



# **СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА. Часть I**

## **СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫЕ СИСТЕМЫ**

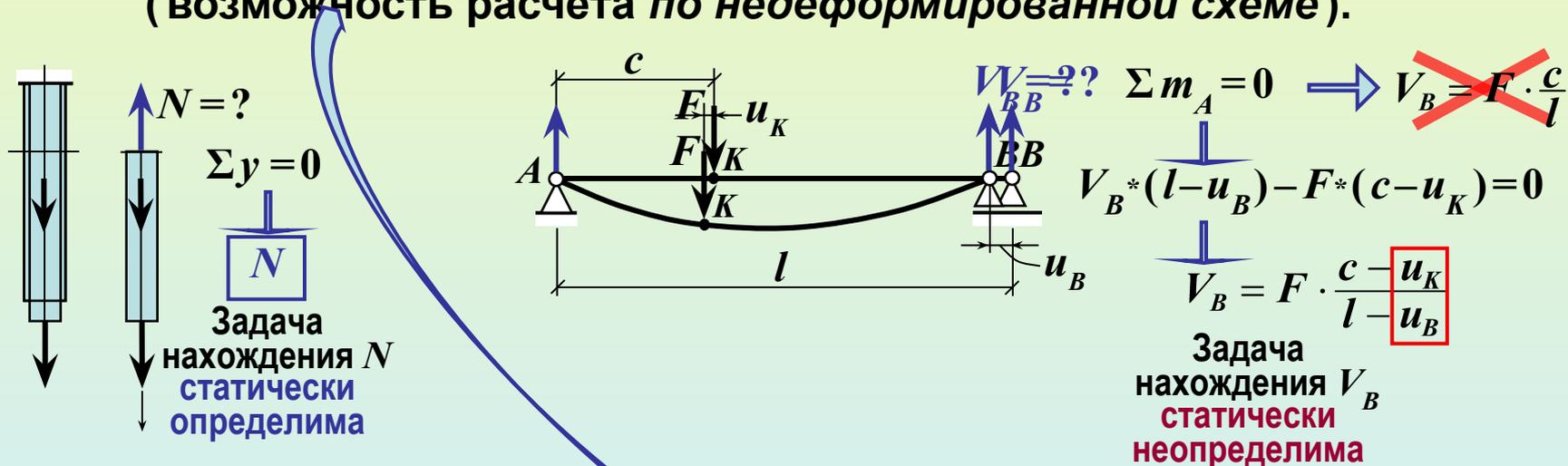
**СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫЕ СИСТЕМЫ  
(СВОЙСТВА, КЛАССИФИКАЦИЯ).**

**МНОГОПРОЛЁТНЫЕ  
СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫЕ БАЛКИ**

**Статически определимой** называется система, в которой для нахождения всех силовых факторов (реакций внешних и внутренних связей и внутренних усилий) достаточно одних лишь уравнений равновесия.

Условия статической определимости системы:

1. Кинематическое условие:  $W=0$  – **отсутствие лишних связей** (необходимое, но недостаточное).
2. Требование к расчётной модели – **отсутствие перемещений в уравнениях равновесия** системы в целом и её частей (возможность расчёта по недеформированной схеме).



Свойство статической определимости системы условно отождествляется со статической определимостью задачи расчёта при соответствующей её формулировке.

Если  $u_B \ll l$  и  $u_K \ll c$ , то  $V_B \approx F \cdot \frac{c}{l}$  (расчёт по недеформированной схеме) задача условно статически определима

## РЕЗЮМЕ О СТАТИЧЕСКОЙ ОПРЕДЕЛИМОСТИ

В строгом смысле, свойством статической определимости (или неопределимости) обладает **не сама система, а задача ее расчёта**, сформулированная с использованием тех или иных гипотез и предпосылок.

Но формально понятие «статическая определимость» можно отнести к системе **без лишних связей** в случае, когда в записанных для неё уравнениях равновесия отсутствуют перемещения в множителях при силовых факторах.

Это имеет место в так называемых **расчётах по недеформированной схеме системы**, когда в уравнениях статики не учитываются малые в сравнении с габаритами системы изменения её геометрии (координат точек) в результате деформации элементов.

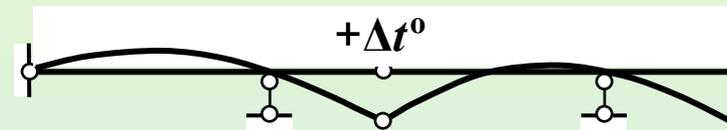
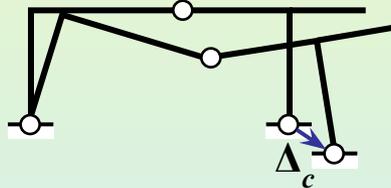
# Общие свойства статически определимых систем (СОС)

1. Все силовые факторы в статически определимой системе могут быть найдены с помощью *одних лишь уравнений равновесия*, без использования геометрических и физических зависимостей.

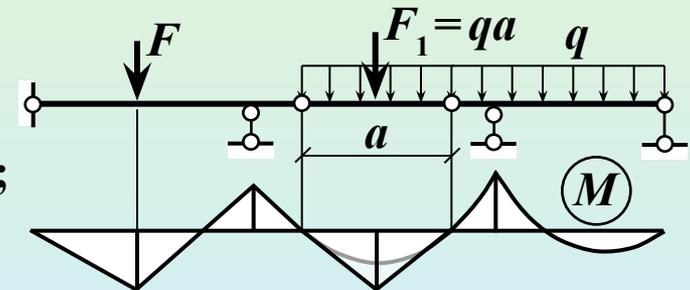
2. Усилия в статически определимой системе зависят от её *геометрии и структуры* (расположения и типов связей), а также от приложенной *нагрузки*, и *не зависят от жесткостных свойств элементов* (дисков) системы.

3. Статически определимая система *может быть составной – содержащей главные и второстепенные части*; в этом случае её расчёт рационально выполняется, начиная с самой второстепенной части и заканчивая главными частями.

4. *Смещения связей и изменения температуры не вызывают никаких усилий* в статически определимой системе (СОС нечувствительны в силовом отношении к кинематическим и температурным воздействиям); при этом перемещения в СОС от указанных воздействий возникают.



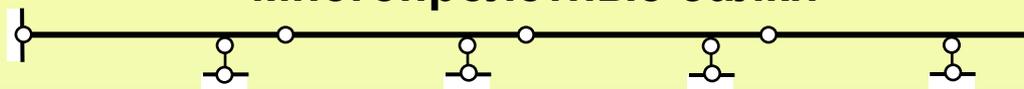
5. Статически эквивалентные преобразования нагрузки в пределах некоторого диска СОС вызывают изменения усилий только в этом диске; за его пределами все силовые факторы остаются неизменными.



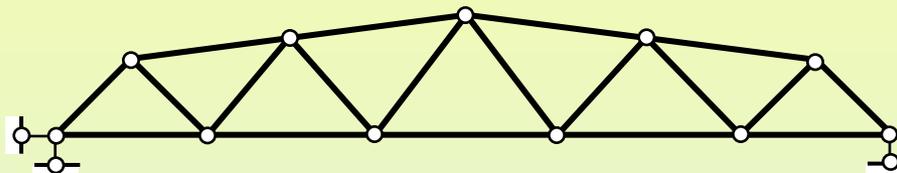
6. Статически определимые системы обладают большей деформативностью и меньшей «живучестью» в сравнении с подобными им системами с лишними связями (статически неопределимыми).

# ОСНОВНЫЕ ТИПЫ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ

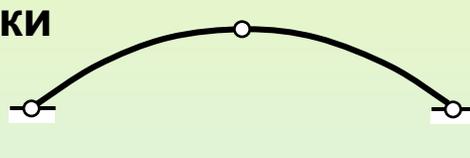
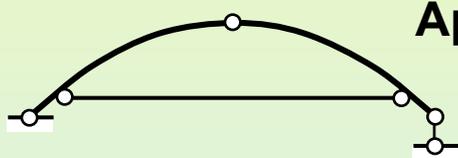
## Многопролётные балки



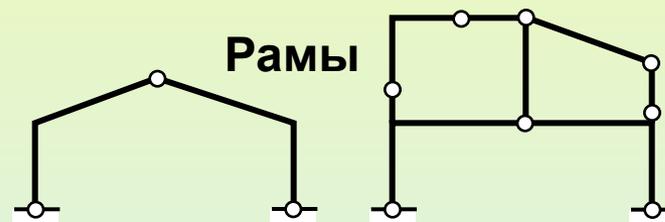
## Фермы



## Арки

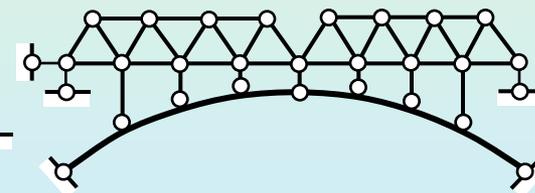
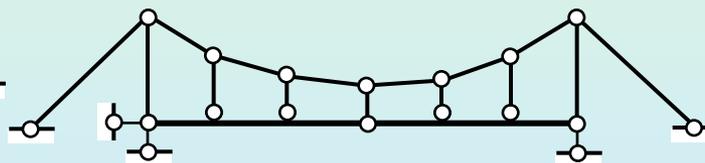
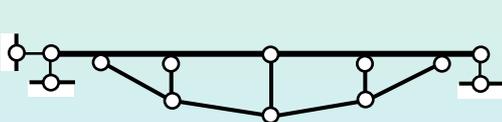


## Рамы



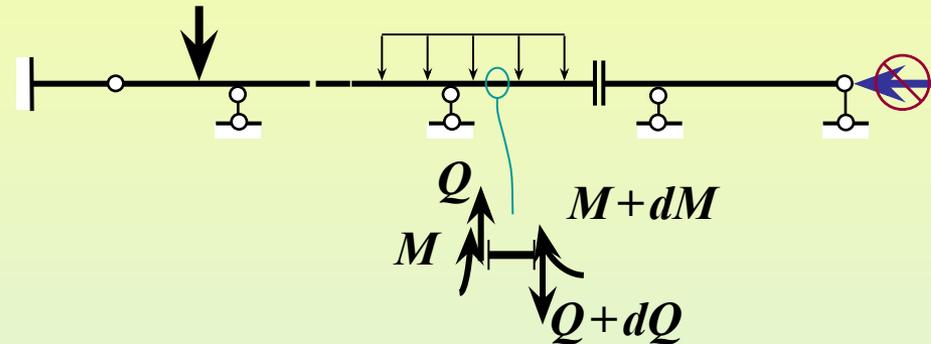
## Трёхшарнирные системы

## Комбинированные системы



**МНОГОПРОЛЁТНЫЕ  
СТАТИЧЕСКИ  
ОПРЕДЕЛИМЫЕ  
БАЛКИ**

**Многопролётная балка** – это геометрически неизменяемая система, состоящая из прямолинейных стержней – одного или нескольких, шарнирно или жёстко соединённых друг с другом по концам и расположенных так, что их продольные оси образуют единую прямую, с внешними связями (опорами) более чем в двух точках; предназначена для работы на изгиб.



### Кинематический анализ

а) количественный анализ:

$$W = 3D - 2H - C_0 \leq 0$$

б) структурный анализ –  
правила расположения связей:

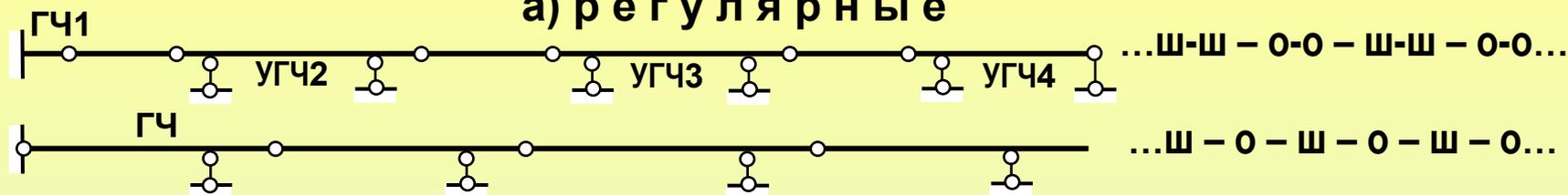
- в пролёте не может быть более двух шарниров (в том числе более одного поступательного);
- суммарное число шарниров в двух смежных пролётах – не более трёх (шарниры – цилиндрические или поперечные поступательные).

Для статически определимой многопролётной балки (МСОБ):

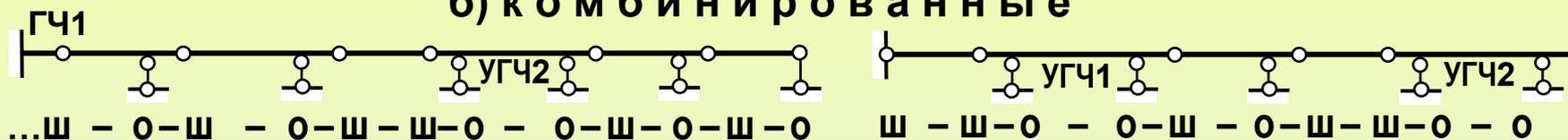
$$W = 0 \implies C_0 = 3D - 2H \text{ – необходимое число опорных связей.}$$

# Основные структурные схемы многопролётных СО балок

## а) регулярные



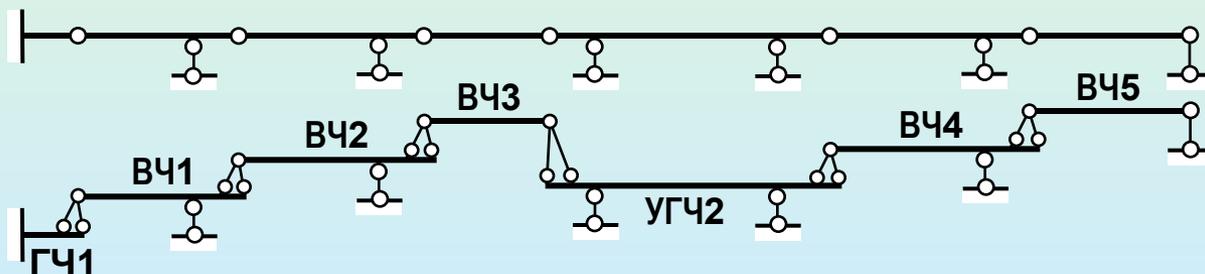
## б) комбинированные



## Признаки главных частей МСОБ:

- 1) основной – наличие трёх связей с «землёй» (*безусловно* главная часть);
- 2) дополнительный – наличие двух параллельных связей, перпендикулярных к оси балки (*условно* главная часть).

**Рабочая схема балки** – вспомогательная расчётная схема, на которой части балки (диски) изображаются на разных уровнях: главные части – на самом нижнем уровне, второстепенные части – выше (тем выше, чем более второстепенной является часть); на самом верхнем уровне располагается самая второстепенная часть.

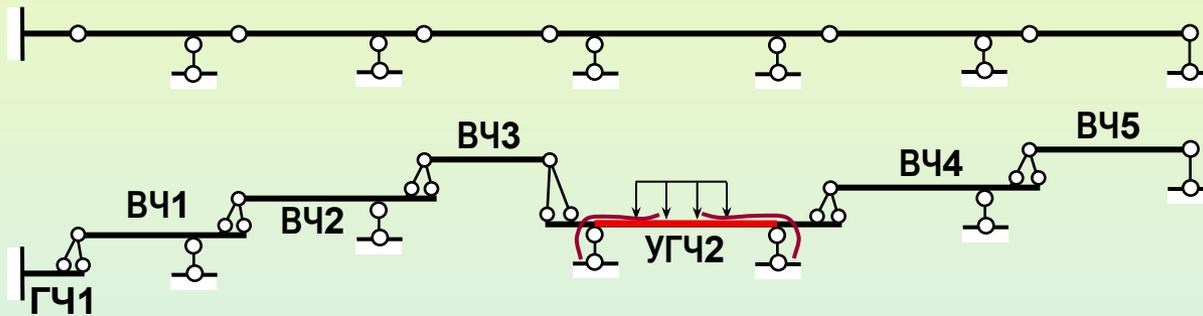


## Особенности работы МСОБ под нагрузками

- 1) нагрузка, приложенная к **главной части**, вызывает усилия (изгибающие моменты и поперечные силы) только в *загруженной главной части*; *остальные части балки не работают* ( $M$  и  $Q$  в них равны 0);
- 2) при загрузке некоторой **второстепенной части** усилия  $M$  и  $Q$  возникают в последовательности (цепи) частей, начинающейся с загруженной части и заканчивающейся ближайшими главными частями.

*Мнемоническое правило:*

«силовые потоки» растекаются по рабочей схеме балки только в направлении *сверху вниз* от точек приложения нагрузок.

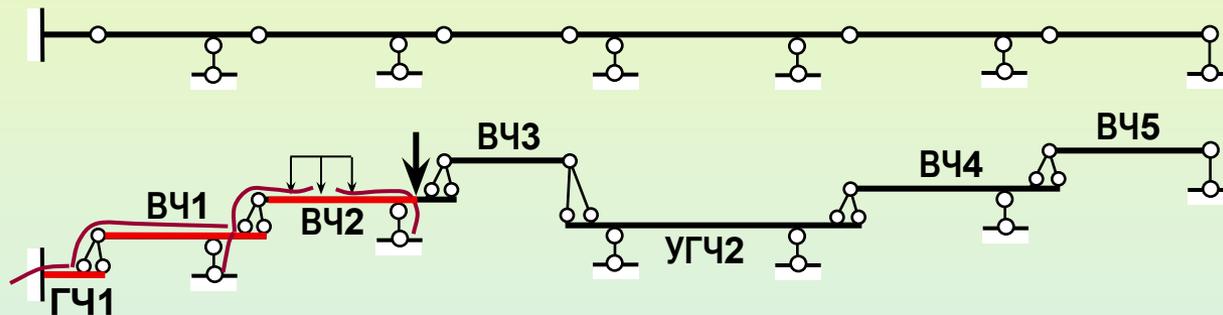


## Особенности работы МСОБ под нагрузками

- 1) нагрузка, приложенная к **главной части**, вызывает усилия (изгибающие моменты и поперечные силы) только в *загруженной главной части*; *остальные части балки не работают* ( $M$  и  $Q$  в них равны 0);
- 2) при загрузке некоторой **второстепенной части** усилия  $M$  и  $Q$  возникают в последовательности (цепи) частей, начинающейся с загруженной части и заканчивающейся ближайшими главными частями.

*Мнемоническое правило:*

«силовые потоки» растекаются по рабочей схеме балки только в направлении *сверху вниз* от точек приложения нагрузок.

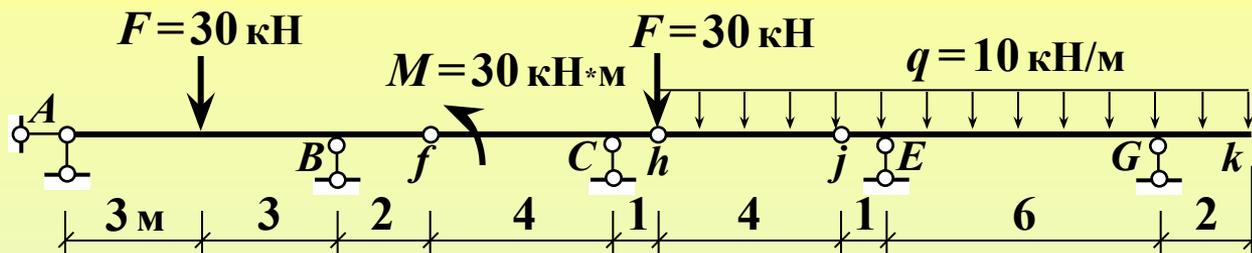


**Последовательность расчёта многопролётной СО балки –**  
в направлении *сверху вниз* по рабочей схеме –  
начиная с самой второстепенной части и заканчивая главными частями.

Для рассматриваемой балки:

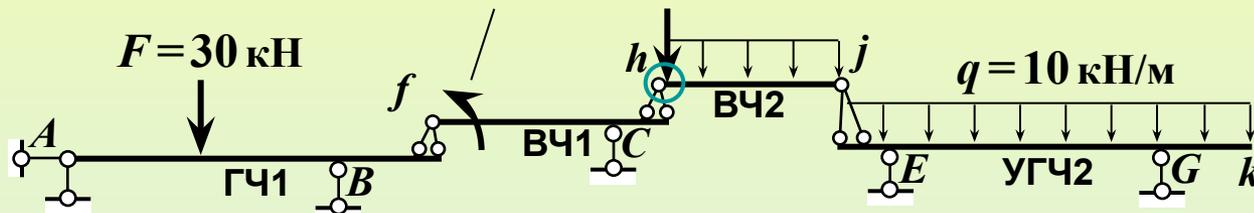
$BЧ3 \Rightarrow BЧ2 \Rightarrow BЧ1 \Rightarrow ГЧ1$ ;      $BЧ5 \Rightarrow BЧ4 \Rightarrow УГЧ2$

# Расчёт МСОБ на действие неподвижной (постоянной) нагрузки – пример



Рабочая схема балки

$M = 30$  кН\*м  $F = 30$  кН



Кинематический анализ:

а)  $W = 3D - 2H - C = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 3 - 6 = 0$  – система может быть геометрически неизменяемой

б) структурный анализ: «земля» +  $ABf = \text{ГНС}_1$  (3 связи 1-го типа)

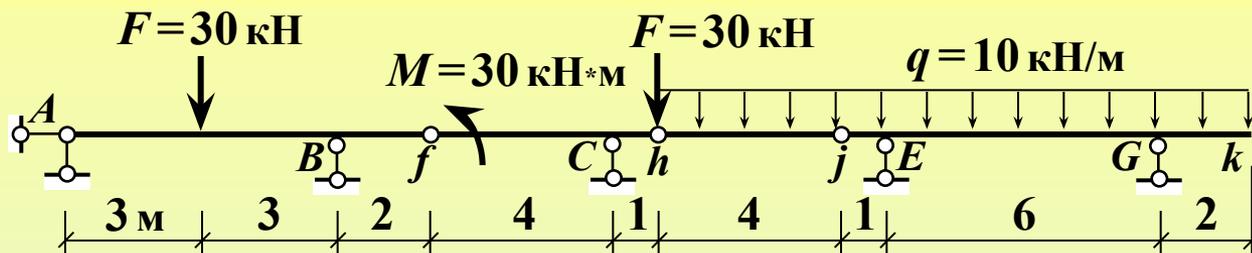
$\text{ГНС}_1 + fCh = \text{ГНС}_2$  (шарнир и связь 1-го типа)

$\text{ГНС}_2 + jEGk = \text{ГНС}$  (3 связи 1-го типа,  $hj$  – связь)

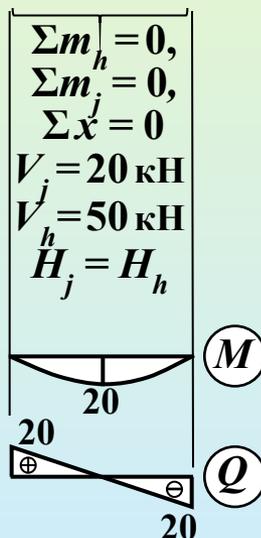
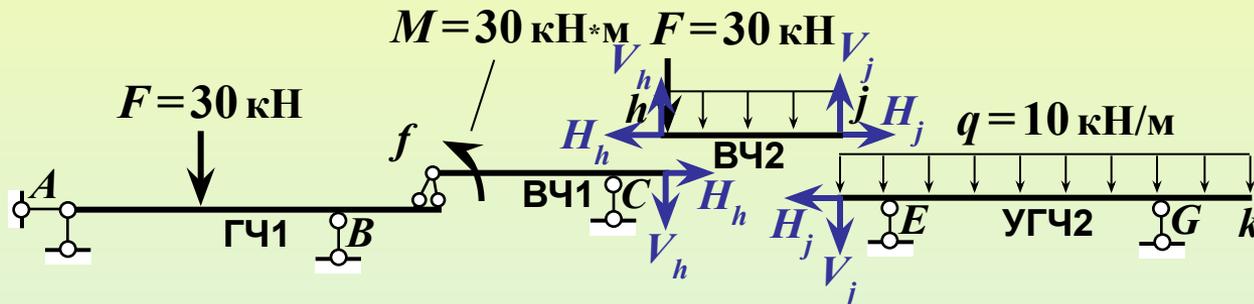
Последовательность расчёта:

ВЧ2 — ВЧ1 — ГЧ1, УГЧ2

# Расчёт МСОБ на действие неподвижной (постоянной) нагрузки – пример



Рабочая схема балки



Кинематический анализ:

а)  $W = 3D - 2H - C = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 3 - 6 = 0$  – система может быть геометрически неизменяемой

б) структурный анализ: «земля» +  $ABf = \text{ГНС}_1$  (3 связи 1-го типа)

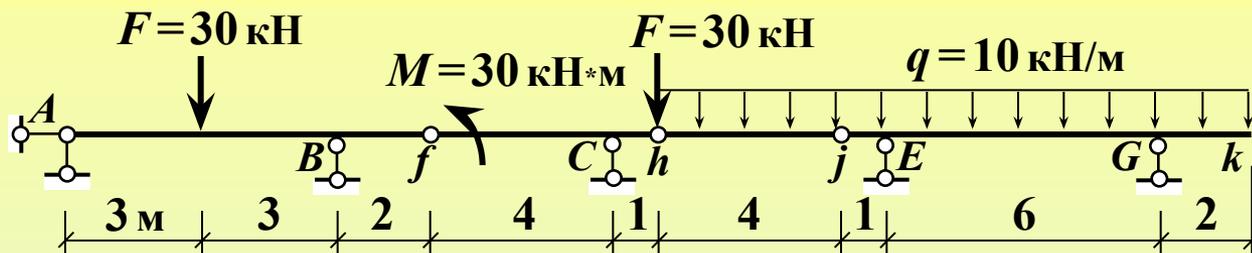
$\text{ГНС}_1 + fCh = \text{ГНС}_2$  (шарнир и связь 1-го типа)

$\text{ГНС}_2 + jEGk = \text{ГНС}$  (3 связи 1-го типа,  $hj$  – связь)

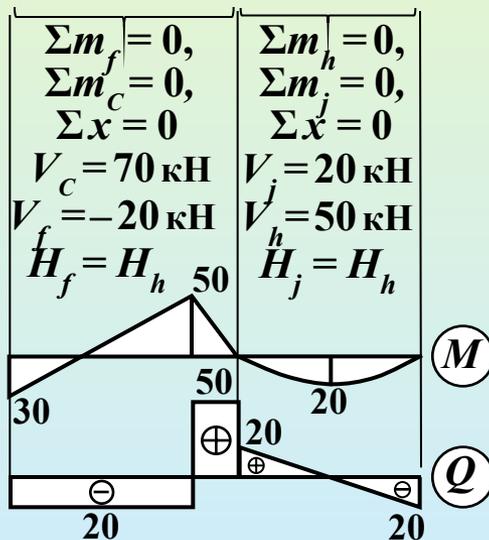
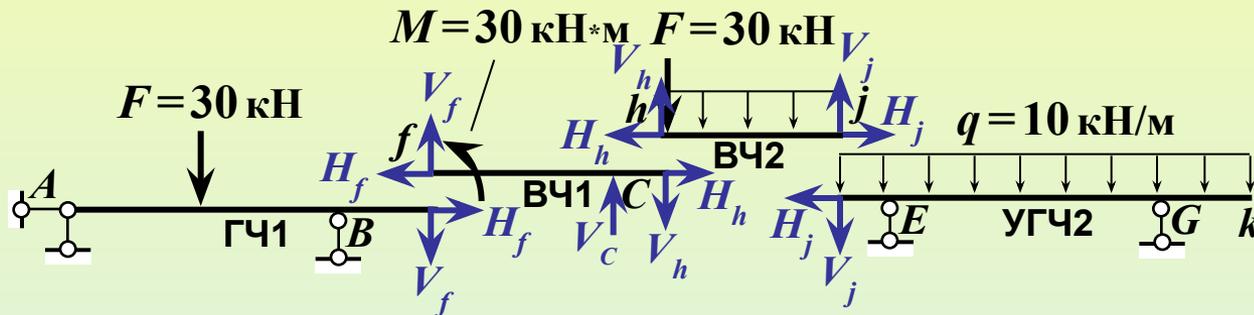
Последовательность расчёта:

$\text{ВЧ2} \rightarrow \text{ВЧ1} \rightarrow \text{ГЧ1}, \text{УГЧ2}$

# Расчёт МСОБ на действие неподвижной (постоянной) нагрузки – пример



Рабочая схема балки



Кинематический анализ:

а)  $W = 3D - 2H - C = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 3 - 6 = 0$  – система может быть геометрически неизменяемой

б) структурный анализ: «земля» + ABf = ГНС<sub>1</sub> (3 связи 1-го типа)

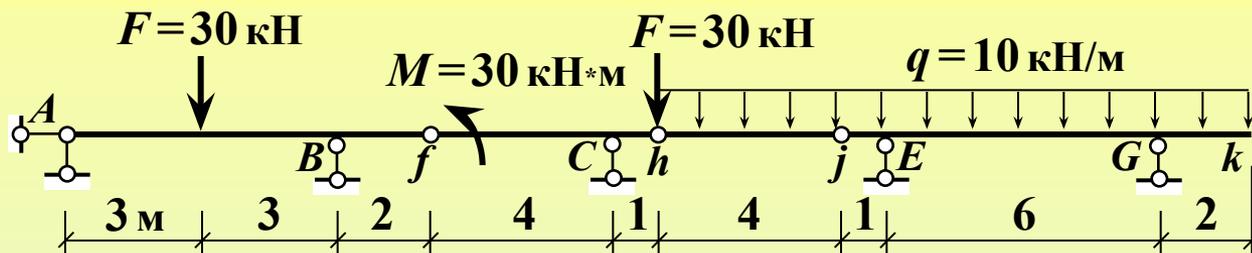
ГНС<sub>1</sub> + fCh = ГНС<sub>2</sub> (шарнир и связь 1-го типа)

ГНС<sub>2</sub> + jEGk = ГНС (3 связи 1-го типа, hj – связь)

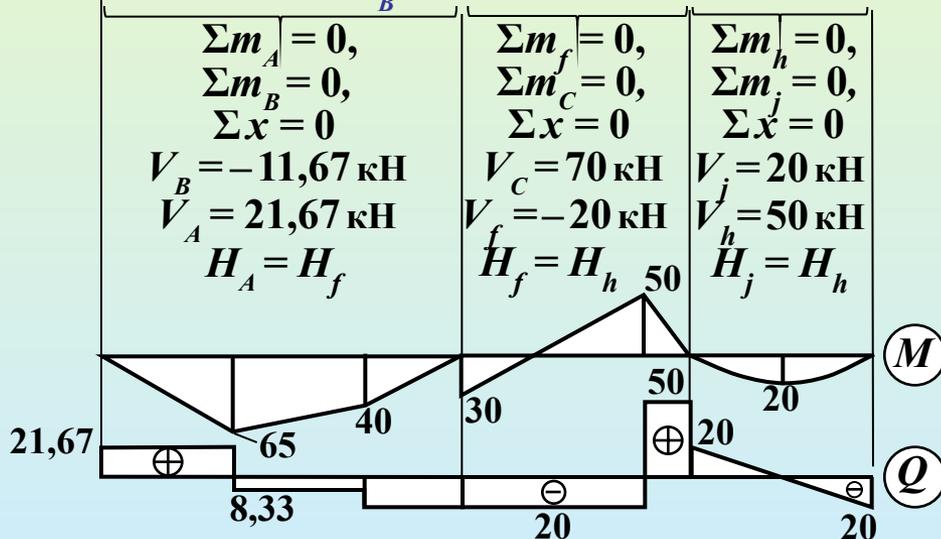
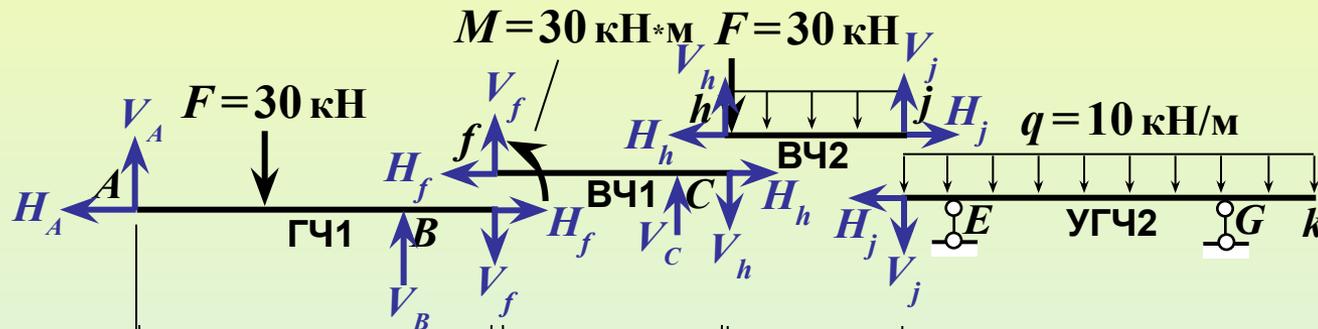
Последовательность расчёта:

ВЧ2 → ВЧ1 → ГЧ1, УГЧ2

# Расчёт МСОБ на действие неподвижной (постоянной) нагрузки – пример



Рабочая схема балки



Кинематический анализ:

а)  $W = 3D - 2H - C = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 3 - 6 = 0$  – система может быть геометрически неизменяемой

б) структурный анализ: «земля» +  $ABf = \text{ГНС}_1$  (3 связи 1-го типа)

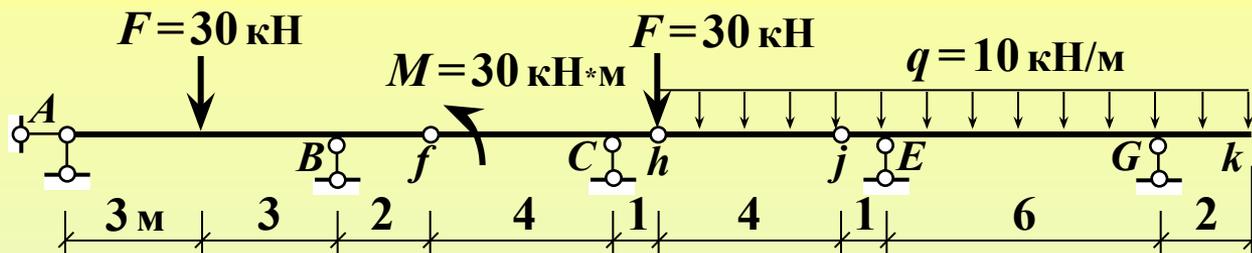
$\text{ГНС}_1 + fCh = \text{ГНС}_2$  (шарнир и связь 1-го типа)

$\text{ГНС}_2 + jEGk = \text{ГНС}$  (3 связи 1-го типа,  $hj$  – связь)

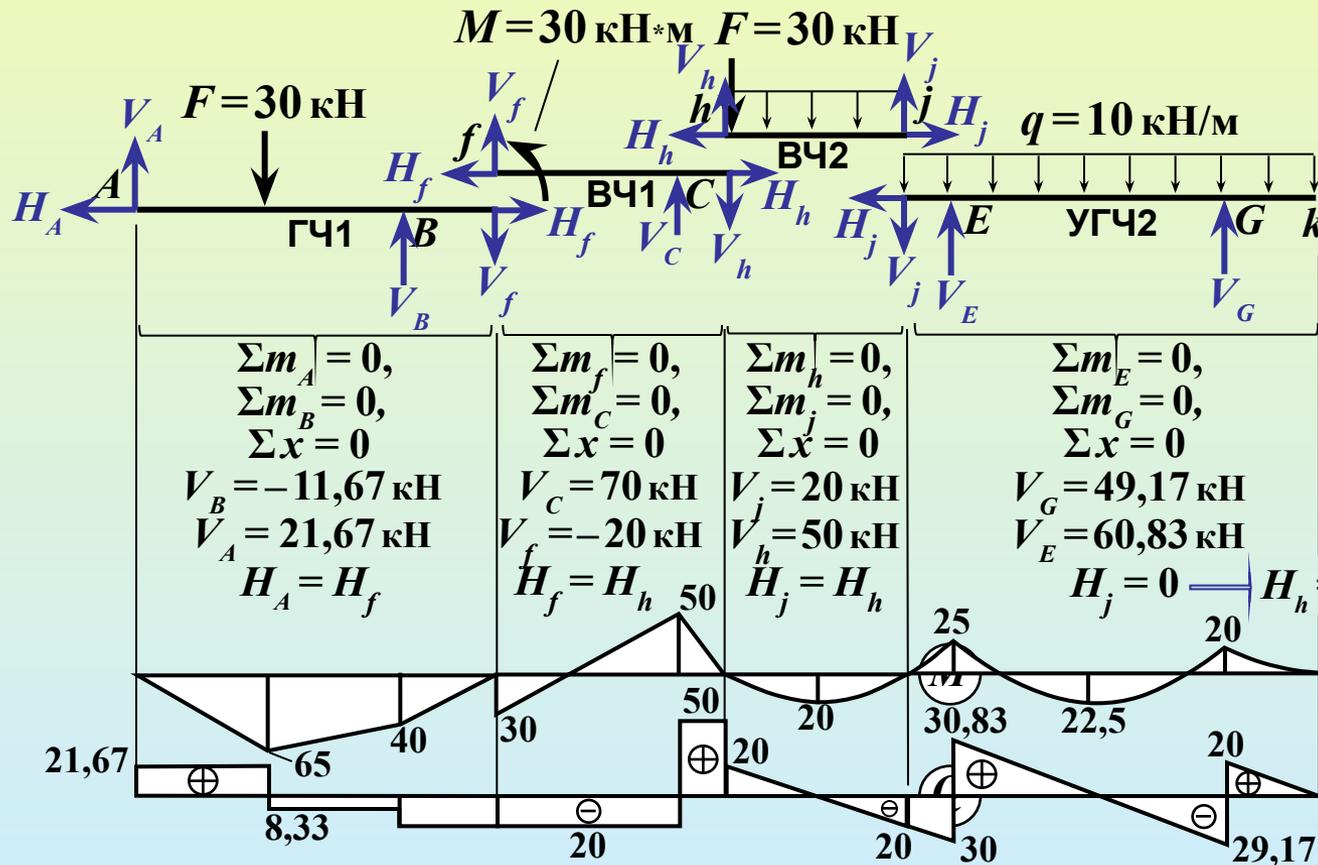
Последовательность расчёта:

$\text{ВЧ2} \rightarrow \text{ВЧ1} \rightarrow \text{ГЧ1, УГЧ2}$

# Расчёт МСОБ на действие неподвижной (постоянной) нагрузки – пример



Рабочая схема балки



Кинематический анализ:

а)  $W = 3D - 2H - C = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 3 - 6 = 0$  – система может быть геометрически неизменяемой

б) структурный анализ: «земля» +  $ABf = \text{ГНС}_1$  (3 связи 1-го типа)

$\text{ГНС}_1 + fCh = \text{ГНС}_2$  (шарнир и связь 1-го типа)

$\text{ГНС}_2 + jEGk = \text{ГНС}$  (3 связи 1-го типа,  $hj$  – связь)

Последовательность расчёта:

$V_{C2} \rightarrow V_{C1} \rightarrow \text{ГЧ1}, \text{УГЧ2}$

Проверка результатов расчёта:

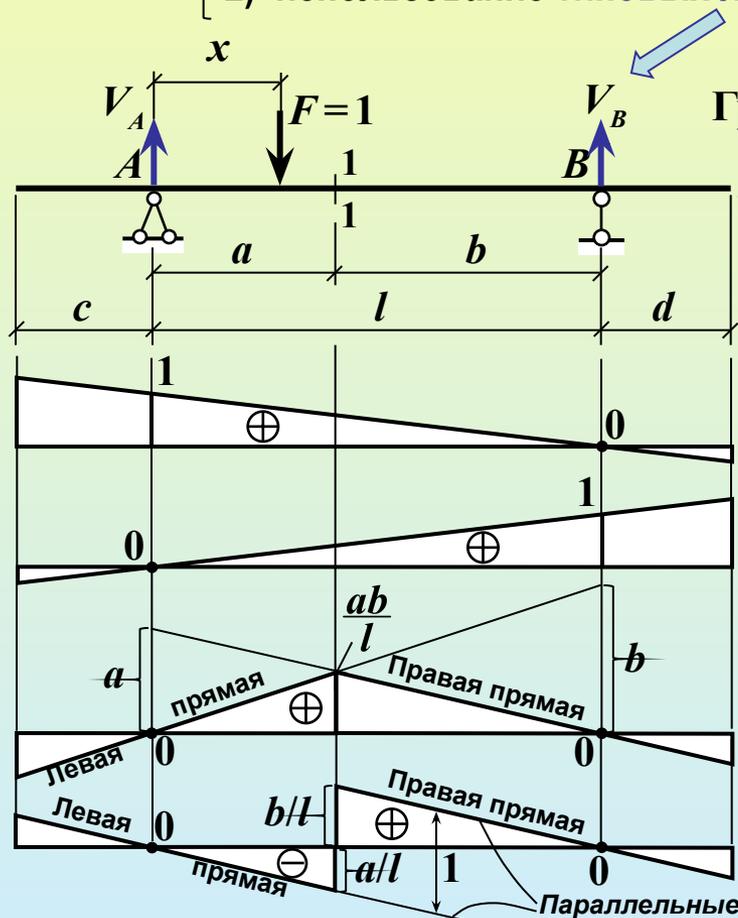
$$\left. \begin{aligned} \Sigma m_c = 0, \\ \Sigma y = 0 \end{aligned} \right\} ?$$

(для всей балки)

# Расчёт МСОБ на временные (подвижные) нагрузки с помощью линий влияния

## Построение линий влияния опорных реакций и внутренних усилий в МСОБ статическим методом

- Варианты:
- 1) полное решение – выявление линейных выражений  $S(x)$  по характерным участкам расположения единичного груза  $F=1$ ; границы участков – границы дисков (элементов балки) + сечение с определяемым усилием  $S(x)$ ;
  - 2) использование **типовых линий влияния** для однопролётной балки.



*Линии влияния опорных реакций*  
Груз  $F=1$  – в произвольной точке балки ( $-c \leq x \leq l+d$ ):

$$\begin{cases} \sum m_A = 0, & \Rightarrow V_B = x/l; & \text{при } x=0: V_A = 1; V_B = 0; \\ \sum m_B = 0 & \Rightarrow V_A = 1 - x/l; & \text{при } x=l: V_A = 0; V_B = 1. \end{cases}$$

*Линии влияния  $M_1$  и  $Q_1$  в межопорном сечении 1-1*

а) груз  $F=1$  слева от сечения ( $-c \leq x < a$ ):

$$\text{Л.В. } V_A \begin{cases} \sum m_1^{\text{прав}} = 0, & \Rightarrow M_1 = V_B \cdot b = (b/l) \cdot x \\ \sum y^{\text{прав}} = 0 & \Rightarrow Q_1 = -V_B = -x/l \end{cases} \leftarrow \begin{array}{l} \text{уравнения} \\ \text{левых} \\ \text{прямых} \end{array}$$

$$\begin{aligned} &\text{при } x=0: M_1 = 0; Q_1 = 0; \\ &\text{при } x=a-0: M_1 = ab/l; Q_1 = -a/l \end{aligned}$$

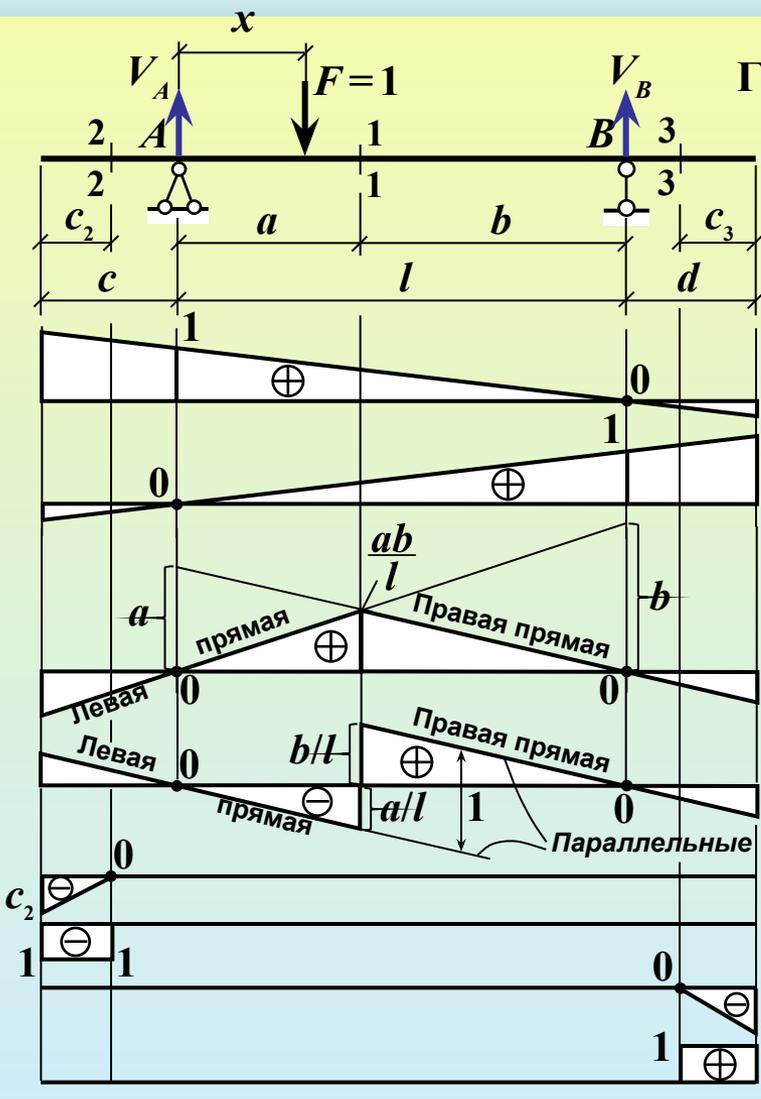
б) груз  $F=1$  справа от сечения ( $a < x \leq l+d$ ):

$$\text{Л.В. } M_1 \begin{cases} \sum m_1^{\text{лев}} = 0, & \Rightarrow M_1 = V_A \cdot a = a - (a/l) \cdot x \\ \sum y^{\text{лев}} = 0 & \Rightarrow Q_1 = V_A = 1 - x/l \end{cases} \leftarrow \begin{array}{l} \text{уравнения} \\ \text{правых} \\ \text{прямых} \end{array}$$

$$\begin{aligned} &\text{при } x=a+0: M_1 = ab/l; Q_1 = b/l; \\ &\text{при } x=l: M_1 = 0; Q_1 = 0. \end{aligned}$$

# Расчёт МСОБ на временные (подвижные) нагрузки с помощью линий влияния

## Построение линий влияния опорных реакций и внутренних усилий в МСОБ статическим методом



### Линии влияния опорных реакций

Груз  $F=1$  – в произвольной точке балки ( $-c \leq x \leq l+d$ ):

$$\begin{cases} \sum m_A = 0, & \rightarrow V_B = x/l; & \text{при } x=0: V_A = 1; V_B = 0; \\ \sum m_B = 0 & \rightarrow V_A = 1 - x/l; & \text{при } x=l: V_A = 0; V_B = 1. \end{cases}$$

### Линии влияния $M_1$ и $Q_1$ в межопорном сечении 1-1

а) груз  $F=1$  слева от сечения ( $-c \leq x < a$ ):

$$\begin{cases} \sum m_1^{\text{прав}} = 0, & \rightarrow M_1 = V_B \cdot b = (b/l) \cdot x \\ \sum y^{\text{прав}} = 0 & \rightarrow Q_1 = -V_B = -x/l \end{cases}$$

← уравнения левых прямых

при  $x=0$ :  $M_1 = 0$ ;  $Q_1 = 0$ ;  
при  $x=a-0$ :  $M_1 = ab/l$ ;  $Q_1 = -a/l$

б) груз  $F=1$  справа от сечения ( $a < x \leq l+d$ ):

$$\begin{cases} \sum m_1^{\text{лев}} = 0, & \rightarrow M_1 = V_A \cdot a = a - (a/l) \cdot x \\ \sum y^{\text{лев}} = 0 & \rightarrow Q_1 = V_A = 1 - x/l \end{cases}$$

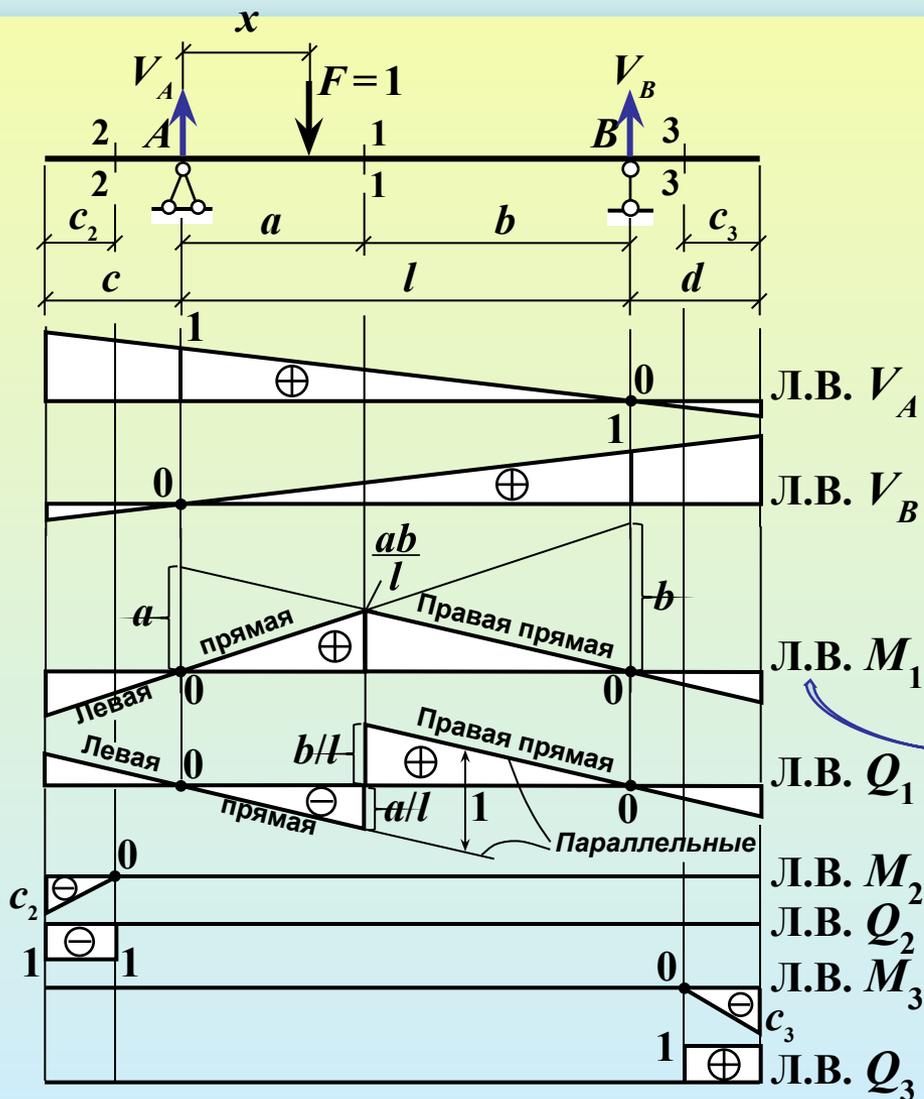
← уравнения правых прямых

при  $x=a+0$ :  $M_1 = ab/l$ ;  $Q_1 = b/l$ ;  
при  $x=l$ :  $M_1 = 0$ ;  $Q_1 = 0$ .

Линии влияния  $M$  и  $Q$  в сечениях 2-2 и 3-3 на левой и правой консолях балки

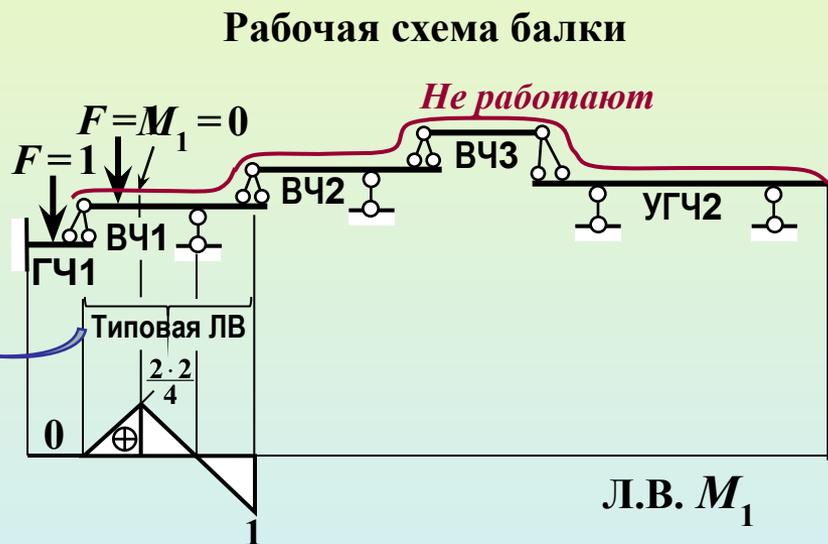
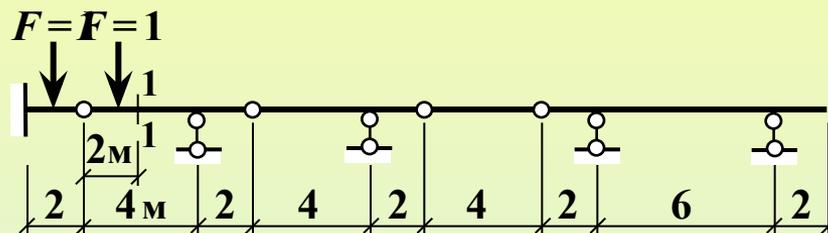
# Расчёт МСОБ на временные (подвижные) нагрузки с помощью линий влияния

## Построение линий влияния опорных реакций и внутренних усилий в МСОБ статическим методом



### Пример

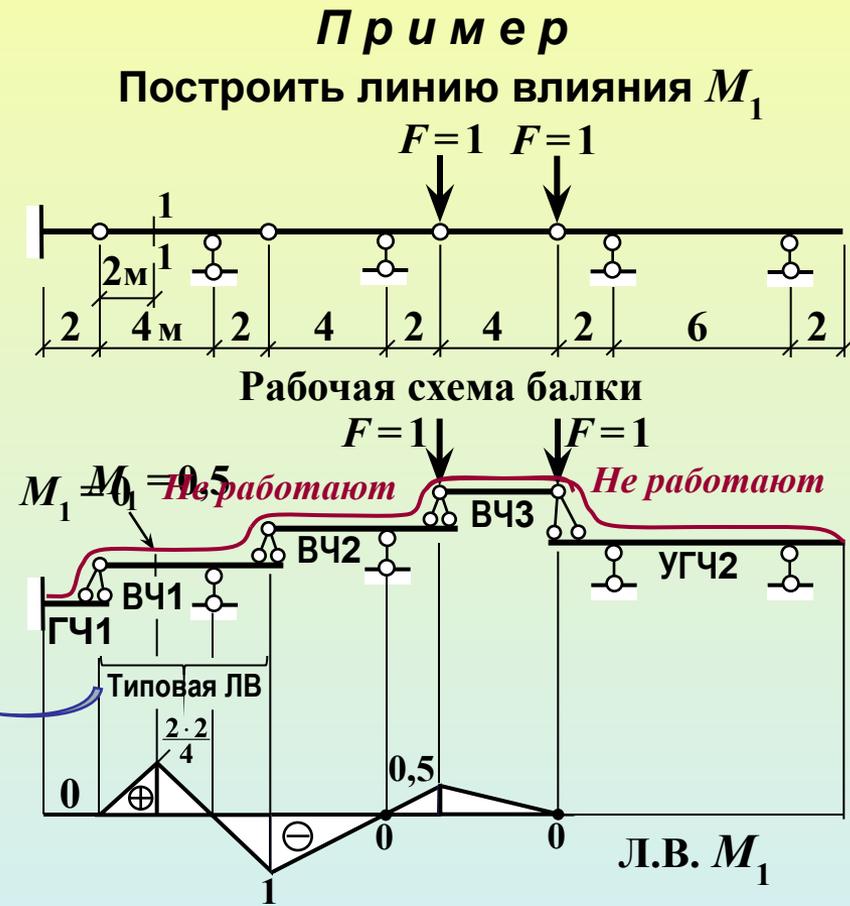
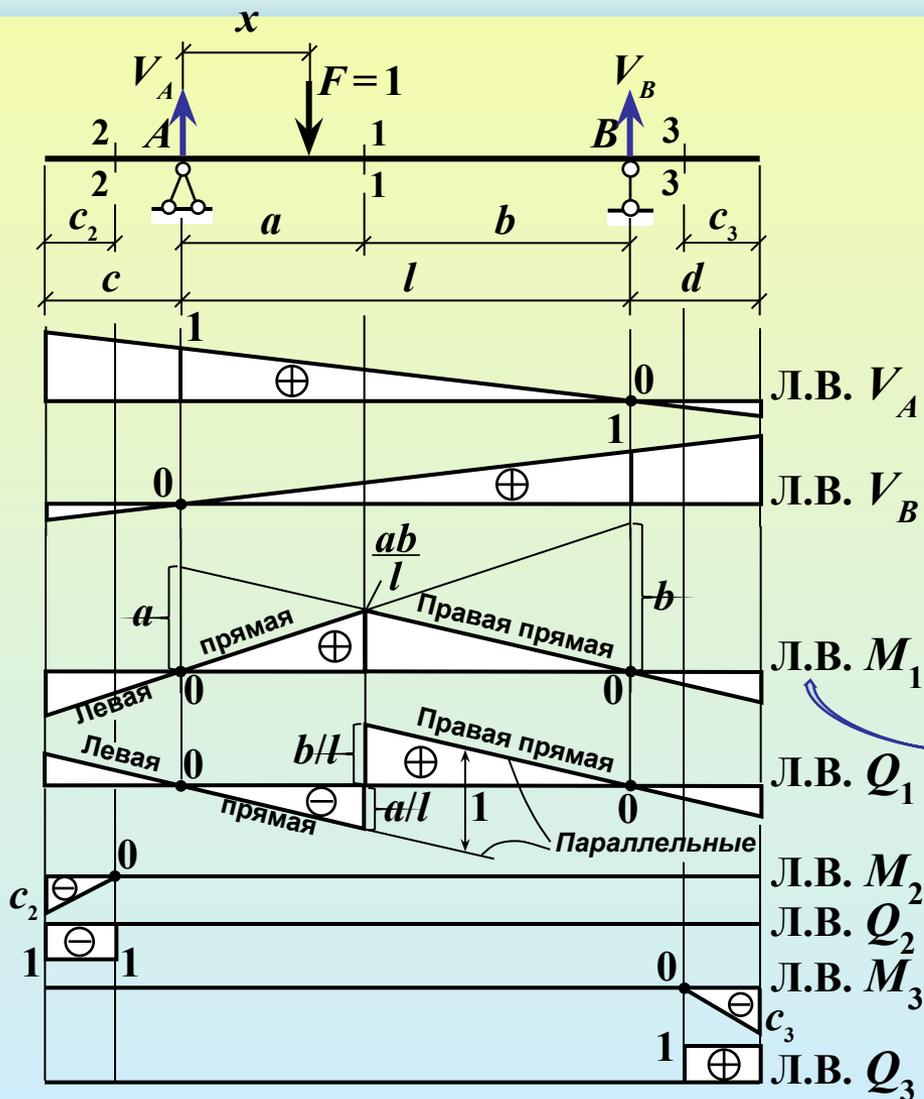
Построить линию влияния  $M_1$





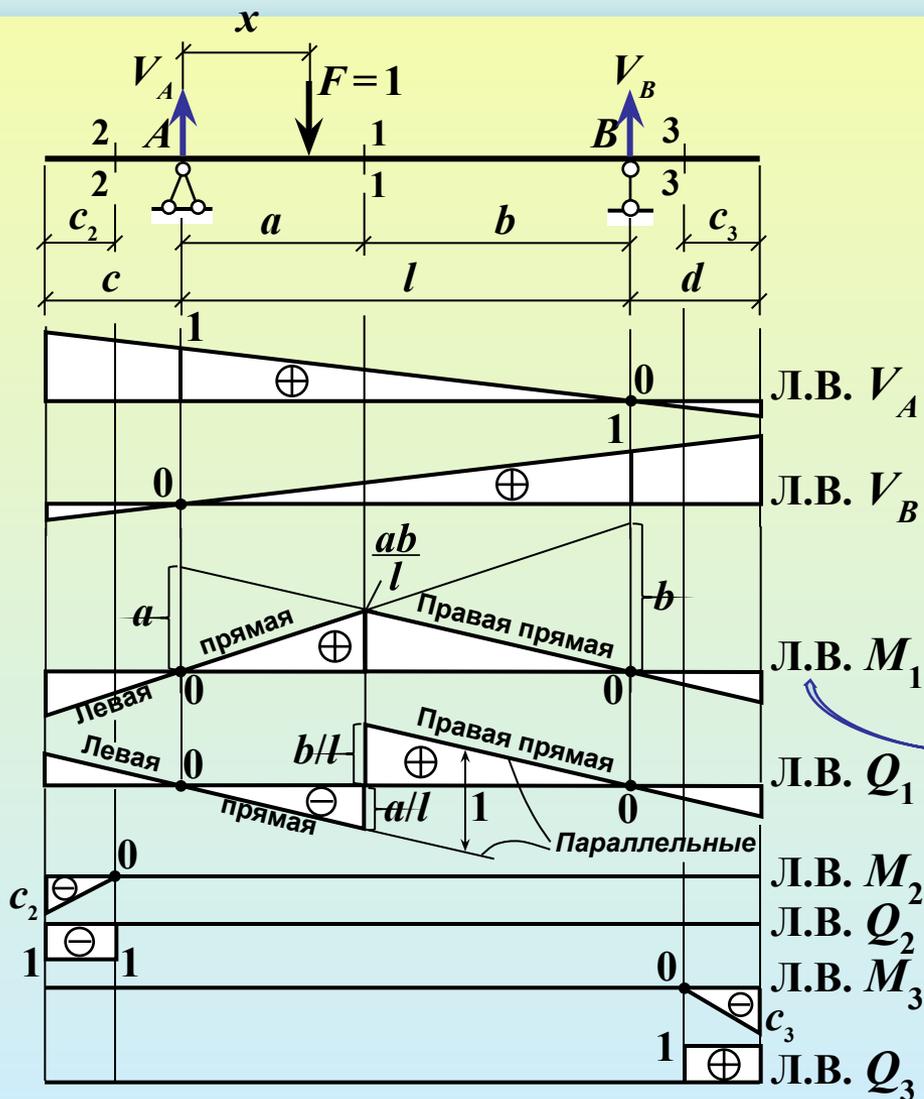
# Расчёт МСОБ на временные (подвижные) нагрузки с помощью линий влияния

## Построение линий влияния опорных реакций и внутренних усилий в МСОБ статическим методом



# Расчёт МСОБ на временные (подвижные) нагрузки с помощью линий влияния

## Построение линий влияния опорных реакций и внутренних усилий в МСОБ статическим методом



**Пример**  
 Построить линию влияния  $M_1$



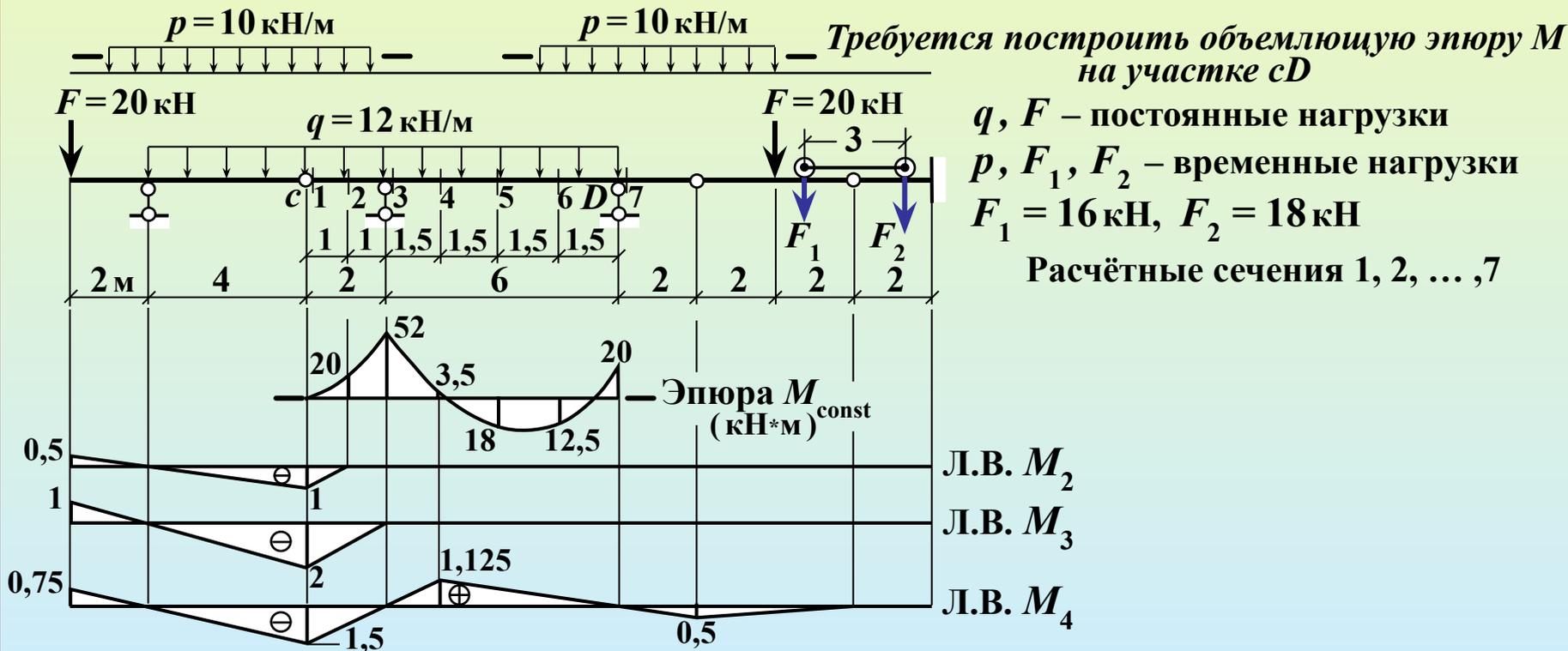
# Расчёт МСОБ на временные (подвижные) нагрузки с помощью линий влияния

**Построение линий влияния опорных реакций и внутренних усилий в МСОБ  
кинематическим методом –**

**алгоритм и пример рассмотрены в теме  
«Построение линий влияния силовых факторов кинематическим методом»**

## Расчётные усилия в МСОБ и их эпюры (объемлющие эпюры)

$$M_{\text{расч}} = \begin{cases} M_{\text{max}} = M_{\text{const}} + \Sigma M_{\text{temp,max}} \\ M_{\text{min}} = M_{\text{const}} + \Sigma M_{\text{temp,min}} \end{cases} \left\| Q_{\text{соотв}} = \frac{dM_{\text{расч}}}{dx} \right\| Q_{\text{расч}} = \begin{cases} Q_{\text{max}} = Q_{\text{const}} + \Sigma Q_{\text{temp,max}} \\ Q_{\text{min}} = Q_{\text{const}} + \Sigma Q_{\text{temp,min}} \end{cases} \left\| M_{\text{соотв}} \right.$$



# Расчёт МСОБ на временные (подвижные) нагрузки с помощью линий влияния

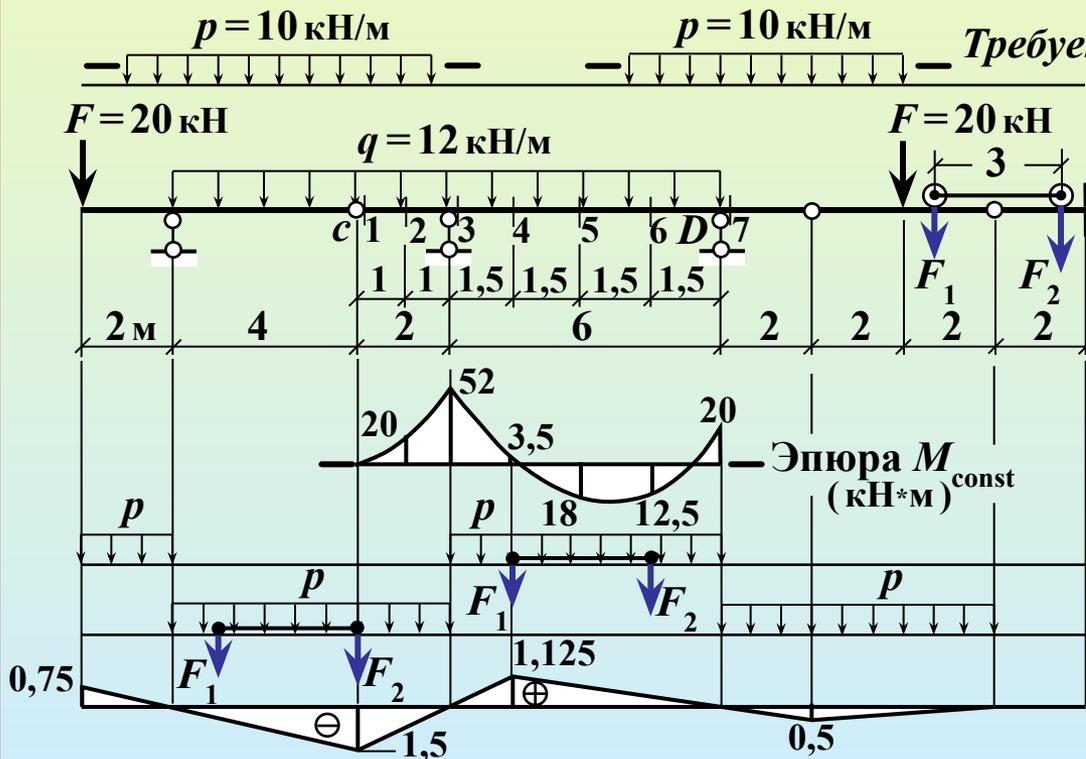
Построение линий влияния опорных реакций и внутренних усилий в МСОБ кинематическим методом –

алгоритм и пример рассмотрены в теме

«Построение линий влияния силовых факторов кинематическим методом»

## Расчётные усилия в МСОБ и их эпюры (объемлющие эпюры)

$$M_{\text{расч}} = \begin{cases} M_{\max} = M_{\text{const}} + \Sigma M_{\text{temp,max}} \\ M_{\min} = M_{\text{const}} + \Sigma M_{\text{temp,min}} \end{cases} \left\| Q_{\text{соотв}} = \frac{dM_{\text{расч}}}{dx} \right\| Q_{\text{расч}} = \begin{cases} Q_{\max} = Q_{\text{const}} + \Sigma Q_{\text{temp,max}} \\ Q_{\min} = Q_{\text{const}} + \Sigma Q_{\text{temp,min}} \end{cases} M_{\text{соотв}}$$



Требуется построить объемлющую эпюру  $M$  на участке  $сД$

$q, F$  – постоянные нагрузки

$p, F_1, F_2$  – временные нагрузки

$F_1 = 16 \text{ кН}, F_2 = 18 \text{ кН}$

Расчётные сечения 1, 2, ..., 7

$$M_{4,\max} = M_{4,\text{const}} + M_{4,\text{temp,max}} = -3,5 + 66 = 62,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{4,\min} = M_{4,\text{const}} + M_{4,\text{temp,min}} = -3,5 - 93 = -96,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Загружение на  $\max M_{4,\text{temp}}$  Аналогично  $= 66 \text{ кН}\cdot\text{м}$

Загружение на  $\min M_{4,\text{temp}}$   $= M_{4,\text{temp,min}} = -93 \text{ кН}\cdot\text{м}$

Л.В.  $M_4$

# Расчёт МСОБ на временные (подвижные) нагрузки с помощью линий влияния

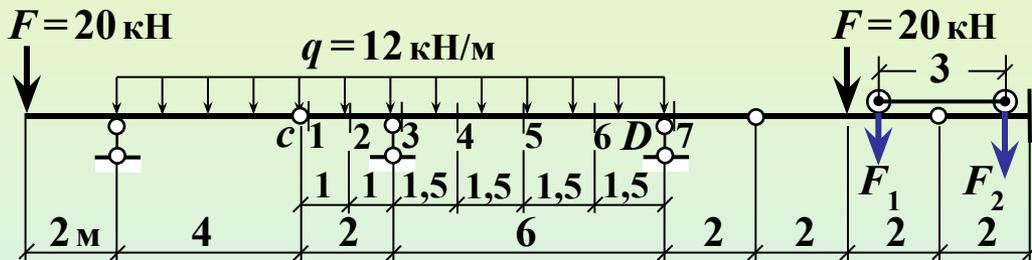
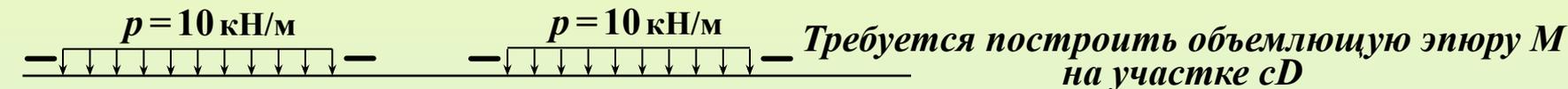
Построение линий влияния опорных реакций и внутренних усилий в МСОБ кинематическим методом –

алгоритм и пример рассмотрены в теме

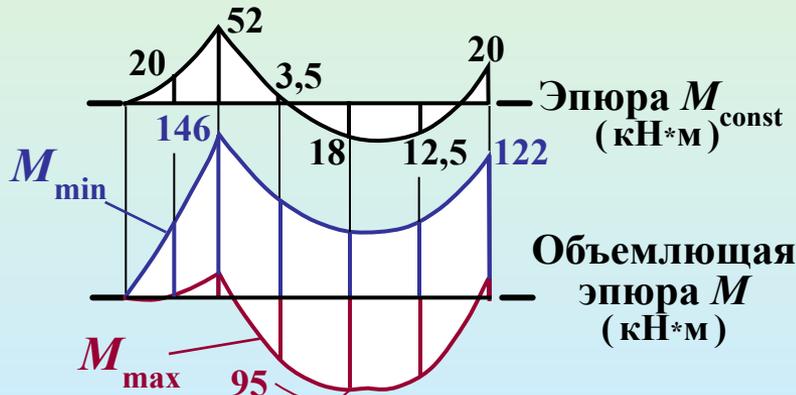
«Построение линий влияния силовых факторов кинематическим методом»

## Расчётные усилия в МСОБ и их эпюры (объемлющие эпюры)

$$M_{\text{расч}} = \begin{cases} M_{\text{max}} = M_{\text{const}} + \Sigma M_{\text{temp,max}} \\ M_{\text{min}} = M_{\text{const}} + \Sigma M_{\text{temp,min}} \end{cases} \left\| Q_{\text{соотв}} = \frac{dM_{\text{расч}}}{dx} \right\| Q_{\text{расч}} = \begin{cases} Q_{\text{max}} = Q_{\text{const}} + \Sigma Q_{\text{temp,max}} \\ Q_{\text{min}} = Q_{\text{const}} + \Sigma Q_{\text{temp,min}} \end{cases} \left\| M_{\text{соотв}} \right.$$



$q, F$  – постоянные нагрузки  
 $p, F_1, F_2$  – временные нагрузки  
 $F_1 = 16 \text{ кН}, F_2 = 18 \text{ кН}$



№ сеч.	Изгибающие моменты, кН*м				
	$M_{\text{const}}$	От врем. нагр.		Расчётные	
		max	min	max	min
1	0	0	0	0	0
2	-20	14	-47	-6	-67
3	-52	28	-94	-24	-146
4	-3,5	66	-93	62,5	-96,5
5	18	77	-82	95	-64
6	12,5	62,5	-90,75	75	-78,25
7	-20	0	-102	-20	-122

# Контрольные вопросы

(в скобках даны номера слайдов, на которых можно найти ответы на вопросы; для перехода к слайду с ответом можно сделать щелчок мышью по номеру в скобках\*); для возврата к контрольным вопросам сделать щелчок правой кнопкой мыши и выбрать «Перейти к слайду 25»)

1. Какие системы называются статически определимыми? (2)
2. При выполнении каких условий система может рассматриваться как статически определимая? (2)
3. Может ли быть статически неопределимой задача определения усилий в системе без лишних связей? (2)
4. Является ли статически определимой система без лишних связей, рассчитываемая по деформированной схеме? (2, 3)
5. Какими общими свойствами обладают все статически определимые системы? (4)
6. Если в статически определимой системе изменить жёсткости некоторых элементов, то приведет ли это к изменению силовых факторов при той же нагрузке? (4)
7. Как статически определимая система реагирует на изменение температуры или смещения связей? Оценить статически и кинематически. (4) 7. Как статически определимая система реагирует на изменение температуры или смещения связей? Оценить статически и кинематически. (4)
8. Каковы основные типы статически определимых систем? (5)
9. Что такое многопролётная балка? (7)
10. Особенности кинематического анализа многопролётных балок. (7)  
Правила расположения опор и шарниров в многопролётной статически определимой балке (МСОБ). (7)
11. Каковы основные структурные схемы МСОБ? (8)
12. По каким признакам определяются главные части МСОБ? (8)
13. Что такое рабочая схема многопролётной СО балки? (8)
14. Как располагаются на рабочей схеме главные и второстепенные части балки? (8)
15. Как работают части МСОБ при локальном нагружении  
а) главной части? (9) а) главной части? (9) б) второстепенной части? (9)

\* Только в режиме «Показ слайдов»

# Контрольные вопросы

*(в скобках даны номера слайдов, на которых можно найти ответы на вопросы; для перехода к слайду с ответом можно сделать щелчок мышью по номеру в скобках\*); для возврата к контрольным вопросам сделать щелчок правой кнопкой мыши и выбрать «Перейти к слайду 26»)*

16. Как с помощью рабочей схемы определяется рациональный порядок расчёта МСОБ? (10)
17. Могут ли реакции опор и усилия в главной части МСОБ быть определены раньше, чем в соседней с ней второстепенной части? (10)
18. Как выполняется проверка результатов расчёта МСОБ на заданную неподвижную нагрузку? (15)
19. Каковы возможные варианты построения статическим методом линий влияния силовых факторов в МСОБ? (16)
20. Вид и особенности типовых линий влияния опорных реакций однопролётной балки с консолями. (17)
21. Каковы типовые линии влияния изгибающих моментов и поперечных сил в сечениях однопролётной балки с консолями (общий вид, особенности, характерные ординаты)  
а) в междопорном сечении? (16)    а) в междопорном сечении? (16)    б) в сечениях на левой и правой консолях? (16)
22. Как взаимно ориентированы левая и правая прямые типовой линии влияния поперечной силы в сечении балки? (16, 17)
23. Где расположен и чему равен скачок на типовой линии влияния поперечной силы в любом сечении балки? (16, 17)
24. Как можно использовать типовые линии влияния для построения линий влияния силовых факторов в многопролётной СО балке? (18–21)
25. Алгоритм построения линий влияния силовых факторов в МСОБ кинематическим методом. (22)
26. Какие расчётные и соответствующие им усилия определяются в общем случае в МСОБ? (22)
27. Изложить порядок построения объемлющей эпюры изгибающих моментов в МСОБ. (22–24)

\*) Только в режиме «Показ слайдов»