

**Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет**

**Строительный факультет**

**Кафедра механики**



## **СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

**Методические указания и схемы заданий  
к расчетно-графическим работам**

**Санкт-Петербург  
2018**

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

Строительный факультет

Кафедра механики

## **СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

Методические указания и схемы заданий  
к расчетно-графическим работам

Санкт-Петербург  
2018

*Рецензент* д-р техн. наук, профессор В. М. Петров (СПбГАСУ)

**Строительная механика:** метод. указания и схемы заданий к расчетно-графическим работам / сост.: А. А. Лукашевич, Н. К. Лукашевич; СПбГАСУ. – СПб., 2018. – 26 с.

Приводятся методические указания к выполнению расчетно-графических работ и схемы заданий к ним. Указания составлены в соответствии с рабочей программой по курсу «Строительная механика» и предназначены для студентов специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Табл. 6. Ил. 6. Библиогр.: 6 назв.

## ВВЕДЕНИЕ

При изучении общего курса строительной механики студенты выполняют пять расчетно-графических работ (РГР):

1-я часть (5-й семестр обучения) – РГР № 1, 2, 3;

2-я часть (6-й семестр обучения) – РГР № 4, 5.

Каждая расчетно-графическая работа включает одну или несколько задач по определенной теме курса.

Целью выполнения РГР является практическое освоение методов расчета статически определимых и статически неопределимых стержневых систем (шарнирно-консольных балок, плоских рам и ферм).

### Содержание расчетно-графических работ

РГР № 1. Расчет статически определимых систем на неподвижную нагрузку.

Задача 1.1. Расчет шарнирно-консольной балки.

Задача 1.2. Расчет рамы с замкнутым контуром.

Задача 1.3. Расчет балочной фермы.

РГР № 2. Расчет статически определимых систем на подвижную нагрузку.

Задача 2.1. Расчет шарнирно-консольной балки.

Задача 2.2. Расчет балочной фермы.

РГР № 3. Определение перемещений в статически определимых системах.

Задача 3.1. Определение прогибов шарнирно-консольной балки.

Задача 3.2. Определение перемещений в плоской раме.

РГР № 4. Расчет плоской статически неопределимой рамы методом сил.

РГР № 5. Расчет плоской статически неопределимой рамы методом перемещений.

Задача 5.1. Расчет рамы методом перемещений в канонической форме.

Задача 5.2. Расчет рамы методом перемещений в матричной форме.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РГР

Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы студент выписывает из приведенных к каждому заданию таблиц в соответствии со своим индивидуальным учебным шифром. Шифром являются три последние цифры номера зачетной книжки или студенческого билета. Например, если номер зачетной книжки 14002805, то учебным шифром будет 805, при этом 8 – первая, 0 – вторая, 5 – третья цифра шифра. Выполненная не по шифру работа не засчитывается.

Расчетно-графические работы должны быть оформлены на стандартных листах белой бумаги формата А4 (на одной стороне листа) с полями и нумерацией страниц в соответствии с действующим ГОСТ.

Титульный лист оформляется согласно общим требованиям с обязательным указанием наименования расчетно-графической работы, фамилии и инициалов студента, его учебной группы и шифра, а также фамилии и инициалов преподавателя, проверяющего работу.

Каждая задача РГР должна включать следующие обязательные пункты: выписанные из таблицы исходные данные; заданную расчетную схему конструкции (в масштабе) с указанием на ней всех исходных числовых данных; основную (расчетную) часть; заключение (основные результаты и выводы).

Решение задач должно сопровождаться краткими пояснениями, всеми необходимыми для понимания формулами и расчетами, четкими схемами и графиками. Рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и подписаны.

Готовая работа должна быть аккуратно сброшюрована.

Небрежно оформленная работа или работа, выполненная не в соответствии с данными методическими указаниями, к проверке и защите не принимается. Расчетно-графические работы должны быть сданы и защищены в сроки, определенные графиком учебного процесса.

При изучении рассматриваемой учебной дисциплины и выполнении расчетно-графических работ рекомендуется пользоваться указанной далее литературой.

## Расчетно-графическая работа № 1

### РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ НА НЕПОДВИЖНУЮ НАГРУЗКУ

#### Задача 1.1. Расчет шарнирно-консольной балки

##### Задание

Построить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил в шарнирно-консольной балке.

Исходные данные к задаче определяются по табл. 1 и схемам, представленным на рис. 1.

Таблица 1

Исходные данные к задаче 1.1 РГР № 1

1-я цифра шифра	$l_1$ , м	$q$ , кН/м	$F$ , кН	2-я цифра шифра	$l_2$ , м	$l_3$ , м	$q_1$ , кН/м	$q_2$ , кН/м	$F_1$ , кН	$F_2$ , кН	3-я цифра шифра (№ схемы)	$a$ , м	$b$ , м	$c$ , м
0	12	2	9	0	12	15	2	0	18	0	0	2	3	4
1	16	1,5	12	1	15	18	0	2	0	25	1	3	4	2
2	18	2,5	15	2	18	12	3	0	12	0	2	4	2	3
3	12	3	18	3	12	15	0	3	0	24	3	2	3	4
4	15	3,6	15	4	15	18	1,5	0	20	0	4	3	4	2
5	12	2,4	12	5	15	12	0	1,5	0	20	5	4	2	3
6	16	1,2	9	6	12	15	2,5	0	24	0	6	2	3	4
7	18	1,8	12	7	15	18	0	2,5	0	18	7	3	4	2
8	12	1,6	15	8	18	12	3	0	25	0	8	4	2	3
9	15	4	18	9	12	15	0	3	0	15	9	3	3	4

##### Порядок выполнения задания

1. Произвести кинематический анализ заданной системы и построить поэтажную схему шарнирно-консольной балки.

2. Определить реакции в связях от заданной нагрузки, составляя уравнения равновесия для каждого диска.

3. Показать схему взаимодействия отдельных дисков с найденными реакциями и выполнить проверку правильности определения реакций по условию равновесия всей расчетной схемы.

4. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов для отдельных балок-дисков с объединением их для всей расчетной схемы шарнирно-консольной балки.

5. Произвести проверку правильности построения эпюр внутренних усилий, в том числе с точки зрения соблюдения дифференциальных зависимостей между внутренними силовыми факторами и интенсивностью распределенной нагрузки.

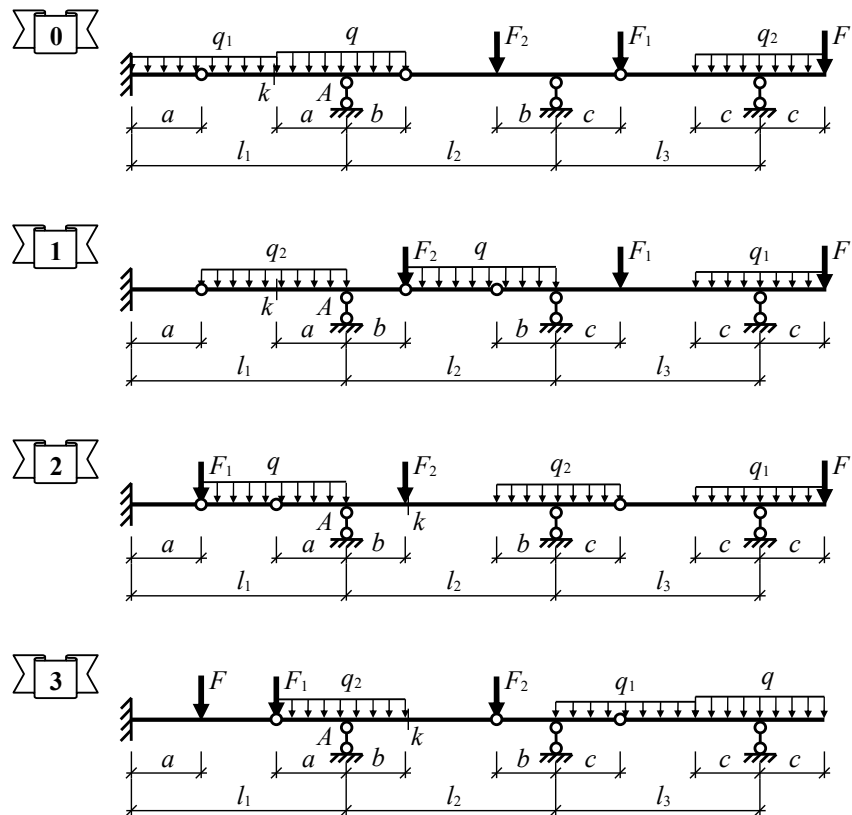


Рис. 1. Расчетные схемы шарнирно-консольных балок

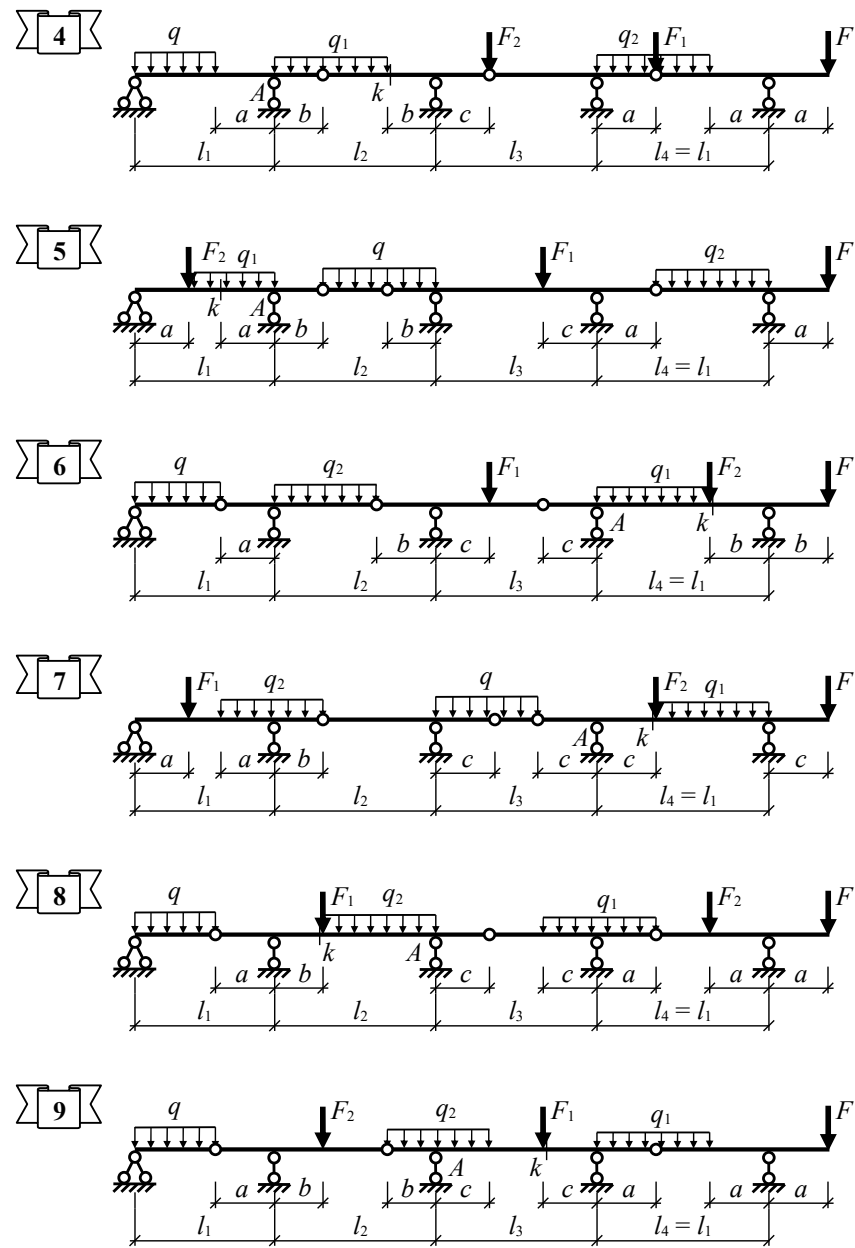


Рис. 1. Расчетные схемы рамы шарнирно-консольных балок (окончание)

## Задача 1.2. Расчет рамы с замкнутым контуром

### Задание

Построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.

Исходные данные к задаче определяются по табл. 2 и схемам, представленным на рис. 2.

Таблица 2

Исходные данные к задаче 1.2 РГР № 1

1-я цифра шифра	$M_1$ , кН·м	$M_2$ , кН·м	2-я цифра шифра	$q_1$ , кН/м	$q_2$ , кН/м	$F_1$ , кН	$F_2$ , кН	3-я цифра шифра (№ схемы)	$l$ , м	$h$ , м
0	80	0	0	0	6	0	8	0	20	5
1	0	160	1	3	0	12	0	1	16	4
2	100	0	2	0	5	0	10	2	12	3
3	0	140	3	4	0	16	0	3	8	2
4	120	0	4	0	4	0	12	4	24	5
5	0	120	5	5	0	20	0	5	20	4
6	140	0	6	0	3	0	14	6	16	3
7	0	100	7	6	0	24	0	7	10	2
8	160	0	8	0	2	0	16	8	20	3
9	0	80	9	8	0	30	0	9	10	2

### Последовательность решения задачи

1. Произвести кинематический анализ заданной схемы рамы.
2. Показать расчетную схему для определения реакций в опорных связях и определить их от действия заданной нагрузки.
3. Показать расчетную схему для определения реакций внутренних связей. С этой целью либо рама расчленяется по шарнирам на отдельные диски, либо выделяется ее трехшарнирная часть.
4. Построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.
5. Проверить правильность построения эпюр внутренних усилий по условиям равновесия узлов рамы.

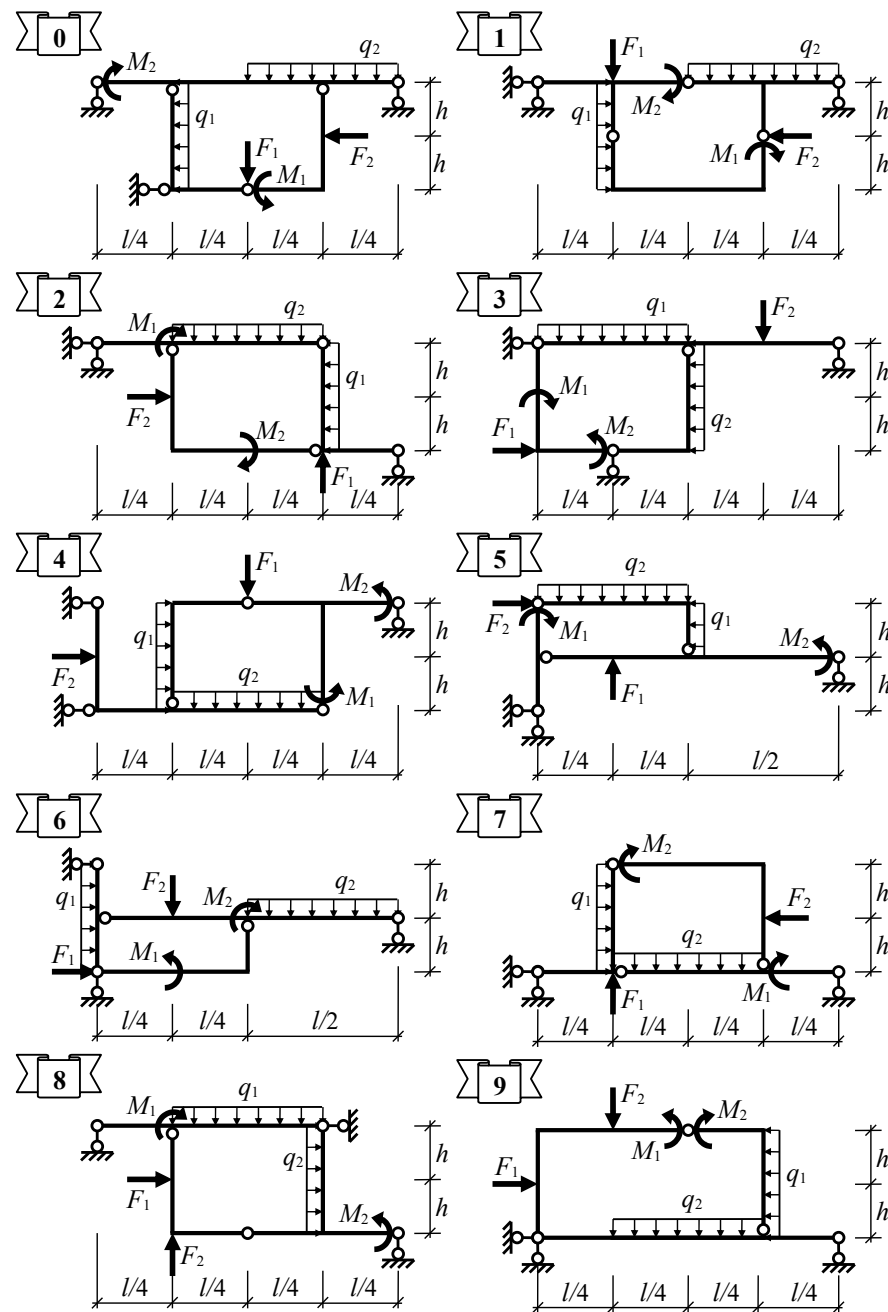


Рис. 2. Расчетные схемы рам с замкнутым контуром

### Задача 1.3. Расчет балочной фермы

#### Задание

Определить усилия в стержнях двух заданных панелей фермы.

Исходные данные к задаче определяются по табл. 3 и схемам, представленным на рис. 3.

Таблица 3

Исходные данные к задаче 1.3 РГР № 1

1-я цифра шифра	Номера панелей	2-я цифра шифра	$F$ , кН	3-я цифра шифра (№ схемы)	$d$ , м	$h$ , м
0	1; 2	0	1,2	0	3	2
1	2; 3	1	1,6	1	5	2,5
2	4; 5	2	2,0	2	4	2
3	5; 6	3	2,4	3	6	3
4	1; 2	4	2,8	4	4	3
5	2; 3	5	3,2	5	6	2,25
6	4; 5	6	3,6	6	4	2
7	5; 6	7	4,0	7	6	2
8	2; 3	8	4,4	8	6	3
9	4; 5	9	4,8	9	4	1,5

#### Порядок выполнения задания

1. Произвести анализ геометрической неизменяемости заданной схемы фермы.
2. Определить опорные реакции от действия вертикальной нагрузки  $F$ , приложенной ко всем узлам верхнего пояса фермы (кроме крайних узлов, где прикладывается нагрузка  $F/2$ ).
3. Определить усилия в стержнях заданных панелей, включая левую и правую стойки.
4. Проверить правильность определения усилий по условиям равновесия вырезанного узла либо отсеченной части фермы.
5. Изобразить расчетную схему фермы, указав на ней значения найденных опорных реакций и усилий в стержнях.

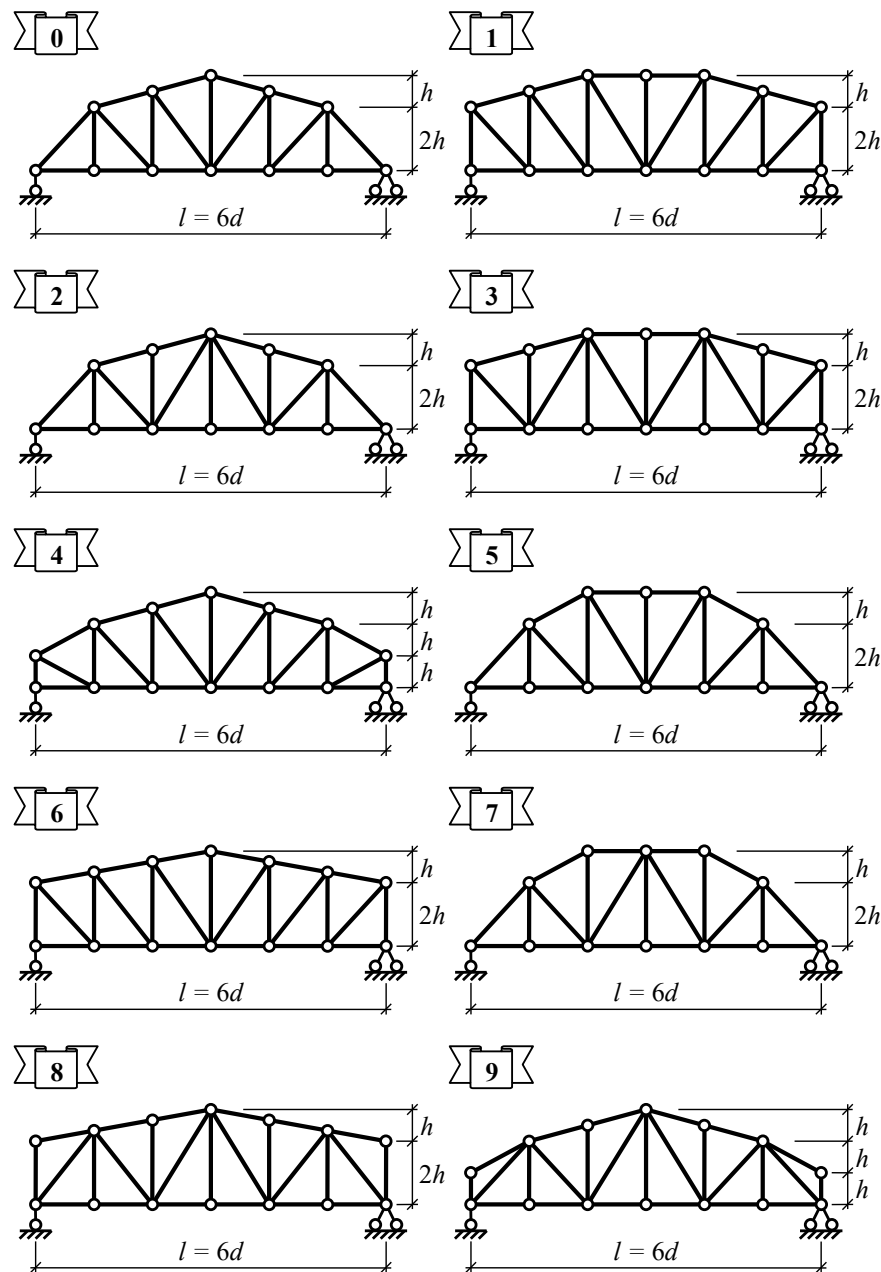


Рис. 3. Расчетные схемы балочных ферм

## Расчетно-графическая работа № 2

### РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ НА ПОДВИЖНУЮ НАГРУЗКУ

#### Задача 2.1. Расчет шарнирно-консольной балки

##### Задание

Построить линии влияния опорной реакции  $R_A$  и внутренних усилий  $M_k$ ,  $Q_k$  в заданном сечении балки. По линиям влияния определить величины усилий от заданной неподвижной нагрузки, а также максимальные и минимальные значения усилий от подвижной нагрузки (системы связанных грузов).

Исходные данные к задаче принимаются те же, что при выполнении задачи 1.1 (см. табл. 1, рис. 1).

##### Порядок выполнения задания

1. Изобразить в масштабе расчетную схему балки с указанием размеров, показать действующую на нее неподвижную нагрузку, положение опоры  $A$  и сечения  $k$ .

2. Под расчетной схемой показать поэтажную схему шарнирно-консольной балки.

3. Статическим методом построить линии влияния опорной реакции  $R_A$  и внутренних усилий в заданном сечении  $M_k$  и  $Q_k$ .

4. По построенным линиям влияния определить величины  $R_A$ ,  $M_k$  и  $Q_k$  от заданной неподвижной нагрузки по формуле

$$S = \sum_i F_i \cdot y_i + \sum_j q_j \cdot \omega_j,$$

где  $S$  – величина силового фактора, подлежащего определению (усилия, реакции);  $y_i$  – ордината линии влияния под сосредоточенной силой  $F_i$ ;  $\omega_j$  – площадь линии влияния под равномерно распределенной нагрузкой  $q_j$ . Полученные по линиям влияния значения сравнить с результатами расчета в задаче 1.1.

5. По линиям влияния для системы связанных подвижных грузов (рис. 4) определить максимальные и минимальные значения реакции  $R_A$ , поперечной силы  $Q_k$  и изгибающего момента  $M_k$ .

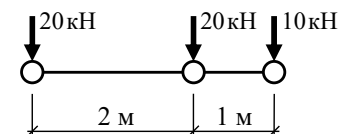


Рис. 4. Система подвижных грузов

#### Задача 2.2. Расчет балочной фермы

##### Задание

Построить линии влияния усилий в стержнях заданной панели фермы. По линиям влияния определить значения усилий от заданной неподвижной нагрузки, а также максимальные и минимальные значения усилий от подвижной нагрузки.

Исходные данные к задаче принимаются те же, что при выполнении задачи 1.3 (см. табл. 3, рис. 3).

##### Порядок выполнения задания

1. Изобразить в масштабе расчетную схему фермы с указанием размеров, показать заданную постоянную нагрузку, действующую во всех узлах верхнего пояса.

2. Построить линии влияния опорных реакций в ферме.

3. Построить линии влияния усилий в стержнях одной из двух заданных панелей (не крайней), включая левую и правую стойки, как при верхнем, так и нижнем ездовом поясе.

4. По линиям влияния определить величины усилий в стержнях от заданной неподвижной нагрузки по формуле

$$N = \sum_i F_i \cdot y_i,$$

где  $y_i$  – ордината линии влияния под сосредоточенной силой  $F_i$ . Полученные значения сравнить с результатами задачи 1.3.

5. Считая ездовой пояс нижним, установить невыгоднейшее положение системы связанных подвижных грузов, показанных на рис. 4. По линиям влияния определить максимальные и минимальные значения усилий в рассматриваемых стержнях от действия подвижной нагрузки.



### Расчетно-графическая работа № 3

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМАХ

##### Задача 3.1. Определение прогибов шарнирно-консольной балки

###### Задание

Определить вертикальные перемещения всех трех промежуточных шарниров (шарнирных узлов), а также сечения на конце консоли балки. Изобразить деформированную схему шарнирно-консольной балки.

Исходные данные к задаче определяются по табл. 1 и схемам, представленным на рис. 1 (см. задачу 1.1).

###### Порядок выполнения задания

1. Изобразить в масштабе расчетную схему с указанием размеров, показать заданную нагрузку и обозначить все промежуточные шарниры многопролетной балки.

2. Под расчетной схемой показать поэтажную схему балки, а также эпюру изгибающих моментов  $M_F$  от действия неподвижной нагрузки, полученную при решении задачи 1.1.

3. Показать вспомогательные единичные состояния расчетной схемы для определения искомых перемещений.

4. Для каждого из вспомогательных состояний построить «единичные» эпюры  $M_i$ .

5. Определить искомые перемещения, используя формулу Максвелла – Мора

$$\Delta_{iF} = \sum_m \int_0^l \frac{M_i M_F}{EI} dx,$$

где  $m$  – число участков «перемножения» эпюр  $M_i$  и  $M_F$ ;  $l$  – длина каждого участка.

6. Используя найденные значения вертикальных перемещений промежуточных шарниров и конца консоли балки, а также вид эпюры  $M_F$  от заданной нагрузки, изобразить деформированную схему шарнирно-консольной балки.

##### Задача 3.2. Определение перемещений в плоской раме

###### Задание

Определить возможные горизонтальные и вертикальные перемещения основных узлов расчетной схемы и изобразить деформированную схему рамы.

Исходные данные определяются по табл. 2 и схемам, представленным на рис. 2 (см. задачу 1.2).

###### Порядок выполнения задания

1. Изобразить в масштабе расчетную схему с указанием размеров, показать действующую на нее нагрузку и обозначить все жесткие узлы рамы.

2. Рядом с расчетной схемой показать эпюру изгибающих моментов  $M_F$  от действия заданной неподвижной нагрузки, полученную при решении задачи 1.2.

3. Показать вспомогательные единичные состояния расчетной схемы для определения искомых перемещений.

4. Для каждого из вспомогательных состояний построить «единичные» эпюры  $M_i$ .

5. Определить горизонтальные и вертикальные перемещения основных узлов рамы по формуле Максвелла – Мора

$$\Delta_{iF} = \sum_m \int_0^l \frac{M_i M_F}{EI} dx.$$

Для вычисления интеграла Максвелла – Мора использовать способы «перемножения» эпюр: способ Верещагина, формулы трапеций и Симпсона (парабол).

6. Используя найденные значения перемещений узлов и вид эпюры  $M_F$  от заданной нагрузки, изобразить деформированную схему рамы.

**Расчетно-графическая работа № 4**  
**РАСЧЕТ ПЛОСКОЙ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ**  
**РАМЫ МЕТОДОМ СИЛ**

**Задание**

Построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в статически неопределимой раме, используя метод сил в канонической форме.

Исходные данные к задаче определяются по табл. 4 и схемам, представленным на рис. 5.

Таблица 4

**Исходные данные к РГР № 4**

1-я цифра шифра	$q_1$ , кН/м	$q_2$ , кН/м	2-я цифра шифра	$F_1$ , кН	$F_2$ , кН	3-я цифра шифра (№ схемы)	$l$ , м	$h$ , м	$I_2:I_1$
0	2	0	0	10	0	0	6	2	2
1	0	6	1	0	10	1	8	3	3
2	3	0	2	12	0	2	10	4	4
3	0	5	3	0	12	3	12	6	2
4	4	0	4	16	0	4	24	8	4
5	0	4	5	0	16	5	8	2	3
6	5	0	6	20	0	6	9	3	3
7	0	3	7	0	20	7	12	4	2
8	6	0	8	24	0	8	18	6	3
9	0	2	9	0	24	9	36	8	4

**Порядок выполнения задания**

1. Изобразить в масштабе расчетную схему рамы с указанием размеров, величин нагрузок и соотношений изгибных жесткостей.

2. Определить степень статической неопределимости рамы  $n_c$  и записать в общем виде систему канонических уравнений метода сил применительно к данной расчетной схеме.

3. Получить две основные системы (ОС) метода сил путем удаления «лишних» связей и приложив по их направлению соответствующие неизвестные реакции  $X_i$  ( $i = 1, \dots, n_c$ ). Выбрать одну из этих ОС для дальнейшего расчета.

4. Провести расчет выбранной ОС на единичные значения неизвестных, построить эпюры изгибающих моментов  $M_i^0$  ( $i = 1, \dots, n_c$ ).

5. Провести расчет выбранной ОС на заданную внешнюю нагрузку и построить эпюру изгибающих моментов  $M_F^0$ .

6. Определить коэффициенты при неизвестных и свободные члены системы канонических уравнений:

$$\delta_{ij} = \sum_m \int_0^l \frac{M_i^0 M_j^0}{EI} dx; \quad \Delta_{iF} = \sum_m \int_0^l \frac{M_i^0 M_F^0}{EI} dx,$$

где  $m$  – число участков интегрирования («перемножения» эпюр).

7. Подставить найденные значения коэффициентов и свободных членов в систему канонических уравнений и решить ее относительно неизвестных  $X_i$ .

8. Построить эпюры изгибающих моментов от действительных значений реакций в удаленных связях. Для этого все ординаты эпюр  $M_i^0$  умножаются на соответствующую величину  $X_i$ .

9. Построить результирующую эпюру изгибающих моментов в заданной системе на основании принципа независимости действия сил:

$$M = \sum_{n_c} M_i^0 X_i + M_F^0.$$

10. Провести деформационную проверку расчета, используя для этого вторую из полученных в пункте 3 основных систем.

11. По эпюре  $M$  построить эпюру поперечных сил  $Q$  в заданной системе, используя дифференциальную зависимость  $Q = dM/dx$ .

12. Определить продольные силы во всех стержнях рамы из условий равновесия ее узлов и построить эпюру  $N$ .

13. Произвести статическую проверку правильности расчета рамы по условиям равновесия заданной расчетной схемы или любой ее отсеченной части.

**Расчетно-графическая работа № 5**  
**РАСЧЕТ ПЛОСКОЙ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ**  
**РАМЫ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ**

**Задача 5.1. Расчет рамы методом перемещений**  
**в канонической форме**

*Задание*

Построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в статически неопределимой раме, используя метод перемещений в канонической форме.

Исходные данные к задаче определяются по табл. 5 и схемам, представленным на рис. 6.

Таблица 5

**Исходные данные к РГР № 5**

1-я цифра шифра	$q_1$ , кН/м	$q_2$ , кН/м	2-я цифра шифра	$F_1$ , кН	$F_2$ , кН	3-я цифра шифра (№ схемы)	$l$ , м	$h$ , м	$I_2:I_1$
0	2	0	0	16	0	0	12	6	2
1	0	2	1	0	16	1	8	4	3
2	4	0	2	24	0	2	16	8	3
3	0	3	3	0	24	3	16	4	4
4	6	0	4	32	0	4	12	4	3
5	0	4	5	0	32	5	18	6	6
6	3	0	6	40	0	6	24	8	4
7	0	6	7	0	36	7	6	6	2
8	8	0	8	36	0	8	8	8	2
9	0	8	9	0	40	9	24	6	4

**Порядок выполнения задания**

1. Изобразить в масштабе расчетную схему рамы с указанием размеров, величин нагрузок и соотношений изгибных жесткостей.

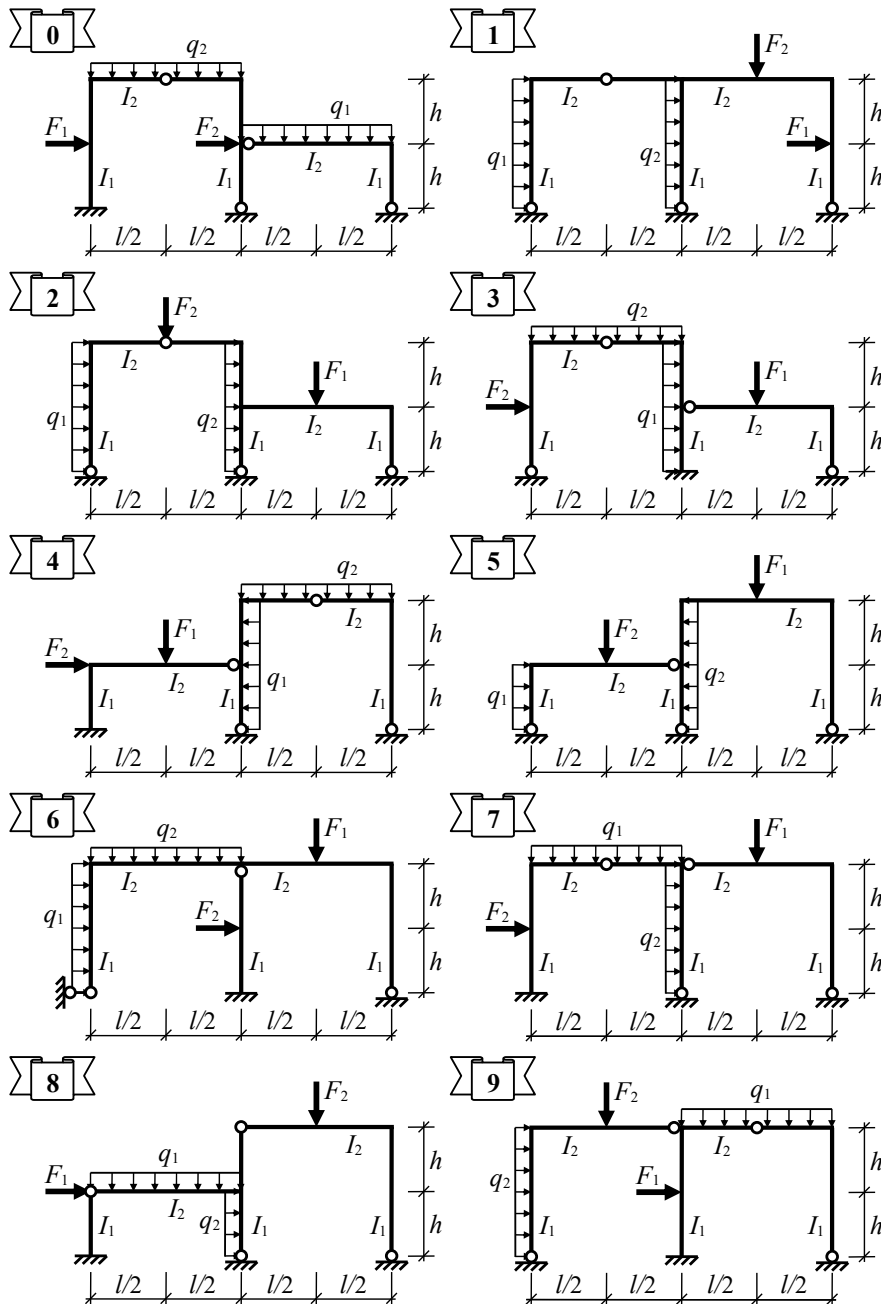


Рис. 5. Расчетные схемы рам к РГР № 4

2. Определить степень кинематической неопределенности рамы  $n_k$  и записать в общем виде систему канонических уравнений (СКУ) метода перемещений применительно к заданной схеме рамы.

3. Получить основную систему (ОС) метода перемещений, введя дополнительные связи по направлениям возможных углов поворота жестких узлов и линейных смещений всех узлов рамы. Приложить по направлению введенных связей соответствующие неизвестные перемещения  $Z_i$  ( $i = 1, \dots, n_k$ ).

4. Используя табличные решения для отдельных стержней (табл. 6, пункты 1–4), построить в ОС эпюры изгибающих моментов  $M_i^O$  от единичных перемещений.

5. Используя табличные решения (табл. 6, пункты 5–8), построить в ОС эпюру моментов  $M_F^O$  от заданной внешней нагрузки.

6. Определить статическим способом коэффициенты при неизвестных (реакции в дополнительных связях от единичных перемещений) и свободные члены (реакции в дополнительных связях от действия внешней нагрузки) СКУ метода перемещений.

7. Записать СКУ метода перемещений в численном виде и из ее решения найти неизвестные  $Z_i$ .

8. Построить эпюры изгибающих моментов в ОС от действительных значений перемещений узлов. Для этого все ординаты эпюр  $M_i^O$  умножаются на соответствующую величину  $Z_i$ .

9. Построить результирующую эпюру изгибающих моментов в заданной системе на основании принципа независимости действия сил:

$$M = \sum_{n_k} M_i^O Z_i + M_F^O.$$

10. Провести проверку правильности построения эпюры  $M$  по условиям равновесия каждого жесткого узла рамы.

11. По эпюре  $M$  построить эпюру поперечных сил  $Q$  в заданной системе, используя дифференциальную зависимость  $Q = dM/dx$ .

12. Определить продольные силы во всех стержнях рамы из условий равновесия ее узлов и построить эпюру  $N$ .

13. Произвести статическую проверку правильности расчета рамы по условиям равновесия заданной расчетной схемы или любой ее отсеченной части.

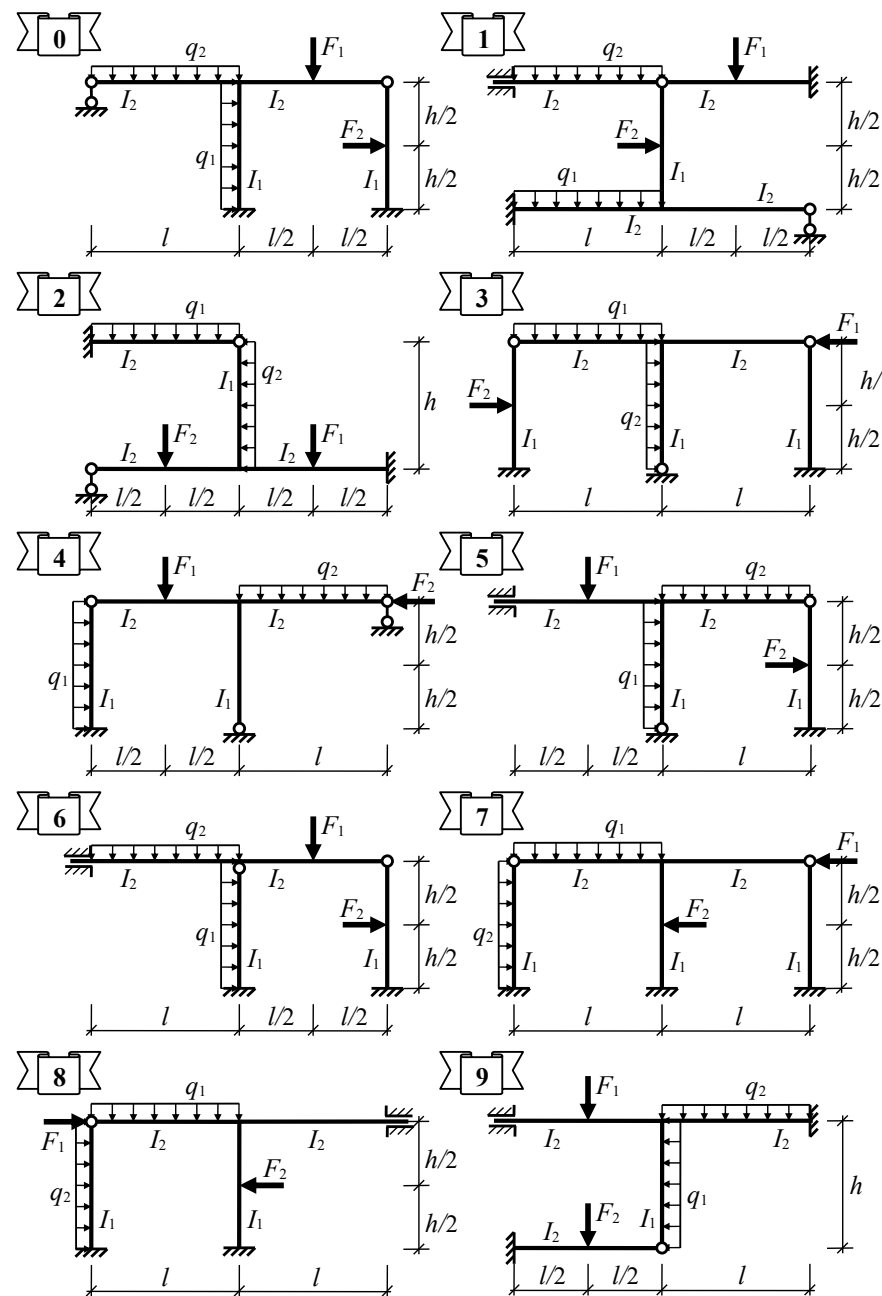


Рис. 6. Расчетные схемы рам к РГР № 5

## Задача 5.2. Расчет рамы методом перемещений в матричной форме

Таблица 6

### Задание

Определить угловые и линейные перемещения узлов, а также внутренние усилия в стержнях заданной схемы рамы с помощью матричного метода перемещений. Полученные результаты сравнить с решением, полученным в задаче 5.1.

Исходные данные к задаче принимаются те же, что при выполнении задачи 5.1 (см. табл. 5, рис. 6).

### Порядок выполнения задания

1. Изобразить основную систему для расчета рамы матричным методом перемещений. Показать на ней порядок обхода стержней и пронумеровать все возможные угловые и линейные перемещения расчетных сечений рамы.

2. Записать в общем виде матрицу жесткости и вектор нагрузки для изгибаемого стержня рамы.

3. Составить матрицы-столбцы изгибных жесткостей (в относительных величинах), длин стержней, а также сосредоточенных и распределенных нагрузок, приложенных к отдельным стержням расчетной схемы.

4. Составить матрицу индексов, устанавливающую соответствие между нумерацией узловых перемещений в отдельных стержнях и сквозной нумерацией перемещений для всей расчетной схемы (с учетом условий закрепления заданной схемы рамы).

5. Составить вектор узловых нагрузок (сосредоточенных сил, приложенных в узлах по направлению искомым перемещений).

6. Ввести исходные данные в программу и выполнить расчет рамы матричным методом перемещений в вычислительной среде Mathcad.

7. Полученные результаты сравнить с результатами расчета рамы методом перемещений в канонической форме (задача 5.1).

8. Используя найденные значения узловых перемещений, изобразить деформированную схему рамы.

9. Привести распечатку программы расчета в *Mathcad* или ее фрагментов, содержащих исходные данные и результаты расчета.

Реакции и усилия в изгибаемых стержнях

№ п/п	Схемы воздействия на стержни	Значения опорных реакций	Эпюры изгибающих моментов
1		$\begin{matrix} \curvearrowright 3EI/l \\ \downarrow 3EI/l^2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \uparrow 3EI/l^2 \end{matrix}$	
2		$\begin{matrix} \curvearrowright 3EI/l^2 \\ \uparrow 3EI/l^3 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \downarrow 3EI/l^3 \end{matrix}$	
3		$\begin{matrix} \curvearrowright 4EI/l \\ \downarrow 6EI/l^2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \curvearrowright 2EI/l \\ \uparrow 6EI/l^2 \end{matrix}$	
4		$\begin{matrix} \curvearrowright 6EI/l^2 \\ \uparrow 12EI/l^3 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \curvearrowright 6EI/l^2 \\ \downarrow 12EI/l^3 \end{matrix}$	
5		$\begin{matrix} \curvearrowright 3Fl/16 \\ \uparrow 11F/16 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \downarrow F \\ \uparrow 5F/16 \end{matrix}$	
6		$\begin{matrix} \curvearrowright ql^2/8 \\ \uparrow 5ql/8 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \downarrow q \\ \uparrow 3ql/8 \end{matrix}$	
7		$\begin{matrix} \curvearrowright F/8 \\ \uparrow F/2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \downarrow F \\ \uparrow F/2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \curvearrowright F/8 \end{matrix}$	
8		$\begin{matrix} \curvearrowright ql^2/12 \\ \uparrow ql/2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \downarrow q \\ \uparrow ql/2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \curvearrowright ql^2/12 \end{matrix}$	

## Рекомендуемая литература

1. *Бабанов В. В.* Строительная механика: учебник для студ. учрежд. высш. проф. образования. В 2-х т. / В. В. Бабанов. – М. : Издательский центр «Академия», 2011. – Т. 1. – 304 с.
2. *Бабанов В. В.* Строительная механика: учебник для студ. учрежд. высш. проф. образования. В 2-х т. / В. В. Бабанов. – М. : Издательский центр «Академия», 2011. – Т. 2. – 288 с.
3. *Дарков А. В.* Строительная механика : учебник / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. 9-е изд., испр. – СПб. : Лань, 2004. – 656 с.
4. *Ильин В. П.* Численные методы решения задач строительной механики: учеб. пособие / В. П. Ильин, В. В. Карпов, А. М. Масленников. – М. : Изд-во АСВ, 2005. – 425 с.
5. *Масленников А. М.* Начальный курс строительной механики стержневых систем / А. М. Масленников. 2-е изд., доп. – СПб. : ООО «Перспектив науки», 2009. – 240 с.
6. Строительная механика. Статика упругих систем : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. / В. Д. Потапов, А. В. Александров, С. Б. Косицын, Д. Б. Долотказин ; под ред. В. Д. Потапова. – М. : Высш. шк., 2007. – Кн. 1. – 511 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Общие требования к оформлению РГР .....	4
Расчетно-графическая работа № 1. Расчет статически определимых систем на неподвижную нагрузку .....	5
Расчетно-графическая работа № 2. Расчет статически определимых систем на подвижную нагрузку .....	12
Расчетно-графическая работа № 3. Определение перемещений в статически определимых системах .....	14
Расчетно-графическая работа № 4. Расчет плоской статически неопределимой рамы методом сил .....	16
Расчетно-графическая работа № 5. Расчет плоской статически неопределимой рамы методом перемещений .....	19
Рекомендуемая литература .....	24

Учебное издание

**СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

Методические указания и схемы заданий  
к расчетно-графическим работам

Составители:

**Лукашевич** Анатолий Анатольевич  
**Лукашевич** Надежда Кимовна

Редактор и корректор К. И. Бойкова  
Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 14.06.2018. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 1,6. Тираж 100 экз. Заказ 78. «С» 46.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, ул. Егорова, д. 5/8, лит. А.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ