



СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА.

Часть I

**Расчёт сооружений
на действие подвижных
и других временных
нагрузок**

ТЕОРИЯ ЛИНИЙ ВЛИЯНИЯ

2

Построение линий влияния силовых факторов статическим методом

Общий принцип:

использование уравнений равновесия частей системы для определения зависимости силового фактора S , линия влияния которого строится, от координат(ы) точки приложения единичного подвижного груза $F = 1$.

Алгоритм построения линии влияния статическим методом:

1. Намечаются характерные положения единичного подвижного груза $F = 1$.
2. Для каждого характерного положения единичного груза, точка приложения которого задаётся координатой x (в пространственной системе – координатами x, y, z), из уравнений равновесия выявляется выражение функции влияния $S(x)$ или $S(x, y, z)$.
3. Строится линия влияния как график функции влияния – по участкам, соответствующим характерным положениям груза $F = 1$.

Примечания: 1) в статически определимой системе (при кусочно-линейных Л.В.) возможно задание **двух** рационально выбираемых точек приложения единичного груза в пределах участка, с последующим построением отрезка прямой по двум ординатам;

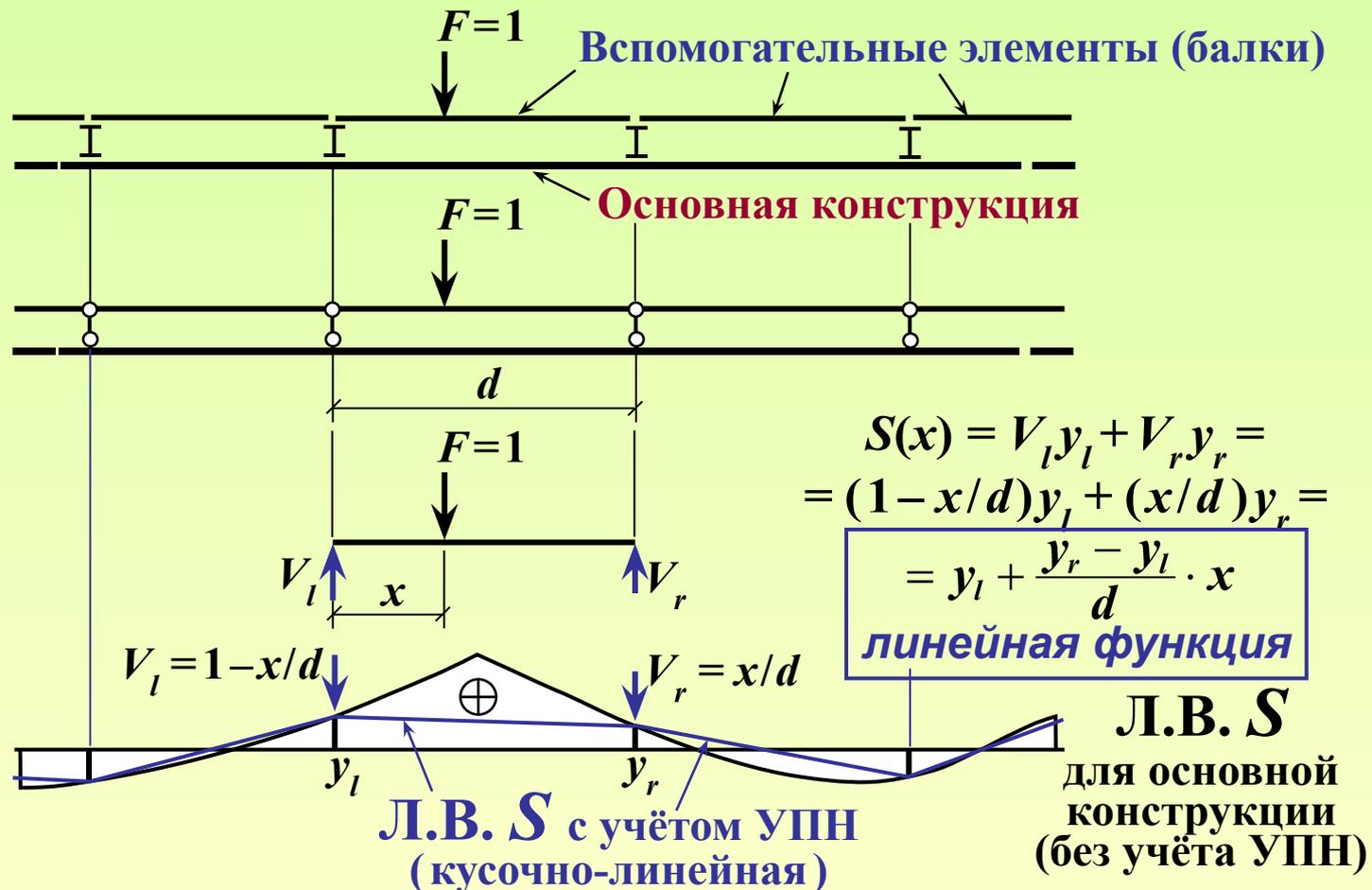
2) в плоских (двухмерных системах) осуществляется загрузка единичными подвижными грузами $F_x = 1$ и $F_y = 1$; в пространственных – также $F_z = 1$.

Границы участков
характерных положений
единичного подвижного груза

- {
1. Границы дисков системы и узлы.
 2. Сечение с внутренним силовым фактором, линия влияния которого строится.

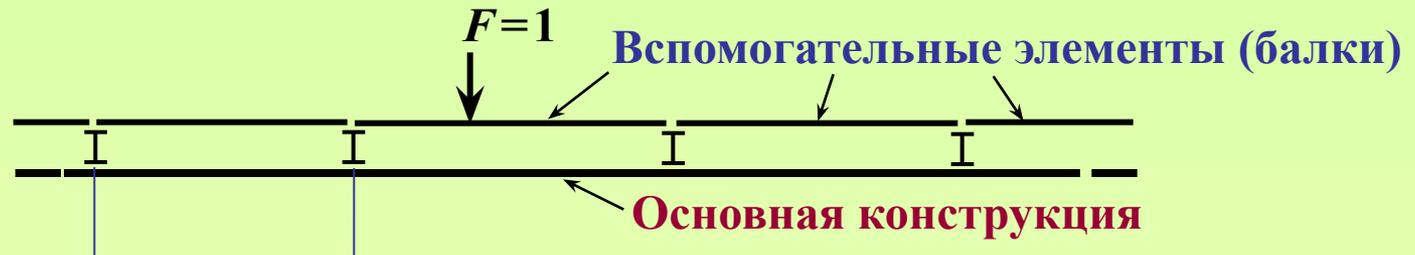
Построение линий влияния силовых факторов статическим методом

Узловая передача нагрузки (УПН)



Построение линий влияния силовых факторов статическим методом

Узловая передача нагрузки (УПН)



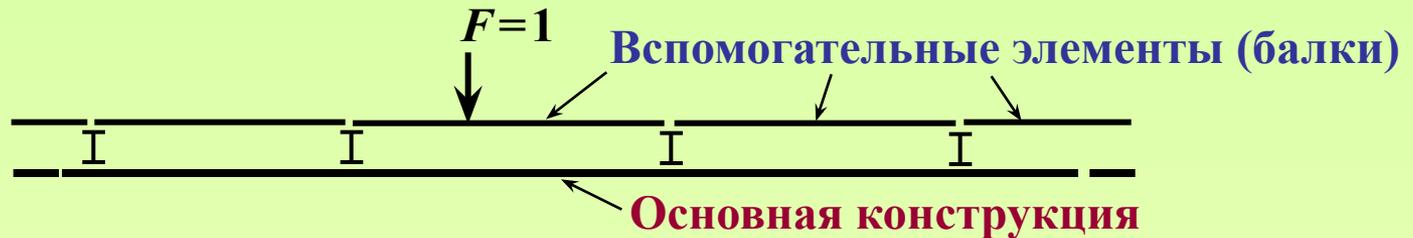
Алгоритм построения линии влияния с учётом УПН

1. Строится линия влияния силового фактора S для основной конструкции (без учёта УПН).
2. Определяются ординаты Л.В. S для основной конструкции в точках опирания второстепенных элементов (балок).
3. Вершины соседних ординат в точках УПН соединяются отрезками прямых.



Построение линий влияния силовых факторов статическим методом

Узловая передача нагрузки (УПН)



Алгоритм построения линии влияния с учётом УПН

1. Строится линия влияния силового фактора S для основной конструкции (без учёта УПН).
2. Определяются ординаты Л.В. S для основной конструкции в точках опирания второстепенных элементов (балок).
3. Вершины соседних ординат в точках УПН соединяются отрезками прямых.

Частные случаи совпадения линий влияния с учётом и без учёта УПН:

1. Линии влияния изгибающего момента в статически определимой системе при наличии точек УПН на границах всех дисков и в месте сечения с моментом M .
2. Линии влияния продольных сил в стержнях фермы, если точки УПН совпадают со всеми узлами.

Построение линий влияния силовых факторов кинематическим методом

Н. Müller-Breslau (1887 г.)

*Основная формула
кинематического метода
при построении линий влияния*

**Из общей формулы кинематического метода
определения силовых факторов**

$$S = - \frac{F \cdot \delta_F + W_{int}}{\delta_S}$$

**при единичной подвижной нагрузке $F = 1$ с учётом того,
что $\delta_S = \delta_S(x)$, $W_{int} = W_{int}(x)$, получается**

$$S(x) = - \frac{\delta_F(x) + W_{int}(x)}{\delta_S}$$

Построение линий влияния силовых факторов кинематическим методом

*Основная формула
кинематического метода
при построении линий влияния*

При обеспечении условия $W_{int}(x) = 0$
(в случае статически определимой системы – за счёт
использования гипотезы отвердения материала):

$$S(x) = - \frac{\delta_F(x)}{\delta_S}$$

Очертание линии влияния:

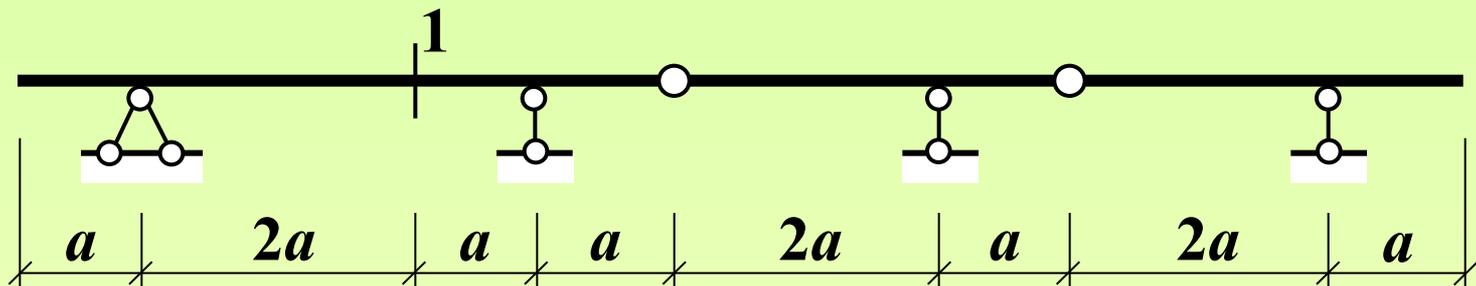
с точностью до неопределённого множителя $-1/\delta_S$
линия влияния силового фактора S в СО системе **подобна**
эпюре возможных перемещений δ_F системы с удалённой связью –
механизма, диски которого считаются недеформируемыми.

Алгоритм построения линии влияния силового фактора кинематическим методом

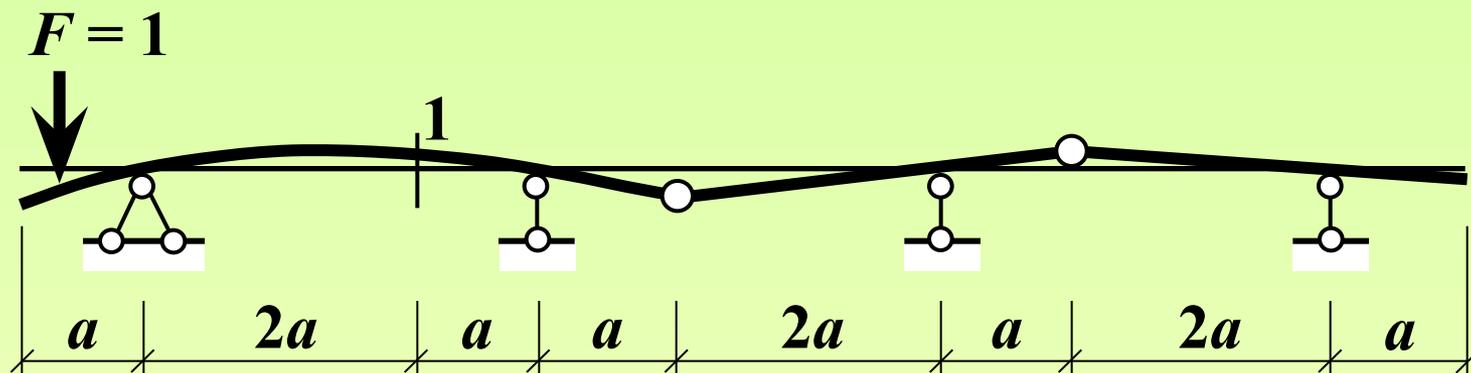
1. В системе, находящейся в равновесии при произвольно расположенной единичной подвижной нагрузке $F = 1$, удаляется связь, линию влияния реакции которой S требуется построить. Взамен удалённой связи прикладывается её реакция S .
2. Системе с удалённой связью задается возможное (виртуальное) перемещение и выявляется характерное перемещение δ_S .
Примечание: Перемещение желательно задавать так, чтобы
а) возможная работа силового фактора S оказалась положительной ($\delta_S > 0$);
б) возможная работа внутренних сил была равна нулю ($W_{int} = 0$) –
для статически определимых систем это достигается использованием гипотезы отвердения.
3. Строится эпюра возможных перемещений $\delta_F(x)$ с определением
а) ординат, выражаемых через характерное перемещение δ_S ;
б) знаков (по знаку перемещения δ_F в месте, где обозначен груз $F = 1$).
4. По основной формуле $S(x) = -\delta_F(x)/\delta_S$ определяются ординаты искомой линии влияния – путём деления ординат эпюры $\delta_F(x)$ на неопределённый параметр δ_S . Строится Л.В. S , подобная эпюре $\delta_F(x)$.
5. Уточняются знаки линии влияния S – по фактическим знакам δ_S и $\delta_F(x)$.

Пример

Требуется построить линию влияния M_1 – изгибающего момента в сечении 1

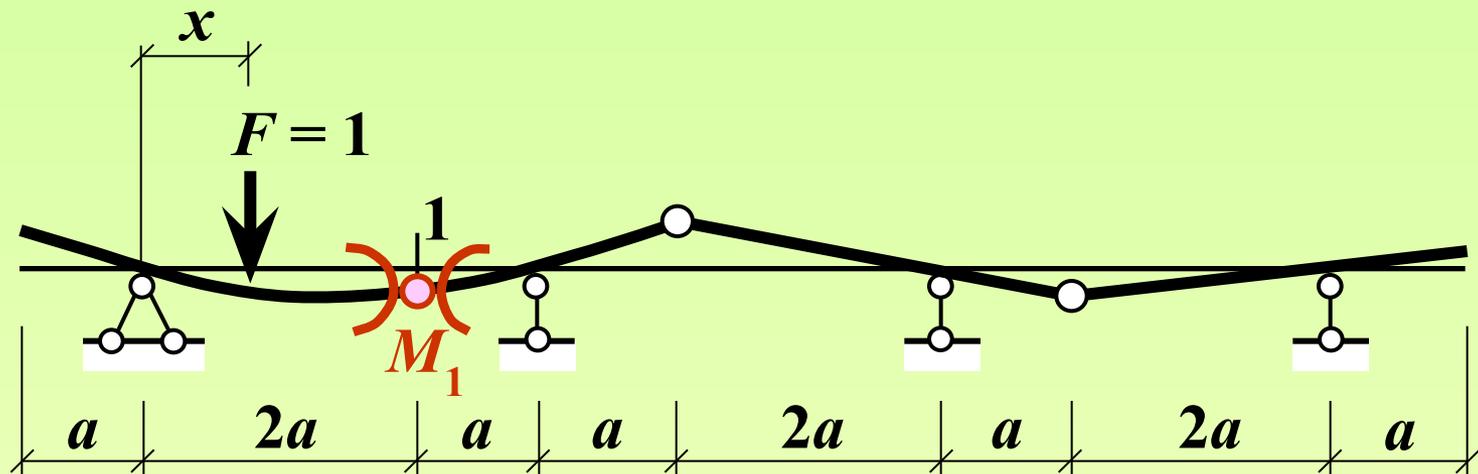


Пример



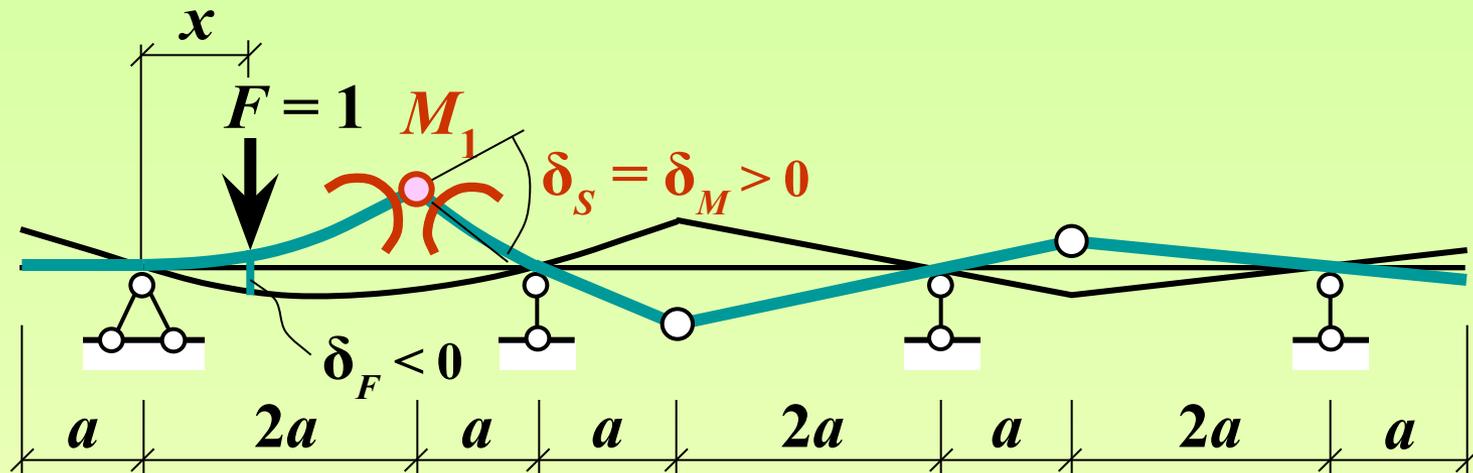
**Равновесие системы при произвольно
расположенном единичном подвижном грузе.**

Пример



Равновесие системы удерживается, реакция в первом ряду является движущей силой фактор M_1 .

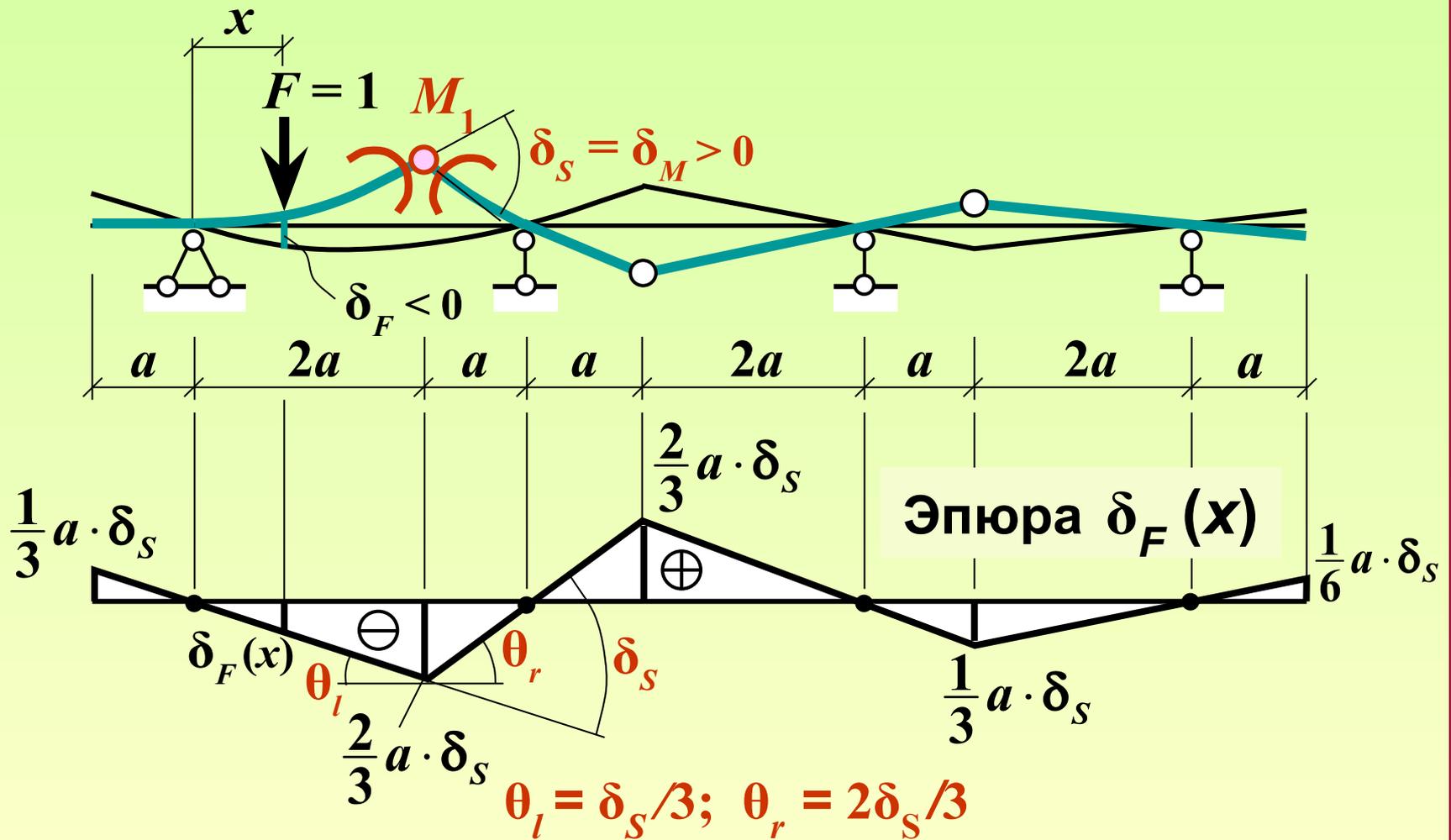
Пример



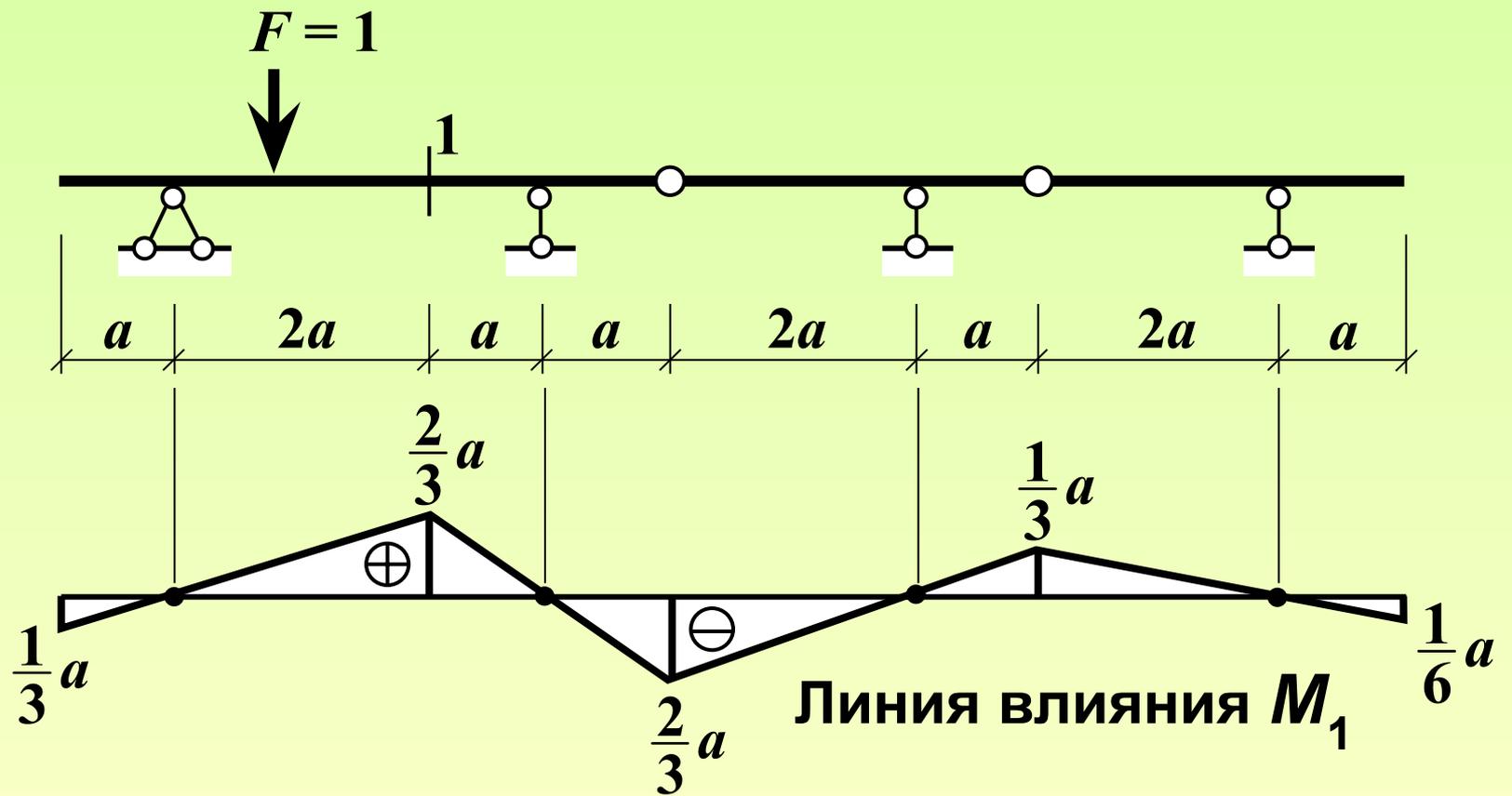
Возможное перемещение системы с удалённой связью

(к деформированным элементам
применена гипотеза отвердения,
так как заданная система статически определима,
а система с удалённой связью является механизмом).

Пример



Пример



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 16»)*

1. Каковы общий принцип и алгоритм построения линии влияния статическим методом? [\(2\)](#)
2. Какие точки являются границами участков характерных положений единичного подвижного груза? [\(2\)](#)
3. Что такое узловая передача нагрузки? Каковы особенности очертания линии влияния силового фактора при узловой передаче нагрузки? [\(4, 5\)](#)
4. Как строится линия влияния силового фактора учётом узловой передачи нагрузки? [\(5\)](#)
5. В каких случаях линии влияния силового фактора, построенные с учётом и без учёта узловой передачи нагрузки, совпадают? [\(5\)](#)
6. Какой вид имеет основная формула кинематического метода при построении линии влияния силового фактора? [\(7\)](#)
7. Как упрощается формула кинематического метода для статически определимой системы при использовании гипотезы отвердения материала? [\(8\)](#)
8. Как кинематически истолковывается очертание (модель) линии влияния силового фактора в статически определимой системе? [\(8\)](#)
9. Изложить алгоритм построения линии влияния силового фактора кинематическим методом. [\(9\)](#)

*) Только в режиме «Показ слайдов»