

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

**Н.А. МАСЛЕННИКОВ, В.М. ПЕТРОВ, Н.Ю. СОЙТУ**

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА.  
СБОРНИК ЗАДАНИЙ  
ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ  
для студентов очно-заочной формы обучения  
Методические указания**

Ч. 1

Санкт-Петербург

2016

УДК 624.014:625.08.001.24

Рецензент:

В.П. Колосов - к-т техн. наук, доцент СПбГАСУ

Н.А. Масленников, В.М. Петров, Н.Ю. Сойту

Теоретическая механика. Сборник заданий для контрольных работ.

для студентов очно-заочной формы обучения. Ч. 1

Методические указания – СПб: СПбГАСУ, 2016. – 21 с.

Библ.: 5 назв. Таб. 4, рис. 4.

«Теоретическая механика»

*Методические указания публикуется в*

*авторской редакции*

**© Н.А. Масленников, 2016**

### ***Содержание расчётно-графических работ***

РГР № 1. Равновесие пространственной системы сходящихся сил.

РГР № 2. Равновесие произвольной пространственной системы сил.

РГР № 3. Равновесие плоской системы связанных тел.

РГР № 4. Расчёт плоской фермы.

### ***Порядок получения индивидуального задания***

Исходные данные для выполнения каждой работы студент выписывает из приведённых в каждом задании таблиц и схем в соответствии со своим шифром. Шифром являются три последних цифры номера зачётной книжки или студенческого билета. Например, номер зачётной книжки 18549: первая цифра шифра –5, вторая –4, третья –9.

Расчётно-графическая работа выполняется на стандартных листах писчей бумаги (формат А–4). Заполняется только одна сторона листа. (см. приложение 1, стр.32). На титульном листе указываются номер и название работы, фамилия, имя и отчество студента, номера группы и специальности, индивидуальный шифр. Работа должна быть сброшюрована. Расчётная схема изображается в масштабе длин. На ней указываются все необходимые данные в численном виде (размеры, нагрузки и др.), которые выписываются из таблиц. Все расчёты приводятся в краткой форме.

*Небрежно выполненные и выполненные не по шифру работы к проверке не принимаются.*

### ***Рекомендуемая литература***

1. Павлов В.Е. Теоретическая механика: учеб. Пособие для студ. Высш. Учеб.заведений/В.Е. Павлов, Ф.А. Доронин. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 320 с.
2. Бутенин Н.В., Яков Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. В 2-х томах. 10 изд. – М.:Лань, 2009.
3. Сборник задач для курсовых работ по теоретической механике под ред. А.А. Яблонского. – М.: ЕЕ Медия, 2012. – 388 с.
4. Мещерский И. Задачи по теоретической механике. - М.:Лань, 2009.

5. Масленников Н.А. и др. Сборник заданий и руководство по выполнению курсовой работы по статике. Учебное пособие. – СПб: Петербургский гос. Ун-т путей сообщения, 2004. – 68 с.

## РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

### Равновесие пространственной системы сходящихся сил

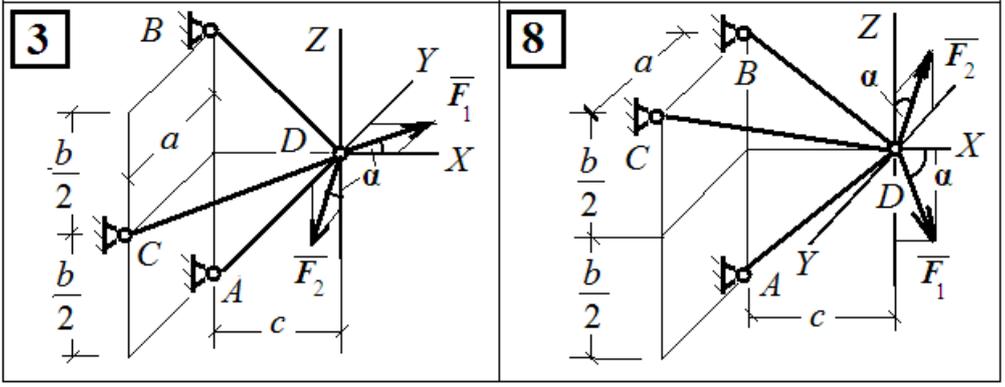
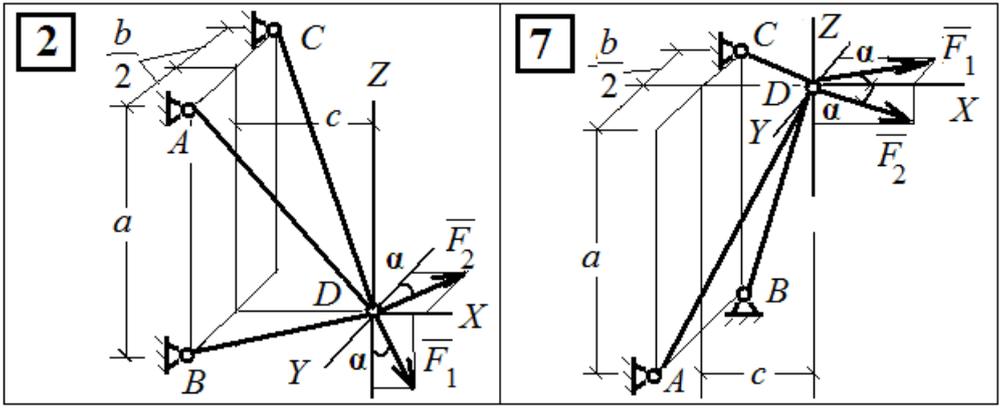
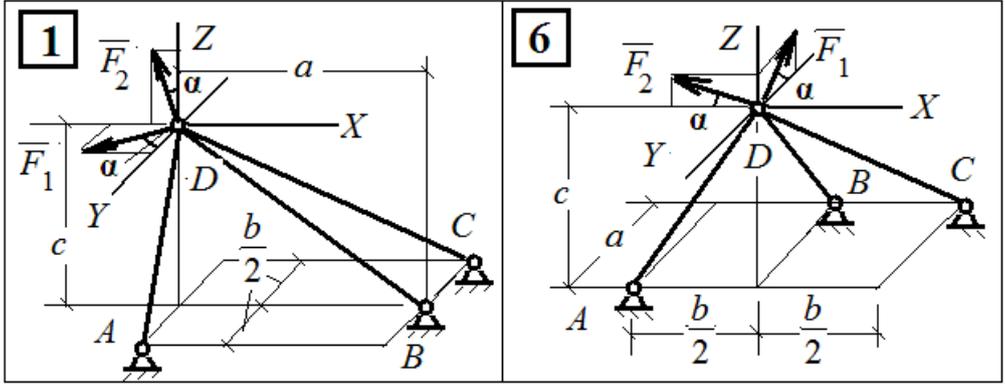
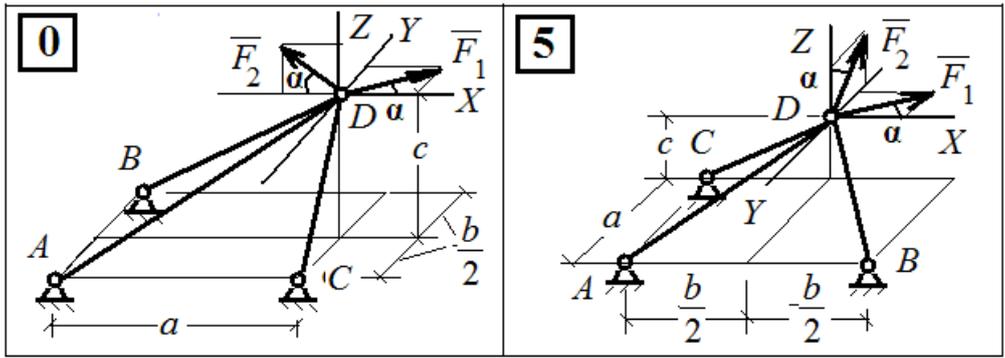
**Задание:** Определить усилия в стержнях шарнирно-стержневой конструкции. Исходные данные определяются из таблицы 1. и схем, представленных на рис. 1.

*Таблица 1*

Первая цифра шифра	$F_1$ кН	$F_2$ кН	$a$ см	Вторая цифра шифра	$b$ см	$\alpha^\circ$	Третья цифра шифра № схемы	$c$ см
0	20	0	6	0	6	45	0	5
1	0	10	4	1	12	30	1	4
2	6	0	8	2	4	60	2	3
3	0	14	10	3	10	45	3	7
4	7	0	12	4	8	30	4	6
5	0	12	14	5	14	60	5	4
6	4	0	6	6	16	45	6	3
7	0	5	16	7	8	30	7	2
8	10	0	20	8	20	60	8	5
9	0	8	18	9	10	45	9	9

### *Последовательность расчёта*

1. Изобразить в масштабе схему конструкции. Указать размеры и нагрузки.
2. Построить расчётную схему системы.
3. Составить уравнения равновесия, заменив связи реакциями связей.
4. Определить усилия в стержнях, решая уравнения равновесия.



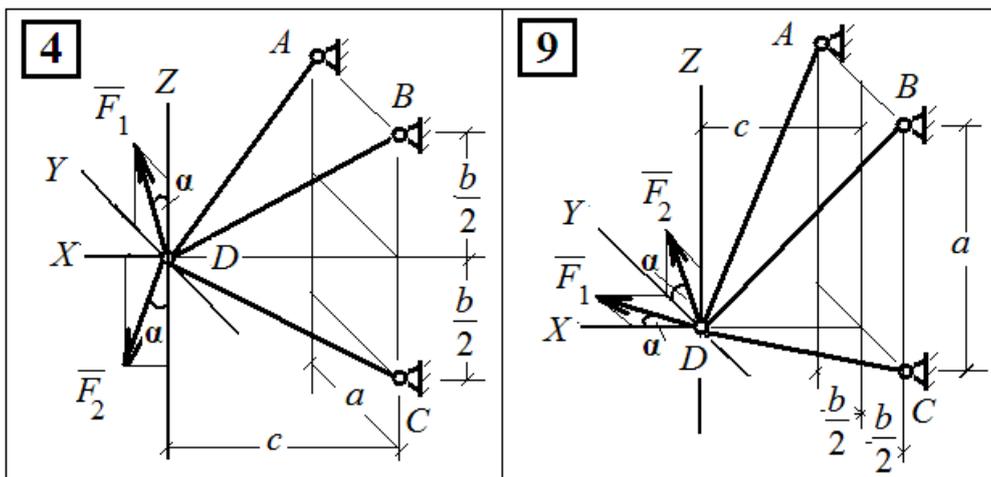
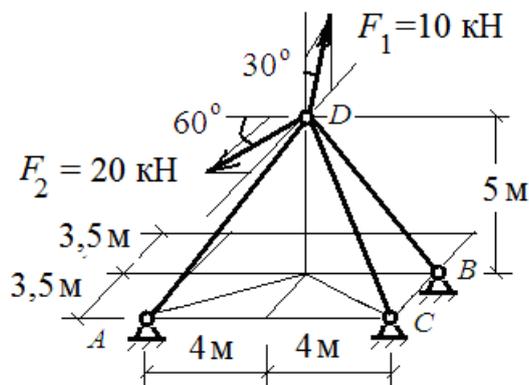


Рис. 1

**Пример расчёта:** Определить усилия в стержнях шарнирно-стержневой конструкции.

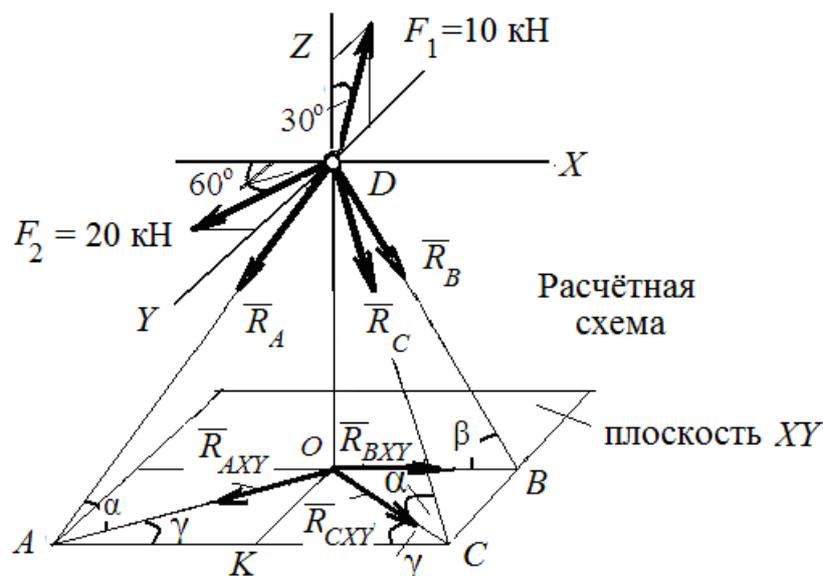


- Строим расчётную схему узла. Для этого освобождаем узел от связей, заменяя их усилиями. Предполагаем стержни растянутыми (усилия – положительные – направлены от шарнира).
- Составляем уравнения равновесия. Проектируя силы на оси координат, воспользуемся методом двойного проектирования. Например, чтобы спроектировать усилие  $R_A$  на оси  $x$  и  $y$ , сначала спроектируем его на горизонтальную плоскость  $xy$  ( $AOBC$ ):  $R_{Axy} = R_A \cdot \cos \alpha$ , а затем на оси  $x$  и  $y$ :  $R_{Ax} = -R_{Axy} \cdot \cos \gamma = -R_A \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma$ ;  $R_{Ay} = R_{Axy} \cdot \sin \gamma = R_A \cdot \cos \alpha \cdot \sin \gamma$ .

$$\sum X = 0; -F_2 \cos 60^\circ - R_A \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma + R_C \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma + R_B \cdot \cos \beta = 0;$$

$$\sum Y = 0; -F_1 \sin 30^\circ + F_2 \sin 60^\circ + R_A \cdot \cos \alpha \cdot \sin \gamma + R_C \cdot \cos \alpha \cdot \sin \gamma = 0;$$

$$\sum Z = 0; F_1 \cos 30^\circ - R_A \cdot \sin \alpha - R_C \cdot \sin \alpha - R_B \cdot \sin \beta = 0;$$



• Определяем тригонометрические функции:

Из  $\triangle OAK = \triangle OCK$ :  $AO = CO = \sqrt{(3,5)^2 + 4^2} = 5,315$ ;  $\cos \gamma = 4/5,315 = 0,753$ ;  $\sin \gamma = 3,5/5,315 = 0,659$ ;

Из  $\triangle AOD = \triangle COD$ :  $AD = \sqrt{(5,315)^2 + 5^2} = 7,297$ ;  $\cos \alpha = 5,315/7,297 = 0,728$ ;  $\sin \alpha = 5/7,297 = 0,685$ ;

Из  $\triangle OBD$ :  $DB = \sqrt{4^2 + 5^2} = 6,403$ ;  $\cos \beta = 4/6,403 = 0,625$ ;  $\sin \beta = 5 / 6,403 = 0,781$ ;

• Подставляем значения тригонометрических функций и сил в уравнения равновесия и определяем искомые усилия в стержнях:

$\sum Y = 0$ ;  $20 \cdot 0,866 - 10 \cdot 0,5 + R_A \cdot 0,728 \cdot 0,659 + R_C \cdot 0,728 \cdot 0,659 = 0$ ;  
 $R_A + R_C = -25,67$ ;

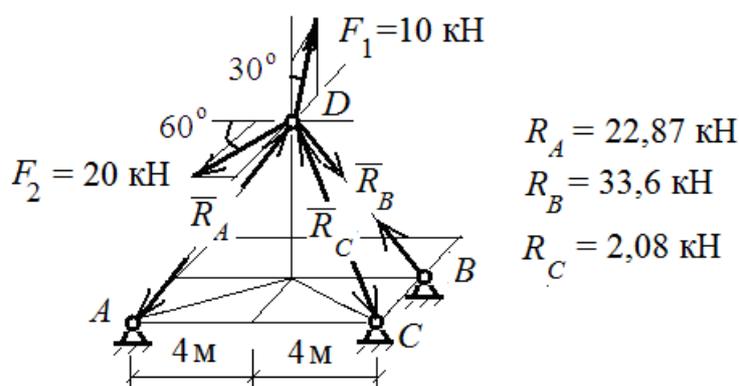
$\sum Z = 0$ ;  $10 \cdot 0,866 - R_A \cdot 0,685 - R_C \cdot 0,685 - R_B \cdot 0,781 = 0$ ;

$8,66 - 0,685(R_A + R_C) - 0,781 \cdot R_B = 0$ ;  $R_B = 33,6$  кН (стержень растянут).

$\sum X = 0$ ;  $-20 \cdot 0,5 - R_A \cdot 0,728 \cdot 0,753 + R_C \cdot 0,728 \cdot 0,753 + R_B \cdot 0,625 = 0$ ;

$-10 - 0,548(R_C - R_A) + 0,625 \cdot 33,6 = 0$ ;  $R_C - R_A = 20,07$ ;  $R_A + R_C = -25,67$ ;

$R_A = -22,87$  кН (стержень сжат);  $R_C = -2,8$  кН (стержень сжат).



## РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### Равновесие произвольной пространственной системы сил

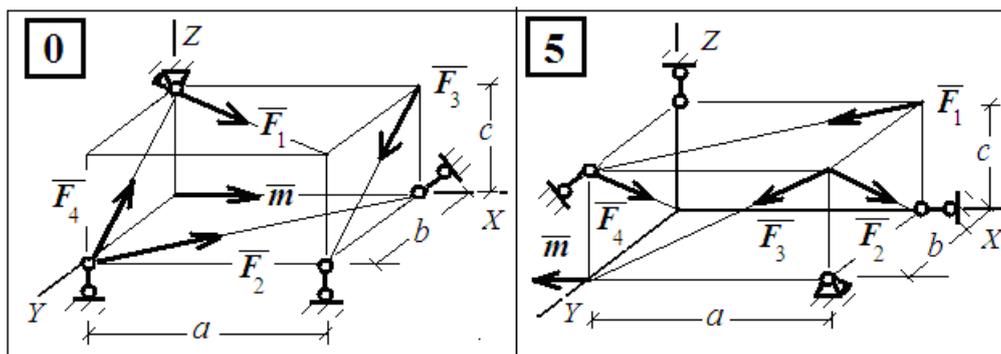
**Задание:** Определить реакции в связях твёрдого тела. Исходные данные определяются из таблицы 2 и схем, представленных на рис. 2.

#### *Последовательность расчёта*

1. Изобразить в масштабе схему конструкции. Указать размеры и нагрузки.
2. Построить расчётную схему системы, заменив связи реакциями связей.
3. Составить уравнения равновесия.
4. Определить реакции в связях, решая уравнения равновесия.

*Таблица 2*

Первая цифра шифра	$F_1$ кН	$F_2$ кН	$a$ см	Вторая цифра шифра	$b$ см	$F_3$ кН	$F_4$ кН	Третья цифра шифра № схемы	$c$ см	$m$ кН·м
0	2	0	20	0	10	0	5	0	5	2
1	0	2	18	1	12	5	0	1	4	4
2	6	0	22	2	14	0	6	2	3	3
3	0	6	28	3	10	6	0	3	7	5
4	4	0	24	4	8	0	8	4	6	8
5	0	4	26	5	14	8	0	5	4	6
6	3	0	30	6	16	0	9	6	3	7
7	0	3	16	7	12	9	0	7	8	5
8	5	0	20	8	20	0	10	8	5	3
9	0	5	18	9	10	10	0	9	9	6



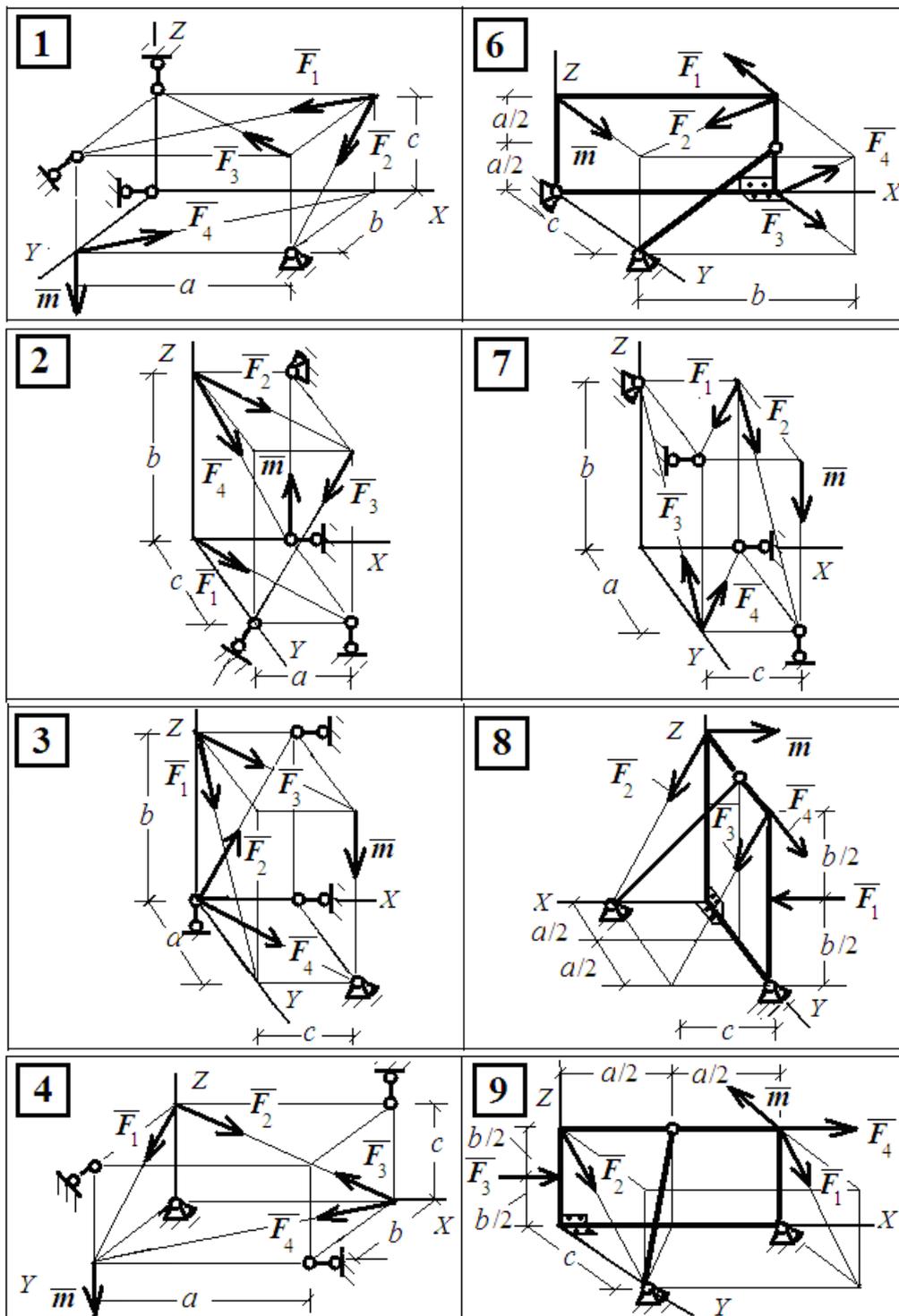
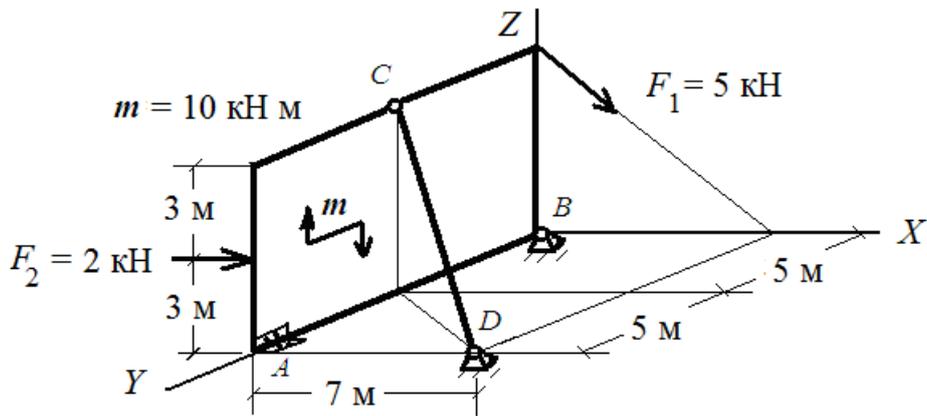
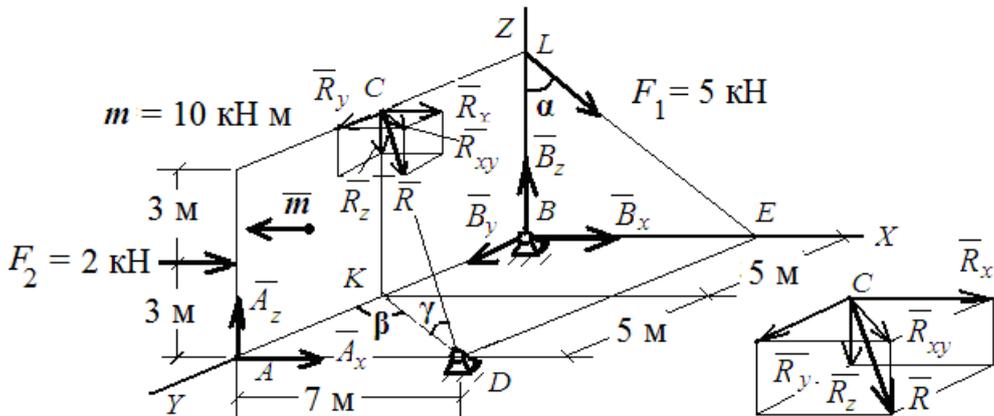


Рис. 2.

**Пример расчёта:** Определить реакции в связях прямоугольной плиты, прикреплённой к основанию с помощью цилиндрического шарнира  $A$ , сферического шарнира  $B$  и стержня  $CD$ . На плиту действуют две силы:  $F_1 = 5$  кН,  $F_2 = 2$  кН и пара сил  $m = 10$  кН·м;



- Строим расчётную схему конструкции. Для этого освобождаем плиту от связей, заменяя их реакциями связей.



- Определяем тригонометрические функции:

Из  $\triangle BLE$ :  $LE = \sqrt{6^2 + 7^2} = 9,22$ ;  $\cos \alpha = 6/9,22 = 0,651$ ;  
 $\sin \alpha = 7/9,22 = 0,759$ ;

Из  $\triangle ADK$ :  $DK = \sqrt{5^2 + 7^2} = 8,6$ ;  $\cos \beta = 5/8,6 = 0,581$ ;  
 $\sin \beta = 7/8,6 = 0,814$ ;

Из  $\triangle CDK$ :  $CD = \sqrt{6^2 + (8.6)^2} = 10,49$ ;  $\cos \gamma = 8.6/10,49 = 0,82$ ;  
 $\sin \gamma = 6/10,49 = 0,572$ ;

- Составляем уравнения равновесия. Проектируя силы на оси координат, воспользуемся методом двойного проектирования. Чтобы спроектировать усилие  $R$  на оси  $x$  и  $y$ , сначала спроектируем его на горизонтальную плоскость  $xy$ :  $R_{xy} = R \cos \gamma$ , а затем на оси  $x$  и  $y$ :

$$R_x = R_{xy} \cdot \sin \beta = R \cdot \cos \gamma \cdot \sin \beta = R \cdot 0,82 \cdot 0,814 = 0,667 R ;$$

$$R_y = R_{xy} \cdot \cos \beta = R \cdot \cos \gamma \cdot \cos \beta = R \cdot 82 \cdot 0,581 = 0,476 R ;$$

$$\sum X = 0; A_x + B_x + R_x + F_1 \cdot \sin \alpha + F_2 = 0;$$

$$\sum Y = 0; B_y + R_y = 0;$$

$$\sum Z = 0; A_z + B_z - R_z - F_1 \cdot \cos \alpha = 0;$$

$$\sum M_x = 0; -A_z \cdot 10 + R_z \cdot 5 + R_y \cdot 6 - m = 0;$$

$$\sum M_y = 0; -R_x \cdot 6 - F_1 \cdot \sin \alpha \cdot 6 - F_2 \cdot 3 = 0;$$

$$\sum M_z = 0; A_x \cdot 10 + R_x \cdot 5 = 0;$$

• Подставляем значения тригонометрических функций и нагрузок в уравнения равновесия и определяем искомые реакции.

$$\sum M_y = 0; -0,667 R \cdot 6 - 2 \cdot 0,759 \cdot 6 - 5 \cdot 3 = 0; R = -6,02 \text{ кН (сжат)};$$

$$R_x = 0,667 R = -4,015 \text{ кН}; R_y = 0,476 R = -2,866 \text{ кН};$$

$$R_z = 0,572 R = -3,443 \text{ кН};$$

$$\sum M_z = 0; A_x \cdot 10 + 4,015 \cdot 5 = 0; A_x = 2,01 \text{ кН};$$

$$\sum Y = 0; B_y - 2,866 = 0; B_y = 2,866 \text{ кН};$$

$$\sum M_x = 0; -A_z \cdot 10 - 3,443 \cdot 5 - 2,866 \cdot 6 - 10 = 0; A_z = -4,44 \text{ кН};$$

$$\sum Z = 0; -4,44 + B_z + 3,443 - 2 \cdot 0,651 = 0; B_z = 2,3 \text{ кН};$$

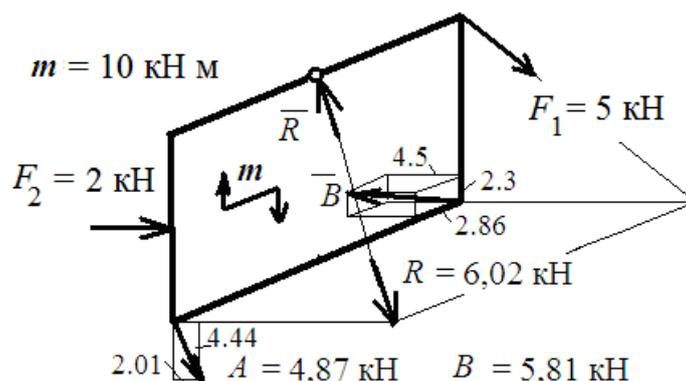
$$\sum X = 0; 2,01 + B_x - 4,015 + 2 \cdot 0,759 + 5 = 0; B_x = -4,513 \text{ кН};$$

• Определяем значение реакций опор:

$$A = \sqrt{(A_x)^2 + (A_z)^2} = \sqrt{(2,01)^2 + (4,44)^2} = 4,87 \text{ кН}; A = 4,87 \text{ кН};$$

$$B_{xy} = \sqrt{(B_y)^2 + (B_x)^2} = \sqrt{(2,866)^2 + (4,51)^2} = 5,34 \text{ кН};$$

$$B = \sqrt{(B_z)^2 + (B_{xy})^2} = \sqrt{(2,3)^2 + (5,34)^2} = 5,81 \text{ кН}; B = 5,81 \text{ кН}.$$



## РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

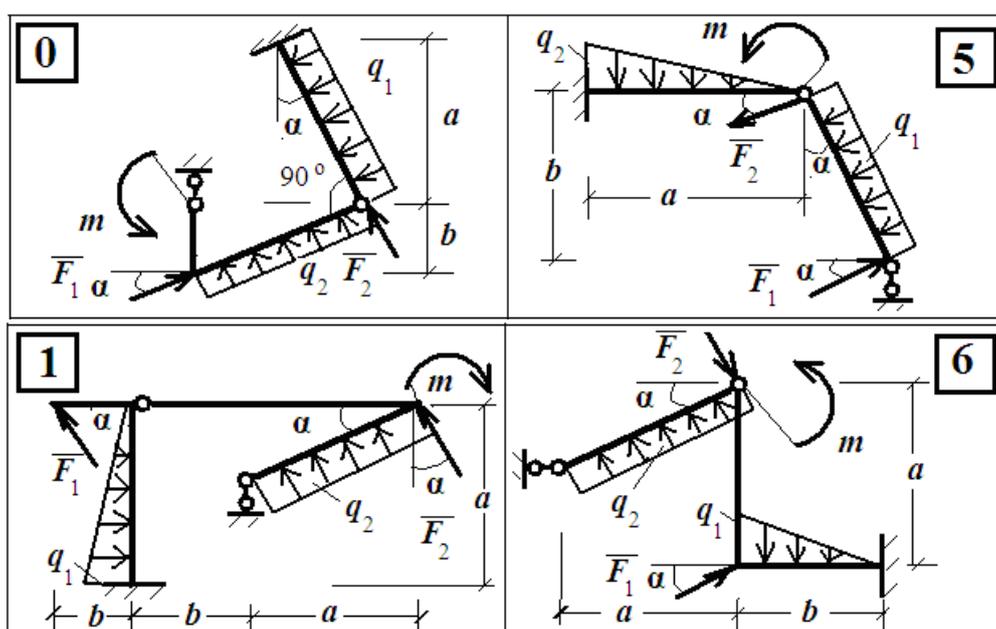
### Равновесие плоской системы связанных тел

**Задание:** Определить реакции в связях системы связанных тел. Исходные данные определяются из таблицы 3 и схем, представленных на рис. 3.

Первая цифра шифра	$F_1$ кН	$F_2$ кН	$A$ м	Вторая цифра шифра	$q_1$	$q_2$	$\alpha^0$	Третья цифра шифра № схемы	$B$ м	$m$ кН·м
					$\frac{\text{кН}}{\text{м}}$	$\frac{\text{кН}}{\text{м}}$				
0	2	3	8	0	0	5	30	0	5	2
1	3	2	6	1	5	0	60	1	4	4
2	6	4	8	2	0	6	45	2	3	3
3	2	6	10	3	6	0	30	3	2	5
4	4	5	4	4	0	8	60	4	6	8
5	3	4	12	5	8	0	45	5	4	6
6	3	2	6	6	0	6	30	6	3	10
7	4	3	4	7	6	0	60	7	2	5
8	5	3	5	8	0	10	45	8	5	3
9	2	5	8	9	10	0	30	9	6	6

### Последовательность расчёта

1. Изобразить в масштабе схему конструкции. Указать размеры и нагрузки.
2. Построить расчётную схему системы, заменив связи реакциями связей. Удалить шарнир, заменив его усилиями в шарнире.
3. Составить уравнения равновесия.
4. Определить реакции в связях, Решая уравнения равновесия, определить реакции в связях и усилия в шарнире.



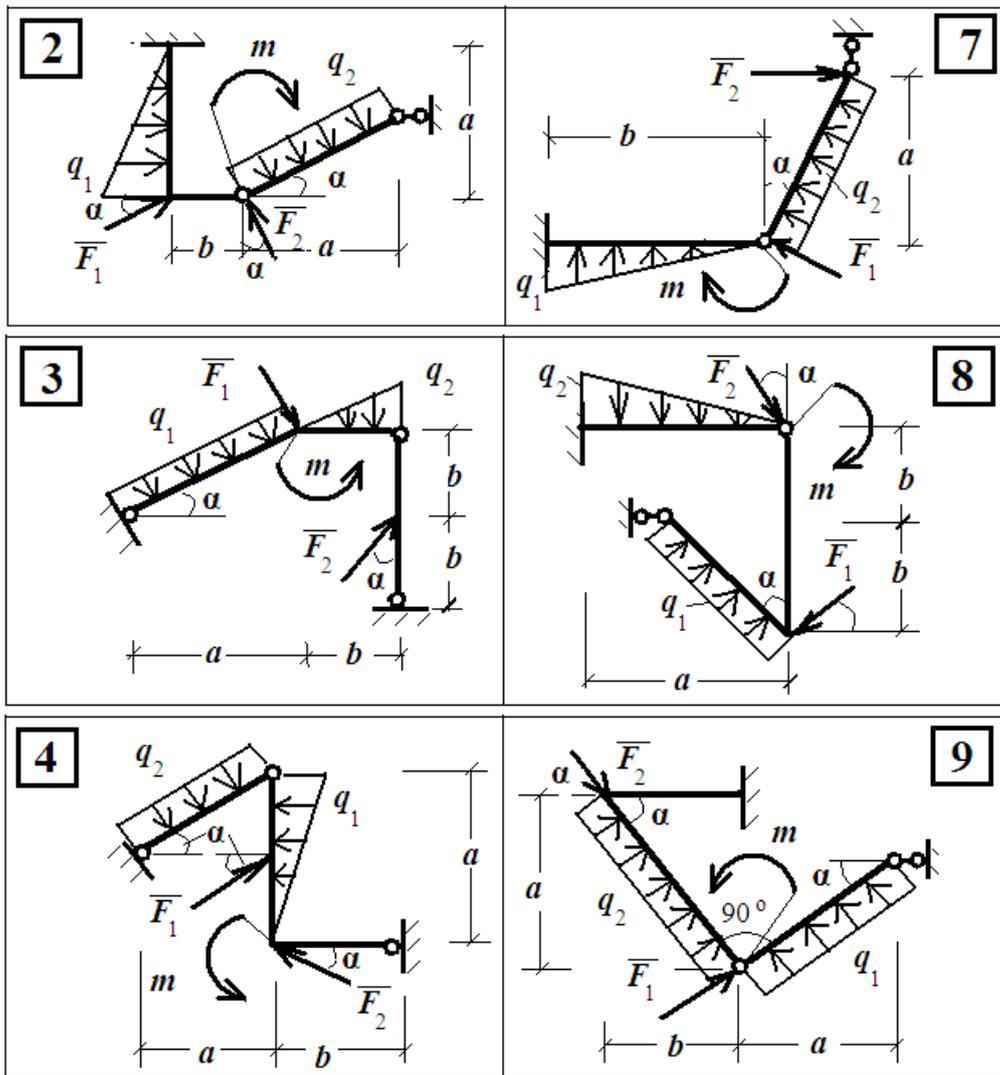
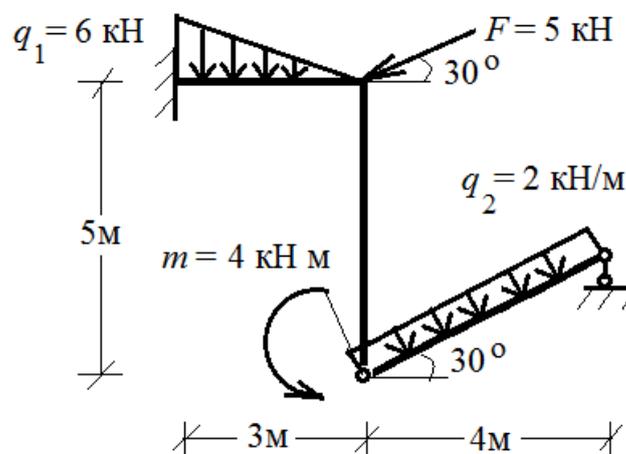


Рис. 3

**Пример расчёта:** Определить реакции опор и усилия в сечении шарнира.



• Строим расчётную схему конструкции. Для этого освобождаем её от связей, заменяя их реакциями связей. Заменяем распределённые нагрузки сосредоточенными силами, приложенными в их центрах тяжести.



$$A_y - 9 - 2,667 - 5 \cdot 0,5 = 0; \quad A_y = 14,167 \text{ кН};$$

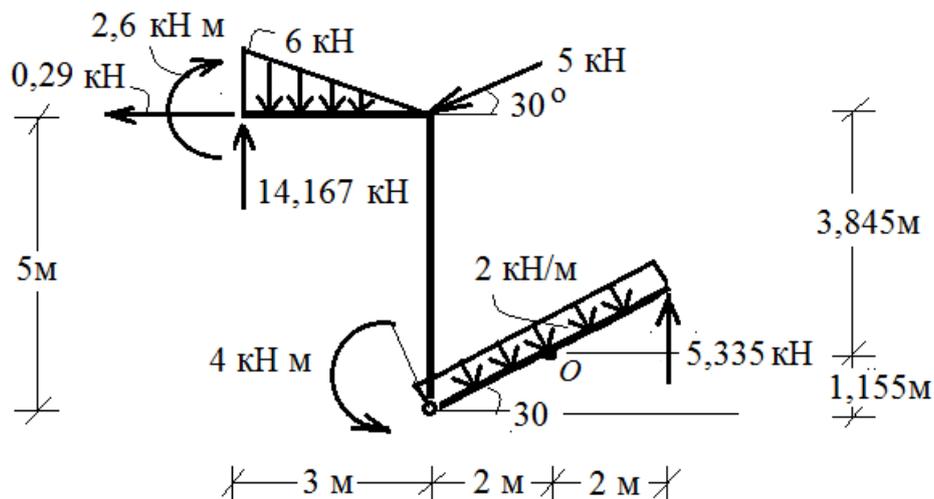
$$\sum X^{\text{лев.}} = 0; \quad C_x - A_x - F \cdot \cos 30^\circ = 0; \quad 4,62 - A_x - 5 \cdot 0,866 = 0; \quad A_x = 0,29 \text{ кН};$$

$$\sum M_A^{\text{лев.}} = 0; \quad -M_A - Q_1 \cdot 1 + m + C_x \cdot 5 - C_y \cdot 3 - F \cdot \sin 30^\circ \cdot 3 = 0;$$

$$-M_A - 9 \cdot 1 + 4 + 4,62 \cdot 5 - 2,667 \cdot 3 - 5 \cdot 0,5 \cdot 3 = 0; \quad M_A = 2,6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Проверка:  $\sum M_C^{\text{лев.}} = A_x \cdot 5 - A_y \cdot 3 - M_A + Q_1 \cdot 2 + F \cdot \cos 30^\circ \cdot 5 + m =$   
 $= 0,29 \cdot 5 - 14,167 \cdot 3 - 2,6 + 9 \cdot 2 + 5 \cdot 0,866 \cdot 5 + 4 = 0,001$

• Выполняем проверку для всей системы:



$$\sum Y = 14,167 - \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 3 - 5 \cdot \cos 30^\circ - 2 \cdot 4,62 \cdot \cos 30^\circ + 5,335 = 19,502 - 19,5 = 0,2;$$

$$\% \text{ошибки: } (0,02/19,5) \cdot 100\% = 0,1\% < 1\%;$$

$$\sum M_O = -2,6 + 0,29 \cdot 3,845 - 14,167 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 3 \cdot 4 + 5 \cdot \sin 30^\circ \cdot 2 + 5 \cdot \cos 30^\circ \cdot 3,845 +$$

$$+ 4 + 5,335 \cdot 2 = 73,445 - 73,434 = 0,001;$$

$$\% \text{ошибки: } \frac{0,016}{73,44} 100\% = 0,02\% < 1\%;$$

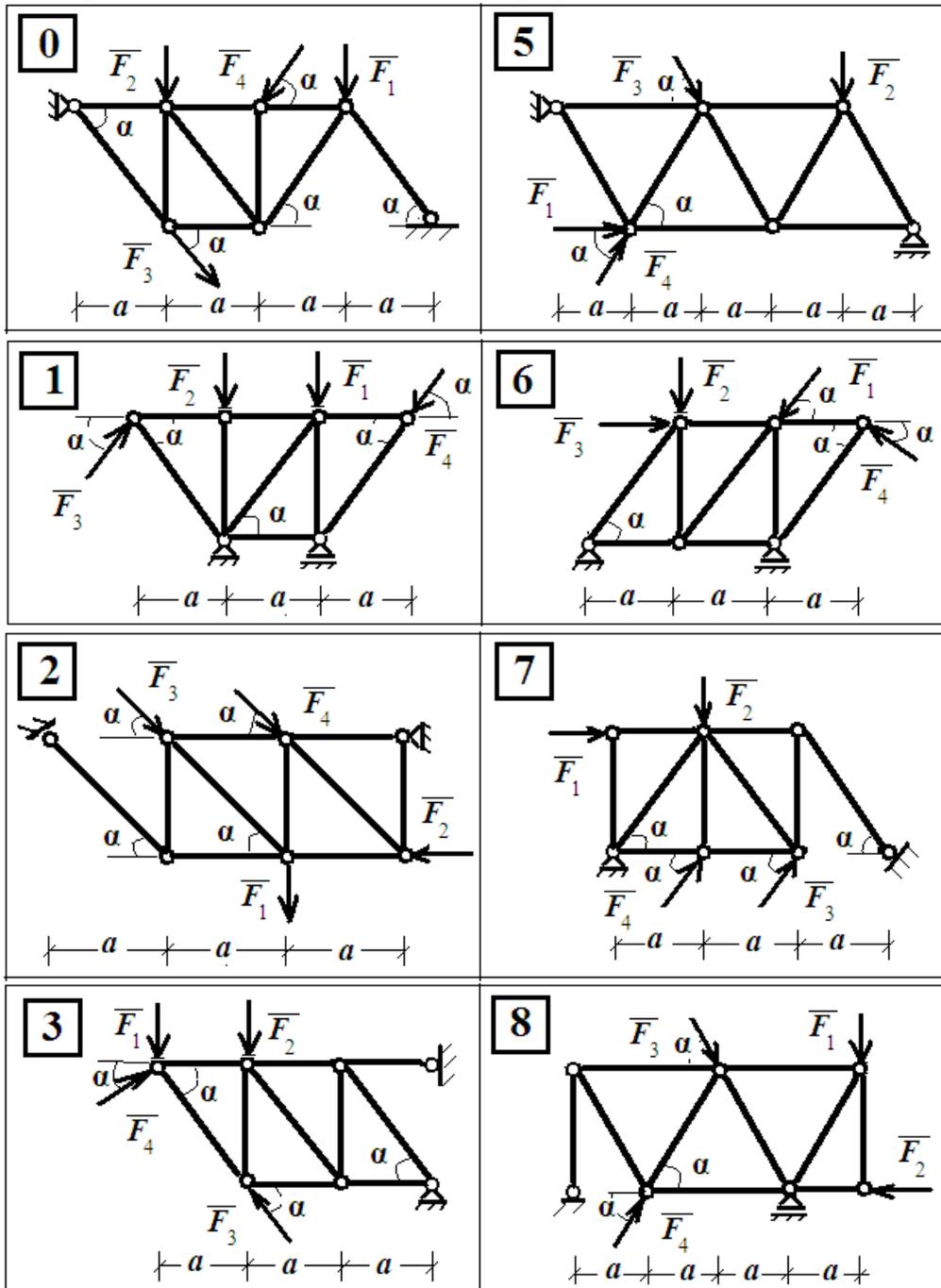
## РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### Расчёт плоской фермы

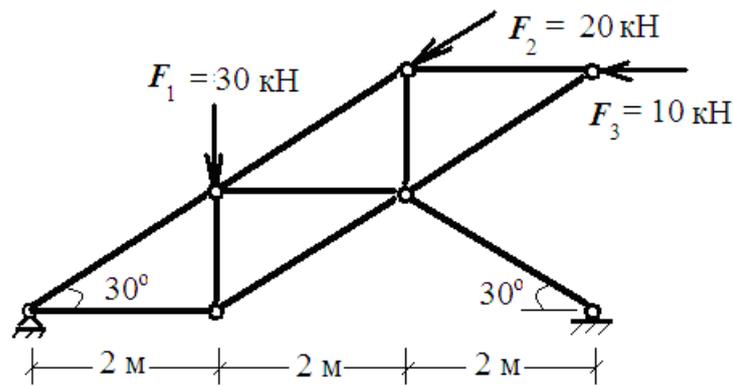
**Задание:** Определить усилия во всех стержнях фермы методом вырезания узлов. Методом сечений, с помощью трёх характерных сечений, определить усилия в этих стержнях. Сравнить результаты в табличной форме. Исходные данные определяются из таблицы 4 и схем, представленных на рис. 4.

### Последовательность расчёта

1. Изобразить в масштабе схему фермы. Указать размеры и нагрузки.
2. Построить расчётную схему фермы, заменив связи реакциями связей. Определить опорные реакции. Определить «нулевые стержни» по признакам «нулевых стержней».
3. Применяя метод вырезания узлов, определить усилия во всех стержнях фермы.
4. Определить усилия в стержнях фермы, применив метод сечений для трёх сечений.
5. Сравнить результаты в табличной форме.







Из  $\Delta ACL$ :  $AC = 2CL$ ;  $AC \cos \alpha = AL$ ;  $AC = AL / \cos \alpha = 2 / 0,866 = 2,31\text{м}$ ;  
 $CL = 2,31 / 2 = 1,155\text{м}$ ;  $EB = 2CL = 2,31\text{м}$ .

• Определяем опорные реакции:  $\sum M_A = 0$ ;  $-30 \cdot 2 + 10 \cdot 2,31 +$   
 $+ B \cdot \sin 30^\circ \cdot 6 = 0$ ;  $-36,9 + 0,5 \cdot B \cdot 6 = 0$ ;  $B = 12,3 \text{ кН}$ ;

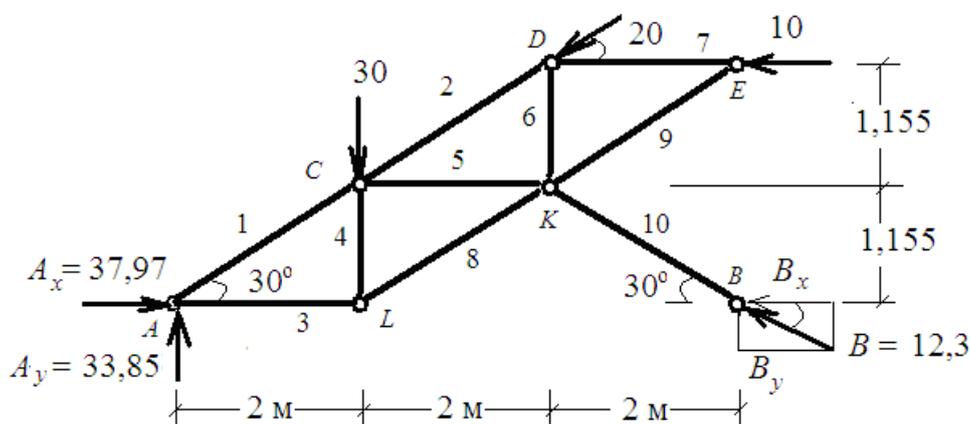
$\sum Y = 0$ ;  $A_y - 30 - 20 \cdot \sin 30^\circ + B \cdot \sin 30^\circ = 0$ ;  $A_y = 30 + 20 \cdot 0,5 - 12,3 \cdot 0,5$ ;  
 $A_y = 33,85 \text{ кН}$ ;

$\sum X = 0$ ;  $A_x - 20 \cdot \cos 30^\circ - 10 - B \cdot \cos 30^\circ = 0$ ;

$A_x = 20 \cdot 0,866 + 10 + 12,3 \cdot 0,866$ ;  $A_x = 37,97 \text{ кН}$ ;

Проверка:  $\sum M_D = 0$ ;  $-A_y \cdot 4 + A_x \cdot 2,31 + 30 \cdot 2 + B \cdot \cos 30^\circ \cdot 2 = -33,85 \cdot 4 +$   
 $+ 37,97 \cdot 2,31 + 60 - 12,3 \cdot 0,866 \cdot 2,31 + 12,3 \cdot 0,5 \cdot 2 = 159,93 - 160 = 0,07$ ;

% ошибки:  $0,07 \cdot 100\% / 160 = 0,04\% < 1\%$ .



• Определяем опорные реакции:

$\sum M_A = 0$ ;  $-30 \cdot 2 + 10 \cdot 2,31 + B \cdot \sin 30^\circ \cdot 6 = 0$ ;  $-36,9 + 0,5 \cdot B \cdot 6 = 0$ ;  $B = 12,3 \text{ кН}$ ;

$\sum Y = 0$ ;  $A_y - 30 - 20 \cdot \sin 30^\circ + B \cdot \sin 30^\circ = 0$ ;  $A_y = 30 + 20 \cdot 0,5 - 12,3 \cdot 0,5$ ;

$A_y = 33,85 \text{ кН}$ ;

$\sum X = 0$ ;  $A_x - 20 \cdot \cos 30^\circ - 10 - B \cdot \cos 30^\circ = 0$ ;  $A_x = 20 \cdot 0,866 + 10 + 12,3 \cdot 0,866$ ;

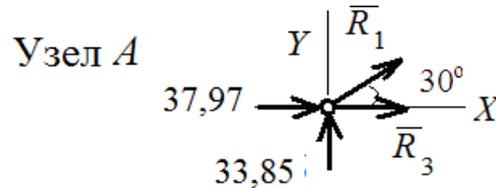
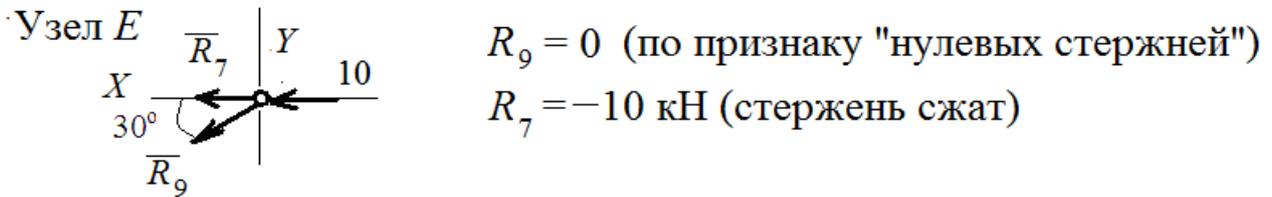
$A_x = 37,97 \text{ кН}$ ;

Проверка:  $\sum M_D = 0$ ;  $-A_y \cdot 4 + A_x \cdot 2,31 + 30 \cdot 2 + B \cdot \cos 30^\circ \cdot 2 = -33,85 \cdot 4 +$   
 $+ 37,97 \cdot 2,31 + 60 - 12,3 \cdot 0,866 \cdot 2,31 + 12,3 \cdot 0,5 \cdot 2 = 159,93 - 160 = 0,07$ ;

% ошибки:  $0,07 \cdot 100\% / 160 = 0,04\% < 1\%$ .

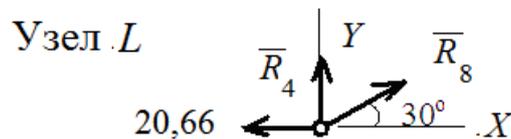
• Определяем усилия в стержнях фермы методом вырезания узлов. Расчёт начинаем с узла с двумя неизвестными. Это узлы *E* и *A*.

Узел *B*:  $R_{10} = 12,3$  кН (стержень сжат);



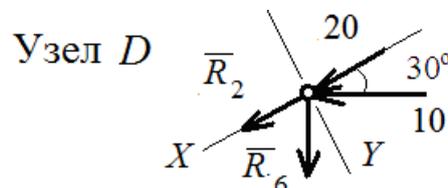
$\sum Y = 0; R_1 \cdot \sin 30^\circ + 33,85 = 0; R_1 = -67,7$  кН (стержень сжат);

$\sum X = 0; R_1 \cdot \cos 30^\circ + R_3 + 37,97 = 0; R_3 = 67,7 \cdot 0,866 - 37,97; R_3 = 20,66$  кН (стержень растянут);



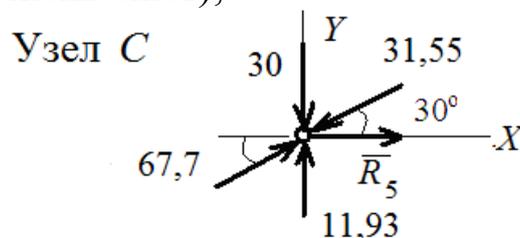
$\sum X = 0; R_8 \cdot \cos 30^\circ - 20,66 = 0; R_8 \cdot 0,866 = 20,66; R_8 = 23,86$  кН (стержень растянут);

$\sum Y = 0; R_4 + R_8 \cdot \sin 30^\circ = 0; R_4 = -23,86 \cdot 0,5; R_4 = -11,93$  кН (стержень сжат);



$\sum Y = 0; R_6 \cdot \cos 30^\circ - 10 \cdot \sin 30^\circ = 0; R_6 \cdot 0,866 - 10 \cdot 0,5; R_6 = 5,77$  кН (стержень растянут);

$\sum X = 0; R_2 + 20 + 10 \cdot \cos 30^\circ + R_6 \cdot \sin 30^\circ = 0; R_2 = -20 - 10 \cdot 0,866 - 5,77 \cdot 0,5; R_2 = -31,55$  кН (стержень сжат);

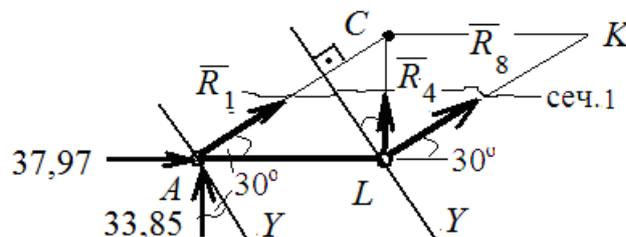


$\sum X = 0; R_5 - 31,55 \cdot 0,866 + 67,7 \cdot 0,866 = 0; R_5 = -31,31$  кН (стержень сжат);

• Определяем усилия в стержнях фермы методом сечений. Выбирая тип уравнения, будем стремиться к тому, чтобы в него входило толь-

ко искомое неизвестное усилие. Предполагаем, что неизвестные усилия положительны (растянуты).

Сечение 1: ось  $Y$  перпендикулярна  $AC$ :

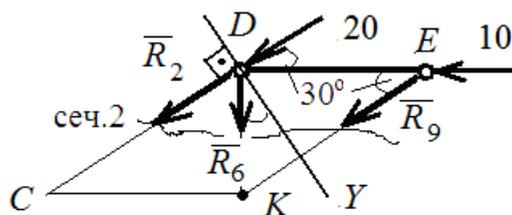


$\sum M_L^{\text{низ.}} = 0; 33,85 \cdot 2 + R_1 \cdot \sin 30^\circ \cdot 2 = 0; R_1 = 33,85 / 0,5; R_1 = -67,7$  кН (стержень сжат);

$\sum Y^{\text{низ.}} = 0; 33,85 \cdot \cos 30^\circ - 37,97 \cdot \sin 30^\circ - R_4 \cdot \cos 30^\circ = 0; R_4 = 33,85 \cdot 0,866 - 37,97 \cdot 0,5; R_4 = -11,93$  кН (стержень сжат);

$\sum M_C^{\text{низ.}} = 0; -33,85 \cdot 2 + 37,97 \cdot 1,155 + R_8 \cdot \cos 30^\circ \cdot 1,155 = 0; R_8 = 23,84$  кН (стержень растянут);

Сечение 2: ось  $Y$  перпендикулярна  $CD$ :

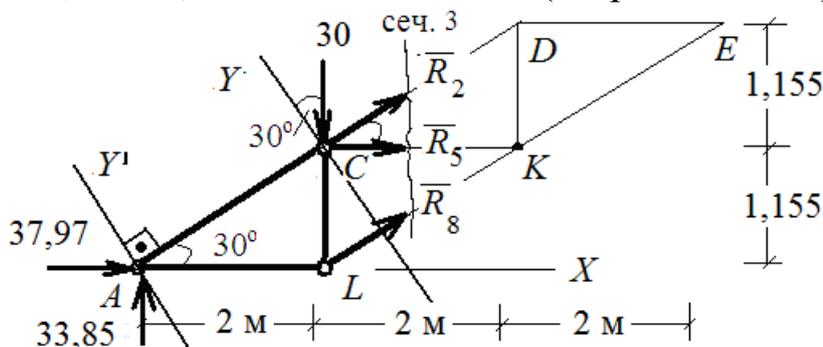


$\sum M_K^{\text{верх.}} = 0; R_2 \cdot \cos 30^\circ \cdot 1,155 + 20 \cdot \cos 30^\circ \cdot 1,155 - 10 \cdot 1,155 = 0;$

$R_2 = -31,55$  кН (стержень сжат);

$\sum Y^{\text{верх.}} = 0; R_6 \cdot \cos 30^\circ - 10 \cdot \sin 30^\circ = 0; R_6 = 5 / 0,866; R_6 = 5,77$  кН (стержень растянут);  $\sum M_D^{\text{верх.}} = 0; R_9 = 0;$

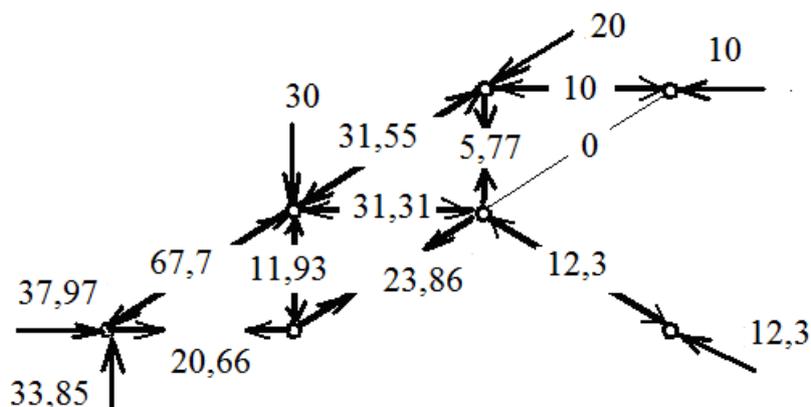
Сечение 3: ось  $Y$  перпендикулярна  $CA$ :  $\sum Y^{\text{низ.}} = 0; R_5 \cdot \sin 30^\circ - 33,85 \cdot \cos 30^\circ + 37,9 \cdot \sin 30^\circ + 30 \cdot \cos 30^\circ = 0; R_5 = (3,85 \cdot 0,866 - 37,97 \cdot 0,5) / 0,5; R_5 = -31,3$  кН (стержень сжат);



• Сравниваем результаты расчётов в таблице:

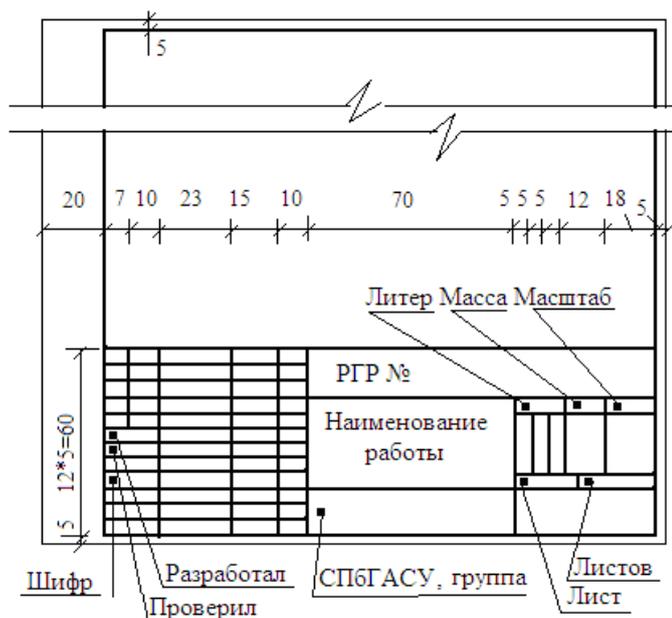
№ стержня	Усилие в стержне в кН	Усилие в стержне в кН	% ошибки
-----------	-----------------------	-----------------------	----------

	(метод вырезания узлов)	(метод сечений)	
$R_1$	- 67,70	- 67,70	0
$R_2$	-31,55	-31,55	0
$R_3$	20,66	-	-
$R_4$	-11,93	-11,93	0
$R_5$	-31,31	-31,30	0,32
$R_6$	5,77	5,77	0
$R_7$	-10	-	-
$R_8$	23,86	23,84	0
$R_9$	0	0	0,08
$R_{10}$	12,30	12,30	-



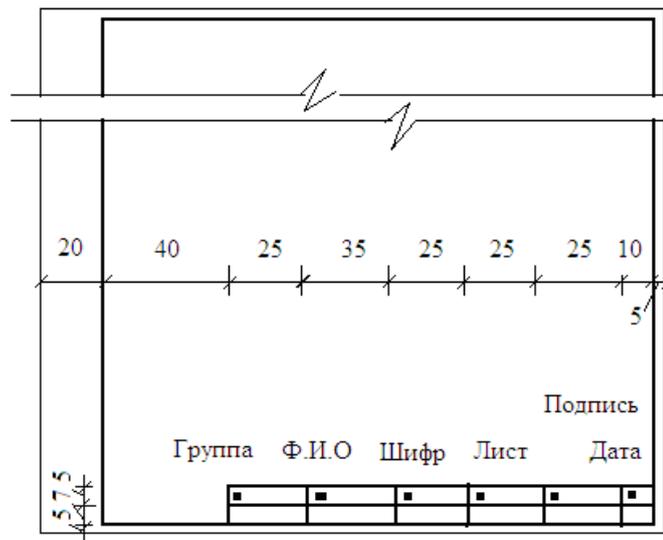
## ПРИЛОЖЕНИЕ

*Образец оформления первого листа расчета*  
(формат листа А-4)



*Образец оформления последующих листов расчета*

(формат листа А-4)



### Содержание

РГР № 1. Равновесие пространственной системы сходящихся сил .....	4
РГР № 2. Равновесие произвольной пространственной системы сил .....	7
РГР № 3. Равновесие плоской системы связанных тел .....	11
РГР № 4. Расчёт плоской фермы .....	14
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	21