. Элемент имеет следующие параметры:

- RA (scalar [length]) – радиус оси поворота.
- RK (scalar [length]) – радиус корпуса.
- yJ (scalar [length]) – координата «у» центра оси подкоса.
- zJ (scalar [length]) – координата «z» центра оси подкоса.
- yK (scalar [length]) – координата «у» нижней точки корпуса.
- $yT1$ (scalar [length]) – координата «у» верхнего подкоса на корпусе.
- $yT2$ (scalar [length]) – координата «у» нижнего подкоса на корпусе.
- M (scalar [mass]) – масса корпуса.

В модели созданы три характерные точки $p0$, pK и pJ . Эти точки показаны на рисунке, их можно использовать для дальнейших построений модели стойки.

Тела оси поворота корпуса (выделены на рисунке 10 синим цветом) объединены в группу с именем gB . Все остальные тела модели «корпус_N» объединены в группу с именем gS . Эти группы можно использовать для прикрепления тел к звеньям.

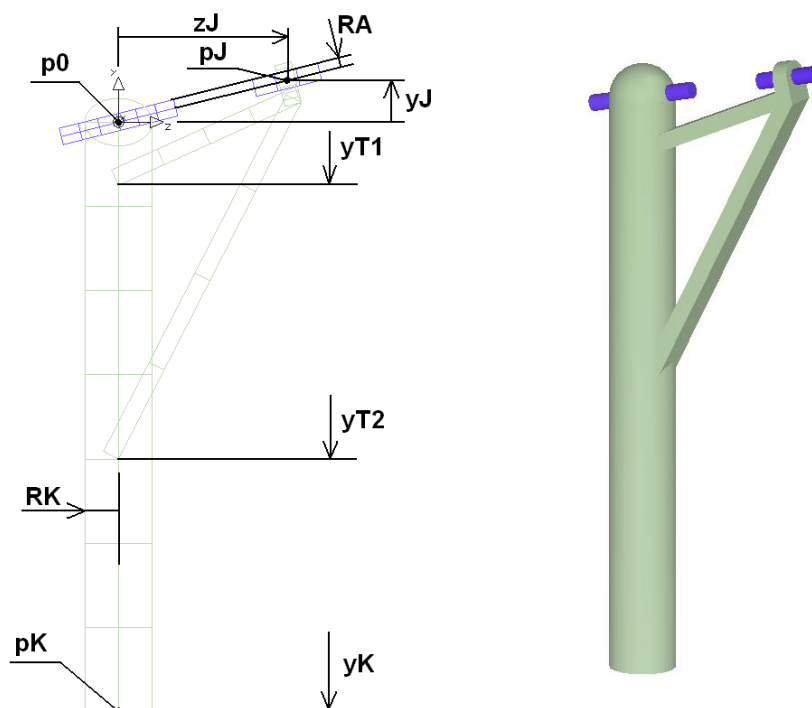


Рис. 10. Модель «корпус_N»

Модель «колесо_A» описана в файле «wheel_A.elr». Внешний вид модели элемента представлен на рисунке 11. Центр колеса совпадает с центром системы координат модели. Ось вращения колеса совпадает с вектором Z системы координат модели. Элемент имеет следующие параметры:

- Rt (scalar [length]) – радиус шины.
- Bt (scalar [length]) – ширина шины.
- Mt (scalar [mass]) – масса шины.
- Md (scalar [mass]) – масса диска.

Все тела модели «колесо_A» объединены в группу с именем gS, которую можно использовать для прикрепления тел к звену.

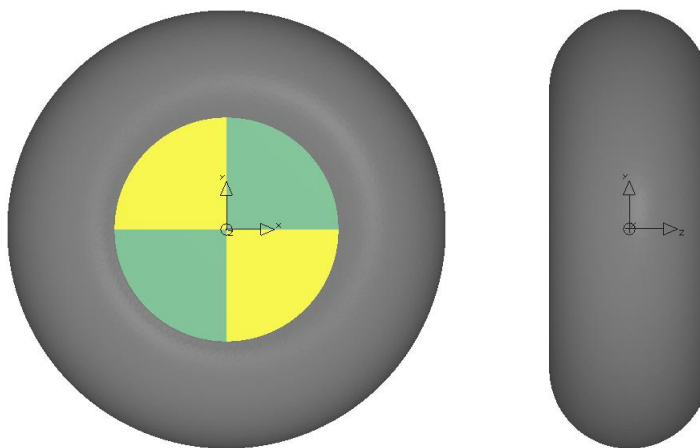


Рис. 11. Модель «колесо_A»

Модель «шлиц-шарнир» описана в файле «s-joint.elr». Внешний вид модели элемента представлен на рисунке 12. Элемент имеет следующие параметры:

- pA (point) – центр верхней оси.
- pB (point) – центр нижней оси.
- pC (point) – центр средней оси.
- vABC (vector) – вектор осей вращения.
- R_AB (scalar [length]) – радиус верхней и нижней осей.
- L_A (scalar [length]) – половина длины верхней оси.
- L_B (scalar [length]) – половина длины нижней оси.
- R_C (scalar [length]) – радиус средней оси.
- M (scalar [mass]) – масса шлиц-шарнира

В модели созданы четыре звена: А – верхнее звено крепления к стойке, В – нижнее звено крепления к стойке, ТА – верхнее звено шлиц-шарнира, ТВ – нижнее звено шлиц-шарнира. Звенья соединены шарнирами, обеспечивающими корректную работу традиционного шлиц-шарнира.

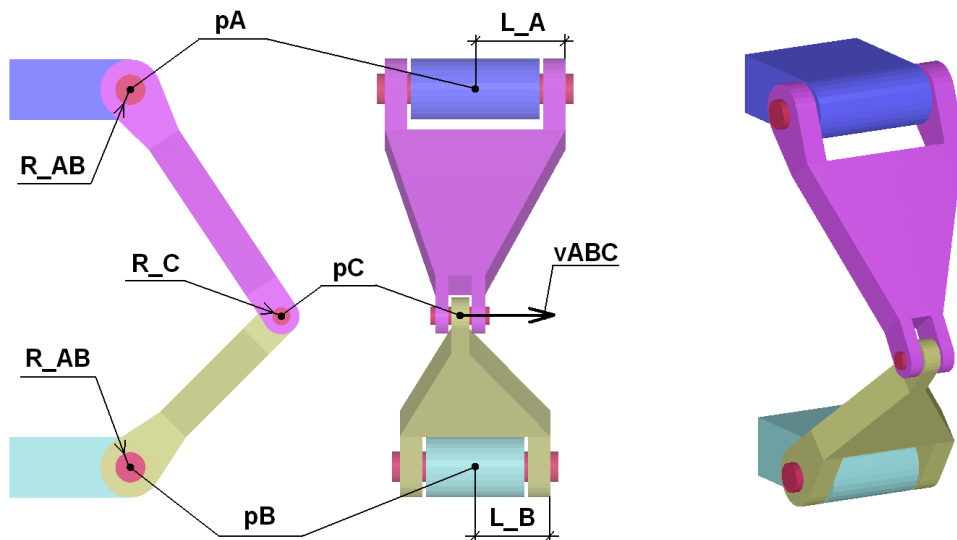


Рис. 12. Модель «шлиц-шарнир»

Демонстрационные примеры моделей стоек

На рисунке 13 представлены простейшие демонстрационные модели стоек, собранные из типовых элементов. В моделях созданы звенья, шарниры и программное движение для моделирования выпуска/уборки стойки. Ниже представлен текст проекта ПК EULER «sample_1.elr».

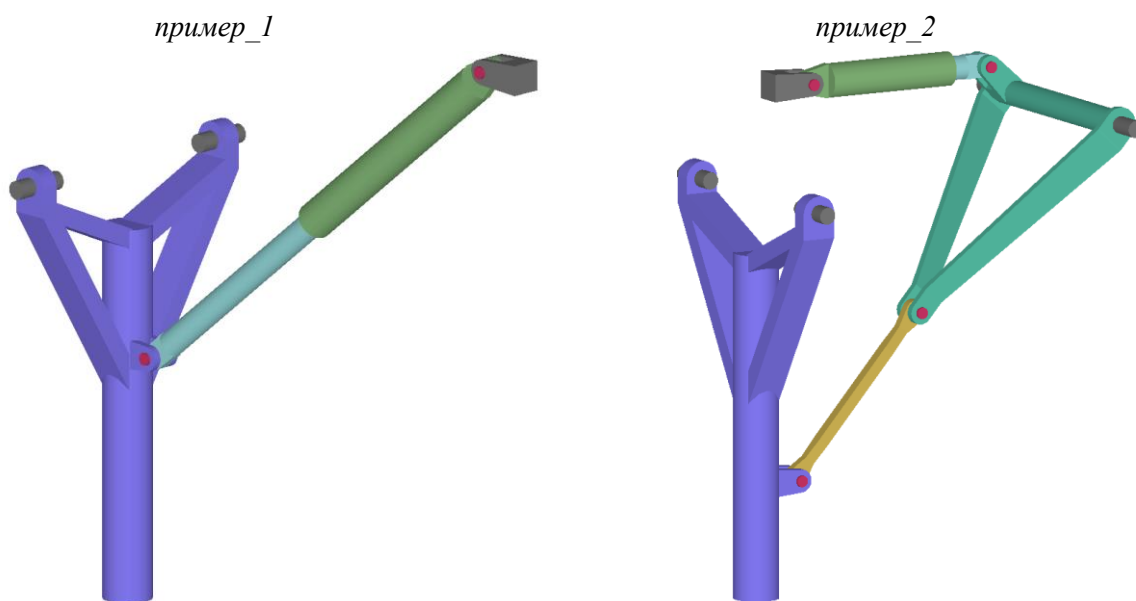


Рис. 13. Демонстрационные примеры моделей стоек

Текст проекта ПК EULER «sample_1.elr»

```

// Демонстрационный пример 1 модели стойки шасси
//
// базовые точки
point p0=point( 0 [ mm ], 0 [ mm ], 0 [ mm ] );
point p1=point( 1600 [ mm ], 600 [ mm ], 0 [ mm ] );
point p2=point( 130 [ mm ], -600 [ mm ], 0 [ mm ] );
//
node node1=nodePoint( p0 );
scalar RA1 "радиус осей"=30[mm];
scalar RA2 "радиус осей"=20[mm];
scalar value_0=0.0;
scalar value_0p75=0.75;
string string_K="frames\corbel.elr";
//
// геометрия корпуса
string string_A="frames\trunk_T.elr";
assembly aA=assembly( string_A, node1, #RA = RA1 );
point p2K=move( p2, projectX, -100 [ mm ] );
assembly aK1=assembly( string_K, node1, #pA = p2, #vA = projectZ, #RA = RA2, #pB = p2K );
//
// гидроцилиндр
string string_C="frames\cylinder.elr";
scalar arC=0.53;
assembly aC=assembly( string_C, node1, #pC = p1, #pS = p2, #vA = projectZ, #RA = RA2,
    #zC = value_0, #uC = value_0p75, #zS = value_0, #uS = value_0p75, #aC = arC );
point p1K=move( p1, projectX, 150 [ mm ] );
assembly aK2=assembly( string_K, node1, #pA = p1, #vA = projectZ, #RA = RA2, #pB = p1K );
//
// звенья
color color_base=RGB( 121, 121, 121 );
color color_A "корпус"=RGB( 128, 118, 239 );
body base=body( color = color_base );
set ground = base;
body base < ( aA.gB, aK2.gS );
body A=body( color = color_A );
body A < ( aA.gS, aK1.gS );
//
// шарниры
joint joint_p0=rotational( base, A, p0, projectZ );
joint joint_p1=rotational( base, aC.Cyl, p1, projectZ );
joint joint_p2=rotational( A, aC.Sh, p2, projectZ );
//
// движение гидроцилиндра
function w_func_sC=pieceLine( list( ( 0[s], 0[mm] ), ( 1[s], 0[mm] ), ( 9[s], -790[mm] ), ( 11[s], -790[mm] ),
    ( 19[s], 0[mm] ), ( 20[s], 0[mm] ) ) );
function func_sC=localSmooth( w_func_sC, list( 0.05[s] ) );
motion motion_C=ideal2( func_sC, aC.jCS.s, time );
//
command dyn_p01=constRK4( 1.00000e+001 [ s ], 1.00000e-002 [ s ] );

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Λ  Единицы измерения;
set units = SI;

```