**10.04.2020 Техническая механика**

**Лекция. Тема: Эпюры внутренних усилий для рам с разным типом закрепления.**

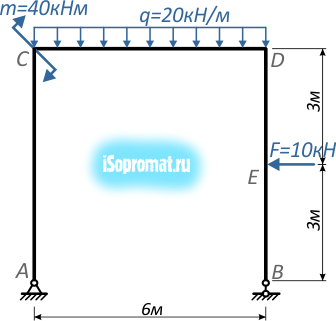
**Цель работы:**

1. Приобрести навыки построения эпюр внутренних усилий.

2. Изучить метод сил применительно к расчету статически неопределимых рам. Приобрести практические навыки расчета статически неопределимых рам методом сил.

**Методические указания :**

1. Изучить пример решения задачи.
2. Составить краткий конспект.
3. Решить задачу по своему варианту (номер варианта - номер по списку в журнале)

Рама состоит из трех частей (левая и правая вертикальные стойки соединенные горизонтальным ригелем), но при этом имеет четыре [силовых участка](https://isopromat.ru/glossary/silovoj-uchastok) – AC, CD, BE и DE, на каждом из которых нам потребуется определить величину и направление [внутренних усилий](https://isopromat.ru/sopromat/obzornyj-kurs-teorii/vnutrennie-silovye-faktory-vidy-nagruzenia-pravilo-znakov).

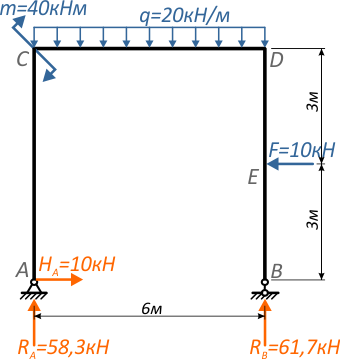
Для заданной расчетной схемы рамы ранее мы уже [определили опорные реакции](https://isopromat.ru/sopromat/primery-reshenia-zadach/opredelenie-opornyh-reakcij/v-rame).  


Рис. 2

## Расчет значений

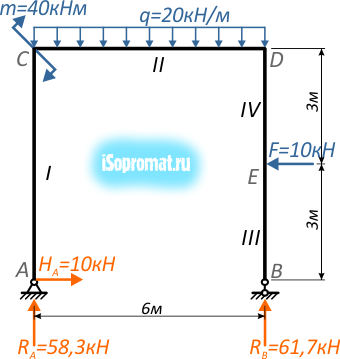
Обозначим силовые участки римскими цифрами.  


Рис. 3

Для расчета значений, необходимых для [построения эпюр](https://isopromat.ru/sopromat/primery-reshenia-zadach/postroenie-epur), будем пользоваться [методом сечений](https://isopromat.ru/sopromat/teoria/metod-sechenij) и соответствующими [правилами знаков](https://isopromat.ru/sopromat/teoria/pravilo-znakov).

Начинаем с первого силового участка AC.

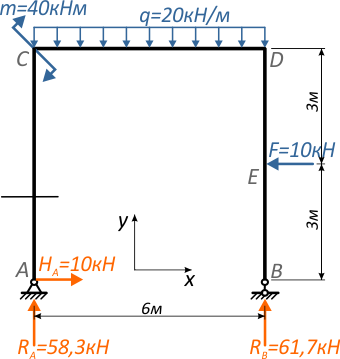
Мысленно рассекаем его в любом месте между крайними точками участка.  


Рис. 4

Это сечение делит раму на две части:

1. нижнюю часть стойки до точки A
2. всю остальную часть, включая верхнюю от сечения часть левой стойки, ригель CD и правую стойку BD.

Наш видеоурок построения эпюр внутренних силовых факторов для балки:

Можно рассмотреть любую из них, но для упрощения расчетов рекомендуется выбирать менее нагруженную часть конструкции.

Очевидно, что в данном случае проще рассматривать нижнюю часть стойки.

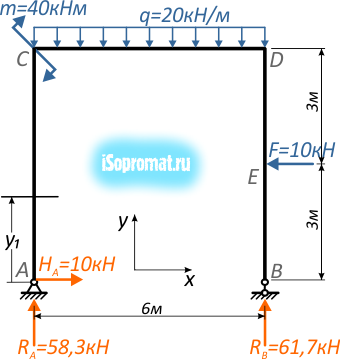
Расстояние от границы участка до сечения обозначим переменной y1, возможные значения которой находятся в пределах от нуля до длины участка.  


Рис. 5

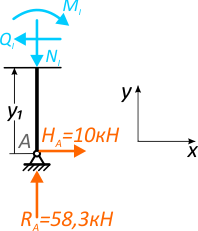
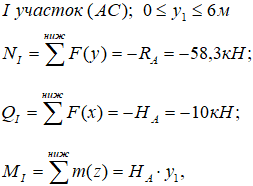
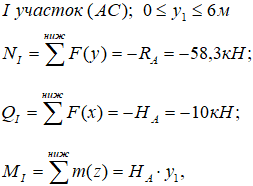
Действие отброшенной части рамы заменим [внутренними усилиями](https://isopromat.ru/sopromat/obzornyj-kurs-teorii/vnutrennie-silovye-faktory-vidy-nagruzenia-pravilo-znakov) NI, QI и MI.  


Рис. 6

Рассчитаем их:  
В выражении для MI переменная y1 в первой степени, а значит, эпюра на этом участке будет изображаться прямой. Для ее построения необходимы значения в двух точках.  
Рассчитаем их на границах участка, в точках A и C:  
В записанных выражениях:  
NI – по [правилу знаков для внутренних продольных сил](https://isopromat.ru/sopromat/teoria/pravilo-znakov/pri-rastyazhenii-szhatii) – отрицательна, т.к. на участке имеет место [сжатие](https://isopromat.ru/sopromat/teoria/rastyazhenie-szhatie);  
QI – отрицательна, т.к. стремится повернуть рассматриваемую часть рамы [против хода часовой стрелки](https://isopromat.ru/tehmeh/video/pravilo-znakov-dla-poperechnyh-sil);  
Для изгибающих моментов M будем отмечать то, [какие слои они стремятся сжать](https://isopromat.ru/tehmeh/video/pravilo-znakov-dla-izgibaushih-momentov). В данном случае момент MI сжимает правую сторону стойки.

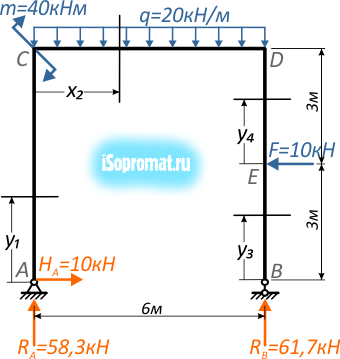
Расчет значений внутренних силовых факторов для остальных участков рамы выполняется аналогично.  


Рис. 7

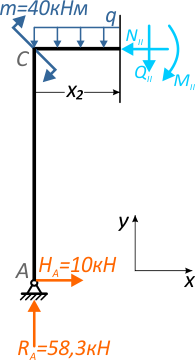
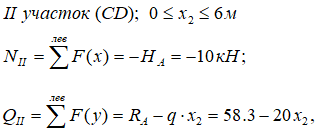
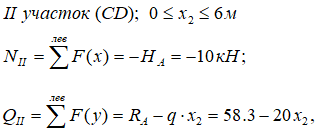
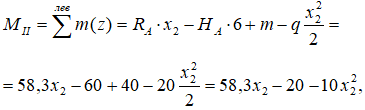
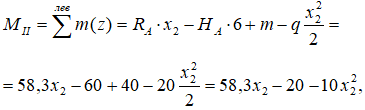
На втором участке, проведя сечение (рис. 7), выберем для рассмотрения левую часть рамы (левая часть ригеля со стойкой AC).  


Рис. 8

Продольную силу NII здесь вызывает горизонтальная [реакция](https://isopromat.ru/sopromat/teoria/opornye-reakcii) HA, которая сжимает ригель.  
Поперечную силу QII в сечении дают реакция RA и распределенная нагрузка q.  
Изгибающий момент MII создается всеми нагрузками расположенными слева от рассматриваемого сечения.  
Опорные реакции RA и HA создают [момент силы](https://isopromat.ru/teormeh/obzornyj-kurs/moment-sily). Для момента создаваемого силой HA [плечо](https://isopromat.ru/glossary/plecho-sily) одинаково для любого положения сечения, и равно длине стойки AC, для момента реакции RA плечо переменное (y2).  
О том, как рассчитать момент, создаваемый распределенной нагрузкой q можно [прочитать здесь](https://isopromat.ru/sopromat/otvet/moment-nagruzki).

Записываем выражения:  
это уравнение прямой, поэтому рассчитаем значения на границах участка:  
Сразу следует обратить внимание, что значения на границах участка имеют противоположные знаки, т.е. эпюра Q на данном участке пересекает базовую (нулевую) линию, следовательно, на эпюре моментов MII в этом сечении будет [экстремум](https://isopromat.ru/tehmeh/video/opredelenie-ekstremuma-epury-momentov-m) (эпюры Q и M [дифференциально зависимы](https://isopromat.ru/%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D1%8D%D0%BF%D1%8E%D1%80)).

Запишем выражение для изгибающих моментов:  
получили уравнение параболы, для построения которой требуется минимум три точки.

Двумя из них будут граничные значения момента:  
Третьей станет значение экстремума эпюры M на участке.

Короткое видео про расчёт экстремума эпюры изгибающих моментов:  
  
Рассчитаем его:  
Выражение для QII приравниваем к нулю  
откуда находим координату сечения рамы, где Q пересекает базовую линию.  
подставляем ее в выражение для MII и находим значение экстремума.  

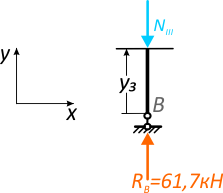
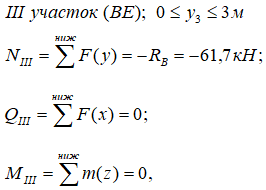
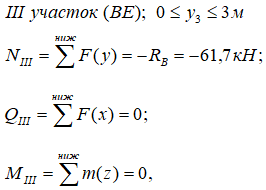

Для третьего участка рамы выбираем нижнюю часть (рис. 7):  


Рис. 9

Записываем выражения:  
Здесь имеется только продольная сжимающая сила.

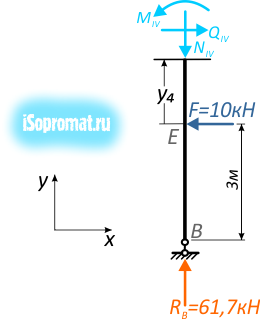
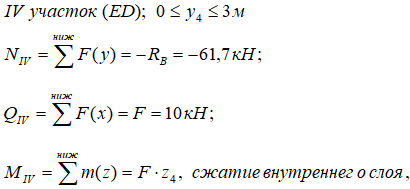
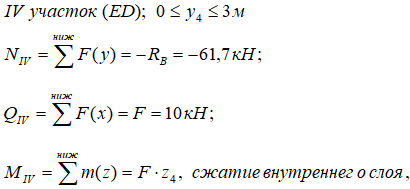
На четвертом участке (рис. 7) тоже рассмотрим нижнюю часть стойки  


Рис. 10

Граничные значения изгибающего момента  


Расчет значений окончен, переходим к графическим построениям.

## Построение эпюр

Для горизонтальных и вертикальных участков рамы положительные значения эпюр продольных N и поперечных сил Q будем откладывать соответственно вверх и вправо.

Эпюра внутренних продольных сил N:

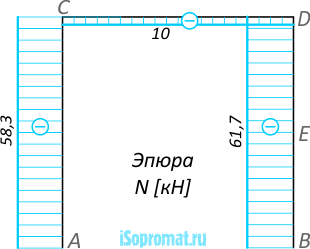
*Эпюра внутренних продольных сил N рамы*

Рис. 11

Эпюра внутренних поперечных сил Q:

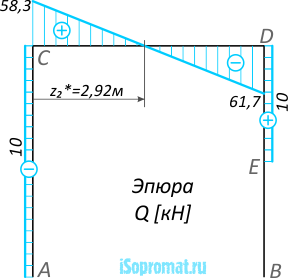
*Эпюра внутренних поперечных сил Q рамы*

Рис. 12

Эпюра изгибающих моментов M строится на сжатых волокнах рамы:

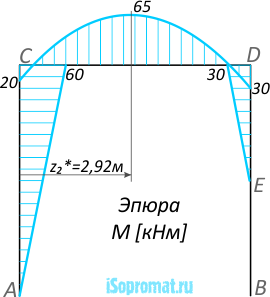
*Эпюра внутренних изгибающих моментов M рамы*

Рис. 13

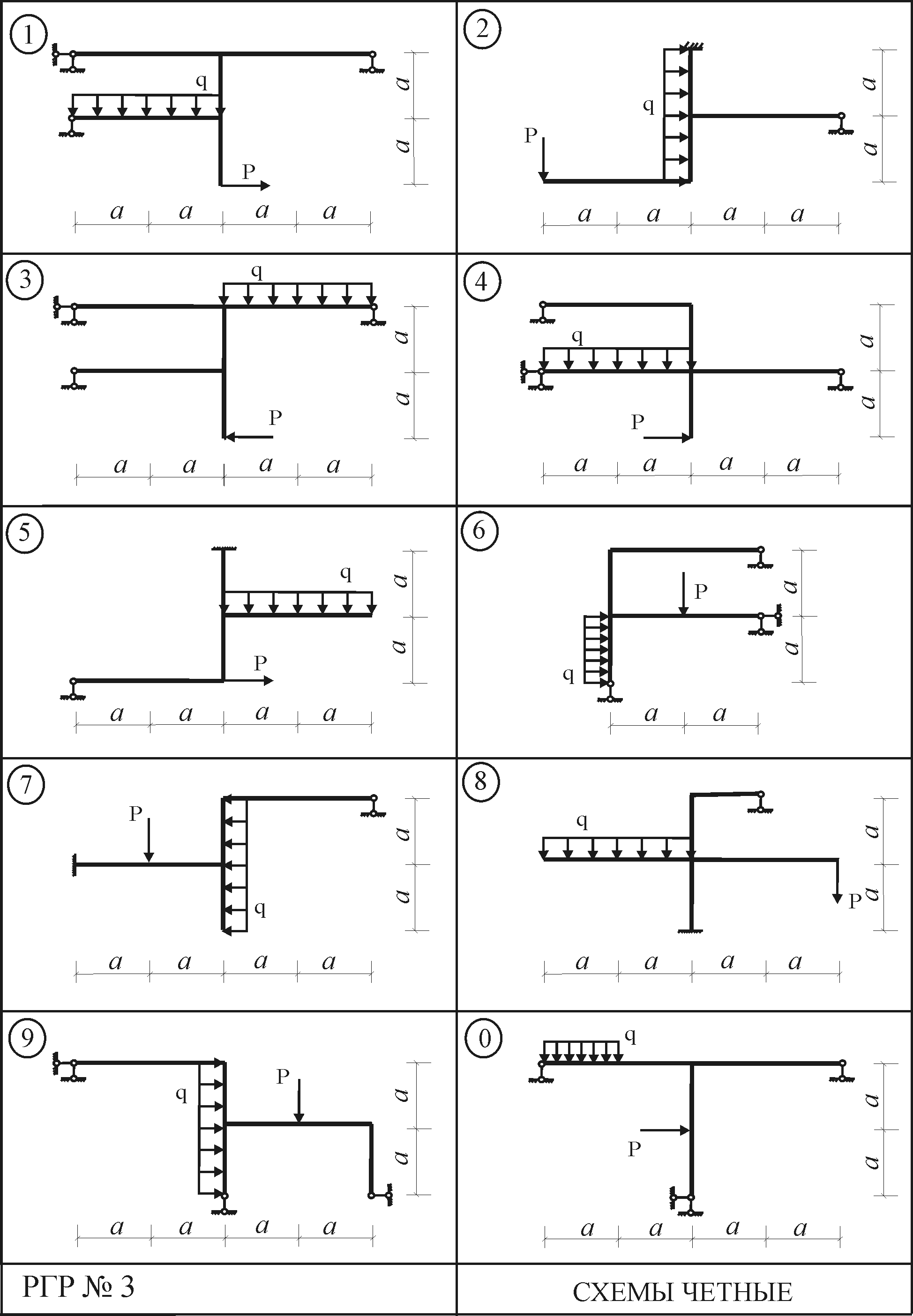
Здесь следует обратить внимание на линию эпюры второго участка.  
При расчете значений, граничные моменты получились отрицательными (-20 и -30кНм), т.е. они должны располагаться по одну сторону от базовой линии.  
Экстремум момента положителен, следовательно, его следует откладывать по другую сторону базовой линии.

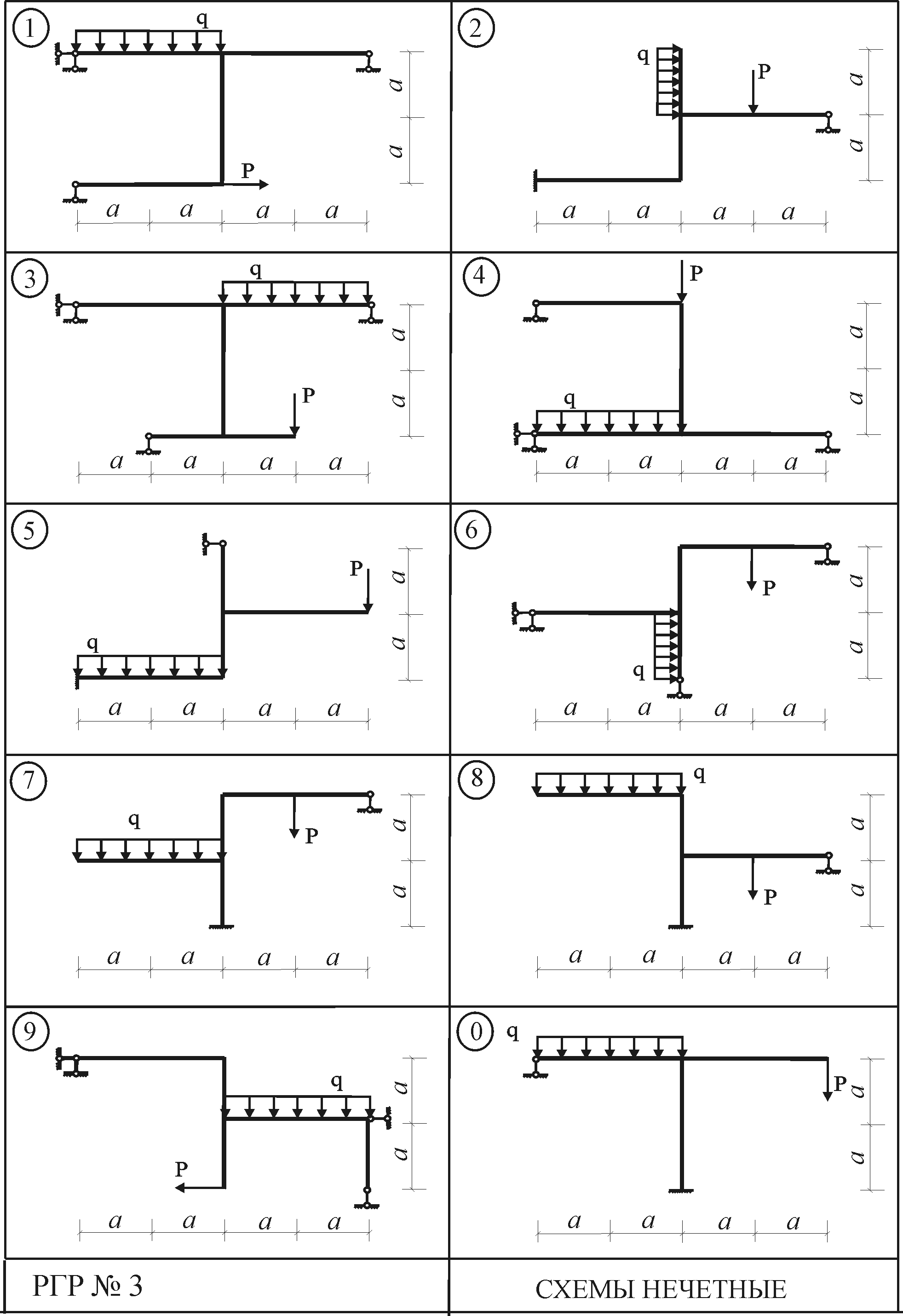
Эпюры внутренних силовых факторов для рамы построены.  
Теперь необходимо [выполнить их проверку](https://isopromat.ru/sopromat/primery-reshenia-zadach/postroenie-epur/proverka-epur-ramy).

**Задание :**

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Первая цифра шифра | *a*  *м* | Вторая цифра шифра (тип схемы) | *q*  кН/м | *P*  кН | *m*  кН∙м |
| 1 | 2 | 1 (неч.) | 4 | 8 | 4 |
| 2 | 3 | 2 (чет.) | 6 | 10 | 2 |
| 3 | 4 | 3 (неч.) | 5 | 12 | 6 |
| 4 | 4 | 4 (чет.) | 8 | 14 | 8 |
| 5 | 2 | 5 (неч.) | 2 | 16 | 6 |
| 6 | 3 | 6 (чет.) | 4 | 8 | 4 |
| 7 | 2 | 7 (неч.) | 6 | 10 | 8 |
| 8 | 3 | 8 (чет.) | 8 | 12 | 2 |
| 9 | 4 | 9 (неч.) | 4 | 14 | 4 |
| 0 | 4 | 0 (чет.) | 6 | 16 | 6 |





Обратная связь : +79084784890 (viber , WhatsApp, telegram), страница в ВК: <https://vk.com/id58154901> , email : livanova-o@list.ru