

**ОПД.Р.03 СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**  
**СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫЕ СИСТЕМЫ**  
Задания для расчетно-графической работы

Содержание

Задание №1. Расчет шарнирной арки . . . . .	3
Задание №2. Расчет шарнирной фермы . . . . .	5
Задание №3. Расчет пространственной фермы . . . . .	10

## ЗАДАНИЕ №1. РАСЧЕТ ШАРНИРНОЙ АРКИ

Параболическая шарнирная арка нагружена распределенной нагрузкой  $q$  и сосредоточенной нагрузкой  $P$  (Рис.1.1). Требуется:

1. Аналитически рассчитать в сечении  $K$  внутренние силовые факторы  $M$ ,  $Q$ ,  $N$ .
2. Построить эпюры изгибающего момента и поперечной силы.
3. Построить линию влияния заданного силового фактора  $S$  в сечении  $K$ .
4. Вычислить усилие  $S$  в сечении  $K$  от постоянной нагрузки ( $q$ ,  $P$ ) по линии влияния. Сравнить с результатом п.1.

Вид усилия  $S$  и параметры задачи определяются таблицами 1.1 и 1.2 индивидуальных заданий.

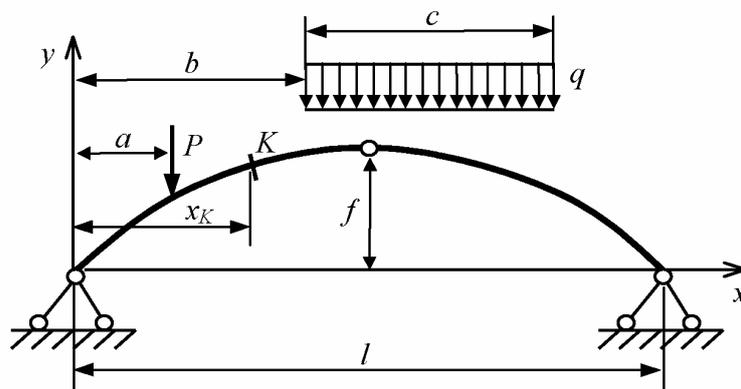


Рис.1.1

Таблица 1.1

Индивидуальные задания студентам

Номер студента по списку	$l$ , м	$a$ , м	$b$ , м	$c$ , м	$x_K$ , м
1	24	6	12	8	3
2	24	8	14	10	6
3	24	11	15	7	9
4	24	5	12	12	15
5	24	9	0	9	18
6	24	14	4	12	21
7	32	18	8	10	4
8	32	12	16	10	8
9	32	4	16	16	12
10	32	12	20	12	20
11	32	5	5	11	24
12	32	8	14	10	30
13	40	18	10	20	5
14	40	15	20	20	10
15	40	24	0	20	15
16	40	14	5	15	25

Продолжение таблицы 1.1

17	40	24	5	20	30
18	40	25	20	15	35
19	48	12	12	20	6
20	48	16	28	20	12
21	48	10	22	15	18
22	48	25	24	24	30
23	48	14	0	20	36
24	48	24	24	16	42
25	56	21	24	20	7
26	56	21	21	20	14
27	56	28	32	15	21
28	56	18	10	24	35
29	56	35	4	28	42
30	56	42	15	20	49

Таблица 1.2

## Индивидуальные задания студентам

Учебная группа	Номер по списку	$P$ , кН	$q$ , кН/м	$f/l$	Усилие $S$
1	1—6	210	25	$\frac{1}{6}$	$M$
	7—12	400	35	$\frac{1}{6}$	$Q$
	13—18	450	45	$\frac{1}{6}$	$N$
	19—24	1000	50	$\frac{1}{3}$	$M$
	25—30	900	50	$\frac{1}{3}$	$Q$
2	1—6	240	20	0,25	$N$
	7—12	250	35	0,25	$M$
	13—18	500	45	$\frac{1}{6}$	$Q$
	19—24	800	50	$\frac{1}{6}$	$N$
	25—30	900	45	$\frac{1}{6}$	$M$
3	1—6	300	27	$\frac{1}{3}$	$Q$
	7—12	280	30	$\frac{1}{3}$	$N$
	13—18	250	50	0,4	$M$
	19—24	1000	50	0,4	$Q$
	25—30	850	45	0,45	$N$
4	1—6	230	30	0,5	$M$
	7—12	380	38	0,5	$Q$
	13—18	400	40	0,5	$N$
	19—24	700	42	0,2	$M$
	25—30	600	35	0,2	$Q$

## ЗАДАНИЕ №2. РАСЧЕТ ШАРНИРНОЙ ФЕРМЫ

Ферма нагружена распределенной нагрузкой интенсивности  $q$  по всему грузовому поясу и сосредоточенной нагрузкой  $P$ , приложенной в одном или двух узлах. Положительное направление нагрузок — по вертикали вниз. Требуется:

1. Построить эпюры балочного изгибающего момента и балочной поперечной силы.
2. Определить усилия в стержнях №1, 2, 3, 4.
3. Поочередно исследовать усилия в стержнях №1, 4 с помощью линий влияния (для ферм параболического и треугольного очертания исследовать усилие только в стержне №4). Исследование каждого усилия вести в следующем порядке:
  - 3.1. Построить линию влияния.
  - 3.2. Определить усилие от постоянной нагрузки ( $q, P$ ) по линии влияния. Сравнить с результатом п.2.
  - 3.3. Загрузить линию влияния эквивалентной нагрузкой класса  $K = 14$ .
  - 3.4. Загрузить линию влияния наиболее опасным образом при перемещении многоосной тележки с параметром нагрузки на ось  $P_1$  и расстоянием между осями  $c$ .

Конструкция фермы и тип тележки, положение узлов приложения сосредоточенных нагрузок и стержней 1 ÷ 4, а также параметры задачи определяются расчетными схемами ферм А ÷ К, схемами тележек А ÷ Г и таблицами 2.1 и 2.2 индивидуальных заданий.

Таблица 2.1

Индивидуальные задания студентам

Номер студента по списку	Схема фермы	Стержень №1	Стержень №2	Стержень №3	Стержень №4	$d$ , м	$P_1$ , кН	$c$ , м
1	А	2–3	2–4	3–5	2–5	4,5	200	6
2	А	4–5	4–6	5–7	5–6	4	240	6
3	А	6–7	7–8	4–6	6–8	5	260	8
4	Б	2–3	1–2	3–5	2–5	5	120	7
5	Б	4–5	4–6	5–7	5–6	4,5	140	7
6	Б	6–7	7–8	5–7	6–8	5,5	120	9
7	В	2–3	2–4	3–5	3–4	4,5	180	6
8	В	1–2	1–3	2–4	4–5	4	200	5,5
9	В	4–5	4–6	5–7	5–6	5	180	9
10	Г	2–3	2–4	3–5	3–4	4,5	200	7
11	Г	4–6	5–7	6–7	5–6	4	150	6
12	Г	7–8	7–9	8–10	8–9	5	250	7
13	Д	8–10	9–11	9–10	10–11	5	100	8
14	Д	6–8	7–9	6–7	7–8	4,5	120	8

Продолжение таблицы 2.1

15	Д	12–13	11–13	10–12	11–12	5,5	140	9
16	Е	8–9	8–10	9–11	9–10	5,5	90	8
17	Е	12–13	11–13	10–12	10–11	5	100	9
18	Е	7–8	6–8	5–7	6–7	6	110	8
19	Ж	5–6	5–7	6–8	5–8	6	180	9
20	Ж	7–8	7–9	8–10	7–10	5,5	210	8
21	Ж	11–12	12–13	9–11	9–12	6,5	190	10
22	З	12–13	12–14	13–15	12–15	4,5	150	6,5
23	З	14–15	14–16	15–17	14–17	4	160	6
24	З	11–12	16–18	17–18	16–17	5	180	7
25	И	10–11	10–12	11–13	10–13	6	150	8
26	И	14–15	13–15	12–14	13–14	5,5	100	8
27	И	1–2	1–3	3–5	2–5	6,5	150	9
28	К	9–10	9–11	10–12	10–11	5,5	120	8
29	К	13–14	11–13	12–14	11–14	5	100	7
30	К	13–14	13–15	14–17	14–15	6	80	9

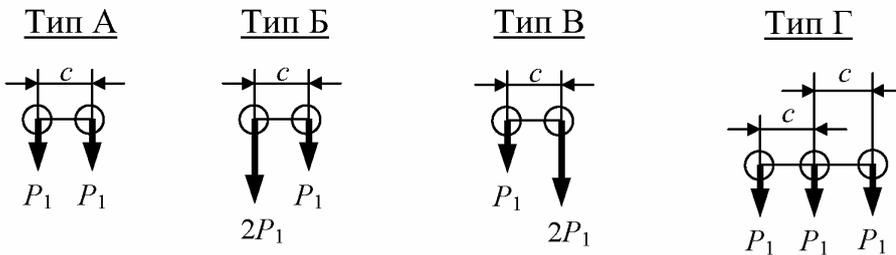
Таблица 2.2

## Индивидуальные задания студентам

Учебная группа	Номер по списку	Узлы приложения нагрузки $P$	$P$ , кН	$q$ , кН/м	$h/d$	Тип тележки
1	1–3	5, 11	800	40	1,1	А
	4–6	13	1000	45	1,1	Б
	7–9	3, 9	700	40	1,4	В
	10–12	19	800	40	1,4	Г
	13–15	9, 19	1000	45	1,2	А
	16–18	3, 17	1200	50	1,2	Б
	19–21	4, 15	1500	55	1,6	В
	22–24	3, 15	900	40	1,3	Г
	25–27	8	1500	55	2	А
28–30	3, 11	1400	50	1,6	Б	
2	1–3	11, 13	1000	45	1,2	Б
	4–6	3, 13	1100	40	1,1	В
	7–9	7, 11	1200	50	1,6	Г
	10–12	7, 19	1300	55	1,5	А
	13–15	19	1500	45	1,3	Б
	16–18	5, 15	1500	50	1,2	В
	19–21	13	1800	50	1,4	Г
	22–24	3, 4	1000	45	1,3	А
	25–27	8, 13	1500	45	2,2	Б
28–30	3, 13	2000	50	1,6	В	

3	1—3	3, 13	1000	50	1	В
	4—6	11	1100	60	1,2	Г
	7—9	9	1200	55	1,3	А
	10—12	3, 19	1300	50	1,6	Б
	13—15	9	1800	55	1,5	В
	16—18	5, 13	1300	60	1,6	Г
	19—21	3, 15	1500	50	1	А
	22—24	10	1800	60	1,8	Б
	25—27	8, 15	800	45	1,8	В
	28—30	3, 20	2000	50	1,5	А
4	1—3	8, 16	1200	55	1,3	Б
	4—6	5, 11	1600	50	1,3	В
	7—9	3, 7	1200	55	1,5	Г
	10—12	13	900	45	1,2	А
	13—15	5, 19	1900	50	1,1	Б
	16—18	5	2000	50	1,3	В
	19—21	3, 10	1200	50	1,2	Г
	22—24	4, 17	1200	55	1,4	А
	25—27	3, 8	1800	55	1,7	Б
	28—30	11	2000	60	1,4	В

Схемы тележек



Схемы ферм

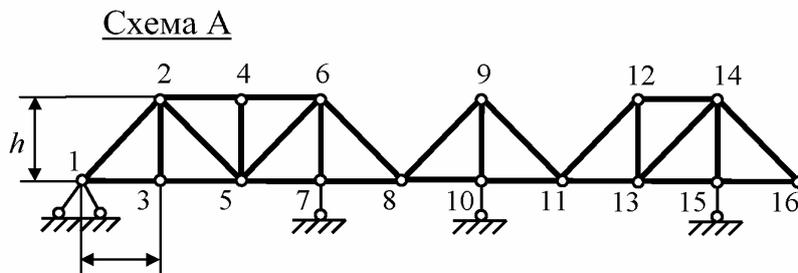


Схема Б

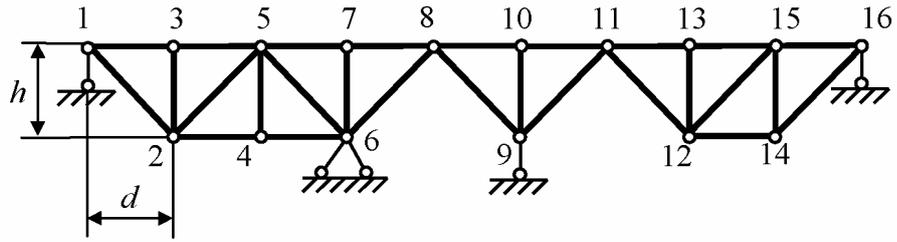


Схема В

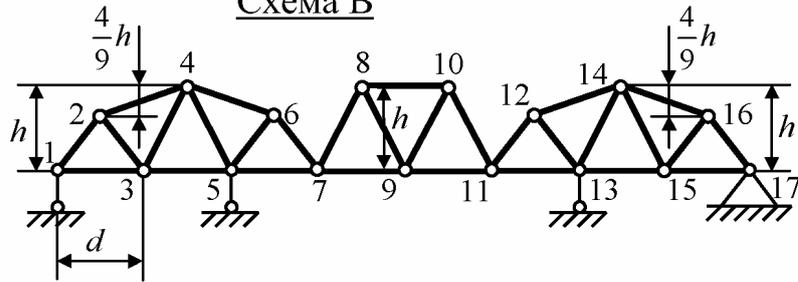


Схема Г

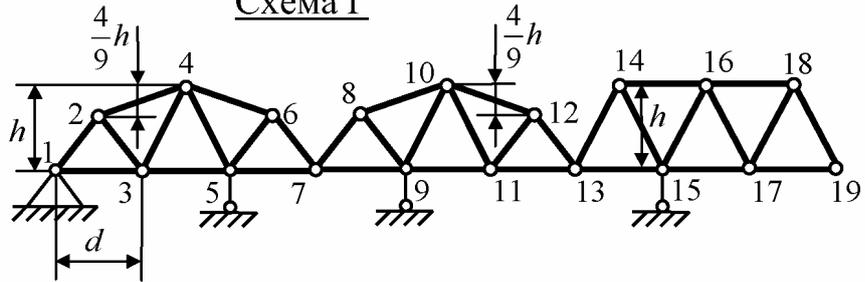


Схема Д

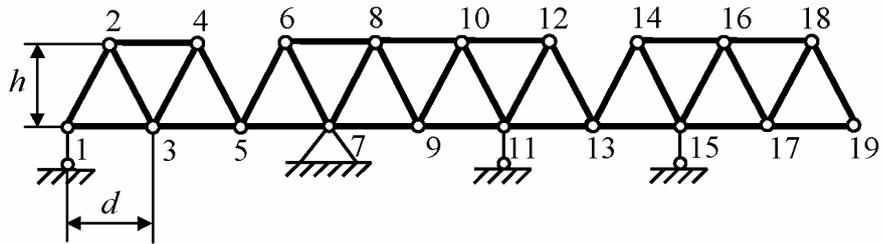


Схема Е

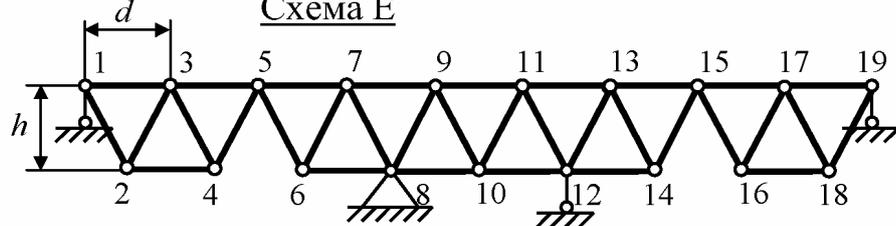


Схема Ж

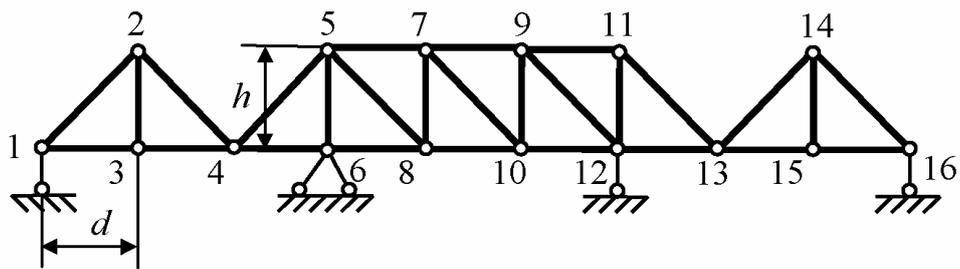


Схема З

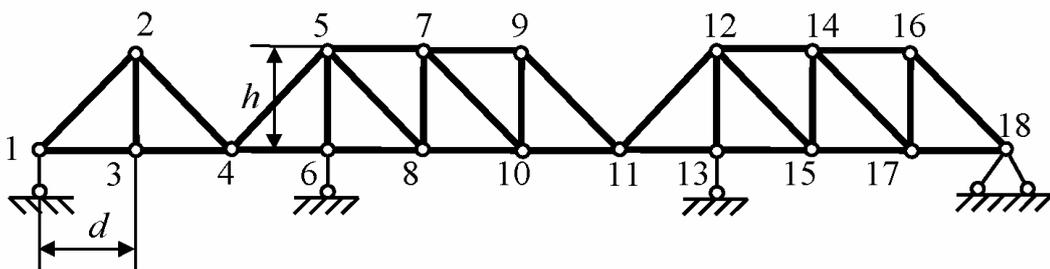


Схема И

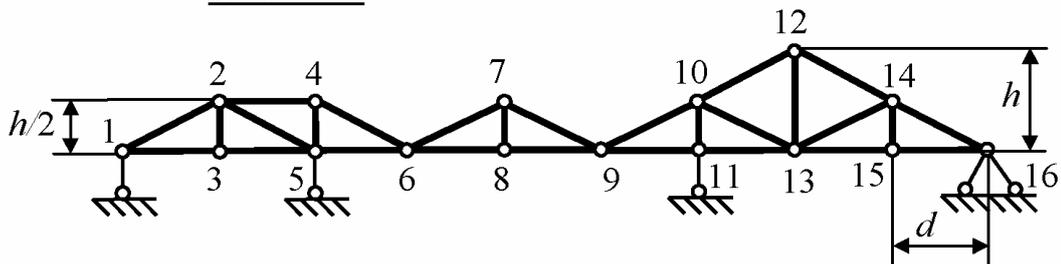
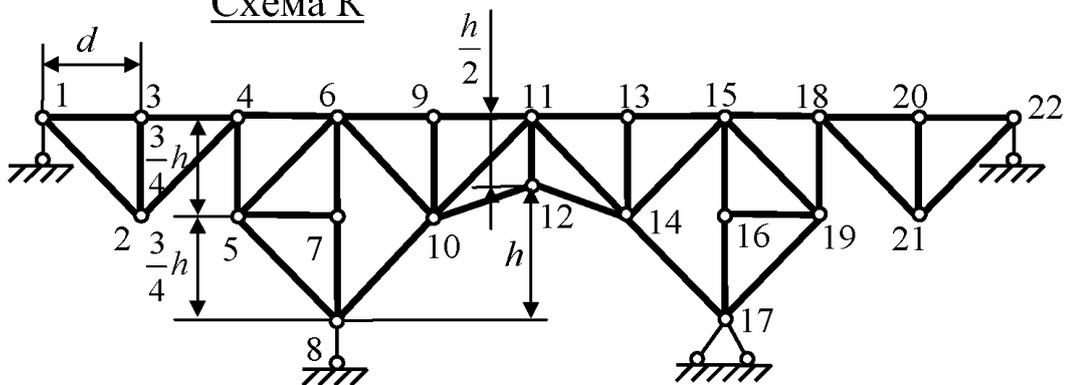


Схема К



### ЗАДАНИЕ №3. РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФЕРМЫ

Пространственная шарнирная ферма нагружена сосредоточенными нагрузками  $P_1, P_2$ . Требуется:

1. Провести кинематический анализ.
2. Установить опорные реакции.
3. Определить усилия в указанных стержнях.

Тип и параметры фермы, узлы приложения нагрузок, величины и направления действия нагрузок, а также стержни для расчета усилий определяются схемами А1 ÷ В3 и таблицами 3.1 и 3.2 индивидуальных заданий.

Таблица 3.1

Индивидуальные задания студентам

Номер студента по списку	Схема фермы	Характеристики нагрузки $P_1$			$P_2$ , кН	$a$ , м	$b$ , м	Стержни для определения усилий
		Узел приложения	Направление	$P_1$ , кН				
1	А1	6	-y	40	60	6	8	5-6, 6-7, 6-3, 7-3
2	А1	5	x	40	60	5	8	
3	А1	7	x	60	45	5	7	
4	А2	6	-z	30	40	4	6	1-6, 2-6, 2-3, 3-4
5	А2	6	-y	40	50	4,5	7	
6	А2	5	-z	45	45	5	7	
7	А3	6	-z	45	60	6	8	1-6, 2-6, 2-3, 2-5
8	А3	5	-z	50	50	5	8	
9	А3	5	x	60	45	5	7	
10	Б1	5	-z	40	60	8	6	1-5, 5-2, 1-4, 1-2
11	Б1	5	к узлу 1	40	60	8	5	
12	Б1	5	-z	60	45	7	5	
13	Б2	5	-z	30	40	6	4	6-2, 2-3, 6-3, 5-2
14	Б2	6	-z	40	50	7	4,5	
15	Б2	6	к узлу 2	45	45	7	5	
16	Б3	5	-z	45	60	8	6	5-1, 6-2, 7-3, 4-8, 1-2
17	Б3	6	-z	50	50	8	5	
18	Б3	7	-z	60	45	7	5	
19	Б4	5	к узлу 1	60	45	7	5	1-5, 5-6, 1-4, 1-6
20	Б4	5	к узлу 6	40	50	7	4,5	
21	Б4	5	-z	60	45	7	5	
22	В1	7	y	30	30	3	7	6-7, 5-8, 2-6, 6-8, 4-3
23	В1	8	-z	30	40	4,5	8	
24	В1	7	-z	35	35	3,5	7	
25	В2	7	y	40	35	4	7	1-7, 6-8 1-7, 4-7
26	В2	8	к узлу 4	40	50	4,5	9	
27	В2	6	x	35	45	5	7	
28	В3	7	к узлу 1	30	35	4	7	1-6, 6-8 1-6, 4-7 1-6, 1-8
29	В3	8	-y	45	40	4,5	8	
30	В3	6	к узлу 8	35	40	4	7	

Таблица 3.2

## Индивидуальные задания студентам

Учебная группа	Номер по списку	Характеристики нагрузки $P_2$		$h$ , м	$\alpha$	Стержень для определения усилий
		Узел приложения	Направление			
1	1—3	6	$-z$	3,5		1—2
	4—6	7	$-z$	3		1—2
	7—9	7	$-z$	4		3—4
	10—12	6	$x$	4	0,7	5—6
	13—15	7	$-y$	4	0,6	3—7
	16—18	8	$-y$	4	0,8	1—8
	19—21	6	$-z$	3,5	0,6	3—6
	22—24	5	$-y$	3		7—8
	25—27	6	$-z$	3,5		
	28—30	8	$-z$	3,5		
2	1—3	5	$y$	4		2—3
	4—6	7	$-y$	4		2—4
	7—9	7	$-y$	4,5		1—4
	10—12	7	$y$	5	0,5	6—7
	13—15	6	$-x$	4,5	0,8	5—6
	16—18	8	$x$	5	0,6	3—8
	19—21	8	$-z$	4	0,6	1—8
	22—24	8	$-y$	4		5—6
	25—27	8	$-z$	4		
	28—30	5	$-z$	3,5		
3	1—3	7	$y$	5		1—4
	4—6	4	$-z$	4,5		1—4
	7—9	7	$x$	5		1—2
	10—12	7	$x$	3,5	0,8	7—8
	13—15	6	$-y$	3,5	0,6	7—3
	16—18	6	$-y$	4,5	0,5	3—6
	19—21	6	$y$	5	1	3—6
	22—24	6	$-z$	3		2—3
	25—27	7	$-z$	4		
	28—30	6	$-z$	4		
4	1—3	6	$x$	4		1—2
	4—6	3	$-z$	3,5		7—4
	7—9	6	$y$	4		5—6
	10—12	8	$y$	4	0,5	5—8
	13—15	8	$-z$	5	1	1—2
	16—18	6	$x$	6	0,9	2—5
	19—21	8	$-x$	4	0,6	1—8
	22—24	6	$y$	3,5		4—7
	25—27	5	$-z$	4		
	28—30	6	$-z$	3,5		

### Схема А1

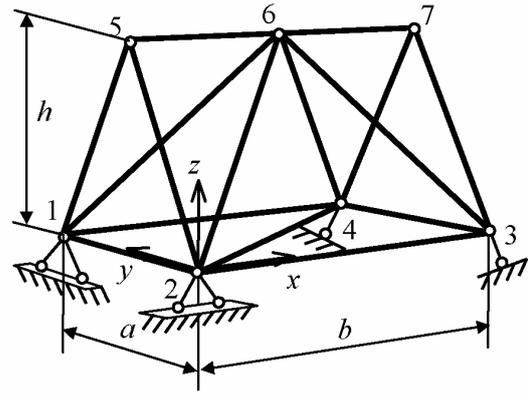
Плоскости стержней фермы образуют прямую призму, ферма симметричная ( $l_{15} = l_{25}$ ;  $l_{26} = l_{36}$ ).

Опора узла 1 – линейно-подвижная в направлении  $x$ ;

опора узла 2 – линейно-подвижная в направлении  $y$ ;

опора узла 3 – простой стержень, параллельный стойке 3–7;

опора узла 4 – простой стержень, параллельный стойке 4–7.



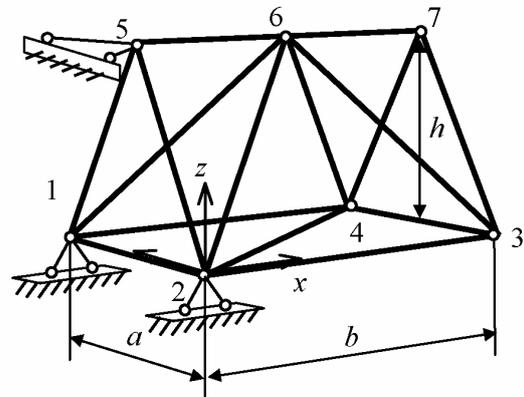
### Схема А2

Плоскости стержней фермы образуют прямую призму, ферма симметричная ( $l_{15} = l_{25}$ ;  $l_{26} = l_{36}$ ).

Опора узла 1 – линейно-подвижная в направлении  $y$ ;

опора узла 2 – линейно-подвижная в направлении  $y$ ;

опора узла 5 – линейно-подвижная в направлении  $z$ .



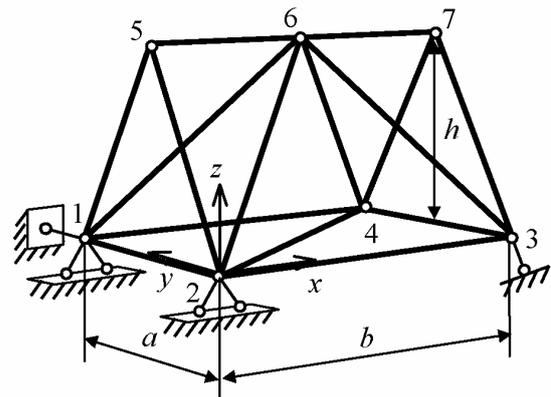
### Схема А3

Плоскости стержней фермы образуют прямую призму, ферма симметричная ( $l_{15} = l_{25}$ ;  $l_{26} = l_{36}$ ).

Опора узла 1 – неподвижная шаровая;

опора узла 2 – линейно-подвижная в направлении  $y$ ;

опора узла 3 – простой стержень, параллельный стойке 3–7.



### Схема Б1

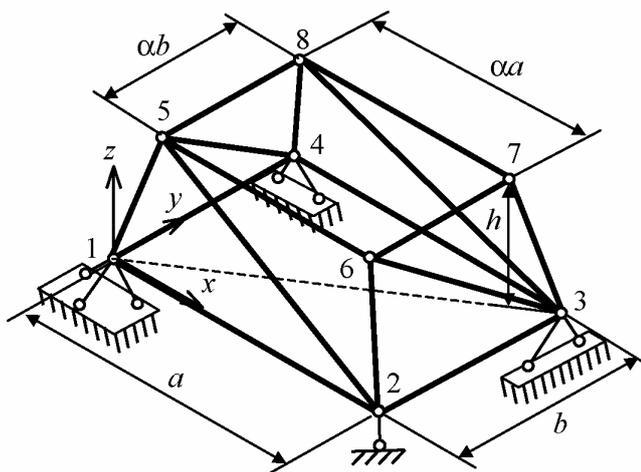
Плоскости фермы образуют усеченную пирамиду, симметричную относительно вертикальной оси.

Опора узла 1 – неподвижная шаровая;

опора узла 2 – простой стержень, параллельный оси  $z$ ;

опора узла 3 – линейно-подвижная в направлении  $x$ ;

опора узла 4 – линейно-подвижная в направлении  $y$ .



### Схема Б2

Многогранник фермы симметричен относительно вертикальной оси.

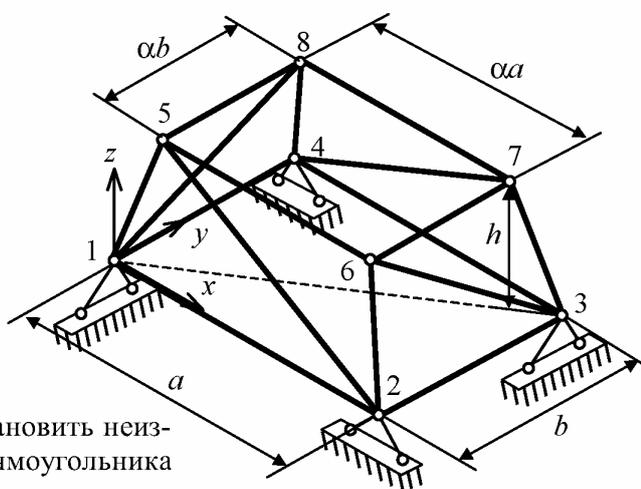
Опора узла 1 – линейно-подвижная в направлении  $x$ ;

опора узла 2 – линейно-подвижная в направлении  $y$ ;

опора узла 3 – линейно-подвижная в направлении  $x$ ;

опора узла 4 – линейно-подвижная в направлении  $y$ .

Указание к п.1 задания: вначале установить неизменяемость относительно земли прямоугольника 1–2–3–4.



### Схема Б3

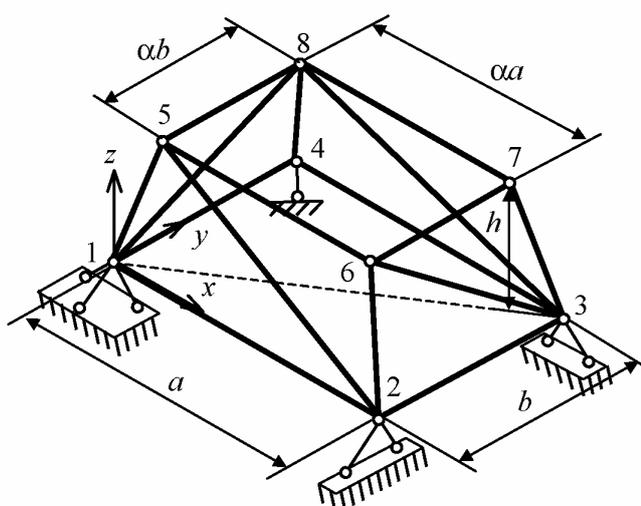
Многогранник фермы симметричен относительно вертикальной оси.

Опора узла 1 – неподвижная шаровая;

опора узла 2 – линейно-подвижная в направлении  $x$ ;

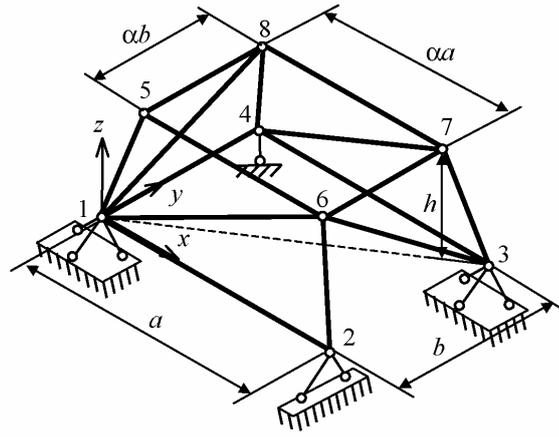
опора узла 3 – линейно-подвижная в направлении  $y$ ;

опора узла 4 – простой стержень, параллельный оси  $z$ .



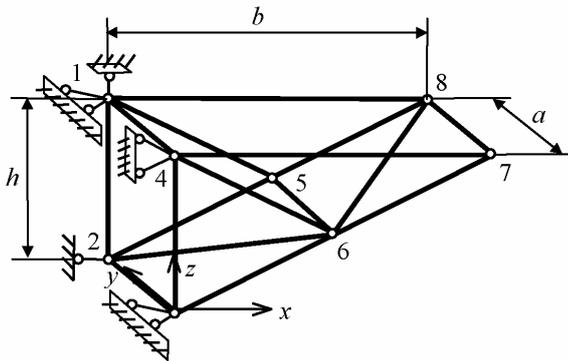
### Схема Б4

Многогранник фермы симметричен относительно вертикальной оси.  
Опора узла 1 – неподвижная шаровая;  
опора узла 2 – линейно-подвижная в направлении  $x$ ;  
опора узла 3 – линейно-подвижная в направлении  $y$ ;  
опора узла 4 – простой стержень, параллельный оси  $z$ .



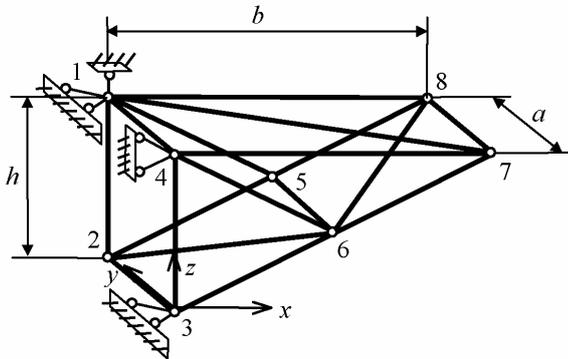
### Схема В1

Плоскости стержней фермы образуют прямую призму.  
Опора узла 1 – неподвижная шаровая;  
опора узла 2 – простой стержень, параллельный оси  $x$ ;  
опора узла 3 – линейно-подвижная в направлении  $z$ ;  
опора узла 4 – линейно-подвижная в направлении  $y$ .



### Схема В2

Плоскости стержней фермы образуют прямую призму.  
Опора узла 1 – неподвижная шаровая;  
опора узла 3 – линейно-подвижная в направлении  $z$ ;  
опора узла 4 – линейно-подвижная в направлении  $y$ .  
Рекомендация: произвести замену стержней и перейти к схеме В1.



### Схема В3

Плоскости стержней фермы образуют прямую призму.  
Опора узла 1 – неподвижная шаровая;  
опора узла 3 – линейно-подвижная в направлении  $z$ ;  
опора узла 4 – линейно-подвижная в направлении  $y$ .  
Рекомендация: произвести замену стержней и перейти к схеме В1.

