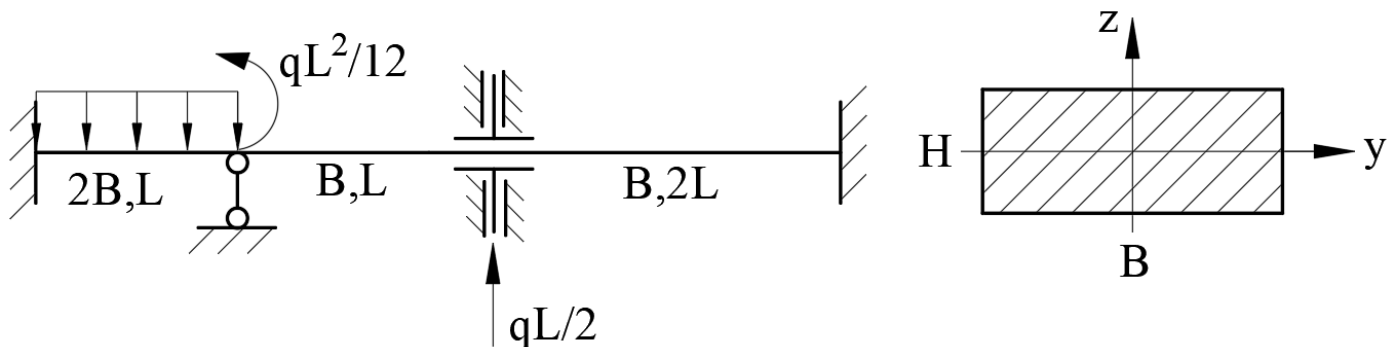


## Лабораторные работы №3-4 «Расчет балок в ANSYS Mechanical APDL»

### Задача №1

Условие задачи:



$L=200$  мм;  $B = 10$  мм,  $H = 2$  мм;  $q=0.1$  Н/мм;  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа;  $\mu = 0.3$ ;

### Этапы решения задачи и команды им соответствующие

#### 1. Начало программы

`FINISH`

`/CLEAR`

Данный набор команд очищает текущий сеанс (удаляет все созданные геометрические и конечно-элементные объекты, параметры, настройки и т.д.).

#### 2. Задание параметров:

`L=200`

#### 3. Выбор конечного элемента:

Элемент **BEAM188** (2-х узловой элемент с 6 степенями свободы в каждом узле)

`ET, ITYPE, BEAM188, , 3`

Где *ITYPE* - номер конечного элемента в таблице элементов. Приведенный вариант команды выбирает элемент **BEAM188** с аппроксимацией поля перемещений внутри элемента кубическим полиномом.

Команда входа в *preprocessor*: `/PREP7`

#### 4. Задание геометрических параметров конечного элемента:

`SECTYPE, SECID, TYPE, SUBTYPE`

`SECDATA, VAL1, VAL2, VAL3, VAL4`

Где *SECID* - номер поперечного сечения в таблице сечений, *TYPE* - тип элемента для которого создается сечение (для балочного конечного элемента *TYPE = BEAM*), *SUBTYPE* - па-

параметр, указывающий форму поперечного сечения стержня (для прямоугольного сечения  $TYPE = RECT$ )

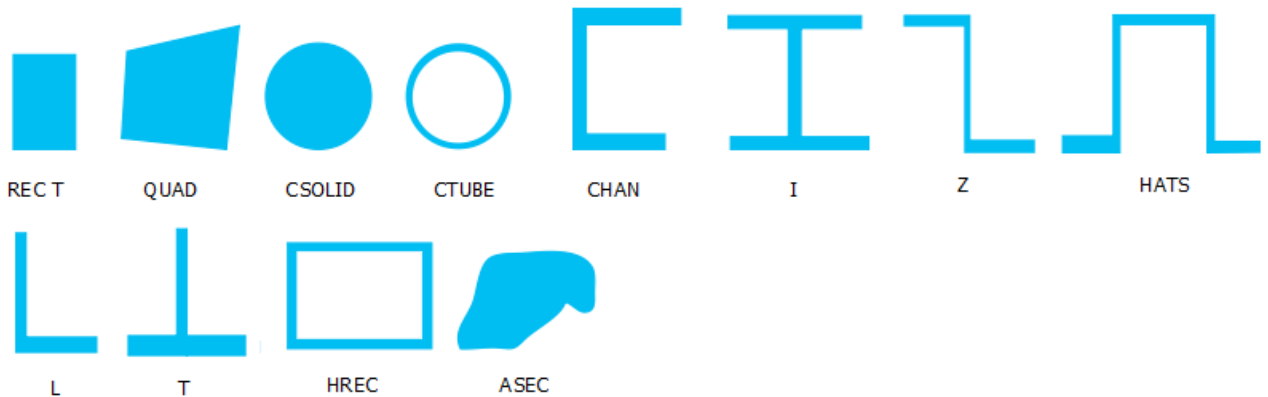
$VAL1$  – ширина поперечного сечения,  $VAL2$  – высота поперечного сечения

Параметры  $VAL3$  и  $VAL4$  – не обязательны – они показывают, на сколько элементов разбито сечение по горизонтали и вертикали. Повышение кол-ва элементов увеличивает точность вычисления моментов инерции. По умолчанию  $VAL3 = VAL4 = 2$ .

Например:  $SECTYPE, 1, BEAM, RECT$

$SECDATA B, H$

Варианты поперечных сечений:



## 5. Свойства материала:

$MP, LAB, MAT, C0$

Где  $LAB$  - маркер, указывающий какая мех. хар-ка задается  $MAT$  - номер материала в таблице моделей материала  $C0$  - величина механической характеристики

Для линейного, упругого, изотропного материала  $LAB$ :

Модуль упругости:  $LAB = EX$

Коэффициент Пуассона:  $LAB = PRXY$

Например:  $MP, EX, 1, E$

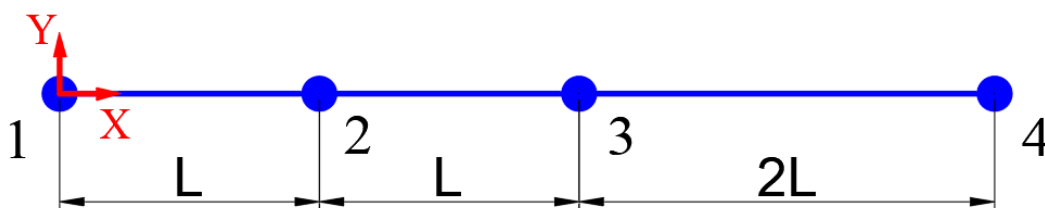
## 6. Создание узлов конечно-элементной модели:

$N, NODE, X, Y, Z$

Где  $NODE$  – номер узла,  $X, Y, Z$  – координаты  $X, Y, Z$  в текущей системе координат

Например:  $N, 1, 0, 0, 0$

5 ●

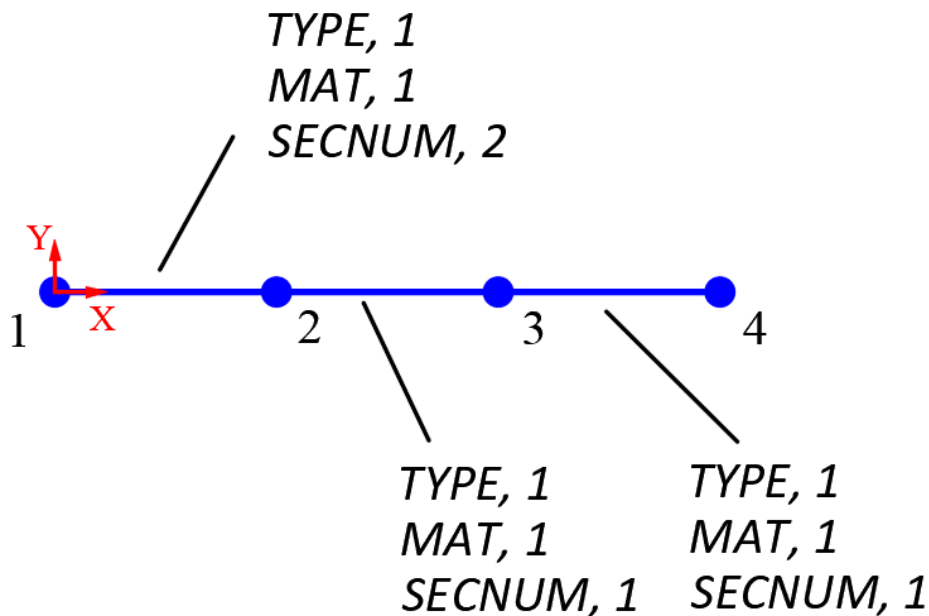


## 7. Создание элементов конечно-элементной модели:

*TYPE, ITYPE*  
*MAT, MAT*  
*SECNUM, SECID*

*E, I, J, K*

Где *ITYPE*, *MAT*, *SECID* – номера элемента, материала и поперечного сечения создаваемого конечного элемента, *I*, *J* – номера узлов, через которые проходит элемент, *K* – номер ориентационного узла



## 8. Закрепление узлов:

*D, NODE, Lab, VALUE*

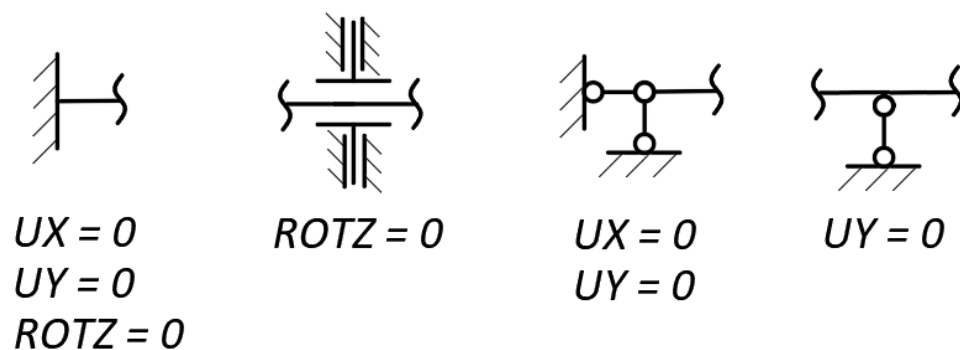
Где *NODE* – номер узла, *Lab* – маркер, указывающий какое из перемещений задается, где *VALUE* – значение перемещения

Для элемента *BEAM188* значения *LAB*:

*UX*, *UY*, *UZ* – перемещения вдоль глобальных осей *X*, *Y*, *Z*, *ROTX*, *ROTY*, *ROTZ* – повороты вокруг глобальных осей *X*, *Y*, *Z*, *ALL* – все линейные и угловые перемещения.

Команда входа в solution: */SOL*

Например: *D, 1, ALL, 0*



## 9. Приложение сосредоточенных сил:

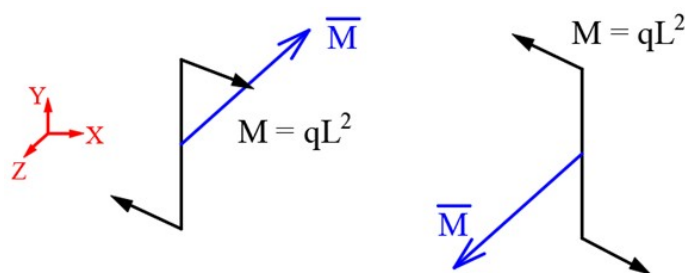
*F, NODE, Lab, VALUE*

Где *NODE* – номер узла, *Lab* – маркер, указывающий какое в каком направлении приложена сила, *VALUE* – значение приложенной силы

Для элемента *BEAM188* значения *LAB*:

*FX, FY, FZ* – силы вдоль глобальных осей *X, Y, Z*, *MX, MY, MZ* – моменты вокруг глобальных осей *X, Y, Z*.

Например: *F, 3, FX, q\*L/2*



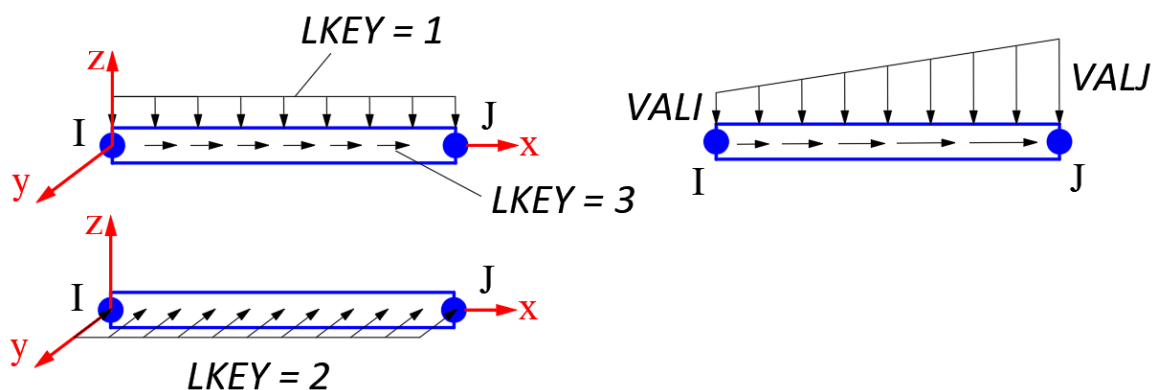
## 10. Приложение распределенных нагрузок:

*SFBEAM, Elem, LKEY, Lab, VALI, VALJ*

*Elem* – номер элемента, *LKEY* - параметр, указывающий направление нагрузки, *Lab* – маркер, указывающий какая нагрузка приложена (в задаче механики принимает значение *PRES*)

*VALI, VALJ* – значение давления в узлах *I, J*

Например: *SFBEAM, 1, 1, PRES, Q*



## 11. Запуск программы на счет:

*OUTRES, ALL, ALL*

*SOLVE*

Первая команда нужна, чтобы программный комплекс все просчитанные результаты передал в модуль для их просмотра. Вторая команда непосредственно запускает расчет.

## 12. Просмотр результатов

Команда входа в *general postprocessor*:

`/POST1`

Считывание результатов расчета на последнем шаге нагружения:

`SET, LAST`

1) Просмотр деформированного состояния конструкции

`PLDISP, 1`

2) Список узловых перемещений (линейных и угловых):

`PRNSOL, U, COMP`

`PRNSOL, ROT, COMP`

3) Список узловых реакций (реакций в опорах):

`PRRSOL`

4) Построение эпюры изгибающих моментов (моментов вокруг локальной оси *u* элементов):

`ETABLE, M_I, SMISC, 2`

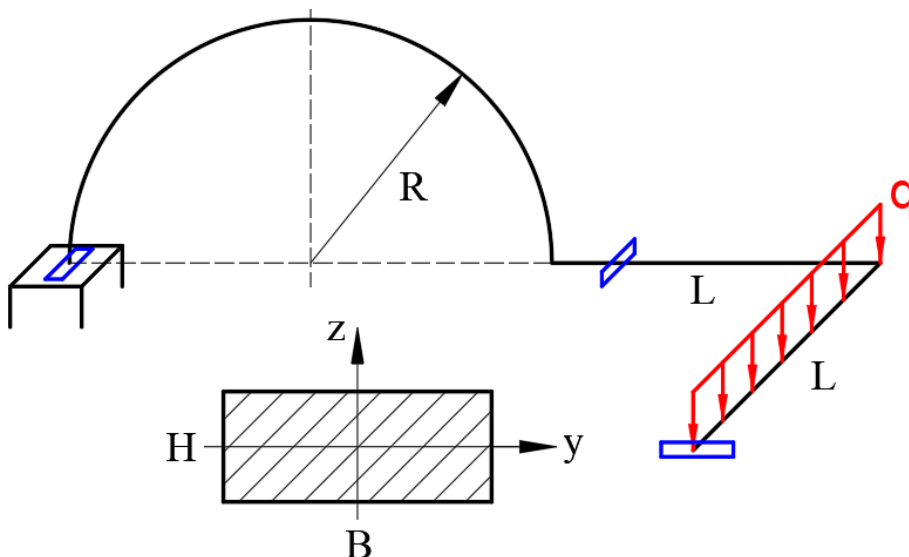
`ETABLE, M_J, SMISC, 15`

`PLLS, M_I, M_J`

5) Построение полей эквивалентных напряжений:

`PLESOL, S, EQV`

## Задача №2



Параметры задачи:

$L = 150 \text{ мм}$ ;  $R = 100 \text{ мм}$ ;  $B = 10 \text{ мм}$ ;  $H = 2 \text{ мм}$ ;

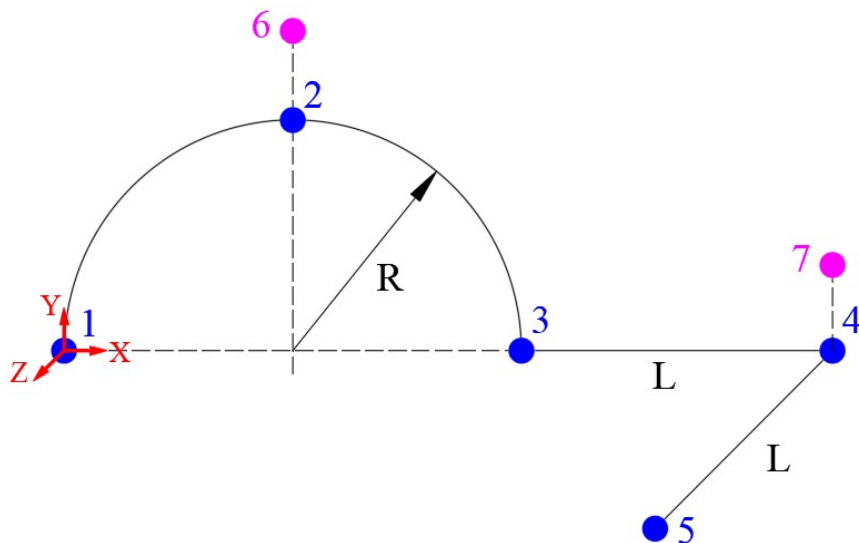
$q = 0.005 \text{ Н/мм}$ ;  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ;  $\mu = 0.3$ ;

### 1. Создание точек геометрической модели:

$K, NPT, X, Y, Z$

Где  $NPT$  – номер точки,  $X, Y, Z$  – координаты  $X, Y, Z$  в текущей системе координат

Например:  $K, 1, 0, 0, 0$



### 2. Создание дуг окружности по 2м точкам и величине радиуса

$LARC, P1, P2, PC, RAD$

Где  $P1, P2$  – номера точек, через которые проходит дуга,  $PC$  – номер ориентационной точки,  $RAD$  – радиус дуги.

Например:  $LARC, 1, 2, 3, R$

### 3. Создание прямых линий

$L, P1, P2$

Где  $P1, P2$  – номера точек, через которые проходит линия.

Например:  $L, 3, 4$

### 4. Вспомогательные операции – отображение номеров у точек, линий

$/PNUM, KP, 1$

$/PNUM, LINE, 1$

### 5. Разбиение геометрии (линий) на конечные элементы:

#### 5.1 Задание атрибутов будущих конечных элементов:

$LATT, MAT, --, TYPE, --, KB, --, SECNUM$

Где  $TYPE, MAT, SECNUM$  – номера элемента, материала и поперечного сечения создаваемого конечного элемента,  $KB$  – номер ориентационной точки.

Например: LATT, 1,--, 1,--, 6,--, 1

Замечание: В команде LATT в качестве аргумента отсутствует номер линии, поэтому она применится для всех линий сразу. В связи с этим команду применяют вместе с операциями выбора (select).

LSEL, S,--,--, LNUM

ALLSEL

Где LNUM – номер линии.

Первая команда выбирает линию с номером LNUM. Вторая команда отменяет выбор (возвращает все линии обратно). Таким образом, для того, чтобы задать атрибуты элементам, создаваемым из линии №1 нужно выполнить следующую последовательность команд:

LSEL, S, , , 1

LATT, 1, , 1, , 6, , 1

ALLSEL

## 5.2 Задание размеров конечных элементов:

LESIZE, NL, SIZE

Где NL – номер линии, которую разбивают на конечные элементы, SIZE – размеры конечных элементов.

Например: LESIZE, ALL, L/30

## 5.3 Разбиение линий на элементы:

LMESH, NL

Где NL – номер линии, которую разбивают на конечные элементы.

Например: LMESS, ALL

## 6. Закрепление точек:

DK, KPOI, Lab, VALUE

Где KPOI – номер точки, Lab – маркер, указывающий какое из перемещений задается, где VALUE – значение перемещения

Например: DK, 1, ALL, 0

## 7. Приложение сосредоточенной силы в точку:

FK, KPOI, Lab, VALUE

Где KPOI – номер точки, Lab – маркер, указывающий какое в каком направлении приложена сила, VALUE – значение приложенной силы

## 8. Приложение распределенных нагрузок:

SFBEAM, Elem, LKEY, Lab, VALI, VALJ

*Elem* – номер элемента, *LKEY* - параметр, указывающий направление нагрузки, *Lab* – маркер, указывающий какая нагрузка приложена (в задаче механики принимает значение *PRES*)

*VALI*, *VALJ* – значение давления в узлах *I*, *J*

*Замечание:* поскольку в пределах одной линии может быть несколько элементов – удобно прикладывать распределенную нагрузку сразу к нескольким элементам используя операции *select*. Так можно применить следующий набор команд:

*LSEL,S,,,4*

*ESLL,S*

*SFBEAM, ALL, 1, PRES, Q*

*ALLSEL*

*Первая команда выбирает линию с номером 4. Вторая команда выбирает все элементы, которые были получены из всех выбранных на текущий момент линий (т.е. из линии №4). Команда №3 прикладывает распределенную нагрузку во всем выбранным элементам, команда №4 возвращает все элементы и линии обратно в модель.*