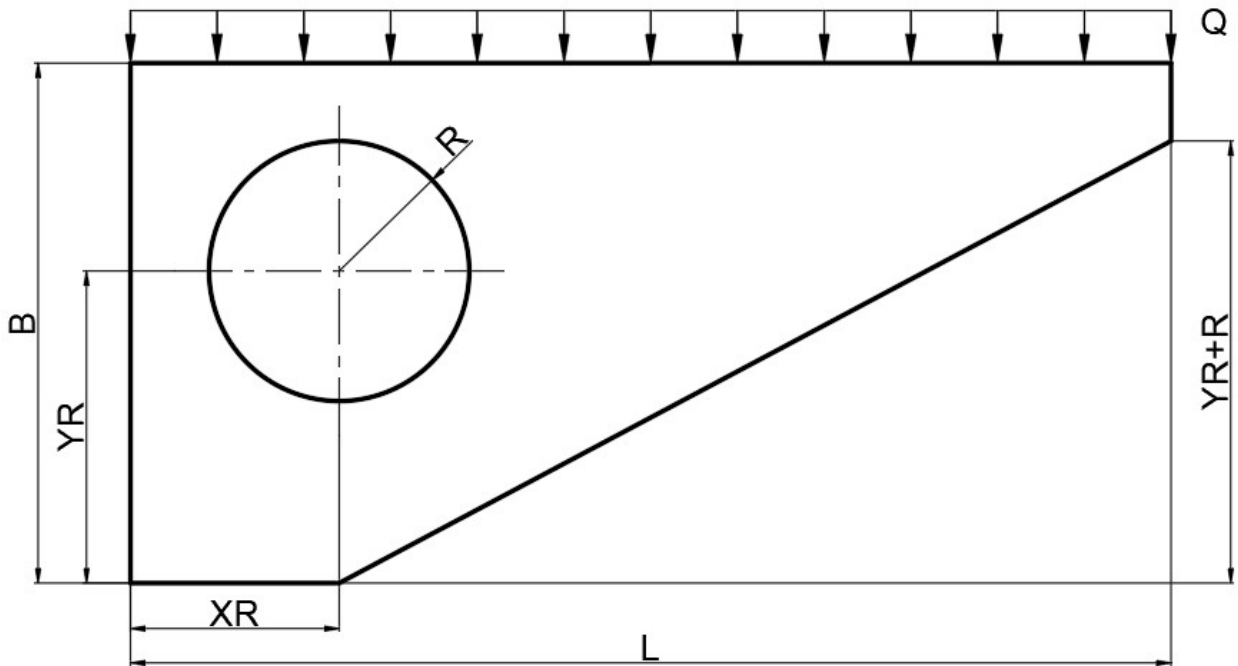


## Лабораторные работы №5-7 «Плоские и объемные конструкции»

### Задача №1 (плоская задача)



#### Параметры задачи:

$L = 400$  мм,  $B = 200$  мм,  $XR = 80$  мм,  $YR = 120$  мм,  $R = 50$  мм.

$E = 0.72 \cdot 10^5$  МПа,  $\mu = 0.25$ ,  $Q = 10$  Н/мм

### 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:

$L=400$

#### 3. Выбор конечного элемента:

Элемент **Plane182** (или 8 узловой **Plane183**)

*ET, ITYPE, Plane182*

Где *ITYPE* - номер конечного элемента в таблице элементов.

Команда входа в *preprocessor*: */PREP7*

По умолчанию элемент Plane182 является элементом *plane stress* (плоское напряженное состояние). Для того, чтобы элемент решал осесимметричную задачу, команда должна иметь дополнительный параметр:

ET, ITYPE, Plane182,,,1

Для плоско-деформированного состояния (расчет толстостенных цилиндров – осевая деформация постоянная величина - *Generalized plane strain*):

ET, ITYPE, Plane182,,,5

#### 4. 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

#### 5. 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

#### 6. Создание линий

L, P1, P2

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

Например: L, 1, 2

#### 7. Построение площади по линиям

AL, L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10

Где L1, L2,...L10 – номера линий, ограничивающих площадь.

#### 8. Создание прямоугольной площади

BLC4, XCORNER, YCORNER, WIDTH, HEIGHT

Где XCORNER, YCORNER – координаты нижнего левого угла прямоугольника, WIDTH, HEIGHT – ширина и высота прямоугольника.

*Например: BLC4, 0, 0, L, B*

**9. Создание круглой площади**

*CYL4, XCENTER, YCENTER, RAD*

*Где XCENTER, YCENTER – координаты центра круга, RAD – радиус круга.*

*Например: CYL4, XR, YR, R*

**10. Процедура вычитания площадей**

*ASBA, NA1, NA2*

*Где NA1– номер площади, из которой вычитают, NA2 – номер площади, которую вычитают.*

*Например: ASBA, 1, 2*

**11. Вспомогательные операции – отображение номеров у точек, линий, площадей**

*/PNUM, KP, 1*

*/PNUM, LINE, 1*

*/PNUM, AREA, 1*

**12. Вспомогательные операции - показ на экране точек, линий площадей:**

*KPLOT*

*LPLOT*

*APLOT*

**13. Операция разделения площади по линии**

*ASBL, NA, NL*

*Где NA – номер площади, которую делят, NL – линия, которой делят.*

*Например: ASBL, 3, 9*

**14. Операция удаления площади**

*ADELE, NA, --, --, KSWP*

*Где NA – номер площади, которую удаляют, KSWP – параметр, который указывает удаляется ли только площадь, или еще и объекты из которых она состоит (точки и линии). KSWP=0 – удаляется только площадь, KSWP=1 – удаляется площадь вместе с линиями и точками.*

*Например: ADELE, 1, , , 1*

**15. Задание атрибутов будущих конечных элементов:**

*AATT, MAT, --, TYPE*

*Где TYPE, MAT, – номера типа элемента и материала создаваемого конечного элемента*

*Например: AATT, 1, , 1*

**16. Задание размеров конечных элементов:**

*AESIZE, ANUM, SIZE,*

*Где ANUM – номер площади, которую разбивают на конечные элементы, SIZE – размеры конечных элементов (квадраты со стороной SIZE).*

*Например: AESIZE, ALL, B/40*

**17. Разбиение площади на элементы:**

*AMESH, ANUM*

*Где ANUM – номер площади, которую разбивают на конечные элементы.*

*Например: AMESH, ALL*

*Для того, чтобы создавать регулярную конечно-элементную сетку требуется добавить команду:*

*MSHKEY, 1*

**18. Закрепление линий:**

*DL, LINE,--, Lab, Value*

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

*Например: DL, 4, ,ALL, 0*

**19. Приложение давления:**

*SFL, Line, Lab, VAL*

*Line – номер линии, Lab – маркер, указывающий какая нагрузка приложена (в задаче механики принимает значение PRES), VAL – значение давления*

*SFL,3,PRES,Q*

*Следующие команды отображают давление в виде стрелок, приложенных к конечным элементам:*

*SBCTRAN*

*/PSF,PRES,NORM,2*

*GPLOT*

**20. Запуск программы на счет:**

SOLVE

## 21. Просмотр результатов

Команда входа в *general postprocessor*:

/POST1

Построение полей эквивалентных напряжений:

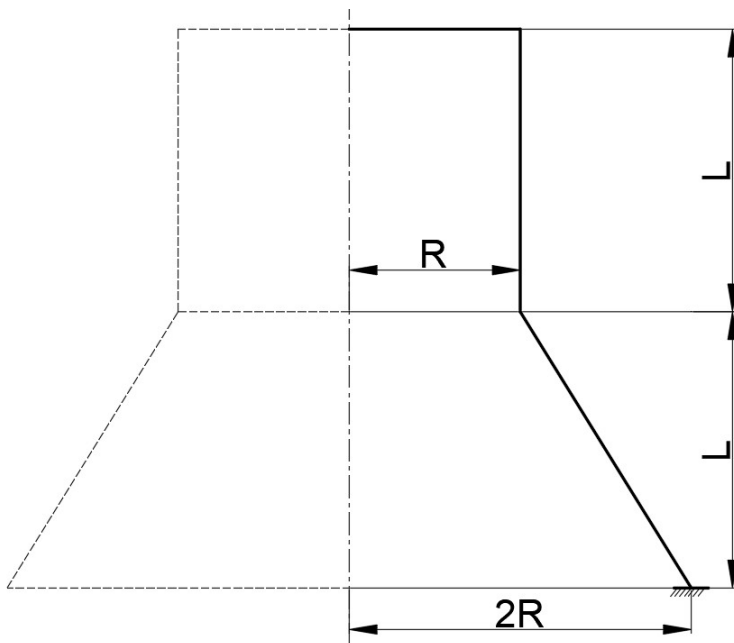
PLESOL, S, EQV

Просмотр точности решения:

PLESOL, SDG

## Задача №2 (осесимметричная оболочка вращения)

Условие задачи:



Параметры задачи:

$E = 2 \cdot 10^{11}$  Па,  $\mu = 0.3$ .

$R = 80 \cdot 10^{-3}$  м,  $L = 80 \cdot 10^{-3}$  м,  $h = 2 \cdot 10^{-3}$  м,

Сосуд наполнен жидкостью ( $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>)

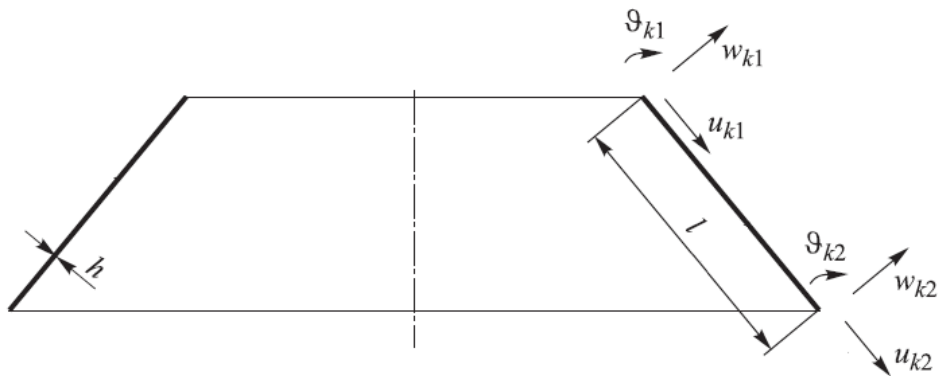
### 1. Выбор конечного элемента:

Элемент **SHELL208**

ET, ITYPE, SHELL208

Где ITYPE - номер конечного элемента в таблице элементов.

Команда входа в *preprocessor*: /PREP7



## 2. Задание толщины оболочки

*SECTYPE, SECID, TYPE*

*SECDATA, VAL*

Где *SECID* - номер поперечного сечения в таблице сечений, *TYPE* - тип элемента для которого создается сечение (для оболочечного конечного элемента *TYPE = SHELL*), *VAL* – толщина оболочки.

Например: *SECTYPE, 1, SHELL*

*SECDATA, H*

## 3. Нагружение давлением:

*SFL, Line, Lab, VAL*

Где *Line* – номер линии, *Lab* – маркер, который в задачах механики принимает значение *PRES*, *VAL* – величина давления.

Следующие команды отображают давление в виде стрелок, приложенных к конечным элементам:

*SBCTRAN*

*/PSF,PRES,NORM,2*

*GPLOT*

## 4. Приложение давления жидкости (давления, величина которого зависит от координаты Y оболочки:

*\*DIM,P,TABLE,2,1,1,Y*

*P(1,0) = 0*

*P(2,0) = 2\*L*

*P(1,1) = 9.8\*1000\*2\*L*

*P(2,1) = 0*

*SFL,ALL,PRES,%P%*

Набор команд справедлив для системы координат, в которой *K,1,2\*R,0,0*

## 5. Отображение конструкции в 3D:

*/EXPAND,36,AXIS,,,10* - изображает конструкцию полностью

*/EXPAND,27,AXIS,,,10* - изображает  $\frac{3}{4}$  конструкции и т.д.

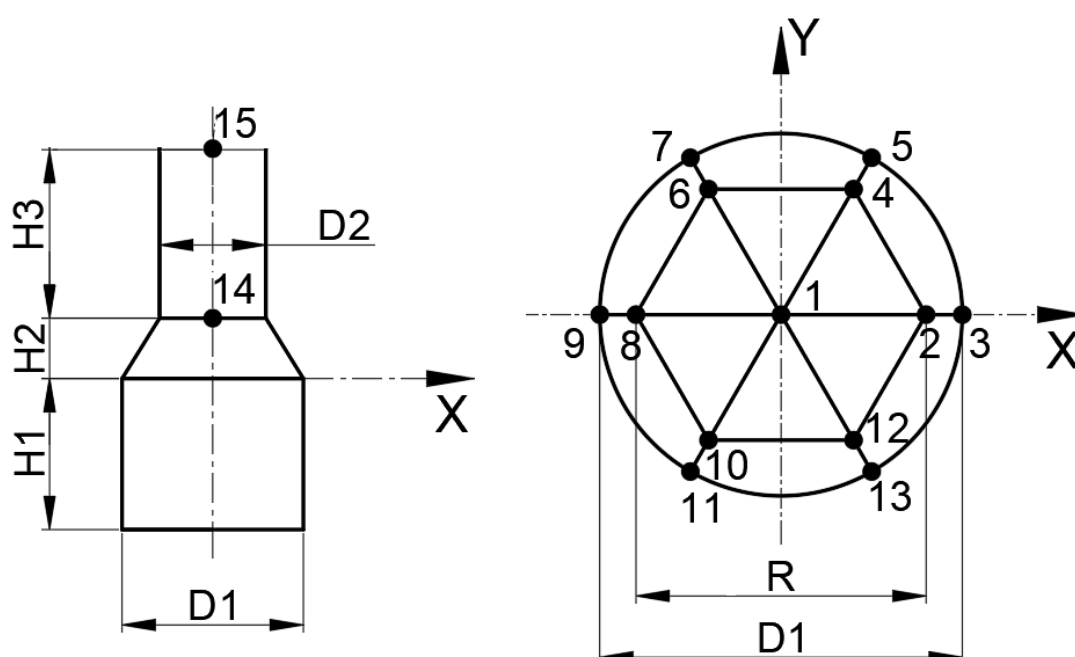
## 6. Просмотр результатов - эпюра изгибающих моментов:

*ETABLE,M\_I,SMISC,4*

*ETABLE,M\_J,SMISC,5*

*PLLS,M\_I,M\_J*

## Задача №3 (объемная задача)



Размеры:  $D1 = 30$  мм,  $D2 = 17.6$  мм,  $R = 24$  мм.

Размеры:  $H1 = 25$  мм,  $H2 = 10$  мм,  $H3 = 40$  мм.

Модуль упругости  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа, коэффициент Пуассона  $\mu = 0.3$ .

## Решение задачи

1. Параметры задачи:

2. Выбор конечного элемента:

Элемент **SOLID185** – 8 узловой параллелепипед

Элемент **SOLID186** – 20 узловой параллелепипед

Элемент **SOLID285** – 4 узловой тетраэдер

Элемент **SOLID187** – 10 тетраэдер

*ET, ITYPE, Ename*

Где *ITYPE* – номер конечного элемента в списке элементов, *Ename* – название элемента согласно номенклатуре элементов в ANSYS. Для рассматриваемой задачи команда имеет вид:

*ET, 1, SOLID185*

3. Свойства материала:

*MP, LAB, MAT, C0*

Где *LAB* – маркер, указывающий какая механическая характеристика задается *MAT* – номер материала в списке моделей материала, *C0* – величина механической характеристики. Для рассматриваемой задачи набор команд имеет вид:

*MP, EX, 1, E*

*MP, PRXY, 1, MU*

4. Построение точек по координатам:

*K, NPT, X, Y, Z*

Где *NPT* – номер точки, *X,Y,Z* – соответствующие координаты точки по осям *X,Y,Z*.

Например: *K, 2, R1/2, 0, 0*

5. Цилиндрическая система координат:

*CSYS,1*

6. Копирование точек:

*KGEN, ITIME, NP, , ,DX, DY, DZ*

Где *ITIME* – число копий точки, *NP* – номер копируемой точки, *DX, DY, DZ* – расстояния по осям *X,Y,Z* соответственно на которые копируется точка. Для рассматриваемой задачи:

*KGEN,2,2, , ,0,60,0*

*KGEN,2,3, , ,0,60,0*

7. Декартова система координат:

*CSYS,0*

8. Построение прямых линий:

*L, P1, P2*

Где *P1, P2* – номера точек, по которым строится линия.

Например: *L, 1, 2*

9. Построение дуг окружностей по 2м точкам и радиусу:

*LARC, P1, P2, PC, RAD*

Где *P1, P2* – номера точек, через которые проходит дуга, *PC* – номер ориентационной точки, *RAD* – радиус дуги. Для рассматриваемой задачи:

*LARC, 4, 5, 1, D1/2*

10. Построение площади по линиям:



*AL, L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10*

*Где L1, L2,...L10 – номера линий, ограничивающих площадь.*

11. Копирование площадей: **Preprocessor -> Modeling -> Copy -> Areas**

*AGEN, ITIME, NA, , , DX, DY, DZ*

*Где ITIME – число копий площади, NA – номер копируемой площади, DX, DY, DZ – расстояния по осям X,Y,Z соответственно на которые копируется площадь. Для рассматриваемой задачи:*

*AGEN, 6, ALL, , , 0, 60, 0*

12. Слияние двойных элементов:

*NUMMRG, ALL*

13. Перенумерация:

*NUMCMP, ALL*

14. Протяжка площадей по координатам:

*VEXT, NA, , , DX, DY, DZ, RX, RY, RZ*

*Где NA – номер площади, которую будем протягивать, DX,DY,DZ – расстояния вдоль глобальных осей X,Y,Z при протягивании, RX,RY,RZ – параметры, отвечающие за размеры геометрических объектов после протяжки (показывают отношение размеров объекта после протягивания к размерам исходного объекта).*

15. Протяжка площади вдоль линии:

*VDRAG, NA1, NA2, NA3, NA4, NA5, NA6, NLP1, NLP2, NLP3, NLP4, NLP5, NLP6*

*Где NA1-NA6 – номера протягиваемых площадей, NLP1- NLP6 – номера линий вдоль которых площади протягиваются.*

16. Настройка сетки и разбиение К.Э.:

*AESIZE, ANUM, SIZE*

*Где ANUM – номер площади, SIZE – размер стороны конечного элемента. Для рассматриваемой задачи:*

*AESIZE, ALL, D2/5*

*MSHAPE, KEY1, 3D*

*MSHKEY, KEY2*

*VMESH, NV1*

*Где KEY1 – параметр, указывающий какой тип элементов используется для создания 3D сетки (KEY1=0 – параллелепипеды, KEY1=1 – тетраэдры), KEY2 – параметр, указывающий тип конечно-элементной сетки (KEY2=0 для свободной сетки и KEY2=1 для регулярной сетки), NV1 – номер объема, разбиваемого на конечные элементы. Для рассматриваемой задачи:*

*MSHAPE, 0, 3D*

*MSHKEY, 1*

*VMESH, ALL*

17. Закрепление площадей:

*DA, AREA, Lab, VALUE*

*Где AREA – номер закрепляемой площади, Lab – маркер, указывающий какое из перемещений задается, VALUE – значение перемещения. Маркер Lab для элемента SOLID185 может принимать одно из следующих значений:*

*UX, UY, UZ – перемещение вдоль глобальной оси X, Y, Z соответственно;*

*ALL – перемещения вдоль трех глобальных осей X, Y, Z.*