

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

Кафедра «Теоретическая и прикладная механика»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО
к контрольной работе по прикладной механике
«Определение реакций связей статически определимых конструкций»
(для студентов заочной формы обучения)

Ростов-на-Дону
2020

Составители:

д.ф.-м.н., проф. А.Н. Соловьев,
к.т.н., доц. И.Н. Вислоусова,
к.т.н., доц. В.В. Котов,
к.т.н., доц. А.И. Михалев,
ст.пр. О.Н. Лесняк

УДК 539.3/6(07)

Методическое руководство к контрольной работе "Определение реакций связей статически определимых конструкций" (для студентов заочной формы обучения), Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 15 с.

Приведены задания к контрольной работе и указания по выполнению разделов работы.

ДГТУ, 2020

ВВЕДЕНИЕ

Контрольная работа состоит из графической части и пояснительной записки. Графическая часть работы выполняется на листе формата А4 с соблюдением требований ГОСТ 2.301-68. Лист должен иметь содержательные заголовки к каждому построению с указанием масштаба построения. Пояснительная записка выполняется на листах формата А4.

ЗАДАНИЕ

Определить реакции связей конструкций, находящихся в равновесии под действием заданных нагрузок.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Работа включает два раздела:

- определение реакций опор и давления во внутреннем шарнире составной плоской рамы;
- определение реакций опор пространственной конструкции.

Каждый раздел работы выполняется в следующей последовательности:

1. Определяются места приложения и направления внешних нагрузок, строится расчетная схема.
2. Выбирается система координатных осей, вводятся реакции опор, строится схема сил, действующих на конструкцию в целом.
3. Составная рама разрезается по внутреннему шарниру, вводятся реакции внутреннего шарнира, строятся схемы сил, действующих на каждую часть конструкции.
4. Составляются системы уравнений равновесия, определяются реакции связей.
5. Составляются дополнительные уравнения равновесия, выполняется проверка правильности расчетов.

СОДЕРЖАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Графическая часть должна содержать:

- заданные расчетные схемы;
- схемы сил, действующих на конструкции, освобожденные от внешних связей;
- схемы сил, действующих на каждую часть конструкции (для составной рамы).

ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Исходные данные приведены в таблицах 1,2. В таблицах 3,4 приведены схемы конструкции и соотношения к ним. Для выбора исходных данных необходимо под тремя последними цифрами номера зачетной книжки подписать буквы А, В, С. Из каждого вертикального столбца таблицы 1, обозначенного внизу буквой, взять число, стоящее в горизонтальной строке, номер которой совпадает с номером буквы.

Например, № 31324. При $C = 4$, $B = 2$, $A = 3$ получим следующее: Плоская рама: *Схема № 4*, $a=0,3$ м; момент пары сил $M=4$ кН м; сосредоточенная сила, $P_1=3$ кН; $\alpha_1=45^\circ$, точка приложения E ; сосредоточенная сила $P_2=2$ кН; точка приложения K ; $\alpha_2=30^\circ$, интенсивность распределенной нагрузки $q=6$

кН/м; участок действия распределенной нагрузки CL .

Расчетная схема, соответствующая выбранным данным, показана на рис. 1. Пространственная конструкция: *Схема № 2*; $a=0,3$ м; момент пары сил $M=3$ кН м; сосредоточенная сила $P_1=4$ кН; $\alpha_1=45^\circ$; точка приложения K ; сосредоточенная сила $P_3=2$ кН; точка приложения E ; $\alpha_3=30^\circ$, вес меньшей плиты $G_1=2$ кН; вес большей плиты $G_2=3$ кН.

Расчетная схема, соответствующая исходным данным, показана на рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики / С.М. Тарг. – М.: Высш. шк., 2002.
2. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. М., 1986г.
3. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. Часть I. М., "Наука", 1984 г.

Таблица 1. Исходные данные (плоская конструкция)

| № | Схема | a , м | M , кНм | \bar{P}_1 | | | \bar{P}_2 | | | Распределенная нагрузка | | |
|---|-------|---------|-----------|------------------|------------------|------------|------------------|------------------|------------|-------------------------|------------|----------------------------|
| | | | | Точка приложения | α_1° | P_1 , кН | Точка приложения | α_2° | P_2 , кН | участок | q , кН/м | Направление |
| 1 | 1 | 0,2 | 2 | L | 45 | 1 | E | 60 | 3 | СК | 4 | На горизонтальных участках |
| 2 | 2 | 0,3 | 3 | E | 60 | 2 | K | 30 | 4 | CL | 5 | |
| 3 | 3 | 0,4 | 4 | H | 30 | 3 | L | 60 | 2 | EK | 6 | На вертикальных участках |
| 4 | 4 | 0,2 | 2 | E | 45 | 1 | L | 30 | 3 | СК | 4 | |
| 5 | 5 | 0,3 | 3 | K | 30 | 2 | E | 45 | 4 | CL | 5 | |
| 6 | 6 | 0,4 | 4 | L | 60 | 3 | H | 45 | 2 | EK | 6 | |
| 7 | 7 | 0,2 | 2 | H | 30 | 1 | L | 60 | 3 | СК | 4 | На наклонных участках |
| 8 | 8 | 0,3 | 3 | E | 45 | 2 | H | 60 | 4 | CL | 5 | |
| 9 | 9 | 0,4 | 4 | L | 30 | 3 | H | 45 | 2 | СК | 6 | |
| 0 | 0 | 0,2 | 3 | H | 60 | 2 | E | 30 | 4 | CL | 5 | |
| | С | В | А | В | С | А | В | С | А | В | А | |

Таблица 2. Исходные данные (пространственная конструкция)

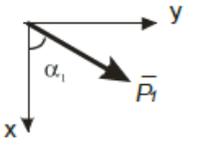
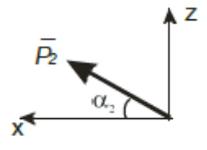
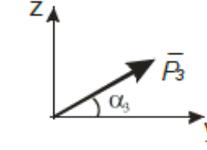
| № | Схема | $a, м$ | $M, кНм$ |  | | |  | | |  | | | Вес плит | |
|---|-------|--------|----------|---|------------------|-----------|---|------------------|-----------|---|------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | Точка приложения | α_1° | $P_1, кН$ | Точка приложения | α_2° | $P_2, кН$ | Точка приложения | α_3° | $P_3, кН$ | $G_1, кН$ | $G_2, кН$ |
| 1 | 1 | 0,3 | 1 | К | 30 | 2 | L | 45 | 3 | - | 150 | 4 | 1 | 2 |
| 2 | 2 | 0,4 | 2 | К | 45 | 3 | - | 60 | 4 | L | 30 | 1 | 2 | 3 |
| 3 | 3 | 0,5 | 3 | К | 60 | 4 | Е | 120 | 1 | - | 45 | 2 | 1 | 3 |
| 4 | 4 | 0,3 | 1 | К | 120 | 2 | - | 135 | 3 | Е | 60 | 4 | 1 | 2 |
| 5 | 5 | 0,4 | 2 | L | 135 | 3 | К | 150 | 4 | - | 120 | 1 | 2 | 3 |
| 6 | 6 | 0,5 | 3 | L | 150 | 4 | - | 30 | 1 | К | 135 | 2 | 1 | 3 |
| 7 | 7 | 0,3 | 1 | L | 210 | 2 | Е | 45 | 3 | - | 150 | 4 | 1 | 2 |
| 8 | 8 | 0,4 | 2 | Е | 225 | 3 | - | 60 | 4 | L | 30 | 1 | 2 | 3 |
| 9 | 9 | 0,5 | 3 | Е | 240 | 4 | К | 120 | 1 | - | 45 | 2 | 1 | 3 |
| 0 | 0 | 0,4 | 2 | Е | 300 | 3 | - | 135 | 4 | К | 60 | 1 | 2 | 3 |
| | В | С | А | С | В | А | С | В | А | С | В | А | В | В |

Таблица 3. Схемы конструкций

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| <p>схема 1</p> | <p>схема 2</p> |
| <p>схема 3</p> | <p>схема 4</p> |
| <p>схема 5</p> | <p>схема 6</p> |

Продолжение таблицы 3.

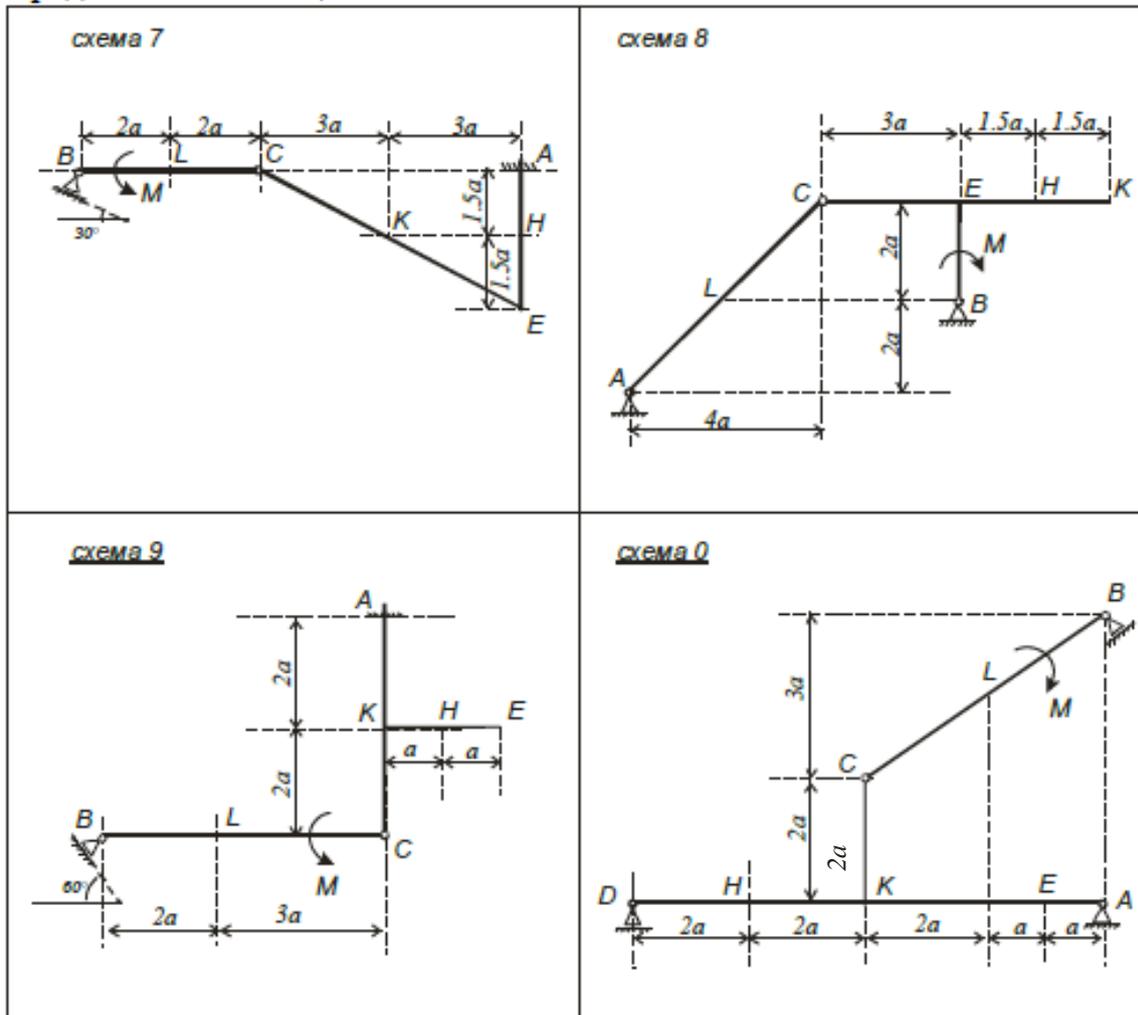


Рис. 1. Построение расчетной схемы плоской конструкции (вариант 324)

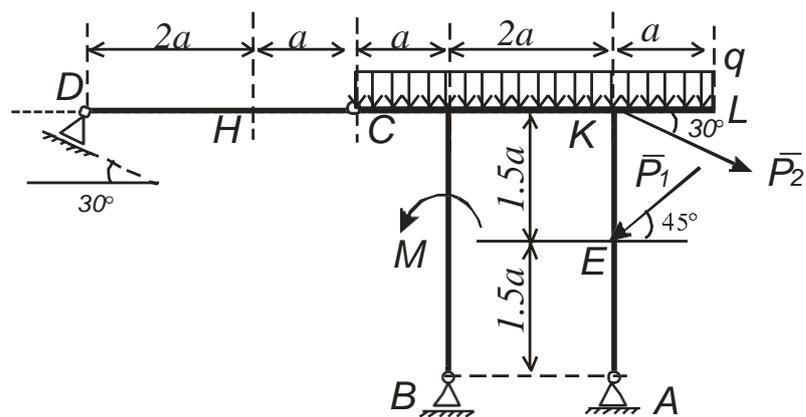
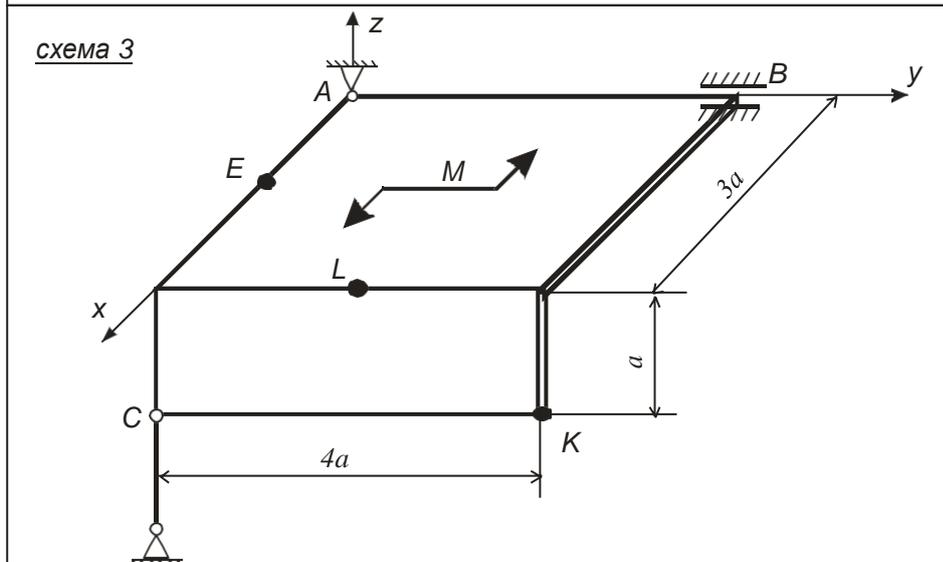
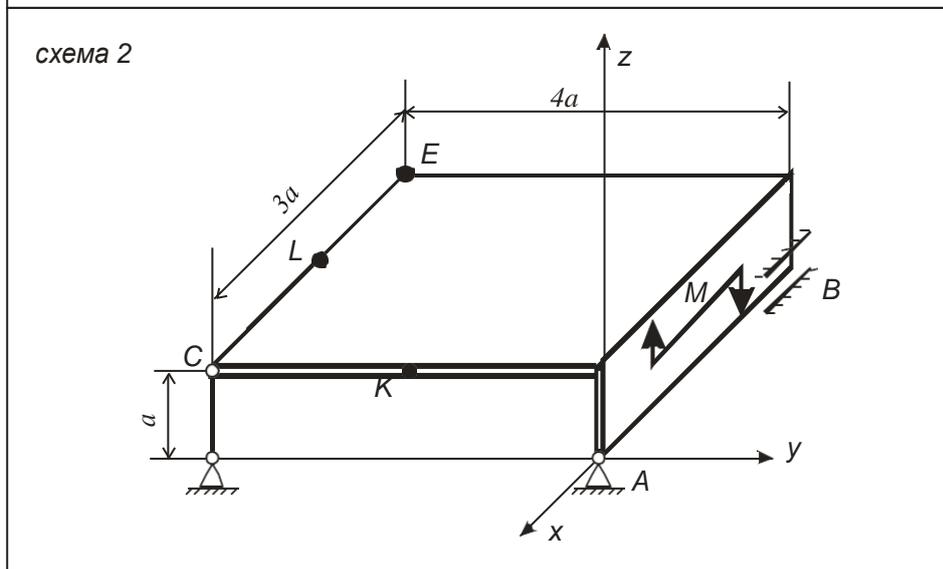
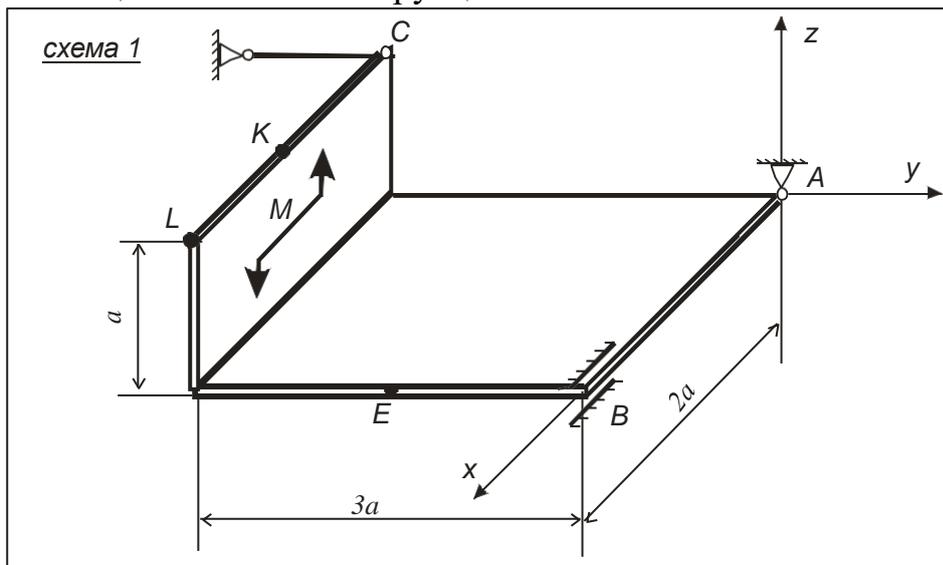
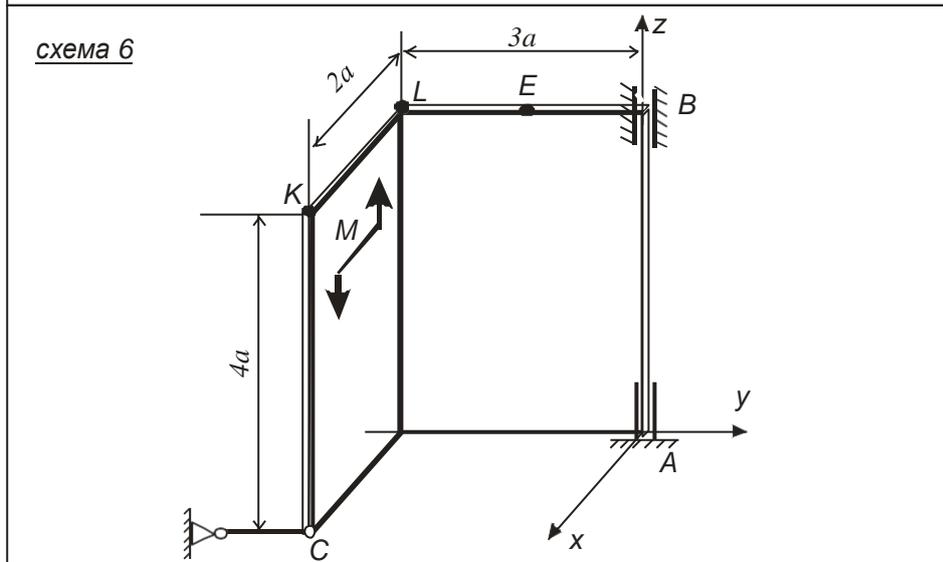
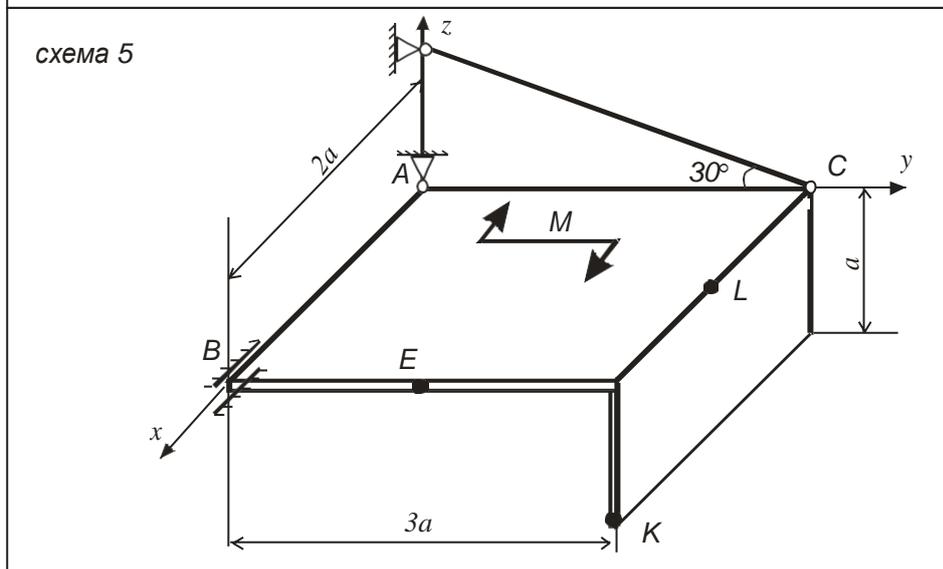
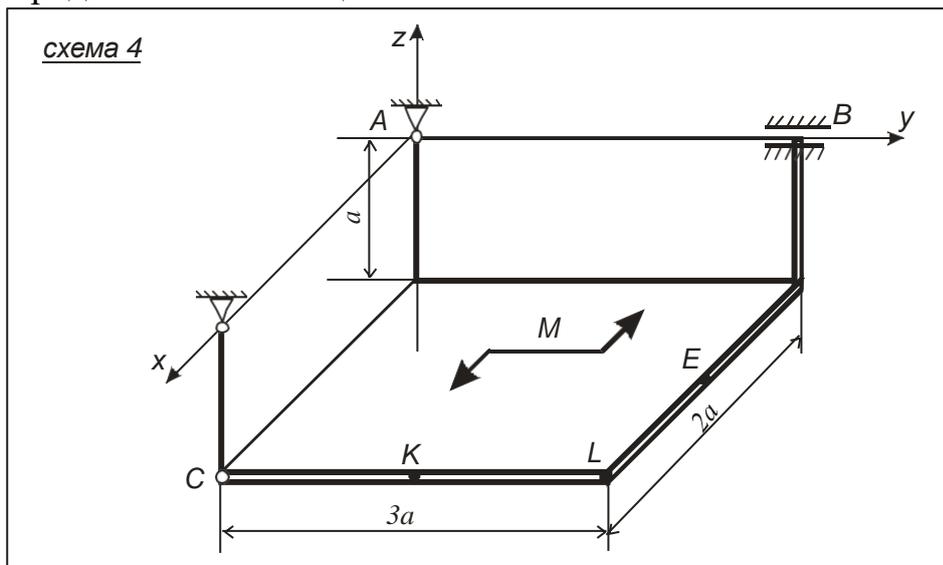


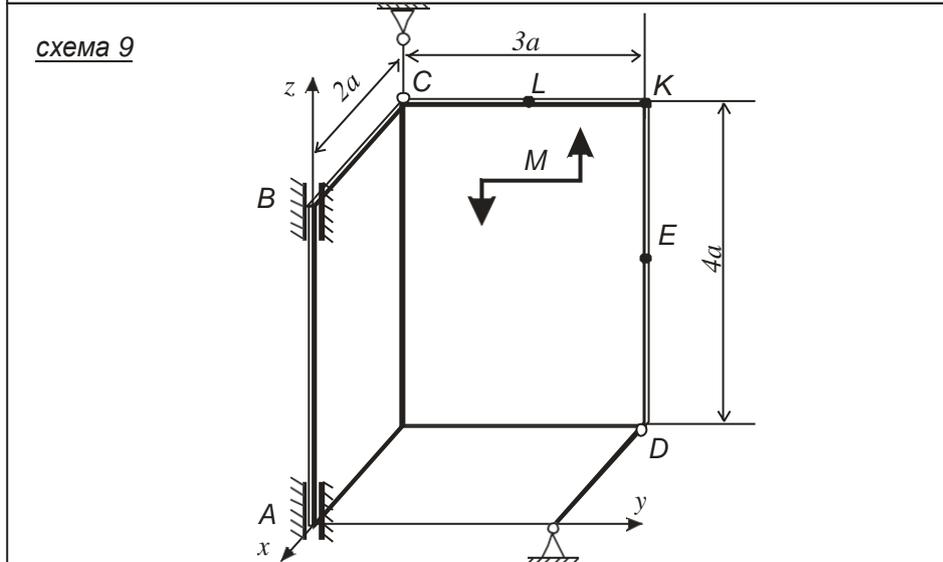
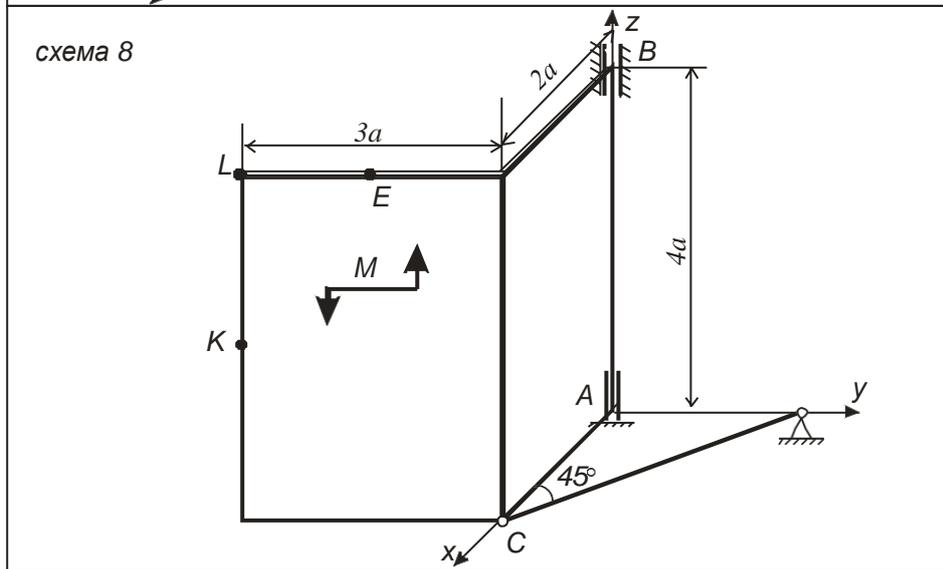
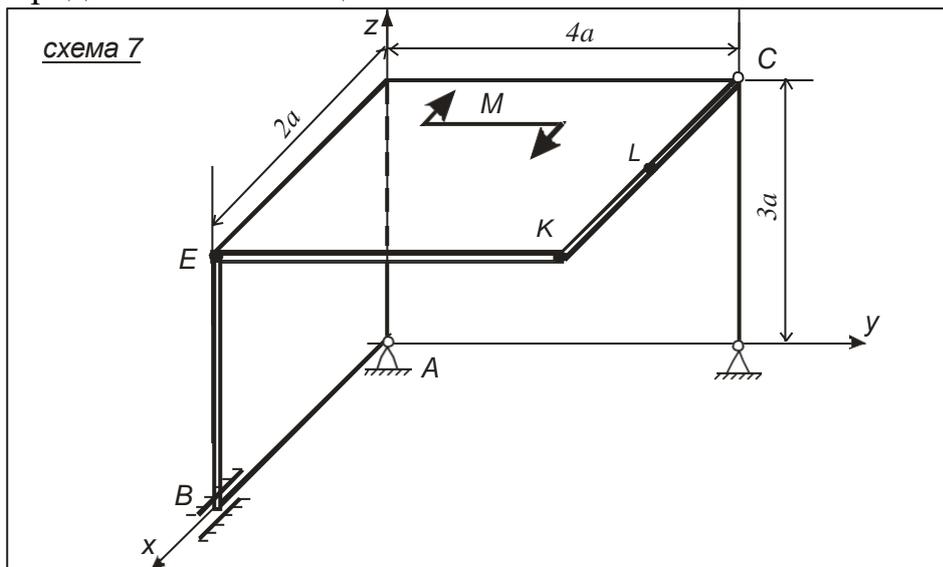
Таблица 4. Схемы конструкций



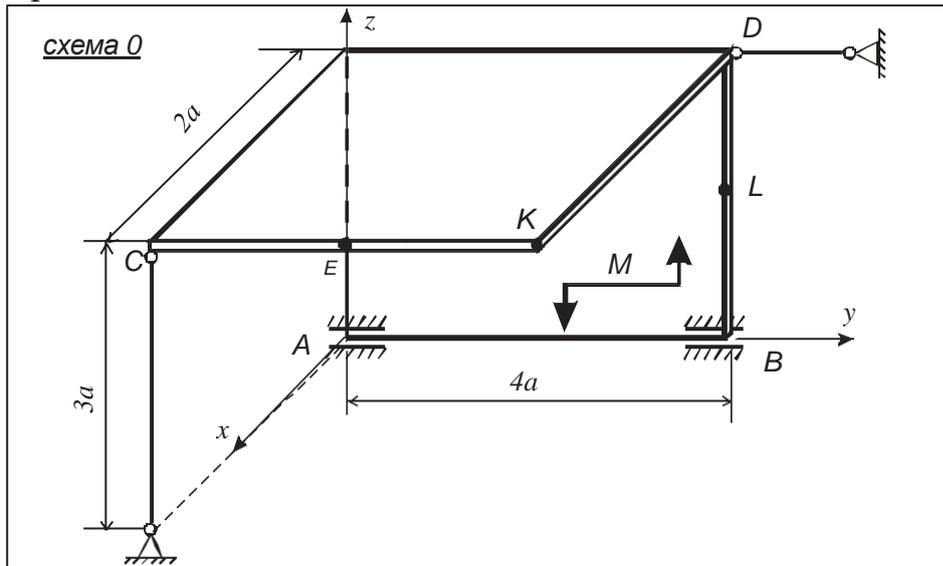
Продолжение таблицы 4



Продолжение таблицы 4

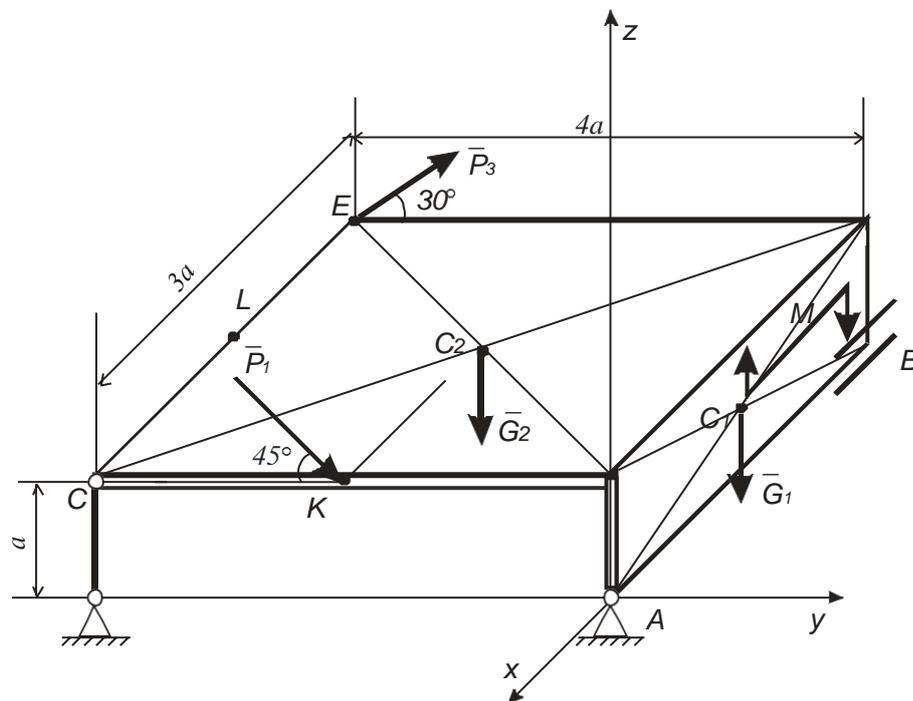


Продолжение таблицы 4



Примечание: точки приложения сил E, K, L находятся в углах или в серединах сторон плит.

Рис. 2. Построение расчетной схемы пространственной конструкции (вариант 324)



ПРИМЕР выполнения контрольной работы

Задание

Определить реакции связей конструкций, находящихся в равновесии под действием заданных нагрузок.

Раздел I.

Определение реакций опор и давления во внутреннем шарнире составной плоской рамы.

Исходные данные:

| | | |
|------|---|---|
| №: 3 | 2 | 4 |
| A | B | C |

Схема № 4;

$a=0,3$ м; $M=4$ кН м; $P_1=3$ кН; $\alpha_1=45^\circ$; точка приложения E; $P_2=2$ кН; точка приложения K; $\alpha_2=30^\circ$; $q=6$ кН/м; участок действия нагрузки CL.

Равнодействующая распределенной нагрузки: $Q = ql_{CL}$; $l_{CL} = 4a \Rightarrow Q = 7,2$ кН;

Составляющие сосредоточенных нагрузок:

$$P_{1x} = P_1 \cos 45^\circ = 2,12 \text{ кН}; \quad P_{1y} = P_1 \sin 45^\circ = 2,12 \text{ кН};$$

$$P_{2x} = P_2 \cos 30^\circ = 1,73 \text{ кН}; \quad P_{2y} = P_2 \sin 30^\circ = 1 \text{ кН}$$

Конструкцию разобьем на две части по внутреннему шарниру C.

Уравнения равновесия левой половины:

$$\sum X_i = 0 \Rightarrow X_C + N_D \sin 30^\circ = 0;$$

$$\sum Y_i = 0 \Rightarrow Y_C + N_D \cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum M_c^i = 0 \Rightarrow -N_D \cos 30^\circ 3a = 0$$

Уравнения равновесия правой половины:

$$\sum X_i = 0 \Rightarrow -X_C + X_A - P_{1x} + P_{2x} = 0;$$

$$\sum Y_i = 0 \Rightarrow -Y_C + Y_B + Y_A - P_{1y} - P_{2y} - Q = 0;$$

$$\sum M_c^i = 0 \Rightarrow X_A 3a + Y_A 3a + Y_B a + M - P_{1y} 3a - P_{2y} 3a - P_{1x} 1,5a - Q 2a = 0$$

Определяем неизвестные реакции связей

$$N_D = 0;$$

$$X_C = -N_D \sin 30^\circ = 0;$$

$$Y_C = -N_D \cos 30^\circ = 0;$$

$$X_A = X_C + P_{1x} - P_{2x} = 0,389 \text{ кН};$$

$$Y_A = Y_C - Y_B + P_{1y} + P_{2y} + Q = 1,062 \text{ кН};$$

$$Y_B = -X_A 3 - Y_A 3 - M / a + P_{1y} 3 + P_{2y} 3 + P_{1x} 1,5 + Q 2 = 9,260 \text{ кН}$$

Составим проверочное уравнение для конструкции, не разделенной по шарниру C:

$$\sum M_d^i = 0 \Rightarrow Y_A 6a + X_A 3a + M - Q 5a + Y_B 4a - P_{1y} 6a - P_{2y} 6a - P_{1x} 1,5a =$$

$$= 1,062 \cdot 6 \cdot 0,3 + 0,389 \cdot 3 \cdot 0,3 + 4,0 - 7,2 \cdot 5 \cdot 0,3 + 9,260 \cdot 4 \cdot 0,3 -$$

$$- 2,12 \cdot 6 \cdot 0,3 - 1,0 \cdot 6 \cdot 0,3 - 2,12 \cdot 1,5 \cdot 0,3 = 0$$

Проверка сошлась.

Расчетная схема рамы

Схема сил для конструкции в целом

Схема сил для левой части

Схема сил для правой части

| | | | | | |
|----------|------|----------|---------|---|--------|
| | | | | Определение реакций связей статически определимых конструкций | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | |
| Разраб. | | | | | Лит |
| Проверил | | | | | Лист |
| Контр. | | | | | 1 |
| Уте. | | | | | Листов |
| | | | | | 2 |

Раздел II.

Определение реакций опор пространственной конструкции.

Исходные данные:

| | | | |
|----|---|---|---|
| №: | 3 | 2 | 4 |
| | А | В | С |

Схема № 2;

$a=0,3$ м; $M=3$ кН м; $P_1=4$ кН; $\alpha_1=45^\circ$; точка приложения K ; $P_3=2$ кН; точка приложения E ; $\alpha_3=30^\circ$, $G_1=2$ кН; $G_2=3$ кН.

Составляющие сосредоточенных нагрузок:

$$P_{1x} = P_1 \sin 45^\circ = 2,828 \text{ кН}; \quad P_{1y} = P_1 \cos 45^\circ = 2,828 \text{ кН};$$

$$P_{3y} = P_3 \cos 30^\circ = 1,732 \text{ кН}; \quad P_{3z} = P_3 \sin 30^\circ = 1 \text{ кН}$$

Уравнения равновесия пространственной конструкции:

$$\sum X_i = 0 \Rightarrow X_A + P_{1x} = 0;$$

$$\sum Y_i = 0 \Rightarrow Y_A + Y_B + P_{1y} + P_{3y} = 0;$$

$$\sum Z_i = 0 \Rightarrow -Z_A - Z_B + N_C + P_{3z} - G_1 - G_2 = 0;$$

$$\sum M_x^i = 0 \Rightarrow -N_C 4a - P_{3z} 4a - P_{1y} a - P_{3y} a + G_2 2a = 0;$$

$$\sum M_y^i = 0 \Rightarrow -Z_B 3a + P_{1x} a + P_{3z} 3a - G_1 1,5a - G_2 1,5a - M = 0;$$

$$\sum M_z^i = 0 \Rightarrow -Y_B 3a + P_{1x} 2a - P_{3y} 3a = 0$$

Определяем неизвестные реакции связей

$$X_A = -P_{1x} = -2,828 \text{ кН};$$

$$N_C = Z_A + Z_B - P_{3z} + G_1 + G_2 = -0,640 \text{ кН};$$

$$Z_B = \frac{P_{1x} a - P_{3z} 3a - G_1 1,5a - G_2 1,5a - M}{3a} = -3,891 \text{ кН};$$

$$Y_B = \frac{P_{1x} 2a - P_{3y} 3a}{3a} = 0,154 \text{ кН};$$

$$Y_A = -Y_B - P_{1y} - P_{3y} = -4,714 \text{ кН};$$

$$Z_A = -Z_B + N_C + P_{3z} - G_1 - G_2 = -0,750 \text{ кН};$$

Составим проверочное уравнение – сумма моментов относительно произвольно выбранной оси yI :

$$\sum M_{yI}^i = 0 \Rightarrow Z_A 3a - X_A a - N_C 3a + G_1 1,5a + G_2 1,5a - M = 0$$

Проверка сошлась.

Расчетная схема пространственной конструкции

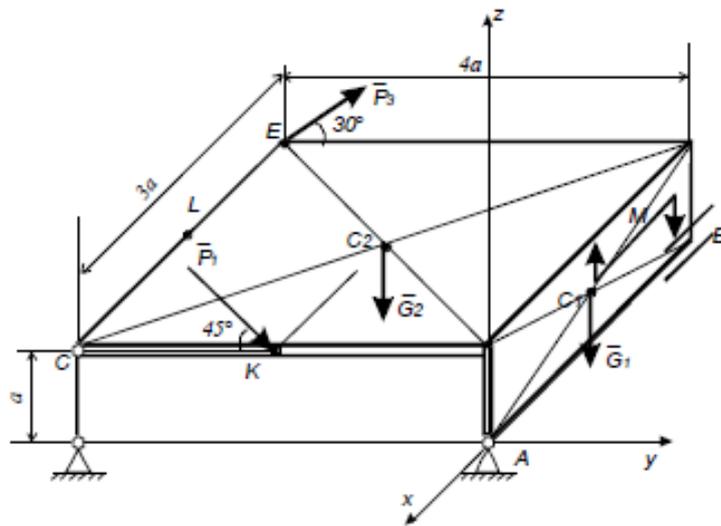
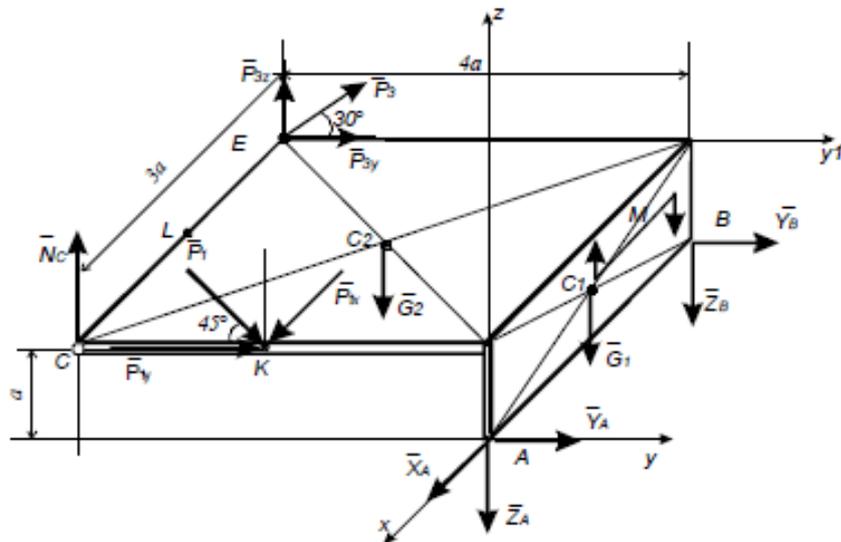


Схема сил пространственной конструкции



| | | | | | | | | |
|----------|------|----------|---------|------|---|-----|------|--------|
| | | | | | Определение реакций связей статически определимых конструкций | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | Лит | Лист | Листов |
| Разраб. | | | | | Определение реакций опор пространственной конструкции | | 2 | 2 |
| Проверил | | | | | | | | |
| Контр. | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | |