

Министерство образования Российской Федерации

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Строительная механика корабля и сопротивление материалов"

Введение в систему конечно-элементного анализа

# ***COSMOS/M***

на примерах плоской задачи теории упругости

Часть 2

Методические разработки

Нижний Новгород  
2000

Составители: А.Н. Дербасов, С.А. Сергеева

УДК 539.3/6(076)

Введение в систему конечно-элементного анализа COSMOS/M  
на примерах плоской задачи теории упругости: Ч.2/ НГТУ;  
Сост.: А.Н. Дербасов, С.А. Сергеева;  
Н. Новгород, 2000. – 32 с.

Методические разработки предназначены для студентов, обучающихся по специальности "Динамика и прочность машин" при изучении дисциплины "Компьютерная механика". Содержат задания и примеры их выполнения. Пригодны для студентов других специальностей при изучении дисциплин "Сопротивление материалов" и "Механика деформируемого твердого тела", а также в качестве начального курса в переподготовке по САПР инженеров-конструкторов.

Научный редактор В.М. Волков

Редактор И.И. Морозова

Подп. к печ. 20.01.00. Формат 60×84<sup>1</sup>/16. Бумага газетная. Печать  
офсетная. Печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 200 экз. Заказ 46.

Нижегородский государственный технический университет.  
Типография НГТУ. 603600, Н.Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский государственный  
технический университет, 2000

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Во второй части методических разработок приводится подробное описание команд графического прелпроцессора GEOSTAR и модуля MODSTAR, входящих в примеры первой части разработок. Для упрощения поиска каждая команда сопровождается указанием пути в меню команд.

Все команды в системе COSMOS/M сгруппированы в разделы по их общему функциональному назначению, что видно из главного меню GEOSTAR и MODSTAR, и по этому принципу можно было бы дать описание команд. Однако этот путь громоздок в своем подробном описании и потребовал бы больших затрат времени и бумаги. Поэтому, чтобы облегчить введение в систему конечно-элементного анализа с минимальными затратами, описание команд дается в последовательности применения их в примерах. Построение же иерархии команд в системе COSMOS/M четко просматривается и автоматически усваивается при выполнении примеров и поэтому отпадает необходимость в описании меню команд.

Завершаются разработки индивидуальными заданиями для выполнения анализа напряженно-деформированного состояния с помощью системы конечно-элементного анализа COSMOS/M.

### 2.1. ОПИСАНИЕ КОМАНД GEOSTAR, ВХОДЯЩИХ В ПРИМЕР 1

#### 2.1.1. FILE (Путь в меню: CONTROL→FILE)

Команда FILE считывает и обрабатывает все команды во входном файле команд (в нашем примере рабочий файл Prim1.geo) и затем возвращается в GEOSTAR на уровень подсказки.

Синтаксис:

FILE, file\_name, log, echo,

- где file\_name - имя файла с расширением, в котором содержится список обрабатываемых команд; имя файла не должно иметь никакое из расширений файлов базы данных, создаваемых GEOSTAR;
- log - разрешение или отказ записи в сеансовый файл (в нашем примере Prim1.ses):  
1 - запись в сеансовый файл;  
0 - нет записи в сеансовый файл (по умолчанию 1).
- echo - разрешить или отказать вывод команд, считанных из входного файла Prim1.geo на экран:  
1 - вывод команд на экран;  
0 - нет вывода команд на экран (по умолчанию 1).

Примечание.

- Для входного файла рекомендуется расширение GEO;
- В имя файла может быть включено имя дисковода и путь.

Пример: FILE, Prim1.geo, 1, 1

Эта команда считывает все команды из входного файла Prim1.geo, отображая их на экране и вписывая в файл Prim1.ses.

#### 2.1.2. VIEW (Путь в меню: DISPLAY→VIEW\_PAR→VIEW)

Команда VIEW определяет точку взгляда, из которой виден объект, вычерчиваемый на экране.

Синтаксис:

VIEW, X\_Coord, Y\_Coord, Z\_Coord,

где

- X\_Coord, Y\_Coord, Z\_Coord - координаты точки, из которой наблюдается объект, т.е. это направление взгляда вдоль вектора из данной точки в начало координат.

Пример: VIEW, 4, 1, 1

Эта команда определяет направление взгляда вдоль вектора, соединяющего начало (0, 0, 0) и точку (4, 1, 1).

### 2.1.3. CLS (Путь в меню: DISPLAY→VIEW\_PAR→CLS)

Команда CLS очищает экран и устанавливает цвет фона. Эта функция команды может быть совершена путем отбора желаемого цвета пиктограммой В\_С и затем активизацией пиктограммы CLS с помощью мыши.

Синтаксис:

CLS, bclr,

где bclr - цвет фона очищенного экрана (по умолчанию черный, 1).

Пример: CLS, 16

Эта команда очищает действующий экран с цветом фона 16 (белый).

### 2.1.4. SCALE (Путь в меню: DISPLAY→DISP\_PAR→SCALE)

Команда SCALE перечерчивает объект на экран после масштабирования на заданную величину. Значение коэффициента масштабирования по умолчанию 0.0, что подразумевает автоматическое выполнение масштабирования. Автоматическое масштабирование масштабирует объект так, чтобы он был полностью виден на экране.

Синтаксис:

SCALE, scal\_fac,

где scal\_fac - коэффициент масштабирования, благодаря которому объект масштабируется до размера экрана (по умолчанию 0.0, что означает автоматическое масштабирование).

Пример: SCALE, 0.5

Эта команда уменьшает объект до размера, равного половине экрана.

### 2.1.5. AXIS (Путь в меню: DISPLAY→VIEW\_PAR→AXIS)

Команда AXIS вычерчивает или стирает на экране общую декартову систему координат заданного цвета.

Синтаксис: AXIS, draw\_flag, axclr

где draw\_flag - признак вычерчивания или стирания координатных осей на экране:  
1 - рисовать оси;  
0 - не рисовать оси (по умолчанию 1);  
axclr - цвет осей (по умолчанию 16, т.е. белый).

### 2.1.6. PLANE (Путь в меню: DISPLAY→GRID→PLANE)

Команда PLANE определяет плоскость, параллельную любой из координатных плоскостей XY, YZ, XZ путем определения перпендикуляра к плоскости и смещения координат. Это можно производить в любой активной системе координат. Плоскость дает возможность указывать точки с помощью мыши при генерации модели.

Синтаксис:

PLANE, norm\_axis, offset, grid\_type,

где norm\_axis - символ оси, перпендикулярной к плоскости. Оси могут быть X, Y или Z (по умолчанию Z - ось);  
offset - величина смещения по оси для определения места плоскости на оси (по умолчанию 0);  
grid\_type - тип линии сетки:  
0 - не вычерчивает сетку;  
1 - непрерывная линия сетки;  
2 - прерывистая линия сетки (по умолчанию 1).

Пример: PLANE, Z, 1., 1

Эта команда определяет плоскость, параллельную плоскости XY и размещенную по оси координат Z на расстоянии 1 от начала координат. Тип линии – непрерывная линия.

### 2.1.7. GRIDON (Путь в меню: DISPLAY→GRID→GRIDON)

Команда GRIDON вычерчивает в указанной плоскости сетку. Вид линий сетки определяется командой PLANE.

Синтаксис:

GRIDON, org\_1st\_coord, org\_2nd\_coord, first\_incr, second\_incr, num\_1st\_inc, num\_2nd\_inc, grid\_clr,

- где org\_1st\_coord - значение координаты для начала первой оси (по умолчанию 0);  
org\_2nd\_coord - значение координаты для начала второй оси (по умолчанию 0);  
first\_incr - расстояние между линиями сетки вдоль первой оси (по умолчанию 5);  
second\_incr - расстояние между линиями сетки вдоль второй оси (по умолчанию 5);  
num\_1st\_inc - число шагов вдоль первой оси (по умолчанию 20);  
num\_2nd\_inc - число шагов вдоль второй оси (по умолчанию 20);  
grid\_clr - номер цвета для линий сетки (по умолчанию 2).

Пример: GRIDON, 0, 0, 6, 5, 20, 20, 3

Эта команда рисует сетку в плоскости, определенной заранее следующим образом: от 0 до  $6 \times 20 = 120$  вдоль первой оси, от 0 до  $5 \times 20 = 100$  вдоль второй оси с шагом сетки равным 6 и 5 вдоль первой и второй оси соответственно. Цвет линий 3.

### 2.1.8. GRIDOFF (Путь в меню: DISPLAY→GRID→GRIDOFF)

Команда стирает предварительно нанесенную сетку.

Синтаксис:

GRIDOFF.

### 2.1.9. PT (Путь в меню: GEOMETRY→POINTS→PT)

Команда PT определяет положение ключевых точек в текущей активной системе координат.

Синтаксис:

PT, label, x, y, z,

- где label - номер ключевой точки (по умолчанию максимальное число определенных ключевых точек плюс один);  
x, y, z - координаты ключевой точки в текущей активной системе координат (по умолчанию 0.0).

Пример: PT, 1, 1, 2, 3

Эта команда определяет ключевую точку 1 в относительной системе координат:  $X = 1$ ,  $Y = 2$ ,  $Z = 3$ .

### 2.1.10. CRLINE (Путь в меню: GEOMETRY→CURVES→CRLINE)

Команда CRLINE определяет линию с помощью двух точек.

Синтаксис:

CRLINE, ncr, pt1, pt2,

- где ncr - метка кривой (по умолчанию число всех кривых плюс 1);  
pt1 - начальная ключевая точка;  
pt2 - конечная ключевая точка.

Линии, дуги или кривые приобретают направление, идущее от первой ко второй точке.

Пример: CRLINE, 1, 6, 7

Этой командой определяется линия 1 между точками 6 и 7.

### 2.1.11. CRPLOT (Путь в меню: GEOMETRY→CURVES→CREDIT→CRPLOT)

Команда CRPLOT вычерчивает кривые на экране.

Синтаксис:

CRPLOT, cr1, cr2, spic,

- где cr1 - первая кривая множества, которая должна быть вычерчена (по умолчанию 1);
- cr2 - последняя кривая множества, которая должна быть вычерчена (по умолчанию все кривые);
- spic - шаг между кривыми (по умолчанию 1).

Примечание.

Используя команду STATUS1, можно управлять отображением меток кривых (ON или OFF).

Пример: CRPLOT, 1, 20, 1

Эта команда вычерчивает кривые с 1-й по 20-ю на экране.

### 2.1.12. SF2CR (Путь в меню: GEOMETRY→SURFACES→SF2CR)

Команда SF2CR определяет четырехстороннюю поверхность с помощью ранее определенных двух граничных кривых. Две другие граничные кривые поверхности образованы соединением точек концов кривых. GEOSTAR позволяет с помощью кривых автоматически создавать всевозможные поверхности. Кривые должны лежать на привязочной поверхности.

Синтаксис:

SF2CR, label, cr1, cr2, usf,

- где label - метка поверхности (по умолчанию число всех поверхностей плюс 1);
- cr1 - граничная кривая 1;
- cr2 - граничная кривая 2;
- usf - привязочная поверхность:  
0 - концы кривых соединить прямыми линиями;  
N - концы кривых соединить кривыми, лежащими на поверхности N (по умолчанию 0).

Примечание

1. Рекомендуется создавать кривые, используя команду CRONSF для гарантии того, что они будут лежать на привязочной поверхности.
2. Команда не будет работать, если заданные кривые не будут лежать на привязочной поверхности.

Пример1: SF2CR, 1, 5, 7, 0

Эта команда определяет четырехстороннюю поверхность №1 с двумя ограничивающими кривыми 5 и 7. Все остальные ограничивающие линии - прямые.

Пример2: SF2CR, 1, 5, 7, 3.

Эта команда определяет четырехстороннюю поверхность №1 с двумя ограничивающими кривыми 5 и 7. Создаваемая поверхность вынуждена лежать на привязочной поверхности.

### 2.1.13. ACTMARK (Путь в меню: CONTROL→ACTIVE→ACTMARK)

Команда ACTMARK дает возможность поместить маркер на кривые, поверхности и объемы и, пока вычерчиваются соответствующие примитивы, определить ориентацию параметрических координат.

Синтаксис:

ACTMARK, set\_label, flag,

- где set\_label - имя промаркированного примитива:  
CR - кривые;  
SF - поверхности;  
VL - объемы;
- flag - ON/OFF признак вычерчивания меток:  
0 - не чертить;  
1 - чертить (по умолчанию 1).

Пример: ACTMARK, CR, 1

Эта команда помещает стрелку направления на кривые при вычерчивании кривых с использованием команды CRPLOT.

#### 2.1.14. SFPLOT (Путь в меню: GEOMETRY→SURFACES→SFEDIT→SFPLOT)

Команда SFPLOT вычерчивает поверхности на экране.

Синтаксис:

SFPLOT, sf1, sf2, sfinc,

- где
- sf1 - первая поверхность множества, которая должна быть вычерчена (по умолчанию 1);
  - sf2 - последняя поверхность множества, которая должна быть вычерчена (по умолчанию все поверхности);
  - sfinc - шаг между поверхностями (по умолчанию 1).

Примечание

Используя команду STATUS1, признак отображения номеров поверхностей может быть переключен на ON или OFF.

Пример: SFPLOT, 1, 20, 1.

Эта команда вычерчивает поверхности с 1 по 20 на экране.

#### 2.1.15. EGROUП (Путь в меню: PROPSETS→EGROUП)

Команда EGROUП определяет группу элементов.

Синтаксис:

EGROUП, group\_number, element\_name, option1, option2,

- где
- group\_number - произвольный номер между 1-м и 20-м для индексации группы элементов (по умолчанию 1).
  - element\_name - имя элемента определяемого в этой группе.  
Действительные следующие имена:
    - TRUSS2D - двухмерный элемент, работающий на растяжение и сжатие;
    - TRUSS3D - трехмерный элемент, работающий на растяжение и сжатие;
    - BEAM2D - двухмерный упругий балочный элемент;
    - BEAM3D - трехмерный упругий балочный элемент;
    - PIPE - упругий прямой трубчатый элемент;
    - ELBOW - упругий кривой трубчатый элемент;
    - BOUND - граничный элемент;
    - SPRING - упругий элемент;
    - MASS - обобщенный элемент массы;
    - GENSTIF - обобщенный элемент жидкости;
    - PLANE2D - четырех- и восьмиузловой двухмерный элемент;
    - SHELLAX - асимметричный оболочечный элемент;
    - SHELL3T - трехузловой толстый оболочечный элемент;
    - SHELL4T - четырехузловой толстый оболочечный элемент;
    - SHELL3L - многослойный оболочечный 3-узловой элемент;
    - SHELL4L - многослойный оболочечный 4-узловой элемент;
    - SHELL3 - трехузловой тонкий оболочечный элемент;
    - SHELL4 - четырехузловой тонкий оболочечный элемент;
    - SOLID - трехмерный элемент (8-20 узлов);
    - RLINK - излучающее звено;
    - TBAR2D - двухмерная нагретая балка;
    - TBAR4D - трехмерная нагретая балка;
    - CLINK - конвекционная связь;
    - ELINK - электрическая связь;
    - HLINK - гидравлическая связь;
    - GAP - зазор;

option1... option8 - необязательные значения параметров для этих групп элементов, устанавливаемых при рассмотрении конкретных элементов.

Пример: EGROUP, 1, SHELL4

Эта команда определяет элементную группу 1, состоящую из четырехузловых тонких оболочечных элементов SHELL4.

### 2.1.16. MPROP (Путь в меню: PROPSETS→MPROP)

Команда MPROP определяет механические и другие свойства материала.

Синтаксис:

MPROP, material\_set, property\_name, property\_value,

где material\_set - произвольный номер между 1-м и 100-м для идентификации набора материала (по умолчанию 1);

property\_name - имя свойства материала. Допустимы следующие обозначения свойства:

- ALPX - коэффициент теплового расширения в направлении X;
- ALPY - коэффициент теплового расширения в направлении оси Y;
- ALPZ - коэффициент теплового расширения в направлении оси Z;
- DENS - массовая плотность;
- EX - модуль упругости в направлении X;
- EY - модуль упругости в направлении Y;
- EZ - модуль упругости в направлении Z;
- GXY - модуль сдвига в плоскости XY;
- GYZ - модуль сдвига в плоскости YZ;
- GXZ - модуль сдвига в плоскости XZ;
- NUXY - коэффициент поперечной деформации в направлении Y, вызванной напряжениями вдоль оси X;
- NUYZ - коэффициент поперечной деформации в направлении Z, вызванной напряжениями вдоль оси Y;
- NUXZ - коэффициент поперечной деформации в направлении Z, вызванной напряжениями вдоль оси X;
- EXTAN - тангенциальный модуль (модуль упрочнения);
- SIGYLD - предел текучести;
- SIGXT - предел прочности на растяжение в направлении X;
- SIGYT - предел прочности на растяжение в направлении Y;
- SIGXC - предел прочности на сжатие в направлении X;
- SIGYC - предел прочности на сжатие в направлении Y;
- SIGXYT - сопротивление сдвигу при растяжении в плоскости XY материала;
- SIGXYC - сопротивление сдвигу при сжатии в плоскости XY материала;
- C - удельная теплоемкость;
- KX - теплопроводность в направлении X;
- KY - теплопроводность в направлении Y;
- KZ - теплопроводность в направлении Z;
- EMIS - коэффициент излучения;
- RSUX - удельное электрическое сопротивление в направлении X;
- RSUY - удельное электрическое сопротивление в направлении Y;
- RSUZ - удельное электрическое сопротивление в направлении Z;
- HC - коэффициент конвекции;
- VISC - вязкость;

property\_value - величина соответствующих свойств (по умолчанию 0).

Пример: MPROP, 1, EX, 30.0E05

Эта команда определяет модуль упругости по оси X как 30.0E6 в наборе 1.



### 2.1.17. RCONST (Путь в меню: PROPSETS→RCONST)

Команда RCONST определяет геометрические свойства элементов или действительные постоянные для определенного элемента группы.

Синтаксис:

RCONST, egroup, nset, slcnst, ncnst, const1, ..., constn,

- где egroup - элемент группы с набором действительных постоянных (по умолчанию 1);
- nset - произвольный номер между 1-м и 100-м для идентификации номера набора (по умолчанию 1);
- slcnst - начальное место первой постоянной (по умолчанию 1);
- ncnst - число констант, которые будут регистрироваться (по умолчанию 1);
- const1... constn - величины действительных постоянных (по умолчанию 0).

Пример: RCONST, 2, 1, 3, 4, 1.2, 3.1

Эта команда определяет набор констант 1 для элементной группы 2, имеющий третью и четвертую константы равными 1.2 и 3.1 соответственно.

### 2.1.18. SAVE (Путь в меню: CONTROL→SAVE)

Команда SAVE копирует все входные команды в файл fname.ses.

Синтаксис: SAVE.

### 2.1.19. M\_SF (Путь в меню: MESHING→MESH→M\_SF)

Команда M\_SF создает конечно-элементное разбиение из элементов PLANE2D или SHELL, формирующих набор определенных поверхностей.

Синтаксис:

M\_SF, bsf, esf, sfincr, numnod, numel1, numel2, spacing1, spacing2,

- где bsf - первая поверхность множества (по умолчанию число всех поверхностей);
- esf - последняя поверхность множества (по умолчанию число всех поверхностей);
- sfincr - шаг между поверхностями множества (по умолчанию 1);
- numnod - число узлов на элемент. Может быть введено 3, 4, 6, 8, 9 для генерации соответствующих плоских или оболочечных элементов. Выбор между плоским или оболочечным элементом делается с помощью команды EG. Плоские элементы будут использоваться только тогда, когда поверхность плоская и расположена в плоскости XY;
- numel1 - число элементов на первой главной кривой поверхности (по умолчанию 2);
- numel2 - число элементов на второй главной кривой поверхности (по умолчанию 2);
- spacing1 - отношение в пространстве между двумя последними узлами и двумя первыми узлами на первой главной кривой поверхности (по умолчанию 1);
- spacing2 - пространственное отношение для второй главной кривой поверхности (по умолчанию 1).

Пример: M\_SF, 1, 1, 1, 4, 20, 20, 1, 1

Эта команда разбивает поверхность 1 четырехузловыми элементами по 20 элементов на двух главных сторонах. Узлы расставлены с равномерными промежутками на обеих главных сторонах. Если поверхность 1 четырехгранная, то генерируется 400 четырехузловых элементов и 441 узел. Генерируемые элементы высвечиваются. Цвет границы элемента является текущим F\_C (цвет символа) цветом.

### 2.1.20. NIDEN (Путь в меню: MESHING→NODES→NIDEN)

Команда NIDEN идентифицирует метки узлов, указанных мышью и выделяет их координаты в диалоговую зону. Пиктограммы SEL и REP должны быть активизированы.

Синтаксис: NIDEN

Пример: NIDEN.

Укажите мышью интересующий вас узел. Если NIDEN активизирована, номер узла и его координаты выводятся в диалоговую зону.

Примечание.

Перед использованием команды NIDEN узлы должны быть вычерчены на экране командой NPLLOT.

### 2.1.21. EIDEN (Путь в меню: MESHING→ELEMENTS→EIDEN)

Команда EIDEN идентифицирует номера элементов, указанных мышью и выделяет их в диалоговую зону. Пиктограммы SEL и REP должны быть активизированы.

Синтаксис: EIDEN

Пример: EIDEN.

Укажите мышью интересующий вас элемент. Если EIDEN активизирована, номер элемента выводится в диалоговую зону и высвечивается на конечно-элементной модели.

### 2.1.22. DND (Путь в меню: FD\_CONDS→DISPMNTS→DND)

Команда DND определяет нулевое или отличное от нуля перемещение узлов в активной системе координат. Позволяет создавать опорное закрепление конструкции или кинематическое нагружение (например, устранение зазоров при монтаже).

Синтаксис:

DND, bn\_num, label, displacement, en\_num, nincr, label2, ..., label6,

- где
- bn\_num - первый номер узла, подчиненного граничным условиям;
  - label - метка индикации направления перемещения граничных узлов.  
Действительны следующие метки:  
линейные перемещения - UX, UY, UZ;  
угловые перемещения - RX, RY, RZ. ALL - все перемещения. Эти метки относятся к текущей системе координат;
  - displacement - значение перемещения. Угловые перемещения задаются в радианах (по умолчанию 0);
  - en\_num - последний номер узла, подчиненного данным граничным условиям (по умолчанию bn\_num);
  - nincr - шаг между узлами множества (по умолчанию 1);
  - label2, ..., label6 - дополнительные метки, употребляемые для значений определенных перемещений.

Пример: DND, 1, UX, 0, 3, 1, RZ.

Эта команда определяет нулевое X-перемещение и Z-вращение для узлов 1,2,3.

Графическое изображение граничных условий, например, относительно оси X имеет следующий вид:

| Перемещение     | Нулевое | Ненулевое |
|-----------------|---------|-----------|
| Линейное (UX)   |         |           |
| Угловое (RX)    |         |           |
| Вместе (UX, RX) |         |           |

Графические обозначения граничных условий относительно других осей изображаются аналогично.

### 2.1.23. FND (Путь в меню: FD\_CONDS→FORCES→FND)

Команда FND задает нагрузки в определенных узлах в активной системе координат.

Синтаксис:

FND, fn\_num, label, force, ln\_num, nincr,

- где fn\_num - первый номер узла, к которому приложена нагрузка;  
label - метка, указывающая направление нагрузки.  
Действительны следующие метки:  
FX, FY, FZ - силы вдоль соответствующих осей;  
MX, MY, MZ - моменты относительно соответствующих осей;
- force - значение нагрузки. Положительное направление сил соответствует положительному направлению осей. Положительное направление моментов соответствует правилу правой резьбы. Силы изображаются на экране стрелками, моменты - двойными стрелками;
- ln\_num - последний номер узла множества, к которому приложена нагрузка (по умолчанию fn\_num);
- nincr - шаг между точками множества (по умолчанию 1).

Пример: FND, 10, FX, 10.5, 20, 1.

Эта команда определяет узловую нагрузку величиной в 10.5 условных единиц (Н, кН, кг, т и т.д.) вдоль оси X в узлах с 10-го по 20-й включительно.

#### 2.1.24. EPLOT (Путь в меню: MESHING→ELEMENTS→EPLOT)

Команда EPLOT вычерчивает элементы, указанные в наборе.

Синтаксис:

EPLOT, belem, eelem, elincr,

- где belem - первый элемент множества (по умолчанию 1);  
eelem - последний элемент множества (по умолчанию число всех элементов);  
elincr - шаг между элементами множества (по умолчанию 1).

Пример: EPLOT, 1, 5, 1

Эта команда вычерчивает элементы с 1-го по 5-й с шагом 1.

#### 2.1.25. NPLOT (Путь в меню: MESHING→NODES→NPLOT)

Команда NPLOT вычерчивает узлы, установленные в наборе.

Синтаксис:

NPLOT, bnode, enode, ndincr,

- где bnode - первый узел множества (по умолчанию 1);  
enode - последний узел множества (по умолчанию число всех узлов);  
ndincr - шаг между узлами в множестве (по умолчанию 1).

Пример: NPLOT, 1, 5, 1

Эта команда вычерчивает узлы с 1 по 5 с шагом 1.

#### 2.1.26. MODINPUT (Путь в меню: CONTROL→FEM\_INP→MODINP)

Команда MODINPUT создает входной (командный) файл для MODSTAR, содержащий эквивалентные MODSTAR команды для моделей, созданных в GEOSTAR. Этот файл считывается MODSTAR с помощью команд FILEINPUT.

Синтаксис:

MODINPUT, filename, nd\_offst, el\_offst, cs\_offst,

- где filename - имя файла с расширением. Рекомендуемое расширение mod;  
nd\_offst - смещение нумерации узлов. Номера узлов в модели GEOSTAR будут увеличиваться на эту величину при записи входного файла MODSTAR;  
el\_offst - смещение нумерации элементов. Номер элемента в модели GEOSTAR будет увеличиваться на эту величину при записи

cs\_offst - входного файла MODSTAR;  
- смещение нумерации системы координат. Номера системы координат будут увеличиваться на эту величину при записи входного файла MODSTAR.

Примечание.

GEOSTAR производит совместимые файлы базы данных COSMOS/M, которые можно использовать для загрузки и обработки задачи. В данной реализации GEOSTAR предполагается, что будет выполнено создание командного файла для MODSTAR.

Пример: MODINPUT, TEST.MOD, 100, 50, 10

Эта команда записывает входной командный файл TEST.MOD для модели, созданной в GEOSTAR. Номера узлов модели, номера элементов и номера системы координат увеличиваются на 100, 50 и 10 соответственно, пока записывается входной файл MODSTAR.

## 2.2. ОПИСАНИЕ КОМАНД GEOSTAR, ВХОДЯЩИХ В ПРИМЕР 2

### 2.2.1. CRPCIRCLE (Путь в меню: GEOMETRY→CURVES→CRPCIRCLE)

Команда CRPCIRCLE определяет окружность в заданной плоскости.

Синтаксис:

CRPCIRCLE, ncr, ptc, ptz, rad, ang, nseg,

где ncr - номер кривой (по умолчанию число всех кривых плюс 1);  
ptc - номер точки в центре окружности;  
ptz - номер точки для определения нулевой линии на заранее определенной плоскости;  
rad - радиус окружности;  
ang - угол ( $0 \leq \theta \leq 360^\circ$ ) (по умолчанию  $180^\circ$ );  
nseg - число сегментов окружности (по умолчанию 2).

Примечание.

Число сегментов, формирующих окружность, добавляется к суммарному числу уже сгенерированных кривых.

Пример: CRPCIRCLE, 1, 5, 7, 15.0, 360.0, 4

Эта команда определяет окружность 1 с центром в точке 5. Точка 7 используется для определения начальной точки или нулевой линии. Радиус равен 15. Угол, на котором производится разбивка на сегменты, равен  $360^\circ$ . Число сегментов равно 4. В результате окружность будет разбита на 4 равных сегмента. Нумерация сегментов идет от нулевой линии против часовой стрелки.

### 2.2.2. GETHT (В меню не значится)

Команда GETHT производит останов ввода ранее сформированной конечно-элементной модели с помощью команды FILE. Проставив GETHT после каждой команды (что удобно сделать в любом текстовом редакторе в файле file.geo), можно последовательно просматривать на экране результат выполнения каждой команды. Поэтому рекомендуется использовать эту команду при отладке конечно-элементной модели.

### 2.2.3. DCR (Путь в меню: FD\_CONDS→DISPMNTS→DCR)

Команда DCR определяет нулевое или отличное от нуля перемещение узлов, лежащих на заданных кривых, в активной системе координат.

Синтаксис:

DCR, bcr\_num, label, displacement, ecr\_num, crincr, label2, ..., label6,

где bcr\_num - первый номер кривой, на которой задаются перемещения узлов;  
label - метка индикация направления перемещения узлов. Действительные метки следующие: UX, UY, UZ, RX, RY, RZ, ALL. Эти метки относятся к текущей системе координат;  
displacement - значение перемещения. Угловые перемещения задаются в радианах

- ecr\_num (по умолчанию 0);
- последний номер кривой, на которой задаются перемещения узлов (по умолчанию bcr\_num);
- crincr - шаг между кривыми множества (по умолчанию 1);
- label2, ..., label6 - дополнительные метки, употребляемые для узлов, лежащих на кривых, обусловленных заданными значениями перемещений.

Пример: DCR, 1, ALL, 0, 5, 2

Эта команда определяет нулевые линейные перемещения вдоль осей X, Y, Z и нулевые углы поворота относительно осей X, Y, Z для всех узлов, лежащих на кривых 1, 3, 5.

#### 2.2.4. FCR (Путь в меню: FD\_CONDS→FORCES→FCR)

Команда FCR определяет нагрузку в узлах, лежащих на указанных в команде кривых в действующей системе координат.

Синтаксис:

FCR, fcr\_num, label, force, lcr\_num, crincr,

- где fcr\_num - первый номер кривой, к узлам которой приложена нагрузка;
- label - метка, указывающая направление нагрузки. Действительны следующие метки: FX, FY, FZ, MX, MY, MZ. Метки относятся к текущей системе координат;
- force - значение нагрузки. Положительное направление момента соответствует правилу правой резьбы;
- lcr\_num - последний номер кривой, к узлам которой приложены нагрузки (по умолчанию fcr\_num);
- crincr - шаг между кривыми множества (по умолчанию 1).

Пример: FCR, 3, MZ, -10, 5, 1

Эта команда определяет моментную узловую нагрузку относительно оси Z величиной в -10 условных единиц для всех узлов, лежащих на кривых 3, 4, 5.

### 2.3. ОПИСАНИЕ КОМАНД MODSTAR, ВХОДЯЩИХ В ПРИМЕРЫ 1 И 2

#### 2.3.1. FILEINPUT (Путь в меню: CONTROL→FILEINPUT)

Команда FILEINPUT считывает и выполняет все команды, находящиеся в командном файле PRIM1.MOD, созданном в GEOSTAR, и затем возвращается на уровень подсказки (приглашения) программы MODSTAR.

Синтаксис:

FILEINPUT, file\_name, echo, log,

- где file\_name - определяет имя командного файла, который будет обрабатываться модулем MODSTAR;
- echo - определяет отмену отображения команд на экране дисплея при чтении командных файлов;
- log - определяет возможность отмены записи команд в файл PLATE1.LOG:  
ON - происходит запись в файл PLATE1.LOG;  
OFF - записи в файл PLATE1.LOG не происходит  
(по умолчанию принимается OFF).

Замечание.

В имя файла может быть включено имя дисковода и путь.

Пример: FILE, PRIM1.MOD, ON, ON.

По этой команде считываются и выполняются все команды, находящиеся в командном файле PRIM1.MOD, при этом присутствует отображение команд на экране и происходит запись команд в файл PLATE1.LOG.

### 2.3.2. NPLOT (Путь в меню: PLOT→NPLOT)

Команда NPLOT заполняет экран MODSTAR графическим окном, в котором изображаются узлы.

Синтаксис:

NPLOT, window\_number, first\_node, last\_node, increment,

- где window\_number - номер окна (по умолчанию 1);  
first\_node - первый узел для построения (по умолчанию 1);  
last\_node - последний узел для построения (по умолчанию последний узел модели);  
increment - приращение между узлами.

Пример: NPLOT, 1, 4, 20, 4

Построение узлов с 4-го по 20-й с приращением 4 в окне 1.

### 2.3.3. NNUM (Путь в меню: PLOT→NNUM)

Команда NNUM определяет будут или не будут указываться на экране номера узлов.

Синтаксис:

NNUM, window\_number, flag,

- где window\_number - номер окна (по умолчанию 1);  
flag - определяет изображать или не изображать номера узлов :  
1 - изображать номера узлов;  
0 - не изображать номера узлов (по умолчанию 0).

Пример: NNUM, 1, 1

Включить номера узлов в графики, построенные в окне 1.

### 2.3.4. EPLOT (Путь в меню: PLOT→EPLOT)

Команда EPLOT заполняет экран MODSTAR графическим окном, в котором изображаются конечные элементы.

Синтаксис:

EPLOT, window\_number, first\_element, last\_element, increment,

- где window\_number - номер окна для изображения (по умолчанию 1);  
first\_element - первый элемент (по умолчанию 1);  
last\_element - последний элемент (по умолчанию 1);  
increment - приращение между элементами (по умолчанию 1).

Пример: EPLOT, 1, 1, 20, 1.

Изображение элементов с 1-го по 20-й с шагом 1 в окне 1.

### 2.3.5. ENUM (Путь в меню: PLOT→ENUM)

Команда ENUM определяет, будут или не будут указываться на экране номера элементов.

Синтаксис:

ENUM, window\_number, flag,

- где window\_number - номер окна (по умолчанию 1);  
flag - определяет изображать или не изображать номера элементов:  
1 - изображать номера элементов;  
0 - не изображать номера элементов (по умолчанию 0).

Пример: ENUM, 1, 1

Включить номера элементов в изображение элементов в окне 1.

### 2.3.6. RENUMBER (Путь в меню: CONTROL→RENUMBER)

Команда RENUMBER позволяет осуществить перенумерацию узлов в целях уменьшения размерности и ширины матрицы жесткости.

Синтаксис:

RENUMBER, key,

- где key
- Определяет признак осуществления перенумерации узлов:
    - ON – происходит перенумерация узлов;
    - OFF – перенумерация узлов не происходит. По умолчанию будет принято значение, равное ON, если эта команда была уже использована, при первом применении этой команды будет установлено OFF.

Пример: RENUM, ON.

### 2.3.7. RUN\_STATIC (Путь в меню: COSMOS→RUN\_STATIC)

Команда RUN\_STATIC реализует статический расчет в линейной постановке с вычислением только узловых перемещений, т.е. решается система линейных алгебраических уравнений (18). Результат помещается в выходной файл nfile.out.

Синтаксис:  
RUN\_STATIC.

### 2.3.8. DISLIST (Путь в меню: RESULTS→DISLIST)

Команда DISLIST пролистывает на экране перемещения для заданной последовательности узлов и данного шага времени (если решается динамическая задача).

Синтаксис:

DISLIST, time\_step, first\_node, last\_node, increment,

- где time\_step
- шаг по времени, для которого пролистываются перемещения (по умолчанию 1);
  - first\_node
  - метка начального узла последовательности (по умолчанию 1);
  - last\_node
  - метка последнего узла последовательности (по умолчанию принимается равным наибольшему номеру узла модели);
  - increment
  - шаг узлов в последовательности (по умолчанию 1).

Пример: DISLIST, 5, 3, 9, 1.

Эта команда пролистывает на экране для 5-го шага по времени перемещения узлов с 3-го по 9-й с шагом 1.

### 2.3.9. DISMAX (Путь в меню: RESULTS→DISMAX)

Команда DISMAX составляет список экстремальных величин заданной компоненты перемещения для данного момента времени с учетом процентного отклонения по отношению к его максимальному или минимальному значению. В списке будут указаны все узлы, значения перемещений которых лежат в пределах этого отклонения.

Синтаксис:

DISMAX, disp\_label, time\_step, %\_tol, value\_label,

- где disp\_label
- метка перемещения, которое надо просмотреть:
    - UX - перемещение в направлении X;
    - UY - перемещение в направлении Y;
    - UZ - перемещение в направлении Z;
    - ROTX - угол поворота вокруг оси X;
    - ROTY - угол поворота вокруг оси Y;
    - ROTZ - угол поворота вокруг оси Z;
  - time\_step
  - шаг по времени, для которого перемещения просматриваются (по умолчанию 0);
  - %\_tol
  - разрешенный допуск в процентах на максимальную (или минимальную) величину перемещения для просмотра (по умолчанию 5%);
  - value\_label
  - метка выбора критерия для просмотра перемещений:
    - ABS - максимальное перемещение по абсолютной величине;
    - MAX - максимальное перемещение;

MIN - минимальное перемещение (по умолчанию ABS).

Пример: DISMAX, UX, 0, 10.0, MAX.

Эта команда выводит на экран перемещения в направлении оси X для всех узлов, для которых перемещения в направлении X внутри 10% от максимума X-перемещений для всей модели.

### 2.3.10. RUN\_PLOT (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT)

Команда RUN\_PLOT переключает пакет COSMOS/M с режима MODSTAR в режим PLOTSTAR для выполнения графического пред- и послепроцессорного анализа текущей задачи.

Синтаксис: RUN\_PLOT.

### 2.3.11. DPLOT (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT→DISP\_PLOT→DPLOT)

Команда DPLOT осуществляет изображение конечно-элементной модели в заданном окне в деформированном виде. Рядом с изображением выводится таблица узлов с максимальным и минимальным перемещениями.

Синтаксис:

DPLOT, window\_no, flag, deformed\_color, undeformed\_color, screen\_flag,

- где window\_no - номер окна, в котором нужно получить изображение (по умолчанию - текущее окно);
- flag - флаг, указывающий вид изображения:  
0 - только деформированный вид модели;  
1 - деформированный и недеформированный вид модели (по умолчанию 0);
- deformed\_color - номер цвета для деформированной модели (1 - фиолетовый, 2 - голубой, 3 - синий, 4 - зеленый, 5 - желтый, 6 - розовый, 7 - красный);
- undeformed\_color - номер цвета для недеформированной модели;
- screen\_flag - флаг включения вывода графика на весь экран:  
1 - активизировать флаг;  
0 - не активизировать флаг (по умолчанию 0).

Рядом с изображением выводится таблица номеров узлов с максимальным и минимальным в алгебраическом смысле перемещениями узлов в различных направлениях:

NXMN = номер узла с наименьшим перемещением вдоль оси X;

NYMN = номер узла с наименьшим перемещением вдоль оси Y;

NZMN = номер узла с наименьшим перемещением вдоль оси Z;

NRMN = номер узла с наименьшим результирующим перемещением вдоль оси;

NXMX = номер узла с наибольшим перемещением вдоль оси X;

NYMX = номер узла с наибольшим перемещением вдоль оси Y;

NZMX = номер узла с наибольшим перемещением вдоль оси Z;

NRMX = номер узла с наибольшим результирующим перемещением.

### 2.3.12. ANIMATE (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT→DISP\_PLOT→ANIMATE)

Команда ANIMATE осуществляет эффект мультипликации с заданной скоростью деформированного вида конечно-элементной модели.

Синтаксис:

ANIMATE, window\_no, slow\_down\_factor,

- где window\_no - номер окна, к которому применяется данная команда (по умолчанию - текущее окно);
- slow\_down\_factor - параметр уменьшения скорости мультипликации:  
= 0 - не уменьшать;  
> 0 - во сколько раз уменьшить (по умолчанию 0).

Пример: ANIMATE, 2, 2

В окне 2 происходит мультипликация деформированной модели с уменьшенной скоростью.



#### Примечание

Если мультипликация производится в окне, размер которого слишком велик для имеющейся памяти, то выдается соответствующее сообщение. В этом случае необходимо уменьшить размер окна.

#### 2.3.13. NEWWIN (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT→WINDOWS→NEWWIN)

Команда NEWWIN определяет новое окно, запрашивая на экране с помощью перекрестия две диагональные точки. Номер нового окна становится значением по умолчанию для всех вводимых далее команд.

Синтаксис:

NEWWIN, window\_no,

где window\_no - номер определяемого окна (по умолчанию – номер текущего окна плюс единица).

Диагональные точки нового окна устанавливаются с помощью перекрестия щелчком левой кнопки мыши.

#### 2.3.14. DELWIN (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT→WINDOWS→DELWIN)

Команда DELWIN удаляет окно с сохранением и без сохранения изображения на экране.

Синтаксис:

DELWIN, window\_no, clear\_flag,

где window\_no - номер удаляемого окна (по умолчанию 0);  
clear\_flag - флаг очистки, определяющий, удалить или не удалить область окна на экране:  
= 0 – область окна удаляется;  
= 1 – область окна не удаляется, что позволяет изобразить на экране более 5-и окон (по умолчанию 0).

Пример: DELWIN, 2, 1

Удалить окно 2 с сохранением его изображения на экране.

#### 2.3.15. DISPLOT (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT→DISP\_PLOT→DISP\_CONTR→DISPLOT)

Команда DISPLOT позволяет получить в заданном окне контурный график для любого из компонент перемещений или их результирующей (просчитанной как корень квадратный из сумм квадратов трех компонент) как для деформированной, так и для недеформированной поверхности модели.

Синтаксис:

DISPLOT, window\_no, set\_no, flag, screen\_flag,

где window\_no - номер окна, к которому применяется данная команда (по умолчанию текущее окно);  
set\_no - номер компоненты перемещения, для которого строится график:  
1 – перемещение вдоль оси X;  
2 – перемещение вдоль оси Y;  
3 – перемещение вдоль оси Z;  
4 – результирующее перемещение (по умолчанию 1);  
flag - флаг, задающий рисование контурного графика перемещений на деформированной или недеформированной поверхности модели:  
0 – недеформированная поверхность;  
1 – деформированная поверхность (по умолчанию 0);  
screen\_flag - использовать ли весь экран:  
0 – активизировать флаг, т.е. во весь экран;  
1 – не активизировать флаг, т.е. в размере указанного окна (по умолчанию 0).

Пример: DISPLOT, 2, 4, 1, 0

Получить контурный график в окне 2 результирующих перемещений на деформированной поверхности модели во весь экран.

### 2.3.16. DLINE (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT→DISP\_PLOT→DISP\_CONTR→DLINE)

Команда DLINE дает возможность выбора изображения контурных графиков перемещений либо заливкой каждой зоны графика определенным цветом (цветовой график перемещений), либо проведением линейчатых контуров (линейчатый график перемещений).

Синтаксис:

DLINE, window\_no, parameter, contour\_count\_no,

- где window\_no - номер окна, к которому применяется данная команда (по умолчанию текущее окно);
- parameter - задает тип контурного графика:  
0 - контуры заполнены различным цветом;  
1 - линейчатые контуры (по умолчанию 1);
- contour\_count\_no - определяет, как часто метки перемещений должны записываться на линейный контурный график:  
0 - не ставить метки перемещений;  
1 - ставить метки на каждом элементе;  
2 - ставить метки на каждом втором элементе;  
3 - ставить метки на каждом третьем элементе и т.д. (по умолчанию 1).

Пример: DLINE, 1, 1, 5

По команде DLINE в окне 1 будет построен линейчатый график, а метки будут проставлены на каждом пятом элементе.

### 2.3.17. ZOOMIN (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT→VIEW\_PARM→ZOOMIN)

Команда ZOOMIN позволяет увеличивать фрагмент изображения объекта с помощью специального окна. После выполнения команды это окно становится активным.

Синтаксис:

ZOOMIN, window\_no,

- где window\_no - номер окна, к которому будет применяться данная команда (по умолчанию - текущее окно).

Диагональные точки фрагмента, подлежащего увеличению, устанавливаются с помощью перекрестия щелчком левой кнопки мыши. По команде RESET восстанавливается первоначальный масштаб изображения.

### 2.3.18. RESET (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT→VIEW\_PARM→RESET)

По команде RESET происходит перерисовка объекта с отменой эффектов масштабирования, сдвига, поворота и граничного изображения, которые могли быть установлены.

Синтаксис:

RESET, window\_no, flag,

- где window\_no - номер окна, к которому применяется данная команда. (по умолчанию - текущее окно);
- flag - флаг отмены ранее установленных эффектов:  
0 - не отменять дополнительные параметры;  
1 - отменить все параметры (по умолчанию 0).

Пример: RESET, 2

В окне 2 произойдет перерисовка первоначального изображения объекта с отменой эффектов масштабирования, сдвига, поворота и всех других установленных эффектов.

### 2.3.19. RUN\_STRESS (Путь в меню: COSMOS→RUN\_STRESS)

Команда RUN\_STRESS реализует вычисление напряжений в линейной постановке в узлах и в середине конечных элементов модели.

### 2.3.20. STRLIST (Путь в меню: RESULTS→STRLIST)

Команда STRLIST составляет список напряжений в каждом узле в заданный момент времени (если динамическая задача).

Синтаксис:

STRLIST, time\_step, first\_node, last\_node, increment, set,

- где time\_step - шаг времени, для которого составляется список напряжений (по умолчанию 1);
- first\_node - номер первого узла просмотра (по умолчанию 1);
- last\_node - номер последнего узла просмотра (по умолчанию принимается равным числу узлов конечно-элементной модели);
- increment - шаг между узлами, подлежащими просмотру;
- set - устанавливает, какие напряжения будут заноситься в список:  
1 – главные напряжения (Principal-X, Principal-Y, Principal-Z) и напряжения по Мизесу

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$

(интенсивность напряжений);

2 – компоненты напряжений:  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau_{xy}$  (по умолчанию 1).

Примечание.

Необходимо отметить, что напряжения, распечатанные в выходном файле pfile.out, основаны на значениях напряжений в центре элементов, в то время как напряжения, получаемые с помощью команды STRLIST или вычерченные программой PLOTSTAR, являются напряжениями, вычисленными в каждом узле путем усреднения величины напряжений элементов, сходящихся в этом узле. Эти два значения напряжений отличаются друг от друга, и различие может быть значительным в зависимости от того, насколько грубой является конечно-элементная сетка модели.

Пример: STRLIST, 5, 1, 50, 1, 1

Вносит в список главные напряжения и интенсивность напряжений для узлов с 1-го по 50-й в 5-й момент времени.

### 2.3.21. STRMAX (Путь в меню: RESULTS→STRMAX)

Команда STRMAX составляет список экстремальных узловых напряжений в данном узле и в данный момент времени.

Синтаксис:

STRMAX, stress\_label, time\_step, %\_tol, value\_label,

- где stress\_label - метка напряжений, которые надо просмотреть:  
SX, SY, SZ - нормальные напряжения в соответствующих направлениях;  
TXY, TYZ, TZX - касательные напряжения в соответствующих плоскостях;  
PX, PY, PZ - главные напряжения ( $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ );  
VON - интенсивность напряжений (напряжения Мизеса);
- time\_step - шаг по времени, для которого напряжения просматриваются (по умолчанию 1);
- %\_tol - допуск в процентах на максимальную (или минимальную) величину напряжений для просмотра (по умолчанию 5%);
- value\_label - метка выбора критерия для составления списка напряжений:  
ABC - максимальные по абсолютной величине напряжения;

MAX - максимальные напряжения;

MIN - минимальные напряжения.

Пример: STRMAX, VON, 1, 20, ABC.

Составить список интенсивности напряжений  $\sigma_i$  (напряжения Мизеса) для всех узлов, в которых величина  $\sigma_i$  лежит в пределах 20% от максимума по абсолютной величине  $\sigma_i$  для всей модели при 1-м шаге по времени.

### 2.3.22. STRSET (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT→STRS\_PLOT→STRSET)

Команда STRSET загружает в память модуля PLOTSTAR заданные компоненты напряжений для их последующей прорисовки командой SPLOT.

Синтаксис:

STRSET, window\_no, set\_no, time\_step,

- где window\_no - номер окна, к которому будет применяться данная команда (по умолчанию - текущее окно);
- set\_no - номер компоненты напряжения, которую планируется вывести на экран:
- 1 - нормальное напряжение  $\sigma_x$ ;
  - 2 - нормальное напряжение  $\sigma_y$ ;
  - 3 - нормальное напряжение  $\sigma_z$ ;
  - 4 - касательное напряжение  $\tau_{xy}$ ;
  - 5 - касательное напряжение  $\tau_{xz}$ ;
  - 6 - касательное напряжение  $\tau_{yz}$ ;
  - 7 - главное напряжение  $\sigma_1$ ;
  - 8 - главное напряжение  $\sigma_2$ ;
  - 9 - главное напряжение  $\sigma_3$ ;
  - 10 - интенсивность напряжений (по терминологии пакета - напряжения VON MISES);
  - 11 - наибольшие касательные напряжения  $\tau^{\max} = \sigma_1 - \sigma_3$  (по терминология пакета - intensity); (по умолчанию 1);
- time\_step - шаг по времени, для которого необходимо вывести напряжения (по умолчанию 0).

Пример: STRSET, 1, 4, 0

Загрузить в память PLOTSTAR для отображения в окне 1 касательных напряжений для нулевого шага по времени.

### 2.3.23. SPLOT (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT→STRS\_PLOT→SPLOT)

Команда SPLOT осуществляет вывод графика узловых напряжений в заданном окне.

Синтаксис:

SPLOT, window\_no, flag, screen\_flag,

- где window\_no - номер окна, в который осуществляется вывод графика напряжений (по умолчанию - текущее окно);

- flag - флаг - вывода графика напряжений в деформированном или недеформированном виде:  
 0 - недеформированная поверхность;  
 1 - деформированная поверхность (по умолчанию 0);
- screen\_flag - флаг включения вывода графика:  
 1 - вывод графика во весь экран;  
 0 - вывод графика в окно (по умолчанию 0).

#### Примечание

До использования команды SPLOT должна быть задана команда STRSET, указывающая какие напряжения необходимо вывести.

Пример: SPLOT, 1, 1, 1

В данной команде в окне 1 во весь экран в деформированном виде будет построен график напряжений, указанных ранее в команде STRSET.

#### 2.3.24. SLINE (Путь в меню: COSMOS→RUN\_PLOT→STRS\_PLOT→SLINE)

Команда SLINE даст возможность выбора прорисовки контурных графиков напряжений либо заливкой каждой зоны графика определенным цветом (цветовой график напряжений), либо проведением линейчатых контуров (линейчатый график напряжений).

Синтаксис:

SLINE, window\_no, parameter, contour\_count\_no,

- где window\_no - номер окна, к которому применяется данная команда (по умолчанию – текущее окно);
- parameter - задает тип контурного графика:  
 0 - контуры заполнены различным цветом;  
 1 - линейчатые контуры (по умолчанию 1);
- contour\_count\_no - определяет, как часто метки напряжений должны записываться на линейчатый контурный график:  
 0 - не ставить метки напряжений;  
 1 - ставить метки на каждом элементе;  
 2 - ставить метки на каждом втором элементе;  
 3 - ставить метки на каждом третьем элементе и так далее (по умолчанию 1).

## 2.4. ЗАДАНИЕ ПО КУРСОВОЙ РАБОТЕ

### Задача 1. Расчет балки-стенки

Для заданной пластины (рис. 2.2-2.5) толщиной  $t = 0,7$  см и высотой  $h = 3 \cdot a$ ,  $a = 15$  см, выполненной из стали Ст.3 ( $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа =  $2,1 \cdot 10^7$  Н/см<sup>2</sup>,  $\mu = 0,3$ ) и нагруженной распределенной нагрузкой  $q = 333$  Н/см или сосредоточенной силой  $P = 4995$  Н требуется:

1. Разработать конечно-элементную модель с помощью графического препроцессора GEOSTAR.
2. Выполнить расчет напряженно-деформированного состояния пластины с помощью модуля MODSTAR.
3. Распечатать экран деформированного состояния пластины с указанием максимальных перемещений вдоль осей X, Y.
4. Распечатать экран  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau_{xy}$  в цветных изолиниях с указанием напряжений (Н/см<sup>2</sup>).
5. Распечатать величины напряжений из файла file.out и построить эпюры  $\sigma_x$ ,  $\tau_{xy}$  по вертикальным, а  $\sigma_y$  - по горизонтальным сечениям.

6. Сравнить полученное решение с решением теории сопротивления материалов и решением методом конечных разностей. Дать анализ результатов сравнения.

**Задача 2. Расчет пластины с отверстием**

Для пластины, рассмотренной в задаче 1, выполнить расчет для двух случаев: когда в центре пластины имеется круглое отверстие радиусом  $R = 10$  см и квадратное отверстие размером  $20 \times 20$  см.  $\sigma_t = 235 \text{ МПа} = 235 \cdot 10^2 \text{ Н/см}^2$ ,  $n_t = 2$ .

Для каждого случая требуется:

1. Разработать конечно-элементную модель с помощью графического препроцессора GEOSTAR.
2. Выполнить расчет напряженно-деформированного состояния пластины от заданной нагрузки с помощью модуля MODSTAR.
3. Распечатать экран деформированного состояния с указанием максимальных перемещений вдоль осей X и Y.
4. Распечатать экран  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau_{xy}$  в цветных изолиниях с указанием напряжений ( $\text{Н/см}^2$ ).
5. По интенсивности напряжений  $\sigma_t$  определить опасную точку пластины.
6. Постепенно увеличивая нагрузку от нуля и выше, построить зависимость интенсивности напряжений  $\sigma_t$  в опасной точке от нагрузки.
7. Определить предельную нагрузку из условия прочности  $\sigma_t \leq [\sigma]$  в опасной точке.
8. Сравнить полученные решения для пластины с круглым и квадратным отверстиями и дать анализ результатов сравнения.

**Задача 3. Исследование концентрации напряжений**

Для кронштейна, размеры которого даны в мм (рис. 2.6-2.9) и выполненного из стали Ст.3 ( $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа} = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$ ), необходимо произвести расчет напряженного состояния. Заштрихованная область отверстия обозначает, что нагружение в отверстии происходит от стержня по поверхности контакта. Сила  $P = 10^4 \text{ Н}$  приложена к стержню. В других случаях  $M = 10^3 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Толщина кронштейна 12 мм.

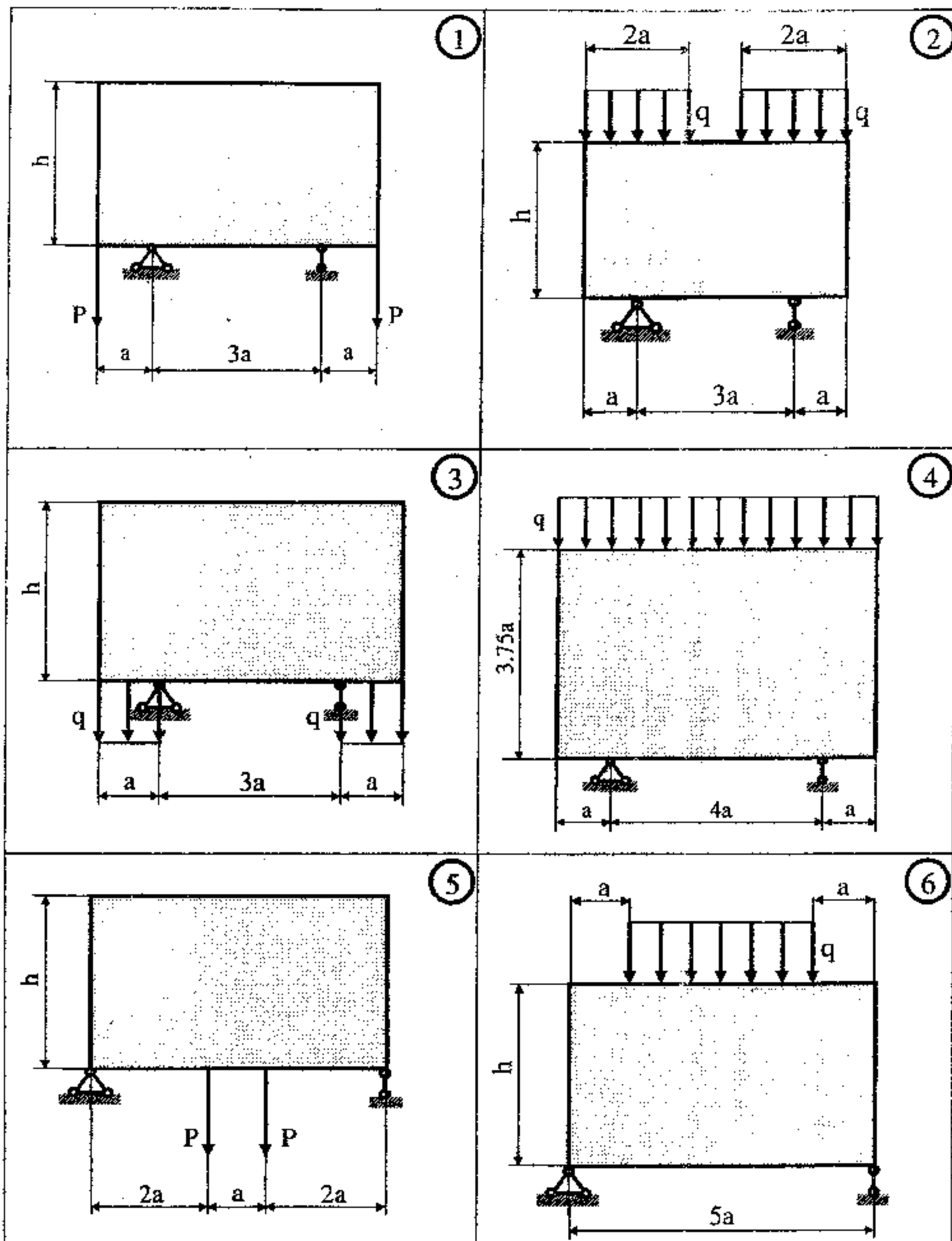
При выполнении расчета требуется:

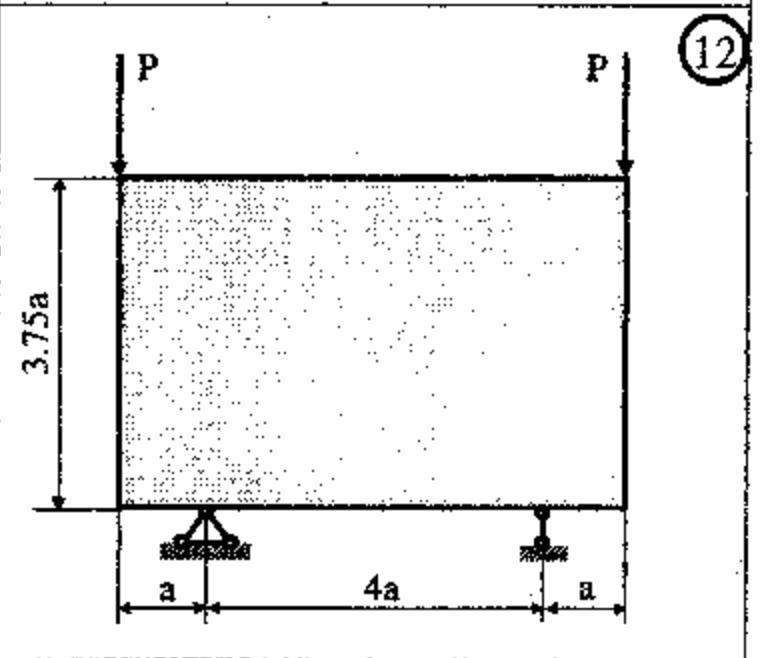
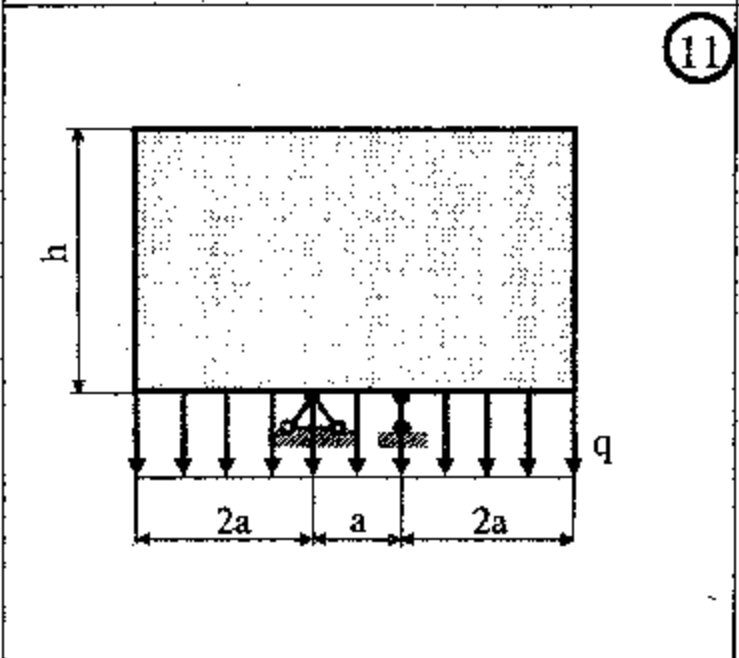
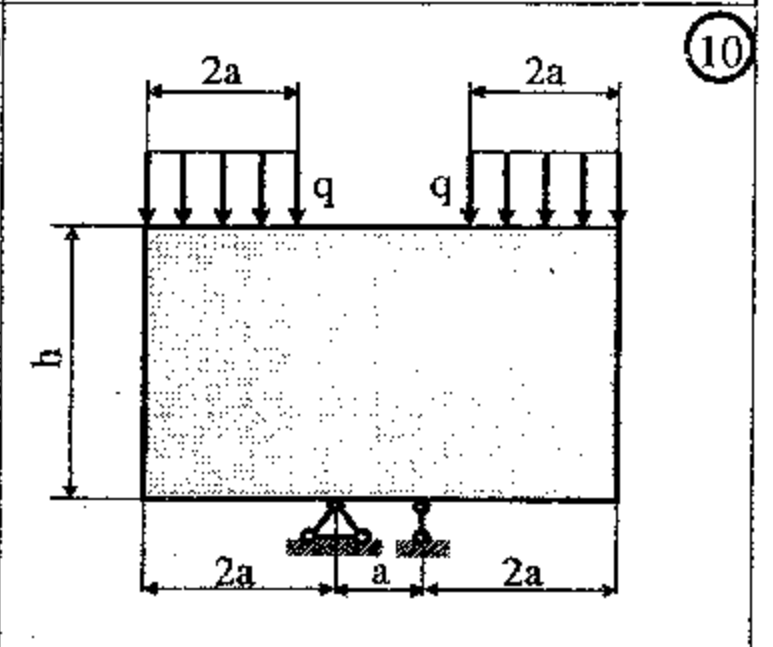
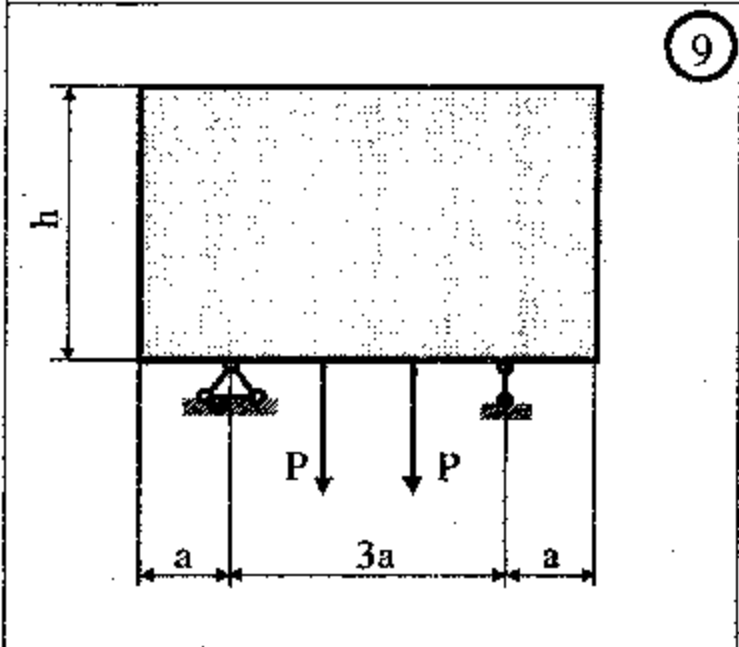
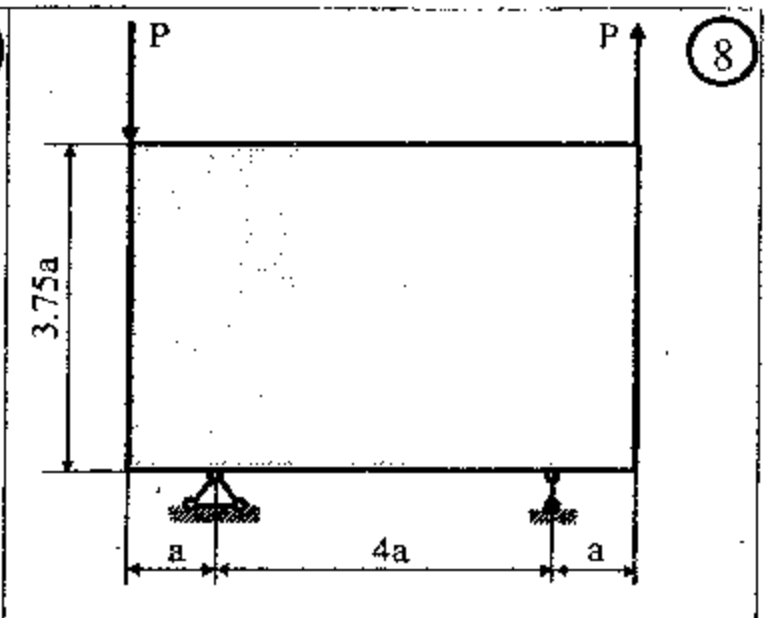
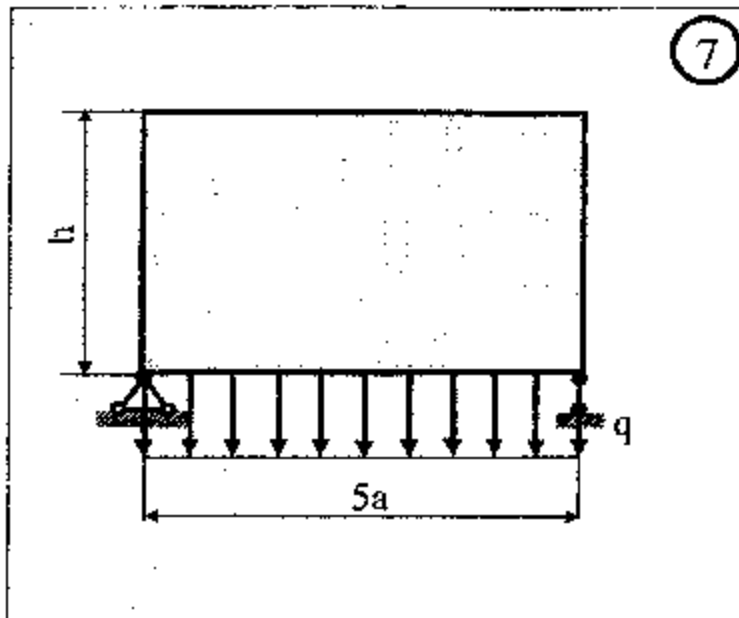
1. Распределить нагрузку от стержня по поверхности контакта. В грубом приближении, чтобы получить узловую нагрузку, силу  $P$  достаточно разделить на число узлов в сжатой зоне контакта.
2. Разработать конечно-элементную модель кронштейна без скруглений в зонах концентрации напряжений.
3. Разработать конечно-элементную модель кронштейна со скруглениями в зонах концентрации напряжений.
4. Распечатать экран деформированного состояния кронштейна без скруглений и один вариант со скруглениями в зонах концентрации напряжений.
5. Построить график зависимости коэффициента концентрации напряжений от радиуса скругления. Рекомендуемые радиусы скругления для построения графика: 0, 3, 6, 9, 12 мм.

$$k = \sigma^{\text{max}} / \sigma^{\text{ном}} - \text{теоретический коэффициент концентрации,}$$

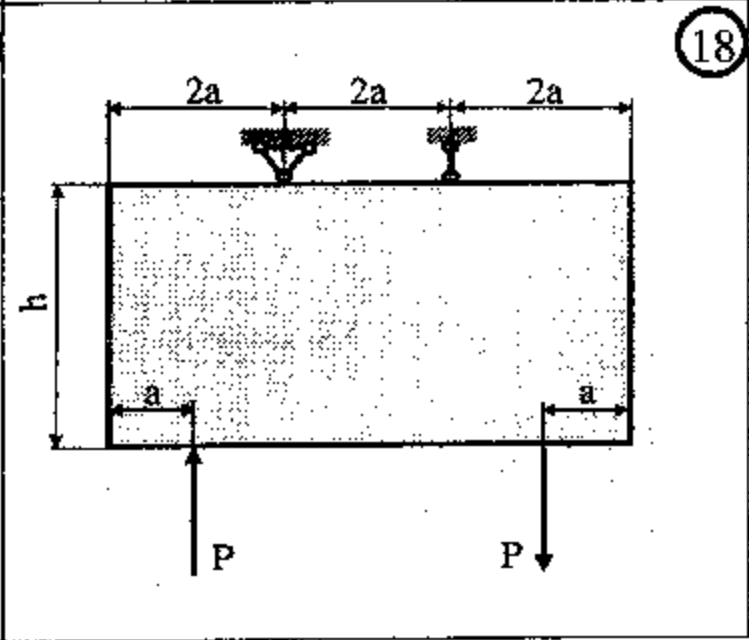
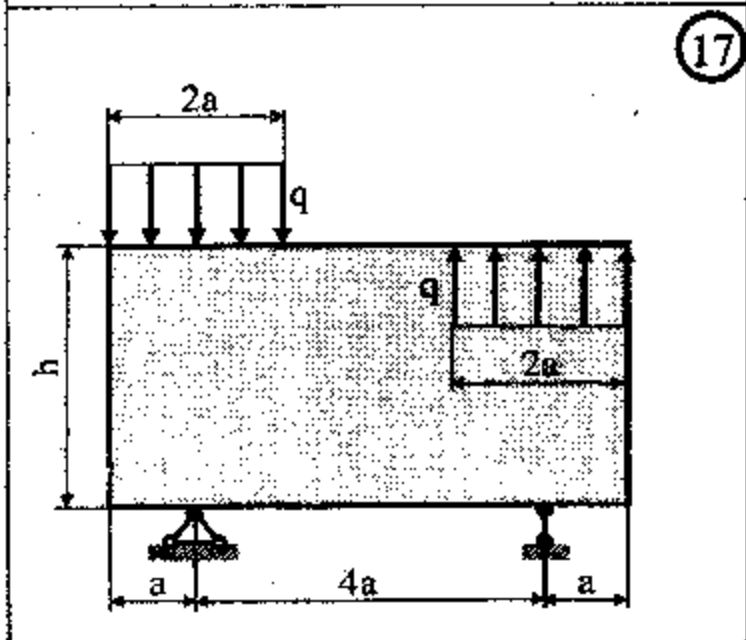
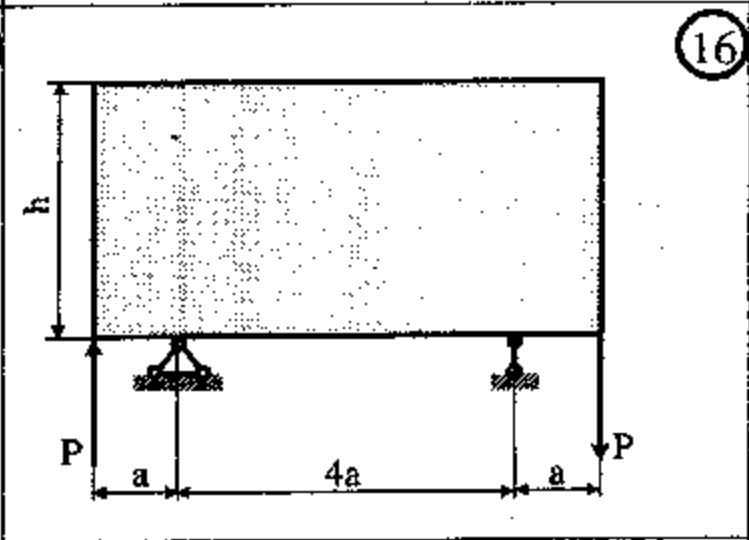
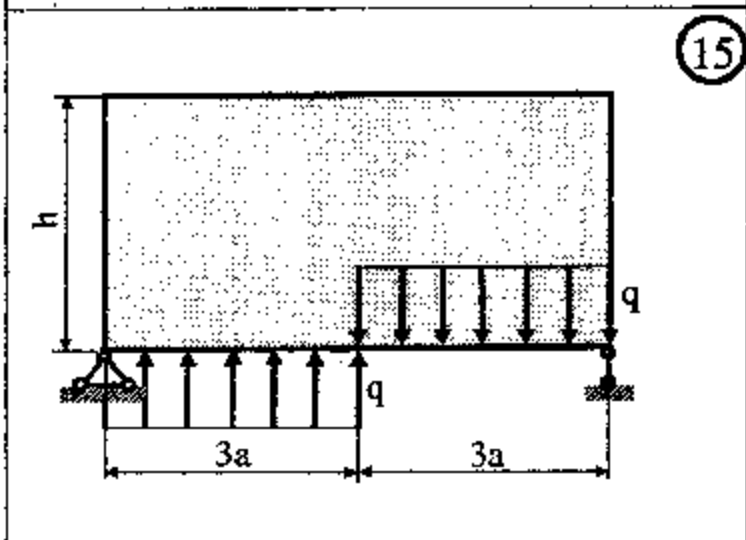
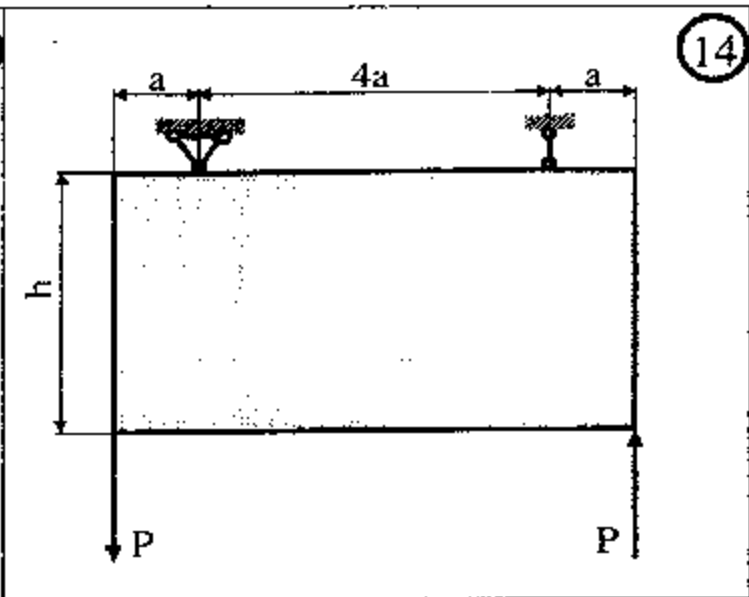
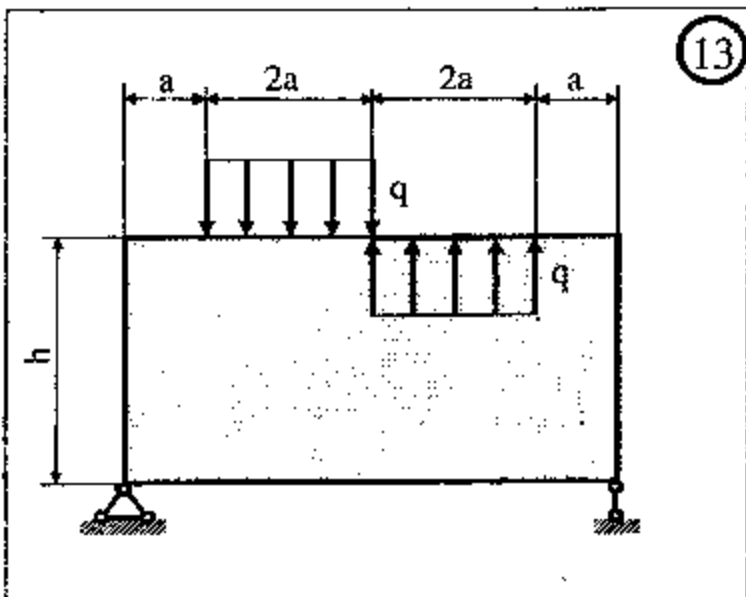
где

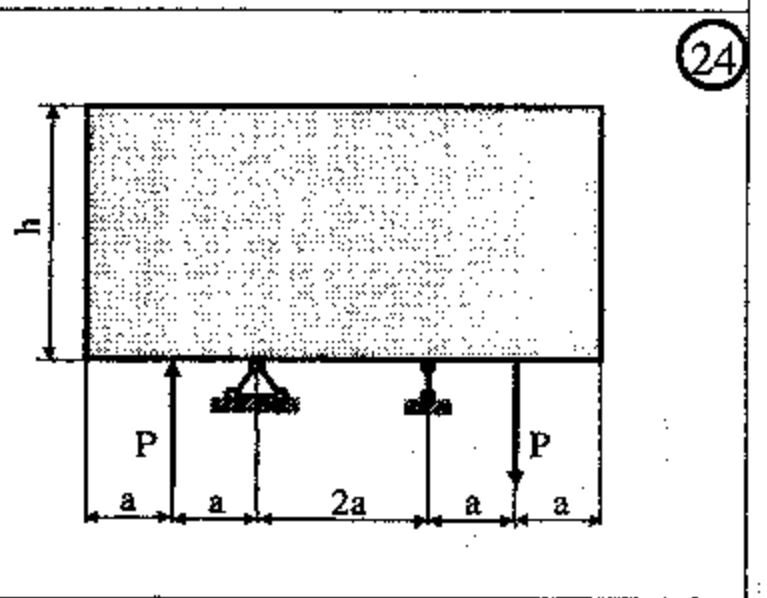
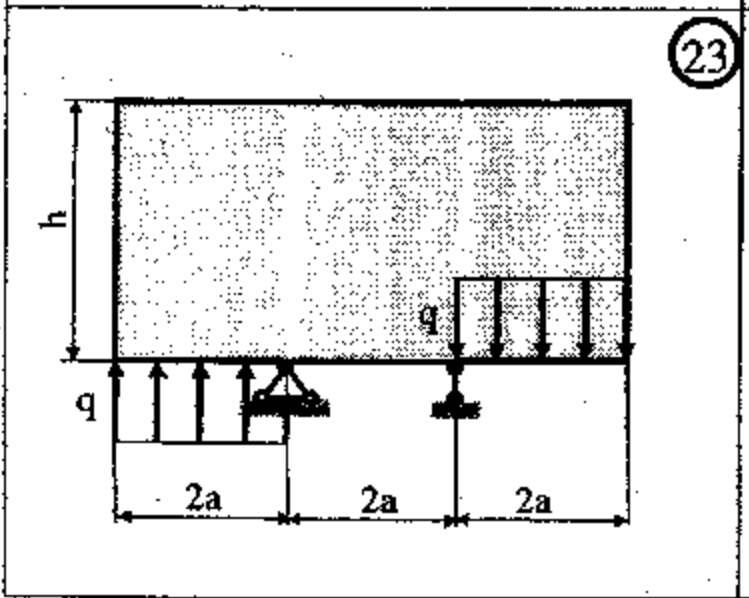
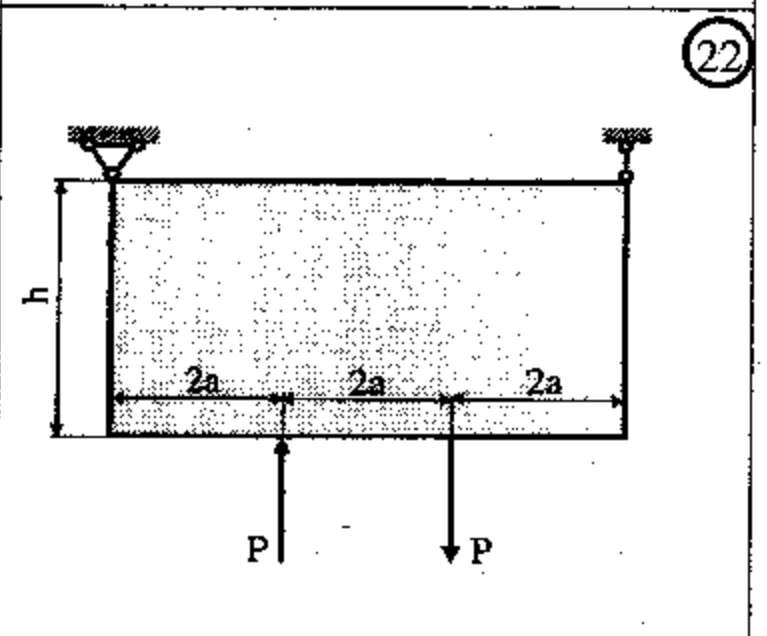
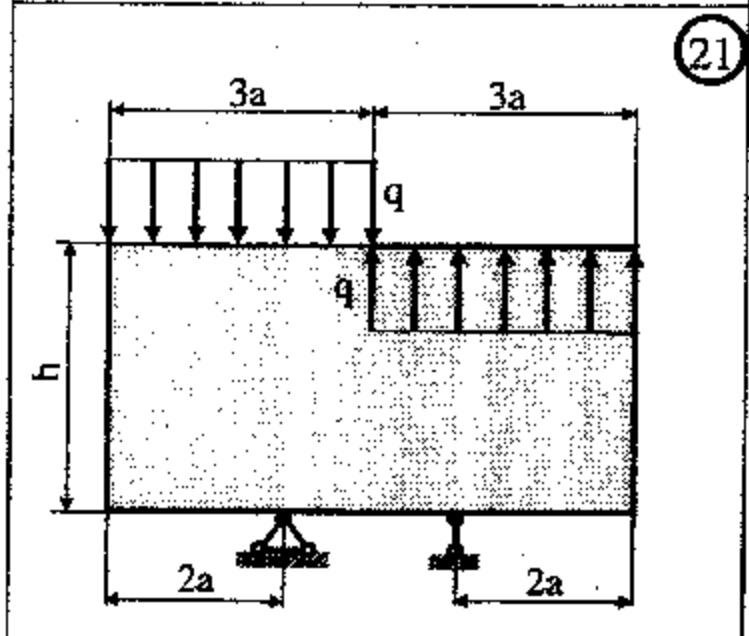
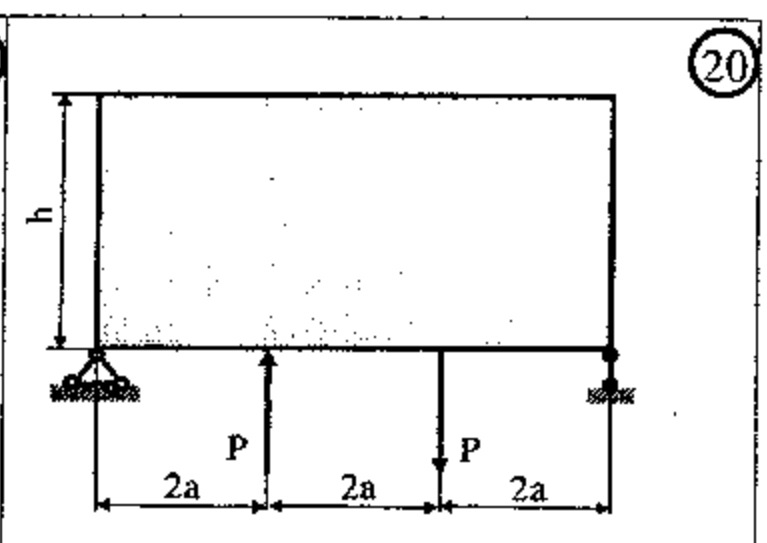
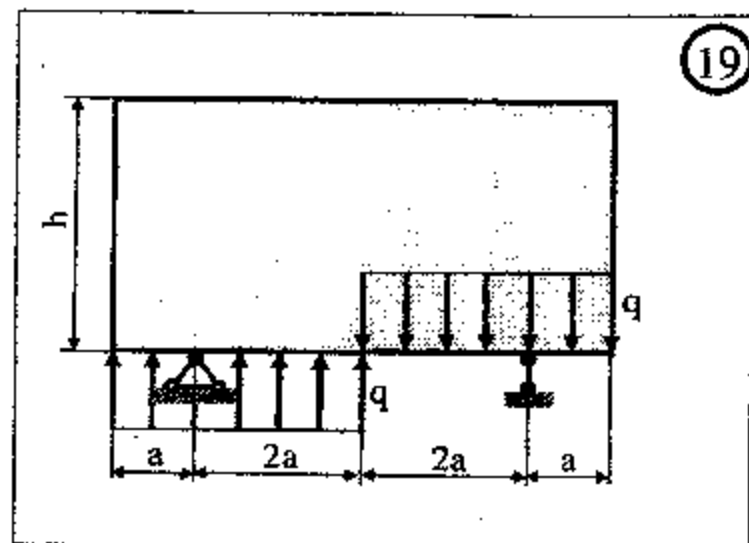
- $\sigma^{\text{max}}$  - наибольшее местное напряжение;
- $\sigma^{\text{ном}}$  - номинальное напряжение, т.е. напряжение, вычисленное по формулам сопротивления материалов.

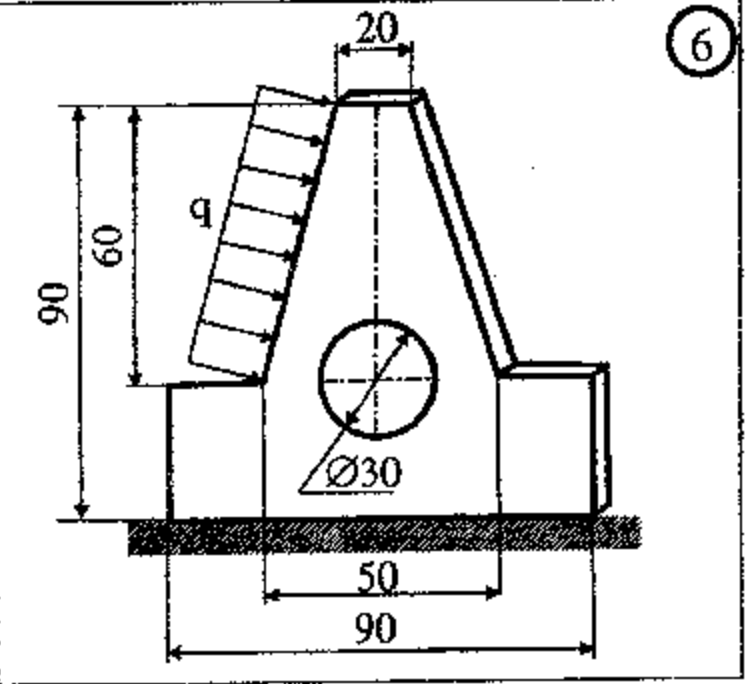
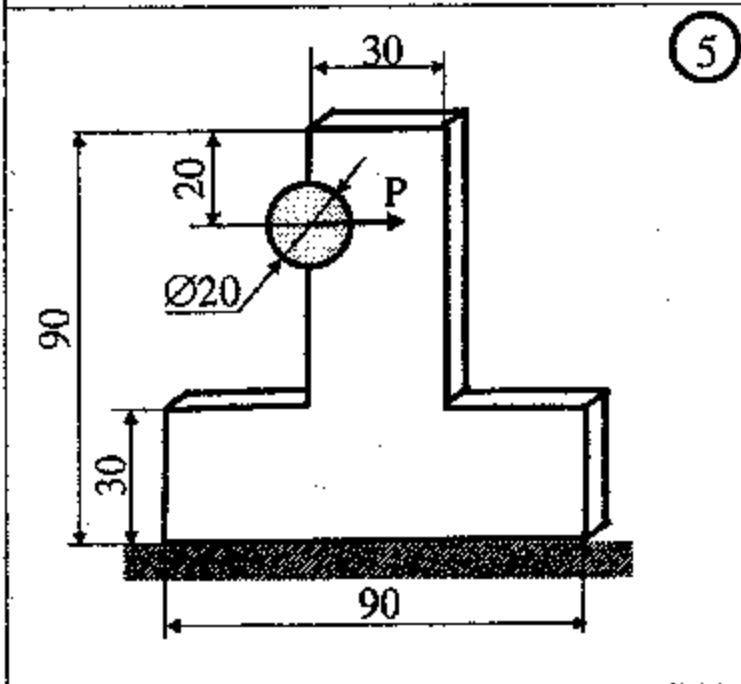
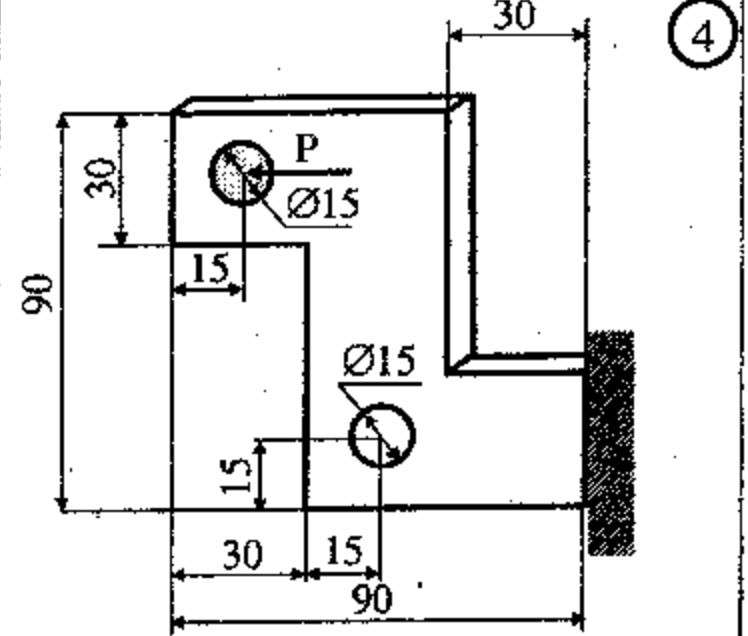
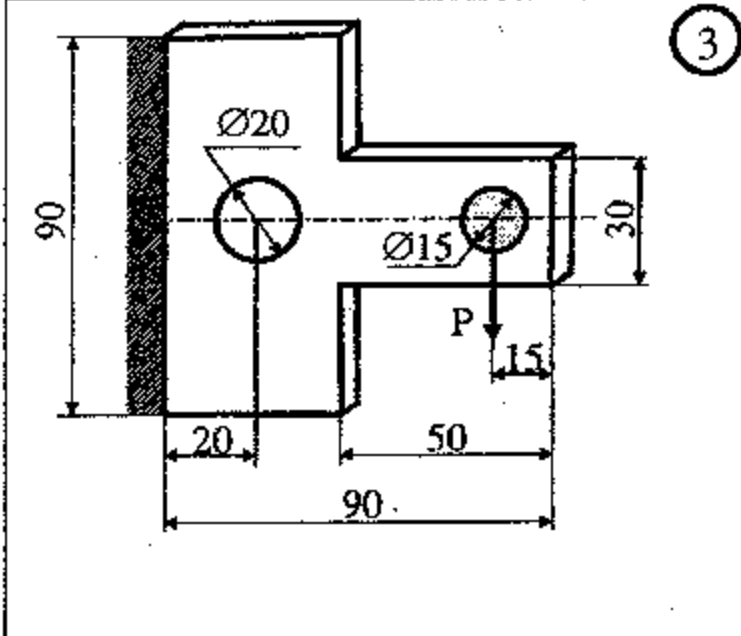
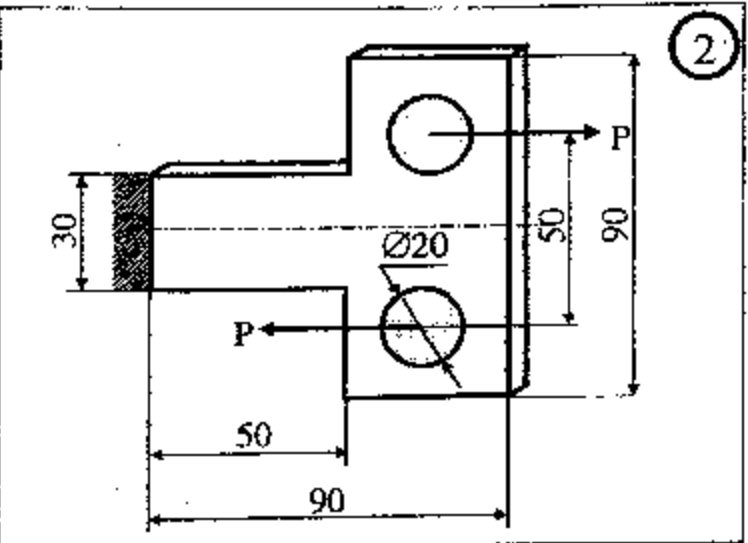
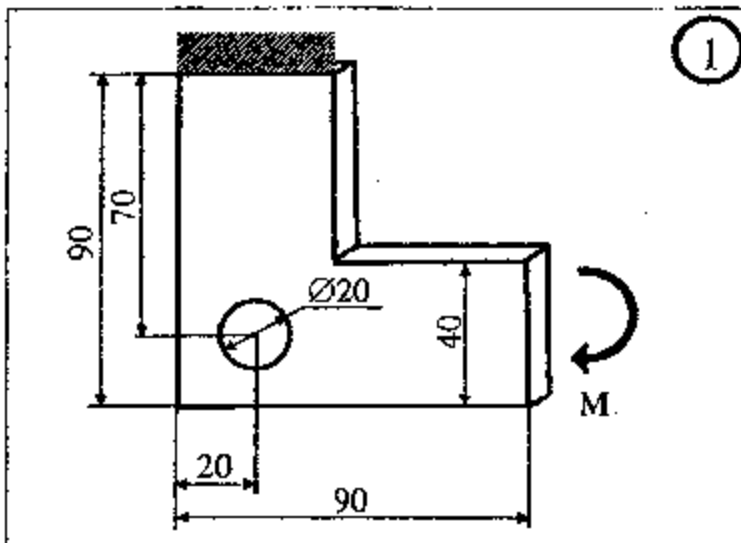


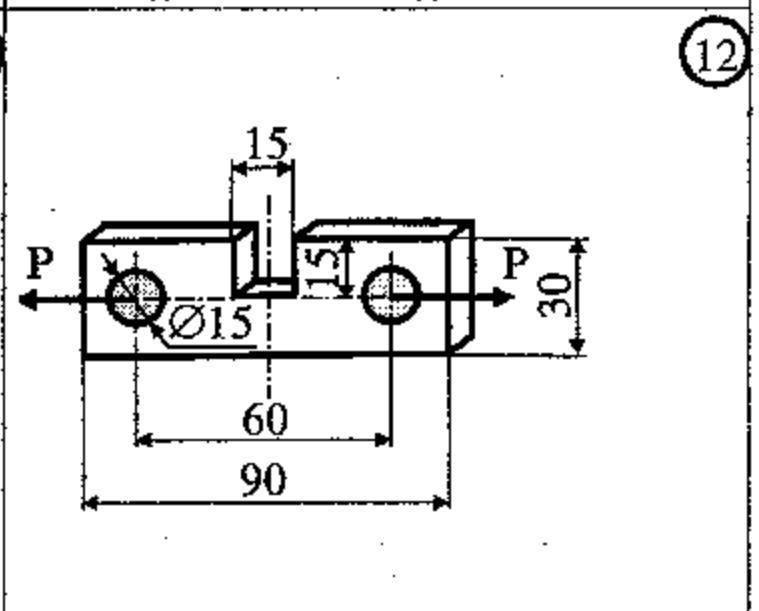
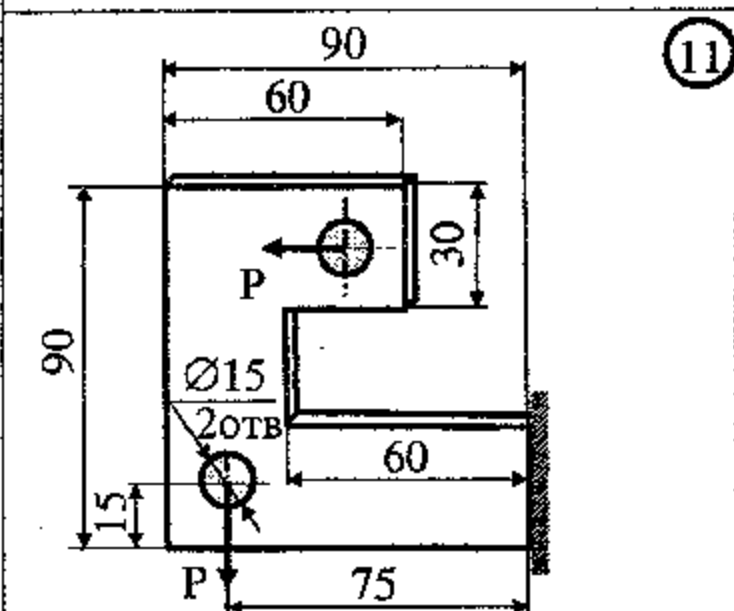
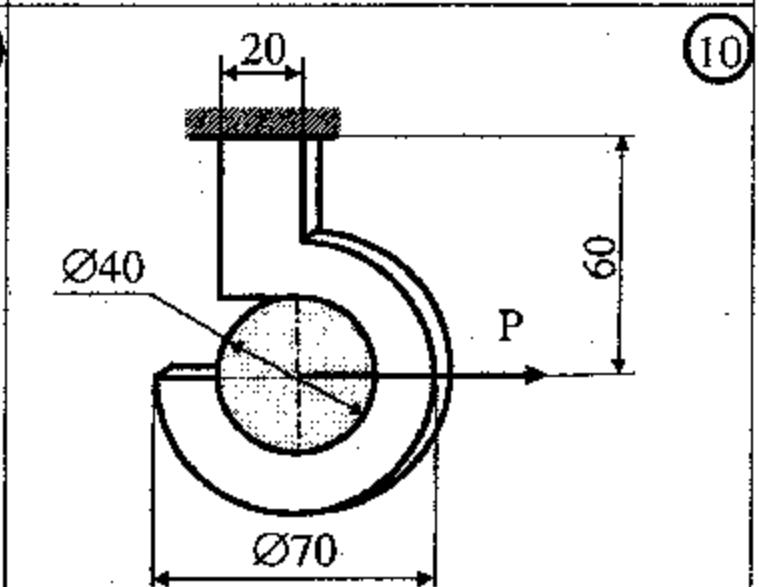
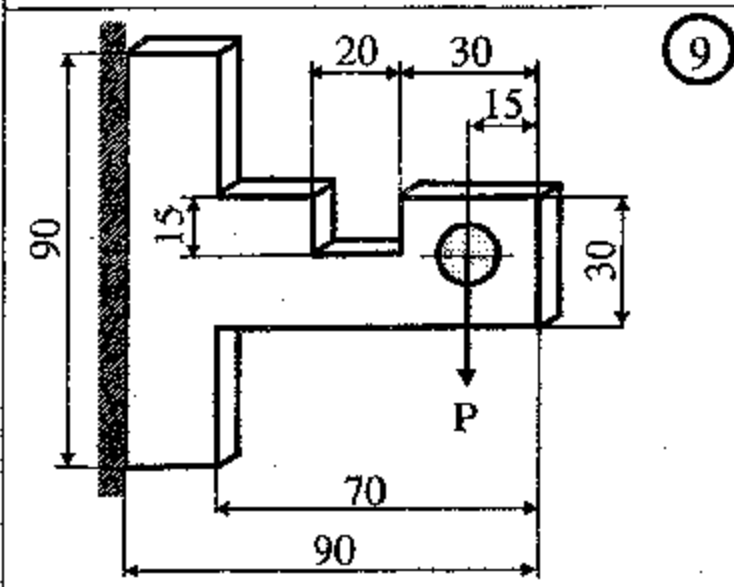
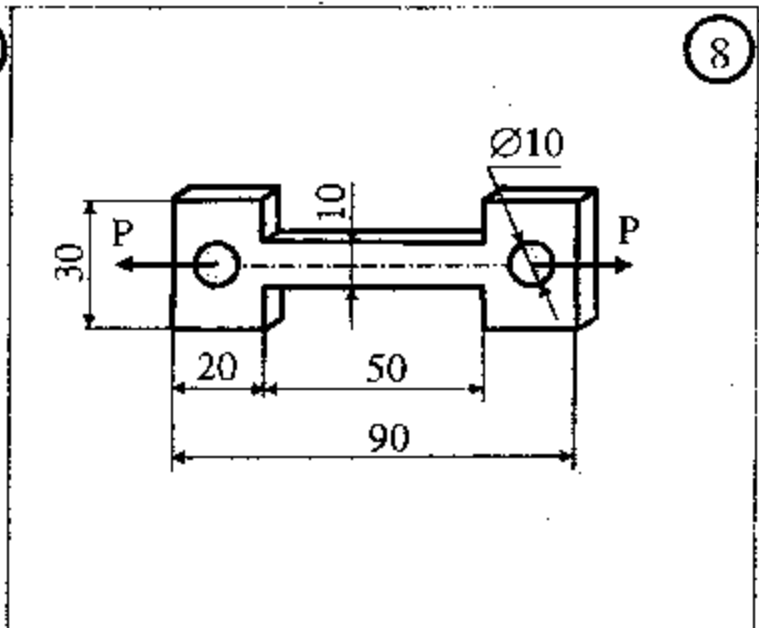
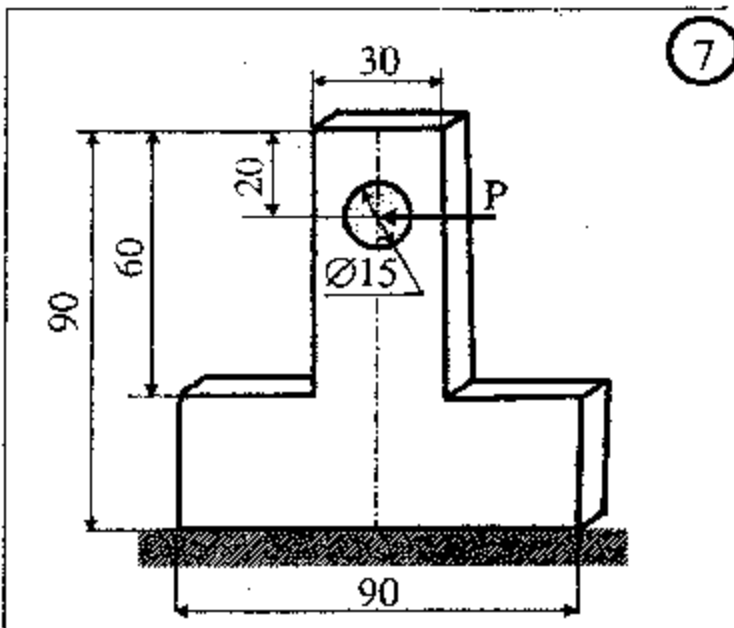




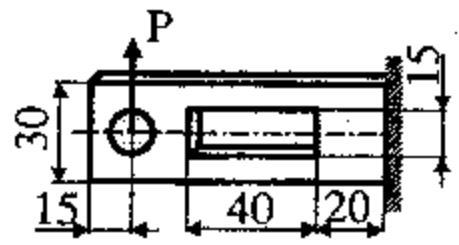




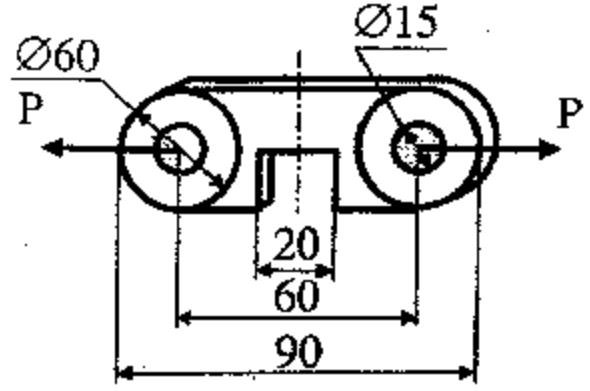




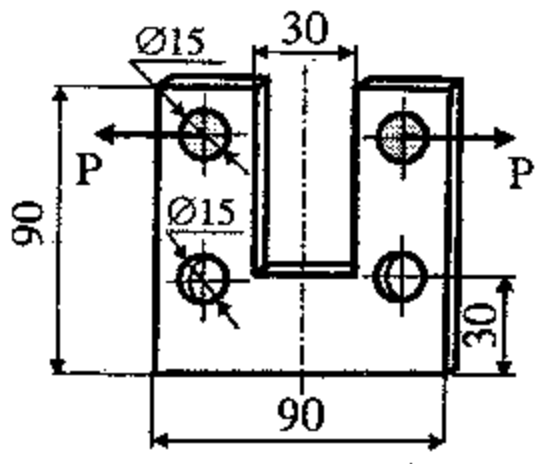
13



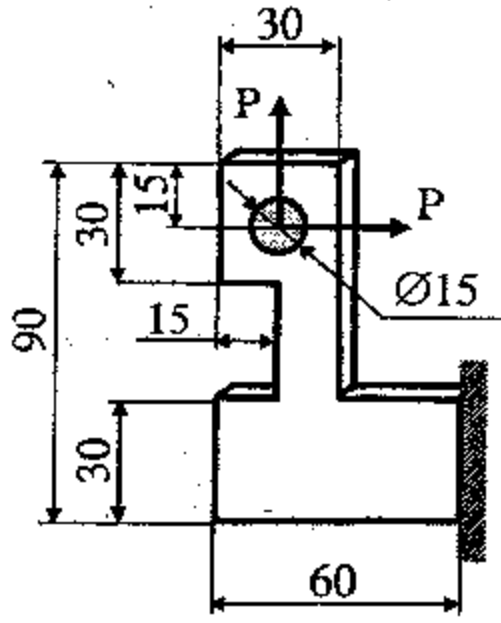
14



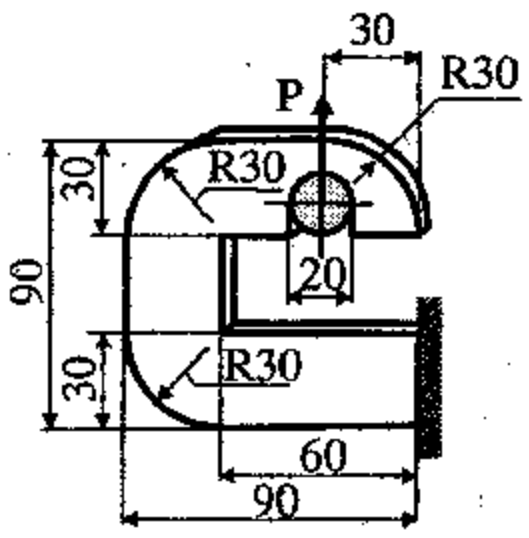
15



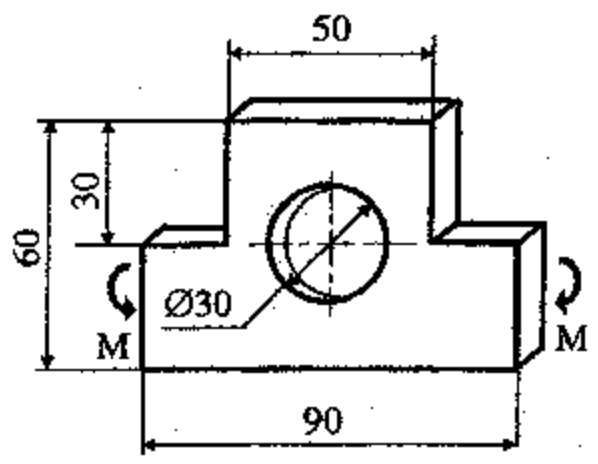
16

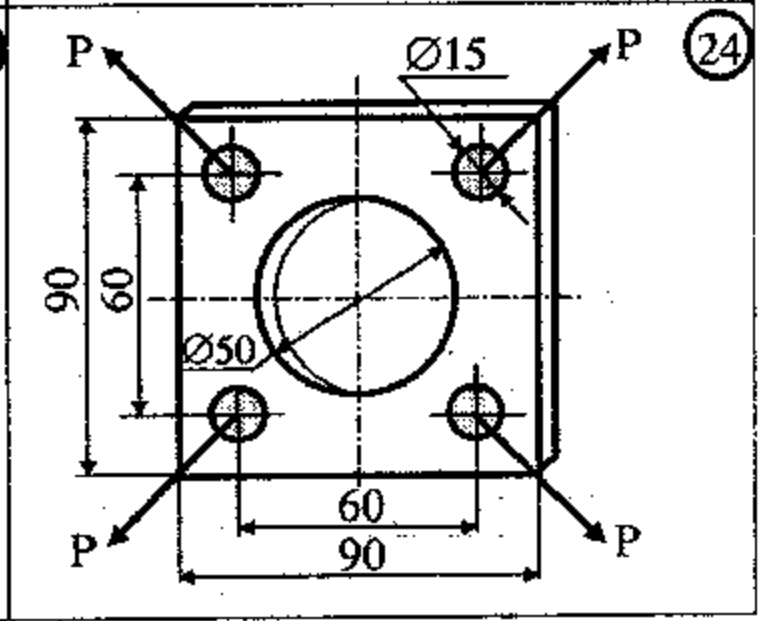
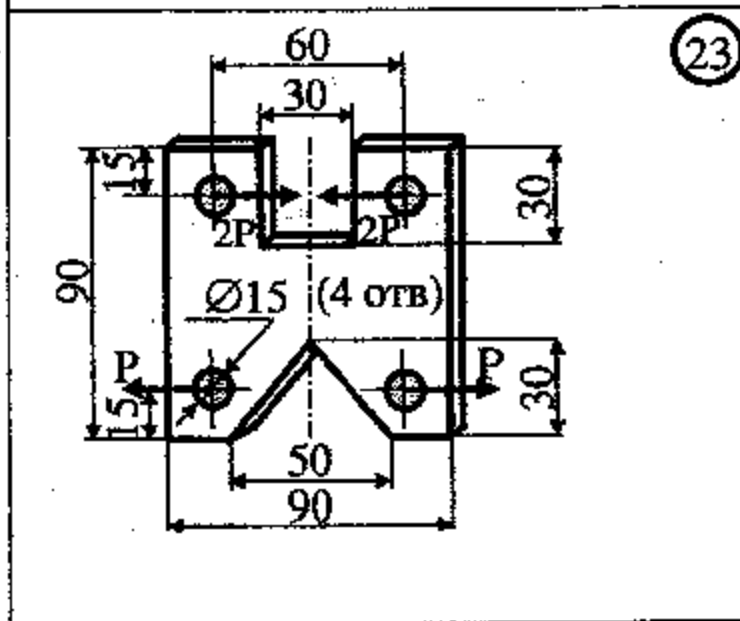
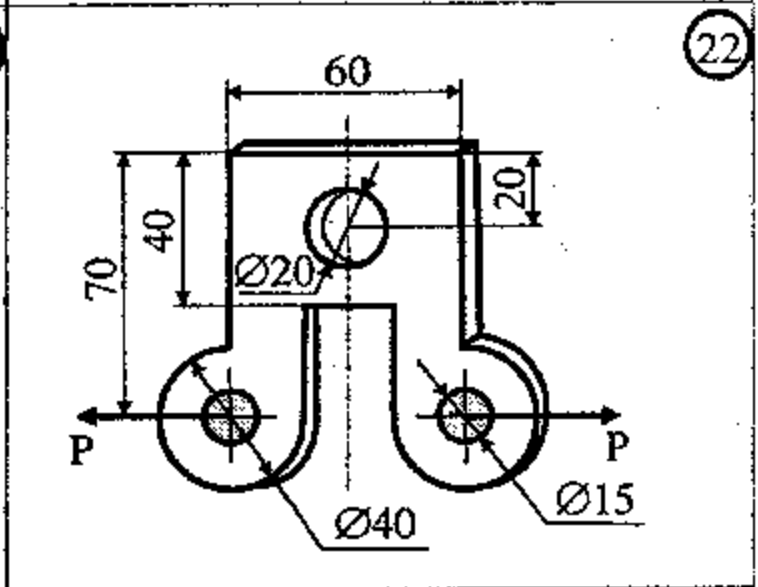
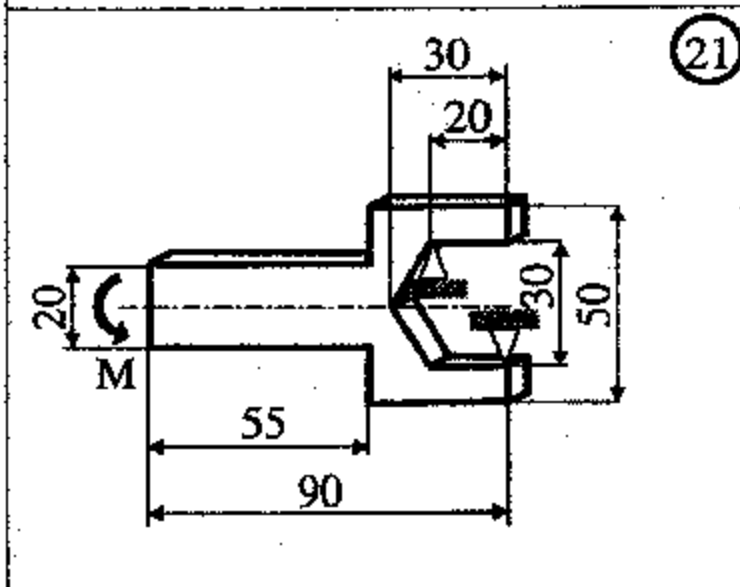
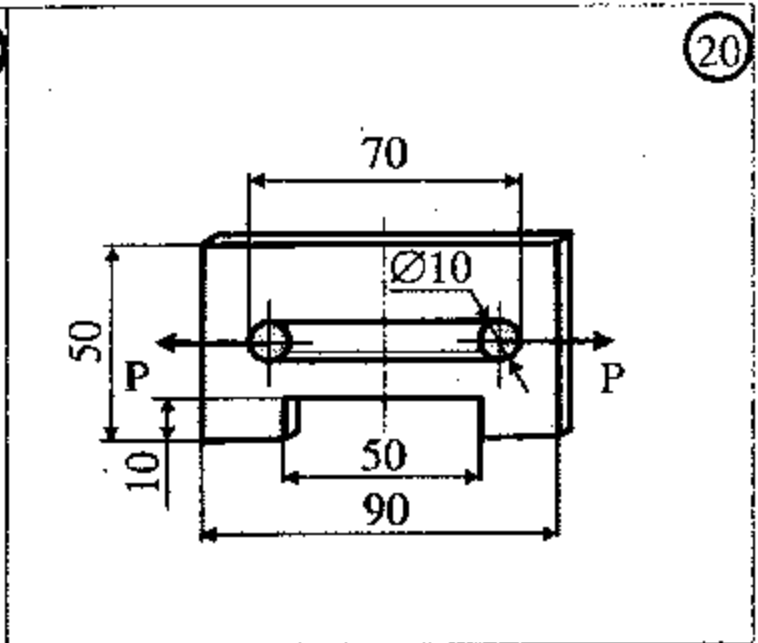
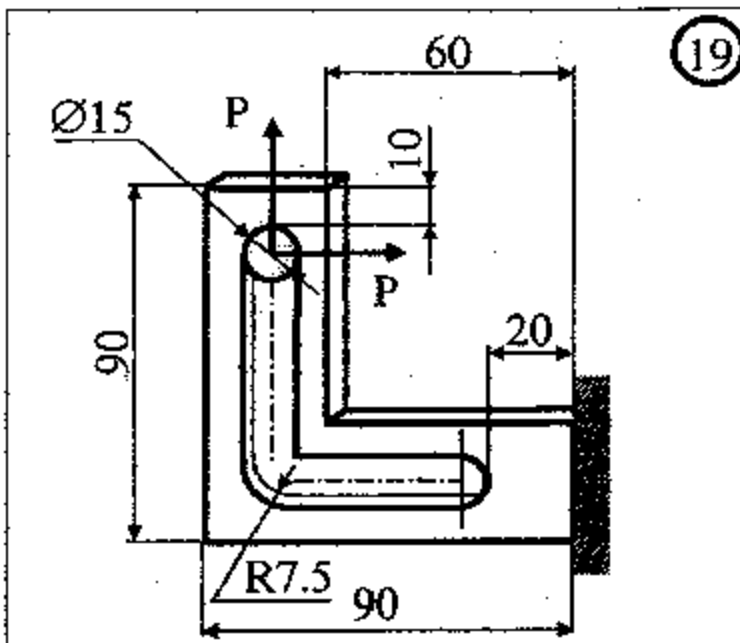


17



18





## ЛИТЕРАТУРА

1. Сидорук Р.М., Соснина О.А., Моисеенко И.Л., Вилкова Н.М. Введение в Автокад: Метод. пособие/ НГТУ; Н.Новгород, 1990. – 100 с.
2. Аладьев В.З., Шипаков М.Л. Введение в среду пакета Mathematica 2.2. – М.: Информационно-издательский дом "Филин", 1997. – 368 с.
3. Глявин Ю.М., Дербасов А.Н., Уваров А.И. Решение задач сопротивления материалов на ПЭВМ. Лабораторный практикум/ НГТУ; Н.Новгород, 1996. – 80 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| <b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b>  | 3  |
| <b>2.1. ОПИСАНИЕ КОМАНД GEOSTAR, ВХОДЯЩИХ В ПРИМЕР 1</b>      | 3  |
| 2.1.1. FILE (Путь в меню: CONTROL→FILE)                       | 3  |
| 2.1.2. VIEW (Путь в меню: DISPLAY→VIEW_PAR→VIEW)              | 3  |
| 2.1.3. CLS (Путь в меню: DISPLAY→VIEW_PAR→CLS)                | 4  |
| 2.1.4. SCALE (Путь в меню: DISPLAY→DISP_PAR→SCALE)            | 4  |
| 2.1.5. AXIS (Путь в меню: DISPLAY→VIEW_PAR→AXIS)              | 4  |
| 2.1.6. PLANE (Путь в меню: DISPLAY→GRID→PLANE)                | 4  |
| 2.1.7. GRIDON (Путь в меню: DISPLAY→GRID→GRIDON)              | 5  |
| 2.1.8. GRIDOFF (Путь в меню: DISPLAY→GRID→GRIDOFF)            | 5  |
| 2.1.9. PT (Путь в меню: GEOMETRY→POINTS→PT)                   | 5  |
| 2.1.10. CRLINE (Путь в меню: GEOMETRY→CURVES→CRLINE)          | 5  |
| 2.1.11. CRPLOT (Путь в меню: GEOMETRY→CURVES→CREDIT→CRPLOT)   | 5  |
| 2.1.12. SF2CR (Путь в меню: GEOMETRY→SURFACES→SF2CR)          | 6  |
| 2.1.13. ACTMARK (Путь в меню: CONTROL→ACTIVE→ACTMARK)         | 6  |
| 2.1.14. SFPLOT (Путь в меню: GEOMETRY→SURFACES→SFEDIT→SFPLOT) | 7  |
| 2.1.15. EGROUП (Путь в меню: PROPSETS→EGROUP)                 | 7  |
| 2.1.16. MPROP (Путь в меню: PROPSETS→MPROP)                   | 8  |
| 2.1.17. RCONST (Путь в меню: PROPSETS→RCONST)                 | 9  |
| 2.1.18. SAVE (Путь в меню: CONTROL→SAVE)                      | 9  |
| 2.1.19. M_SF (Путь в меню: MESHING→MESH→M_SF)                 | 9  |
| 2.1.20. NIDEN (Путь в меню: MESHING→NODES→NIDEN)              | 10 |
| 2.1.21. EIDEN (Путь в меню: MESHING→ELEMENTS→IDEN)            | 10 |
| 2.1.22. DND (Путь в меню: FD_CONDS→DISPMNTS→DND)              | 10 |
| 2.1.23. FND (Путь в меню: FD_CONDS→FORCES→FND)                | 10 |
| 2.1.24. EPLOT (Путь в меню: MESHING→ELEMENTS→EPLOT)           | 11 |
| 2.1.25. NPLOT (Путь в меню: MESHING→NODES→NPLOT)              | 11 |
| 2.1.26. MODINPUT (Путь в меню: CONTROL→FEM_INP→MODINP)        | 11 |
| <b>2.2. ОПИСАНИЕ КОМАНД GEOSTAR, ВХОДЯЩИХ В ПРИМЕР 2</b>      | 12 |
| 2.2.1. CRPCIRCLE (Путь в меню: GEOMETRY→CURVES→CRPCIRCLE)     | 12 |
| 2.2.2. GETHP (В меню не значится)                             | 12 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.2.3.  | DCR (Путь в меню: FD_CONDS→DISPMNTS→DCR)                               | 12 |
| 2.2.4.  | FCR (Путь в меню: FD_CONDS→FORCES→FCR)                                 | 13 |
| 2.3.    | <b>ОПИСАНИЕ КОМАНД MODSTAR, ВХОДЯЩИХ В ПРИМЕРЫ 1 И 2</b>               | 13 |
| 2.3.1.  | FILEINPUT (Путь в меню: CONTROL→FILEINPUT)                             | 13 |
| 2.3.2.  | NPLOT (Путь в меню: PLOT→NPLOT)  | 14 |
| 2.3.3.  | NNUM (Путь в меню: PLOT→NNUM)  | 14 |
| 2.3.4.  | EPLOT (Путь в меню: PLOT→EPLOT)  | 14 |
| 2.3.5.  | ENUM (Путь в меню: PLOT→ENUM)  | 14 |
| 2.3.6.  | RENUMBER (Путь в меню: CONTROL→RENUMBER)                               | 14 |
| 2.3.7.  | RUN_STATIC (Путь в меню: COSMOS→RUN_STATIC)                            | 15 |
| 2.3.8.  | DISLIST (Путь в меню: RESULTS→DISLIST)                                 | 15 |
| 2.3.9.  | DISMAX (Путь в меню: RESULTS→DISMAX)                                   | 15 |
| 2.3.10. | RUN_PLOT (Путь в меню: COSMOS→RUN_PLOT)                                | 16 |
| 2.3.11. | DPLOT (Путь в меню: COSMOS→RUN_PLOT→DISP_PLOT→DPLOT)                   | 16 |
| 2.3.12. | ANIMATE (Путь в меню: COSMOS→RUN_PLOT→DISP_PLOT→ANIMATE)               | 16 |
| 2.3.13. | NEWWIN (Путь в меню: COSMOS→RUN_PLOT→WINDOWS→NEWWIN)                   | 17 |
| 2.3.14. | DELWIN (Путь в меню: COSMOS→RUN_PLOT→WINDOWS→DELWIN)                   | 17 |
| 2.3.15. | DISPLOT (Путь в меню:<br>COSMOS→RUN_PLOT→DISP_PLOT→DISP_CONTR→DISPLOT) | 17 |
| 2.3.16. | DLINE (Путь в меню:<br>COSMOS→RUN_PLOT→DISP_PLOT→DISP_CONTR→DLINE)     | 18 |
| 2.3.17. | ZOOMIN (Путь в меню: COSMOS→RUN_PLOT→VIEW_PARM→ZOOMIN)                 | 18 |
| 2.3.18. | RESET (Путь в меню: COSMOS→RUN_PLOT→VIEW_PARM→RESET)                   | 18 |
| 2.3.19. | RUN_STRESS (Путь в меню: COSMOS→RUN_STRESS)                            | 18 |
| 2.3.20. | STRLIST (Путь в меню: RESULTS→STRLIST)                                 | 19 |
| 2.3.21. | STRMAX (Путь в меню: RESULTS→STRMAX)                                   | 19 |
| 2.3.22. | STRSET (Путь в меню: COSMOS→RUN_PLOT→STRS_PLOT→STRSET)                 | 20 |
| 2.3.23. | SPLOT (Путь в меню: COSMOS→RUN_PLOT→STRS_PLOT→SPLOT)                   | 20 |
| 2.3.24. | SLINE (Путь в меню: COSMOS→RUN_PLOT→STRS_PLOT→SLINE)                   | 21 |
| 2.4.    | <b>ЗАДАНИЕ ПО КУРСОВОЙ РАБОТЕ</b>                                      | 21 |
|         | <b>ЛИТЕРАТУРА</b>  | 31 |