

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра строительного производства и экспертизы недвижимости

**Андрей Владимирович Покатилов**  
**Алексей Борисович Сорокин**  
**Галина Павловна Бардакова**

## **СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

**Методические указания к выполнению контрольной работы**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления  
подготовки 270800.62 «Строительство» в качестве электронного  
издания для самостоятельной работы

Кемерово 2014

## Рецензенты

Гилязидинова Н. В. – к.т.н., заведующий кафедрой строительного производства и экспертизы недвижимости

Угляница А. В. – председатель учебно-методической комиссии специальности 270800.62 «Строительство»

**Покатилов Андрей Владимирович. Строительная механика: методические указания к выполнению контрольной работы [Электронный ресурс] для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство», профиля «Автомобильные дороги», заочной формы обучения / А. В. Покатилов, А. Б. Сорокин, Г. П. Бардакова. – Кемерово : КузГТУ, 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ; зв. ; цв. ; 12 см. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 8 Мб ; Windows XP ; (CD-ROM-дисковод) ; мышь. – Загл. с экрана.**

Включают вопросы из теории и пример решения двух задач, а также варианты заданий контрольной работы. Предназначены в помощь студентам при изучении курса дисциплины «Строительная механика». Разработаны впервые.

©КузГТУ, 2014  
©Покатилов А. В.,  
Сорокин А. Б.,  
Бардакова Г. П., 2014

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Современное проектирование дорог достаточно сложное. Поэтому требуется использование компьютерных программ, в основе которых лежат методы расчета, применяемые в строительной механике. В связи с этим изучение данной дисциплины является важным и необходимым этапом обучения.

Данные методические указания составлены, для того чтобы облегчить студентам заочного обучения выполнение запланированных учебным планом контрольной работы, которая включает решение двух задач, а также в них представлены варианты заданий контрольной работы и краткие теоретические сведения о порядке их выполнения.

Прежде чем приступить к изучению строительной механики и решению контрольной работы, студентам необходимо усвоить дифференциальные и интегральные исчисления, теоретическую механику и сопротивление материалов.

В курсе сопротивления материалов студентам рассказывается теория расчета простого бруса, а в строительной механике, в узком смысле слова, теория расчета системы брусьев или стержней, образующих сооружение. Помимо этого в строительной механике излагаются методы расчета сооружений на прочность, жесткость и устойчивость в условиях действия постоянных и временных нагрузок.

Овладение предметом «Строительная механика» позволит студентам, получившим степень бакалавра, успешно заниматься проектированием, создавая различные сооружения с высокой прочностью и надежностью в сочетании с их экономичностью, используя современные компьютерные программы, а также решать различные другие задачи, встречающиеся в строительной практике.

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой по направлению подготовки 270800.62 «Строительство», профиль «Автомобильные дороги».

## 2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ О ПОРЯДКЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Основной формой обучения студентов является самостоятельная систематическая работа по изучению литературы и с ее помощью решение контрольной работы. В табл. 1 представлены наименования задач, входящих в контрольную работу, и рекомендуемая литература.

Таблица 1

Наименование тем контрольной работы

№ работы	Наименование тем	Литература
1	Расчет многопролетной шарнирной балки (МШБ)	[1] (с. 29–78), [2] (с. 31–75), [3] (с. 12–22, 135–152, 353–355), [4] (с. 12–34), [5] (с. 37–44), [6] (с. 33–76, 186–205), [7]
2	Расчет статически определимой рамы	[2] (с. 31–75), [3] (с. 12–15), [6] (с. 76–97), [8]

Перед решением задач необходимо изучить теоретический материал по учебникам, подробно разбирая примеры расчета соответствующих конструкций различными методами, и определить последовательность выполнения заданий.

Самостоятельное решение задания имеет большое значение для усвоения изучаемого материала. Ответы на вопросы, возникшие при изучении тем контрольной работы, можно получить в ходе лекций, читаемых во время сессии, и консультаций, предусмотренных учебным планом.

Исходные данные для контрольной работы выбираются студентами из таблиц вариантов в соответствии с их личным учебным шифром. За шифр принимаются три последних цифры номера зачетной книжки. Например, если номер зачетной книжки СД<sub>3</sub> – 053178, то учебный шифр 178. Все таблицы, содержащие исходные данные для работ, имеют три столбца с указанием возможных последних цифр шифра (табл. 2). По каждой цифре вы-

бираются соответствующие характеристики конструкций.

Таблица 2

Общий вид таблицы с исходными данными

Первая цифра шифра	Характеристики конструкций	Вторая цифра шифра	Характеристики конструкций	Третья цифра шифра	Характеристики конструкций
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
...		...		...	

В случае если работы выполнены не по шифру и не в соответствии с таблицами 3–4, преподаватель может их не проверять, а вернуть студенту без рассмотрения.

Каждая задача должна выполняться в карандаше или в графических программах на компьютере на одном листе ватмана формата А3, А2 или листах в клетку (тетрадь). При выполнении работ на листе ватмана в левом верхнем углу листа должна быть показана схема задания с проставленными численными значениями размеров и нагрузки, а в правом нижнем углу вычерчен стандартный штамп.

### 3. РАСЧЕТ МНОГОПРОЛЕТНОЙ ШАРНИРНОЙ БАЛКИ

Многопролетной шарнирной балкой (МШБ) называется статически определимая и геометрически неизменяемая система, состоящая из ряда однопролетных балок (с консолями и без них), соединенных между собой шарнирами.

Расчет МШБ на действие неподвижной нагрузки выполняется аналитически и сводится к расчету отдельных однопролетных балок с использованием уравнений статики.

Расчет МШБ на действие подвижной нагрузки производится с помощью линий влияния (ЛВ).

### 3.1. Расчет МШБ на действие неподвижной нагрузки

Порядок расчета балки.

1. Выполняется кинематический анализ. Цель анализа установить число шарниров, введенных в пролеты, и определить правильность их размещения.

$$Ш = C_0 - 3, \quad (1)$$

где  $C_0$  – число опорных связей; 3 – число уравнений статики.

2. Строится схема взаимодействия («поэтажная» схема). Она должна располагаться непосредственно под заданной балкой.

При построении «поэтажной» схемы следует иметь в виду, что на нижних этажах располагаются основные балки (защемленные или имеющие две собственные опоры), на них устанавливаются вспомогательные (имеющие только одну собственную опору) и подвесные (не имеющие собственных опор).

3. Составляются расчетные схемы простых балок. Для этого на них показываются опорные реакции и силы взаимодействия в шарнирах, являющиеся опорными реакциями для вышележащих балок и нагрузкой для нижележащих.

4. Определяются опорные реакции в каждой простой балке. Их находят, начиная с верхних балок, последовательно переходя к нижележащим. При определении реакций в нижележащих балках следует учитывать нагрузку не только приложенную к ним, но и силы взаимодействия в шарнирах. После определения опорных реакций выполняется их проверка с использованием уравнений статики.

5. Проверяются значения опорных реакций. Основным уравнением для их проверки является  $\Sigma Y = 0$ .

6. Строится эпюра моментов  $M$ . При построении эпюры, определяются моменты в характерных поперечных сечениях каждой простой балки. Для определения моментов в балках, занимающих все этажи кроме верхних, учитываются силы взаимодействия в шарнирах. Момент считается положительным, если растягивается нижнее (пунктирное) волокно. На эпюре моментов данное значение откладывается со стороны пунктирного волокна.

7. Строится эпюра поперечных сил  $Q$ . Эпюра моментов  $M$  разбивается на участки таким образом, чтобы значение изги-

бающего момента было постоянное. После чего определяются поперечные силы, используя дифференциальную зависимость Д. И. Журавского:

$$Q = \frac{dM}{dx} . \quad (2)$$

Положительное значение поперечной силы откладывается со стороны сплошного (верхнего) волокна.

### 3.2. Расчет МШБ на подвижную нагрузку

Расчет сооружений на подвижную нагрузку производится с помощью линий влияния (ЛВ).

Линия влияния – это график, показывающий изменение какого-либо фактора (опорной реакции, изгибающего момента, поперечной или продольной силы) в определенном сечении от подвижной нагрузки  $P = 1$ .

Ордината ЛВ равна величине того фактора, для которого эта ЛВ построена в тот момент времени, когда подвижный груз  $P = 1$  стоит над этой нагрузкой. ЛВ может быть построена статическим или кинематическим способом.

Порядок расчета МШБ на подвижную нагрузку.

1. Строится поэтажная схема.

2. Строится ЛВ опорной реакции:

– на поэтажной схеме определяется балка, которой принадлежит данная опора;

– записывается уравнение статики  $\sum M_i = 0$ ;

– получается зависимость опорной реакции от текущей абсциссы  $X$  груза  $P = 1$ .

3. Определяется величина опорной реакции от действующих на балку нагрузок. Величина опорной реакции от действия системы сосредоточенных сил, распределенной нагрузки и сосредоточенных моментов находится по формуле

$$V_i = \sum P_i y_i + \sum q_i w_i + \sum M_i \operatorname{tg} \alpha_i . \quad (3)$$

4. Строятся ЛВ изгибающего момента и поперечной силы в заданном сечении:

– из поэтажной схемы определяется, каким является участок, на котором показано сечение – либо балкой на двух опорах, либо

консолью;

– статическим или кинематическим способом строятся графики перемещений.

5. По построенным ЛВ определяются значения момента и поперечной силы по формуле (3).

После определения усилий их необходимо сравнить со значениями, полученными в аналитическом методе.

### 3.3. Задача №1

#### «Расчет многопролетной шарнирной балки»

**Задание.** Для балки (рис. 1), выбранной согласно варианту (табл. 3) требуется:

- 1) построить эпюры  $M$  и  $Q$  аналитическим способом;
- 2) построить ЛВ трех опорных реакций (по выбору студента);
- 3) построить ЛВ изгибающего момента  $M$  и поперечной силы  $Q$  для заданных сечений;

4) по ЛВ определить значения опорных реакций, изгибающего момента и поперечной силы от заданных нагрузок.

Таблица 3

Исходные данные к контрольной работе №1

Первая цифра шифра	$a$ , м	Номер сечения	Вторая цифра шифра	Схема нагрузки (рис. 1б)	$q$ , кН/м	Третья цифра шифра	Номер схемы (рис. 2)	$P$ , кН
0	2	1;3	0	9	1	0	1	1
1	4	1;4	1	6	2	1	3	8
2	7	2;3	2	8	6	2	7	4
3	8	2;4	3	1	4	3	0	7
4	3	1;3	4	7	3	4	8	3
5	2,5	2;3	5	2	7	5	4	6
6	5	2;4	6	4	3	6	6	9
7	4,5	1;4	7	0	8	7	2	10
8	6	2;3	8	5	9	8	9	2
9	3,5	1;3	9	3	5	9	5	5



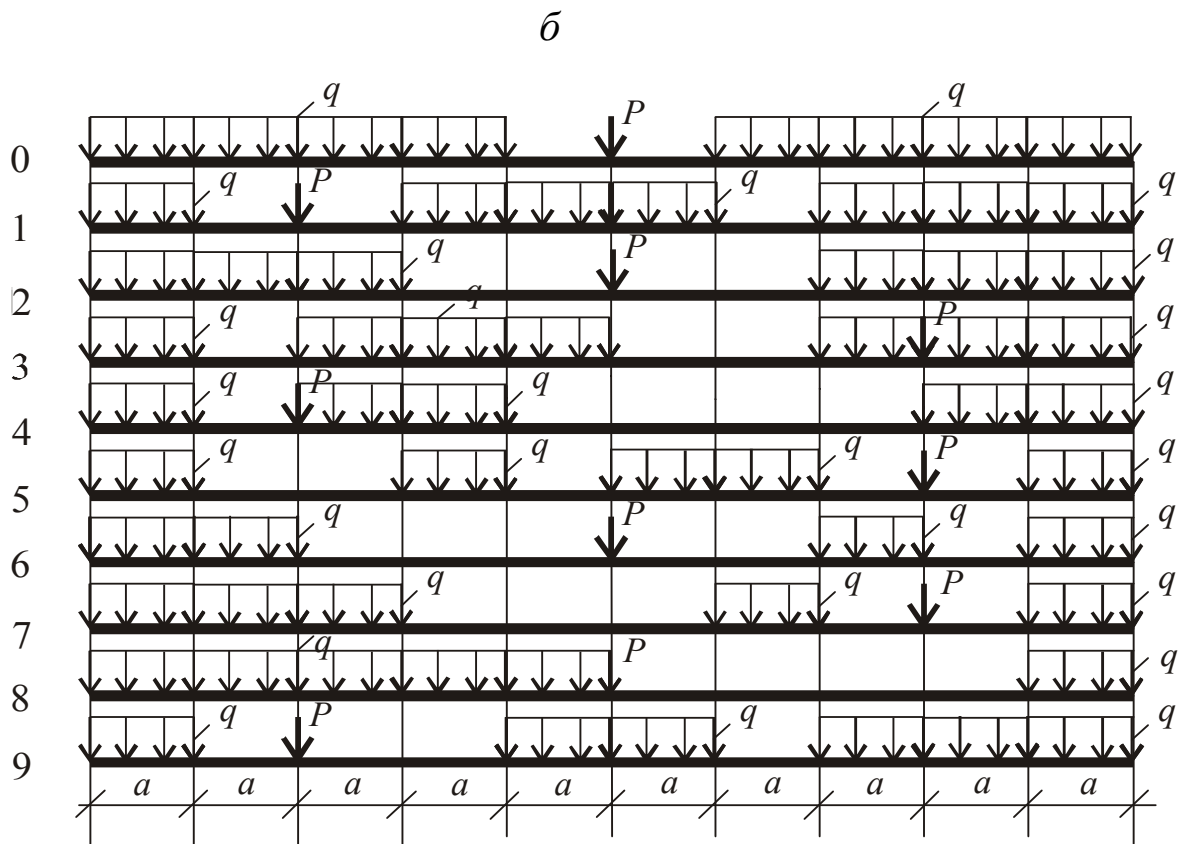
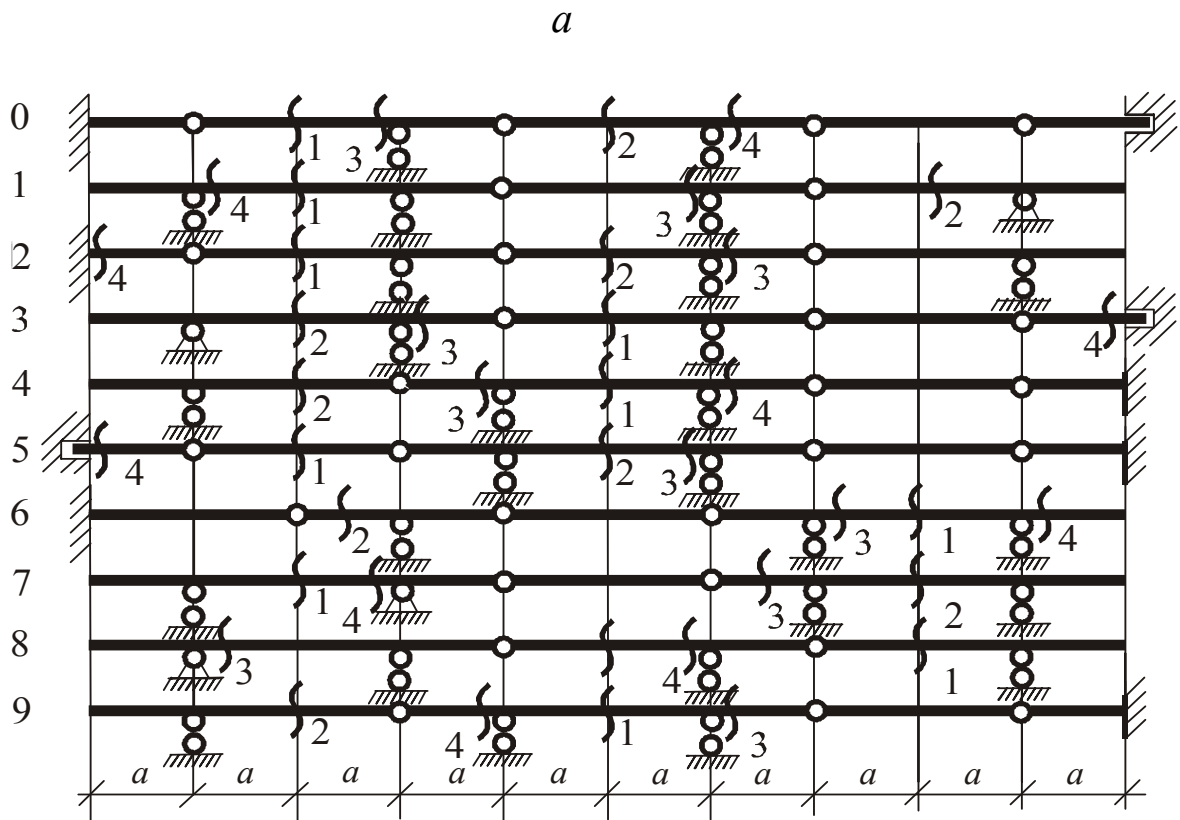


Рис. 1. Номера схем:  
*a* – балок; *б* – нагрузок

## 4. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ

Рамами называются геометрически неизменяемые стержневые системы, стержни которых жестко связаны между собой во всех или нескольких углах. Вертикальные элементы рам называются стойками, а горизонтальные или близкие к ним – ригелями.

### 4.1. Расчет рамы на действие статических нагрузок

Порядок расчета рамы.

1. Выполняется кинематический анализ. В ходе его выполнения устанавливается геометрическая неизменяемость и статическая определимость рамы по формуле

$$n = 3D - 2Ш - C_0 = 0. \quad (4)$$

После выполнения условия осуществляется проверка правильности геометрической структуры рамы.

2. Определяются опорные реакции и усилия в шарнирах. Для этого рассматривается равновесие всей системы в целом и каждого диска отдельно, если рама имеет более трех опорных стержней.

Основные уравнения равновесия имеют вид:

$$\sum X = 0; \sum Y = 0; \sum M_{(p)} = 0. \quad (5)$$

3. Строится эпюра моментов. Изгибающие моменты в характерных сечениях рамы определяются как алгебраическая сумма моментов всех сил (включая опорные реакции), расположенных по одну сторону от сечения, относительно его центра тяжести.

Положительным считается момент, растягивающий пунктирное волокно. Положение пунктирного волокна выбирается произвольно. На эпюре положительное значение момента откладывается со стороны пунктирного волокна.

4. Строится эпюра поперечных сил. Эпюра поперечных сил строится по эпюре моментов по участкам, при этом все стержни разворачиваются так, чтобы пунктирное волокно располагалось снизу. При ее построении удобно пользоваться зависимостью (2).

Положительное значение поперечной силы откладывается со стороны сплошного волокна, а отрицательное – со стороны пунктирного.

5. Строится эпюра продольных сил. Для построения эпюры

продольных сил вырезаются отдельные узлы рамы, а действие отброшенной части на оставшуюся заменяется внутренними усилиями  $Q$  и  $N$ .

Положительное значение поперечной силы, взятое с эпюры поперечных сил, вращает вырезанный узел по ходу часовой стрелки, а отрицательное – против.

Проецируя все силы на ось  $X$  и  $Y$ , в том числе внешние сосредоточенные силы, приложенные в узле, определяются неизвестные продольные усилия.

Продольная сила, направленная от узла и вызывающая растяжение, считается положительной, а сила, направленная к узлу и вызывающая сжатие, считается отрицательной.

При построении эпюры продольных сил положительные значения откладываются со стороны сплошного волокна, а отрицательные – со стороны пунктирного.

б. Выполняется проверка построенных эпюр. Для проверки построенных эпюр используются следующие основные признаки:

- на участке, где действует распределенная нагрузка, эпюра моментов ограничена параболой, а эпюра поперечных сил наклонной прямой, относительно оси балки;

- в сечениях, где действует сосредоточенная сила, на эпюре моментов должен быть излом в сторону действия силы, а на эпюре поперечных сил – скачок на величину силы;

- в сечениях, где поперечная сила равна нулю, изгибающий момент имеет экстремум;

- в сечениях, где действует сосредоточенный момент, на эпюре моментов имеется скачок на величину момента, а на эпюре поперечных сил – без изменений.

## 4.2. Задача №2

### «Расчет статически определимых рам»

**Задание.** Для рамы, выбранной согласно варианту (табл. 4), требуется построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.

## Исходные данные к контрольной работе №2

Первая цифра шифра	$l$ , м	$P$ , кН	Вторая цифра шифра	$h$ , м	$q$ , кН/м	Третья цифра шифра	Номер схемы (рис. 2)	$M$ , кН·м
0	3	7	0	5	8	0	6	9
1	7	9	1	3	7	1	9	4
2	5	4	2	7,5	4,5	2	2	7
3	4	5	3	4	2,5	3	5	6
4	6	8	4	6,5	4	4	7	2
5	7,5	2	5	5,5	5,5	5	1	10
6	3,5	10	6	8	3,5	6	8	5
7	4,5	3	7	3,5	5	7	3	8
8	6,5	6	8	6	2	8	0	3
9	5,5	12	9	4,5	3	9	4	1

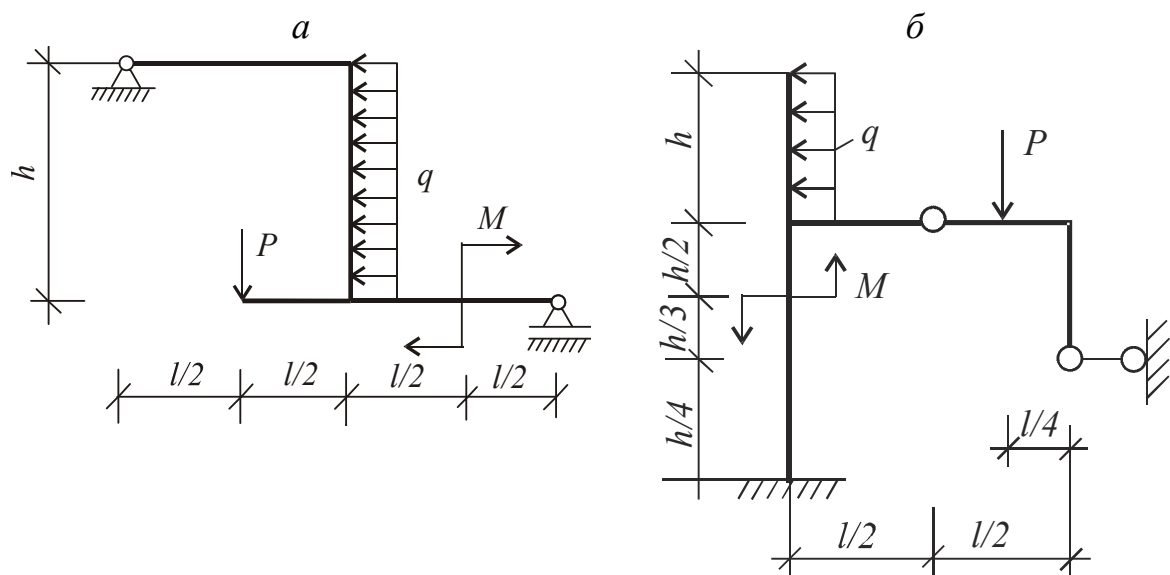
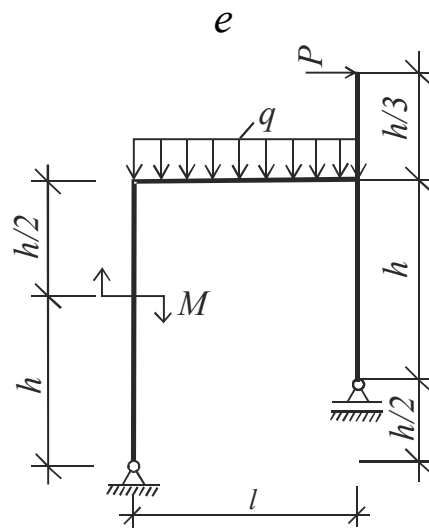
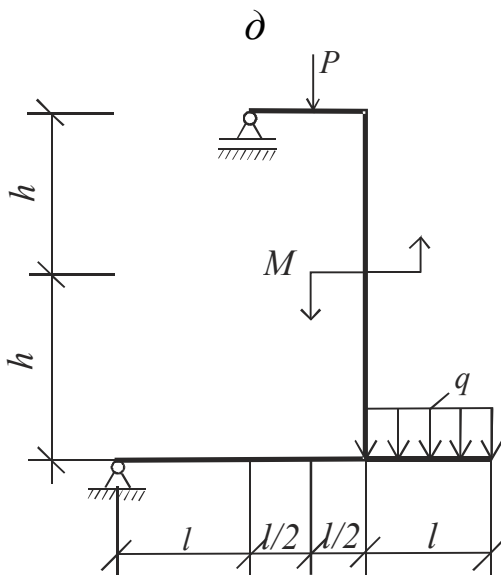
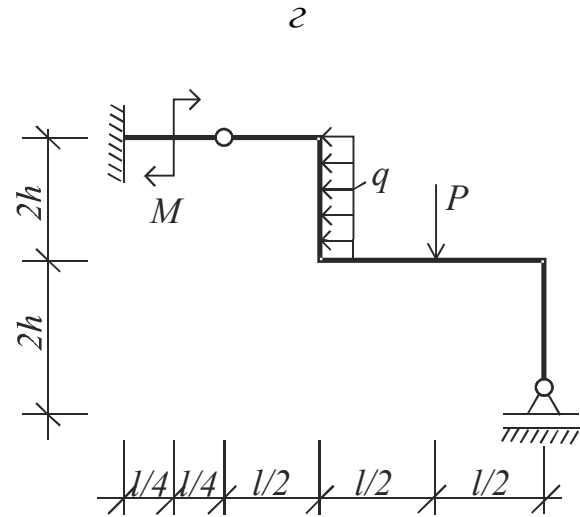
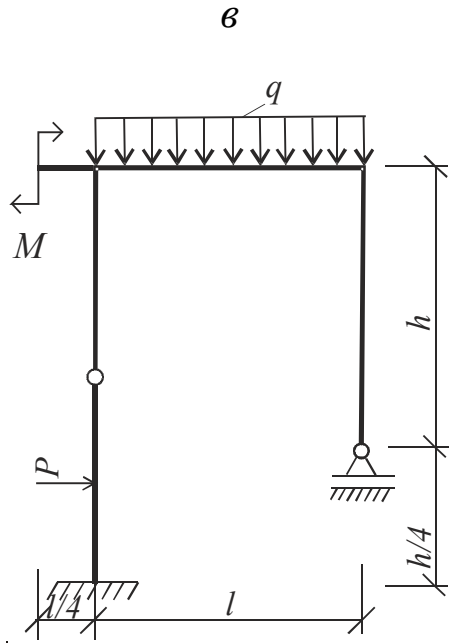
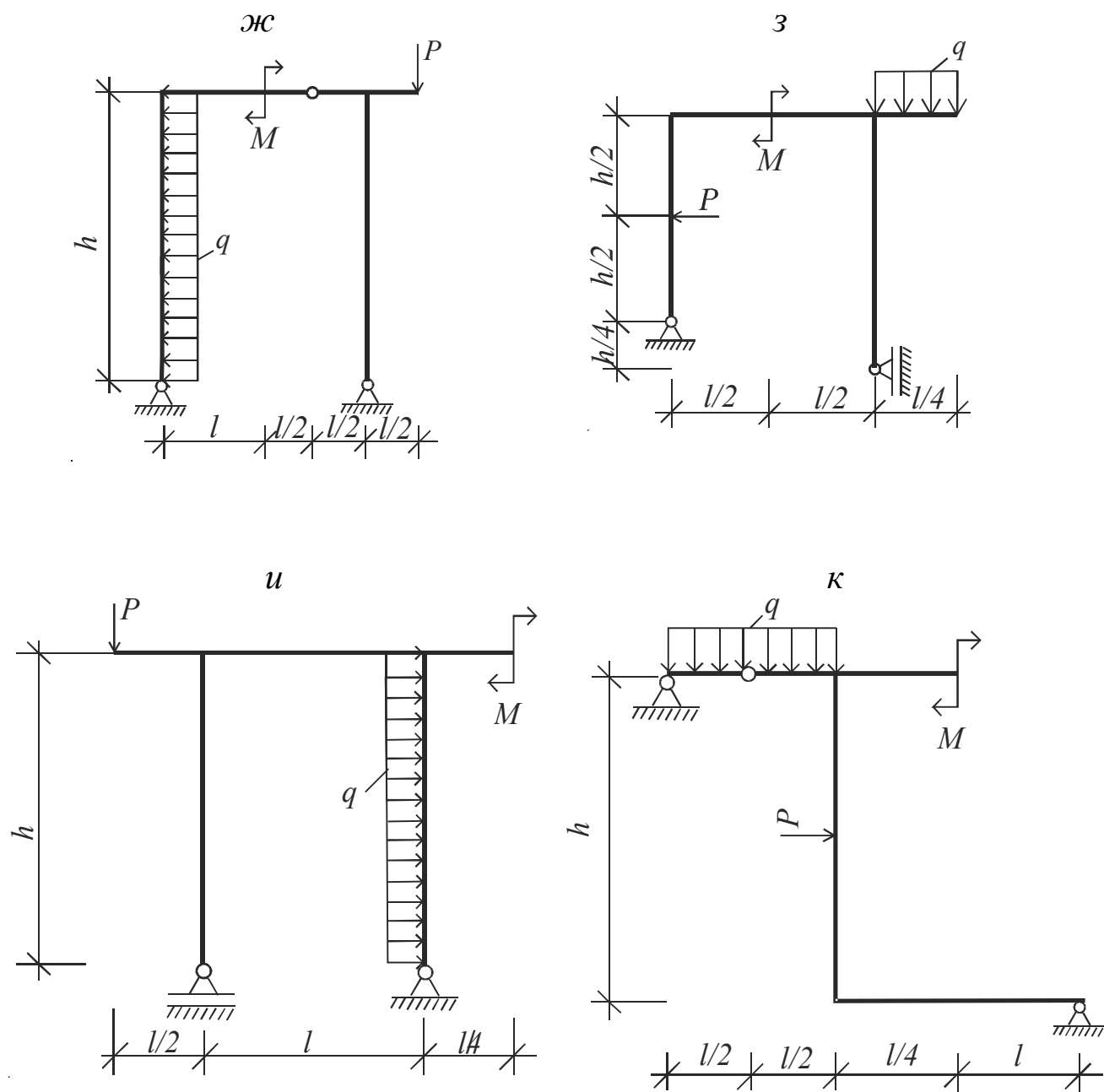


Рис. 2. Варианты схем рам:  
 а – схема № 1; б – схема № 2



Продолжение рис. 2:  
 в – схема № 3; г – схема № 4; д – схема № 5; е – схема № 6



Продолжение рис. 2:

Ж – схема № 7; з – схема № 8; и – схема № 9; к – схема № 10

### Список рекомендуемой литературы

1. Дарков, А. В. Строительная механика [Электронный ресурс] : учебник [для студентов строительных специальностей вузов] / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. – Санкт-Петербург : Лань, 2010. <http://e.lanbook.com/books/element.php>
2. Потапов, В. Д. Строительная механика в 2 кн. Кн. 1 Статика упругих систем: учебник для вузов / В. Д. Потапов,

А. В. Александров. – Москва : Высш. шк., 2007. – 511 с.: ил.

3. Кривошапко, С. Н. Строительная механика: лекции, семинары, расчетно-графические работы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям в области техники и технологии. – Москва : Высшая школа, 2008. – 391 с.

4. Саргсян, А. Е. Строительная механика. Механика инженерных конструкций: учеб. пособие. – Москва : Высшая школа, 2004. – 462 с.

5. Русаков, А. И. Строительная механика: учеб. пособие. – Москва : Проспект, 2009. – 360 с.

6. Анохин, Н. Н. Строительная механика в примерах и задачах. Ч. I. Статически определимые системы: учеб. пособие. – 2-е изд., доп. и перераб. / Н. Н. Анохин. – Москва : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. – 335 с.

7. Строительная механика: методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс] : для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство», профиль «Автомобильные дороги», очной формы обучения / А. В. Покатилов. – Кемерово : КузГТУ, 2014.