



СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА.

Часть I

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

ТЕОРИЯ ЛИНИЙ ВЛИЯНИЯ

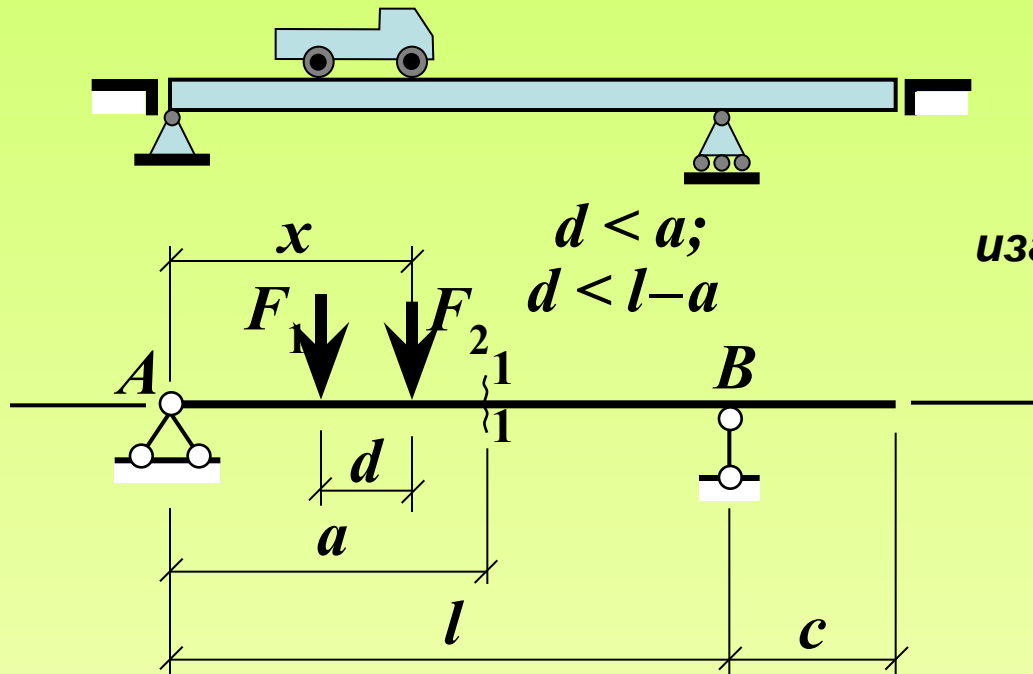
Временными воздействиями
(нагрузками) называются такие,
действие которых на сооружение
(конструкцию) ограничено во времени.

Подвижными называются
временные нагрузки, место и/или
область приложения которых
на сооружении (конструкции)
изменяются.

Основные задачи расчёта сооружения (конструкции) на действие подвижной нагрузки

- 1. Выявление *закона изменения* исследуемого фактора напряжённо-деформированного состояния (НДС) системы (реакции внешней или внутренней связи, внутреннего силового фактора – усилия или напряжения в сечении, перемещения, деформации и др.) в зависимости от характеристик (координат) положения подвижной нагрузки на сооружении (конструкции).**
- 2. Определение экстремальных значений (максимального и минимального) исследуемого фактора и соответствующих им положений нагрузки, называемых невыгоднейшими (опасными) положениями подвижной нагрузки.**

Пример



Требуется:

1. Выявить закон изменения изгибающего момента в сечении 1-1 – функцию $M_1(x)$.

2. Найти $M_{1,\max}$ и $M_{1,\min}$.

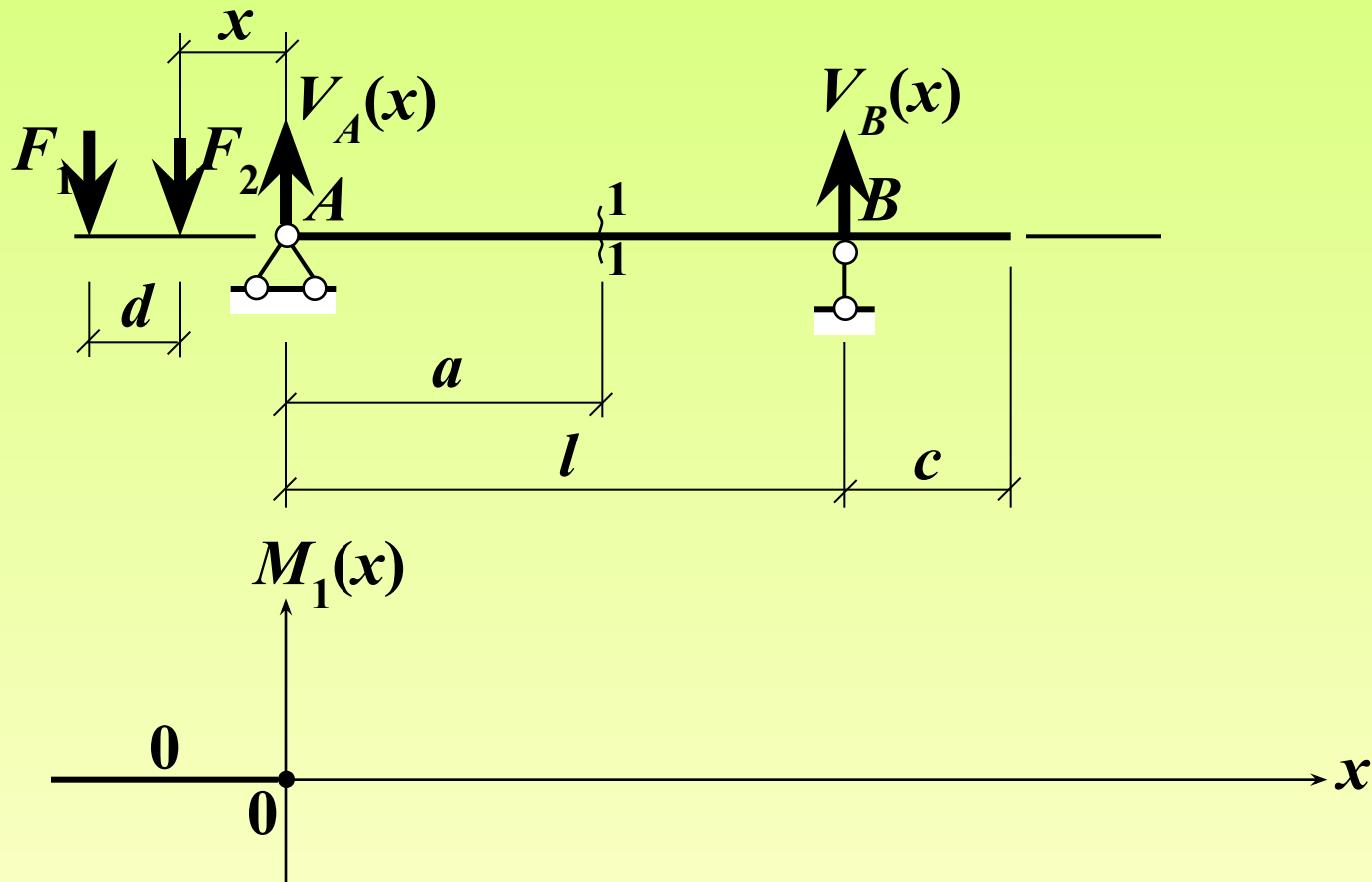
Характерные положения подвижной нагрузки:

- 1) вся нагрузка за пределами балки (слева);
- 2) груз F_2 справа от опоры A , груз F_1 слева;
- 3) оба груза – между опорой A и сечением 1-1;
- 4) груз F_2 справа от сечения 1-1, груз F_1 слева;
- 5) оба груза – между сечением 1-1 и правым концом балки;
- 6) груз F_1 – у правого конца балки, груз F_2 за пределами балки (справа);
- 7) вся нагрузка за пределами балки (справа).

Пример

1-е характерное положение подвижной нагрузки:

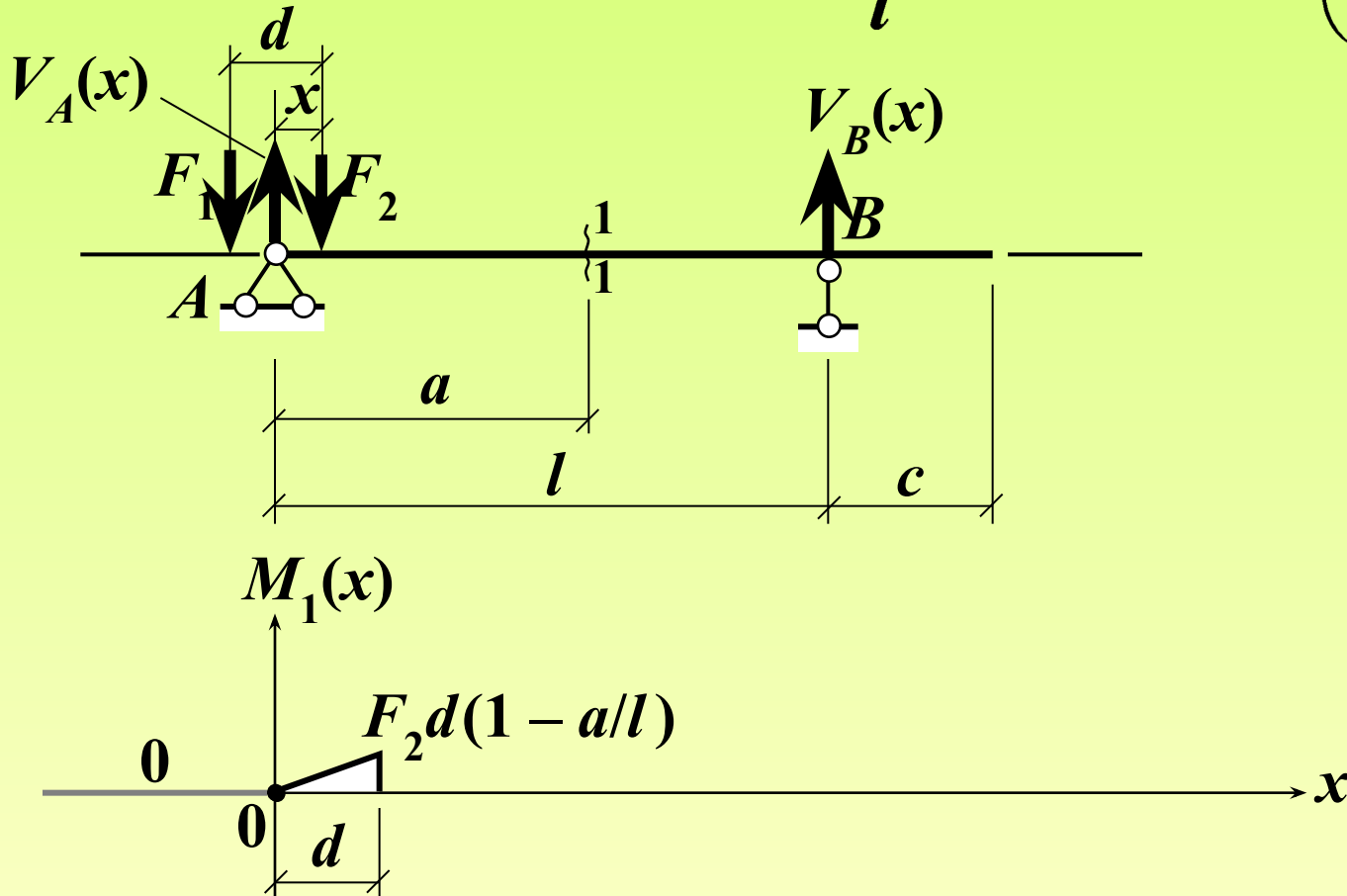
$$x < 0: \quad M_1(x) = 0$$



Пример

2-е характерное положение подвижной нагрузки:

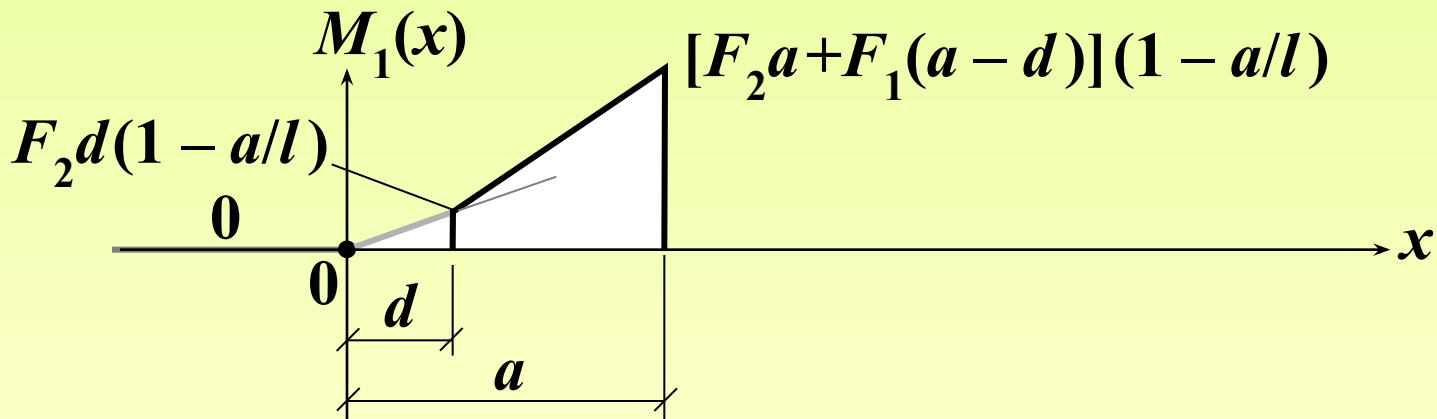
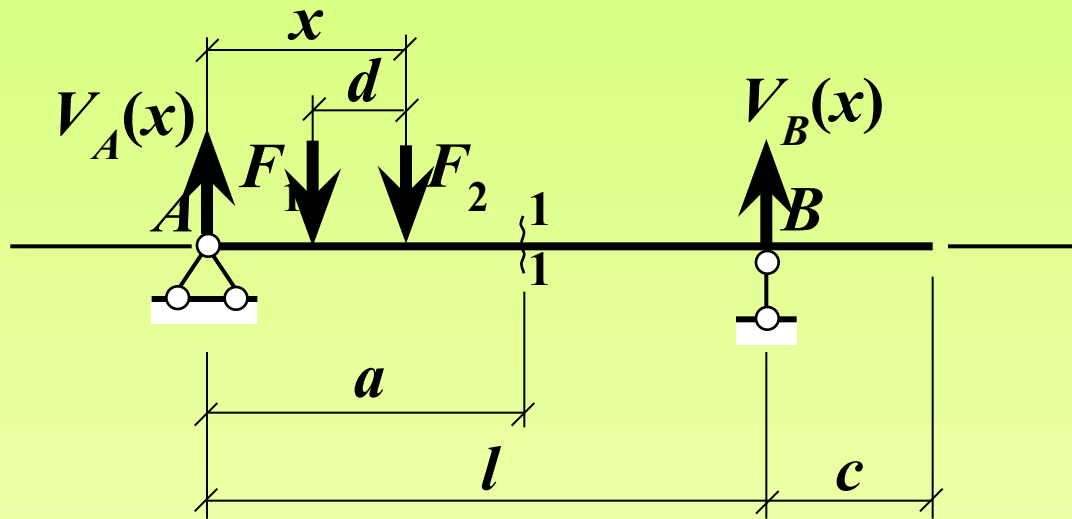
$$0 \leq x \leq d : M_1(x) = \frac{F_2 x}{l} (l - a) = F_2 \left(1 - \frac{a}{l}\right) x$$



Пример

3-е характерное положение подвижной нагрузки:

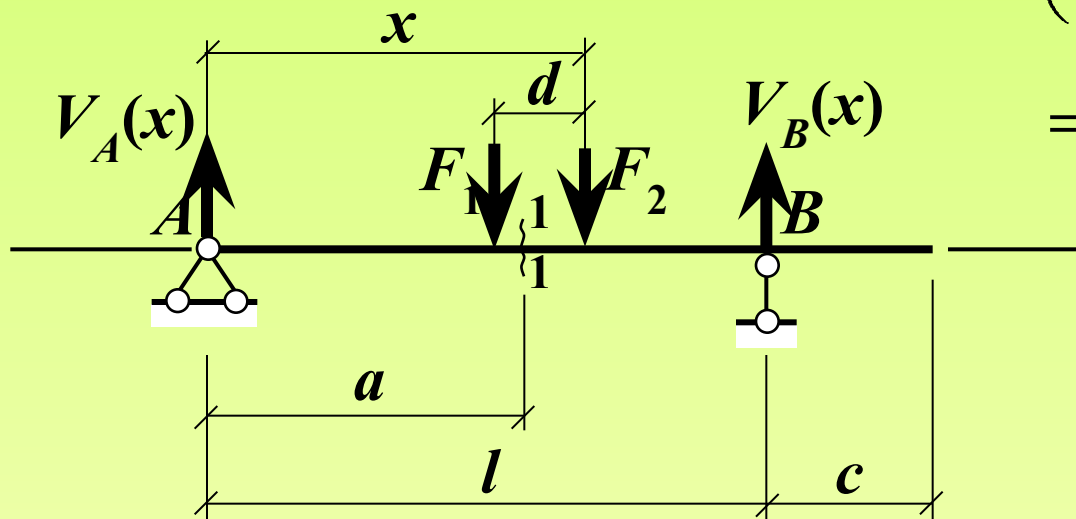
$$d < x \leq a : M_1(x) = [F_2x + F_1(x - d)] \left(1 - \frac{a}{l}\right)$$



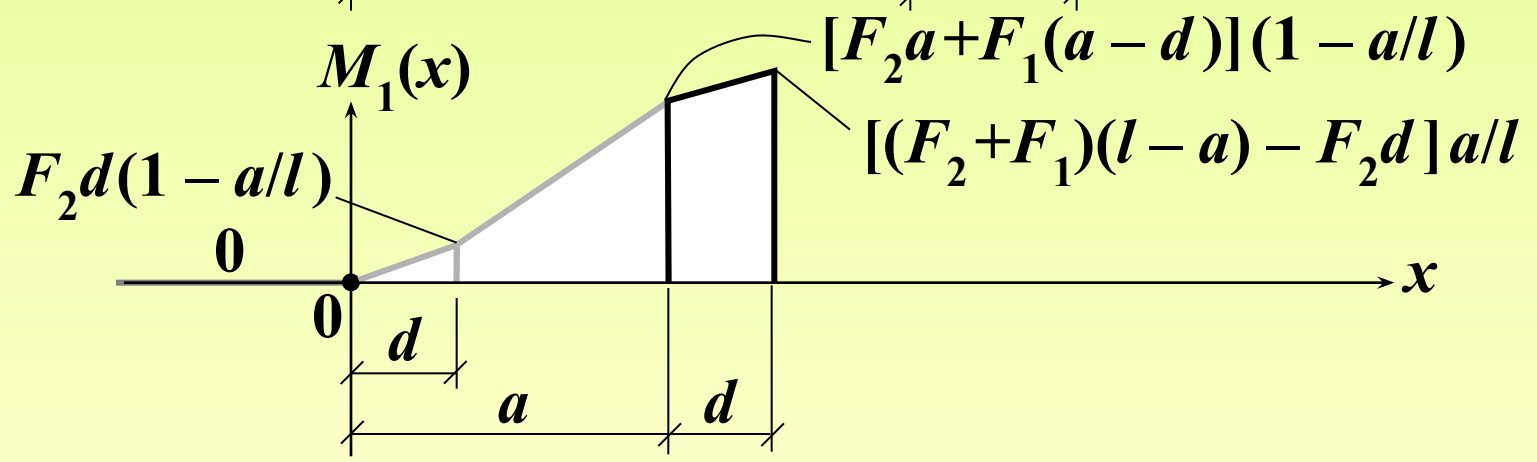
Пример

4-е характерное положение подвижной нагрузки:

$$a < x \leq a + d : M_1(x) = [F_2 x + F_1(x - d)] \left(1 - \frac{a}{l}\right) - F_2(x - a) =$$



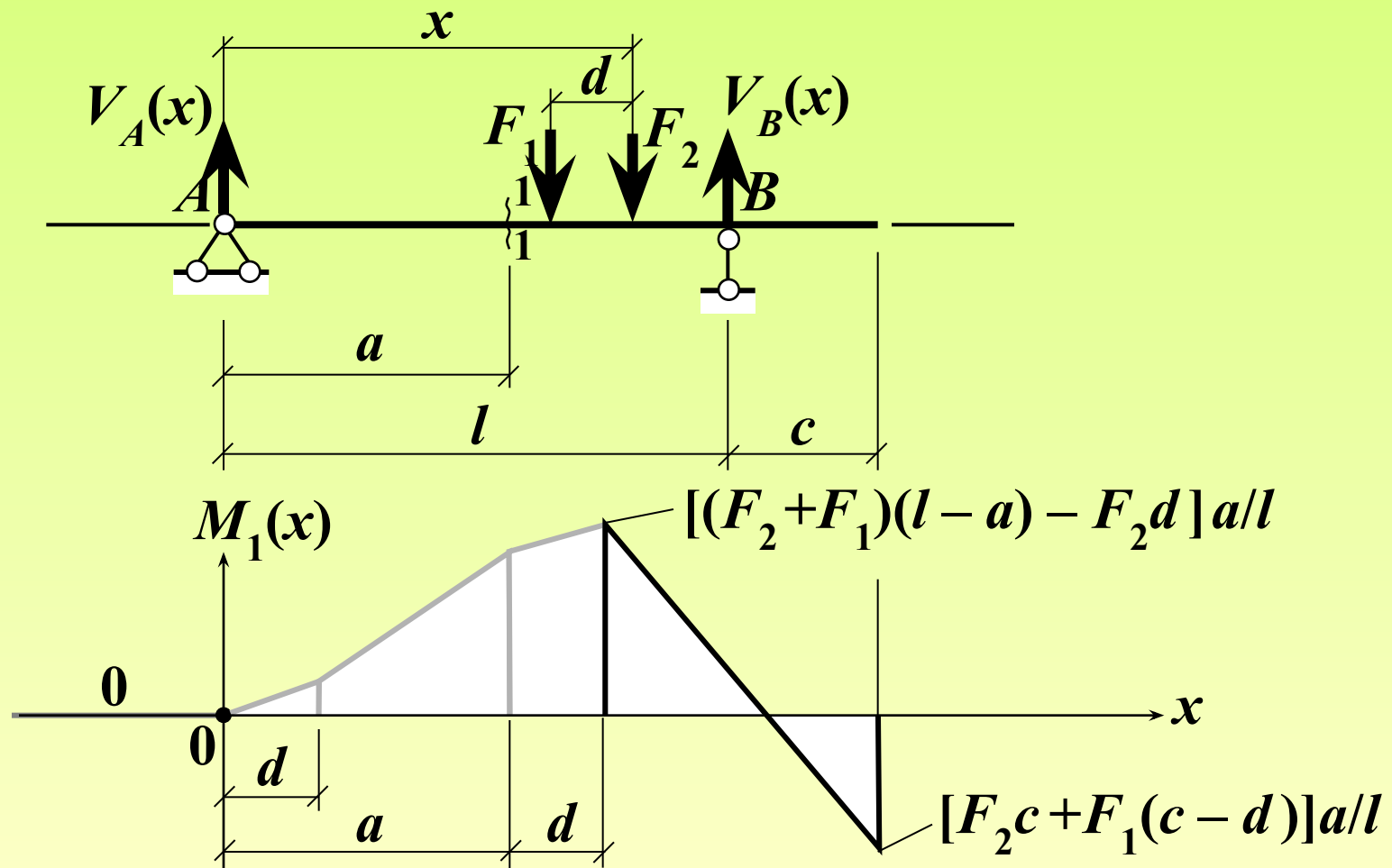
$$= F_1(x - d) \left(1 - \frac{a}{l}\right) + F_2 a \left(1 - \frac{x}{l}\right)$$



Пример

5-е характерное положение подвижной нагрузки:

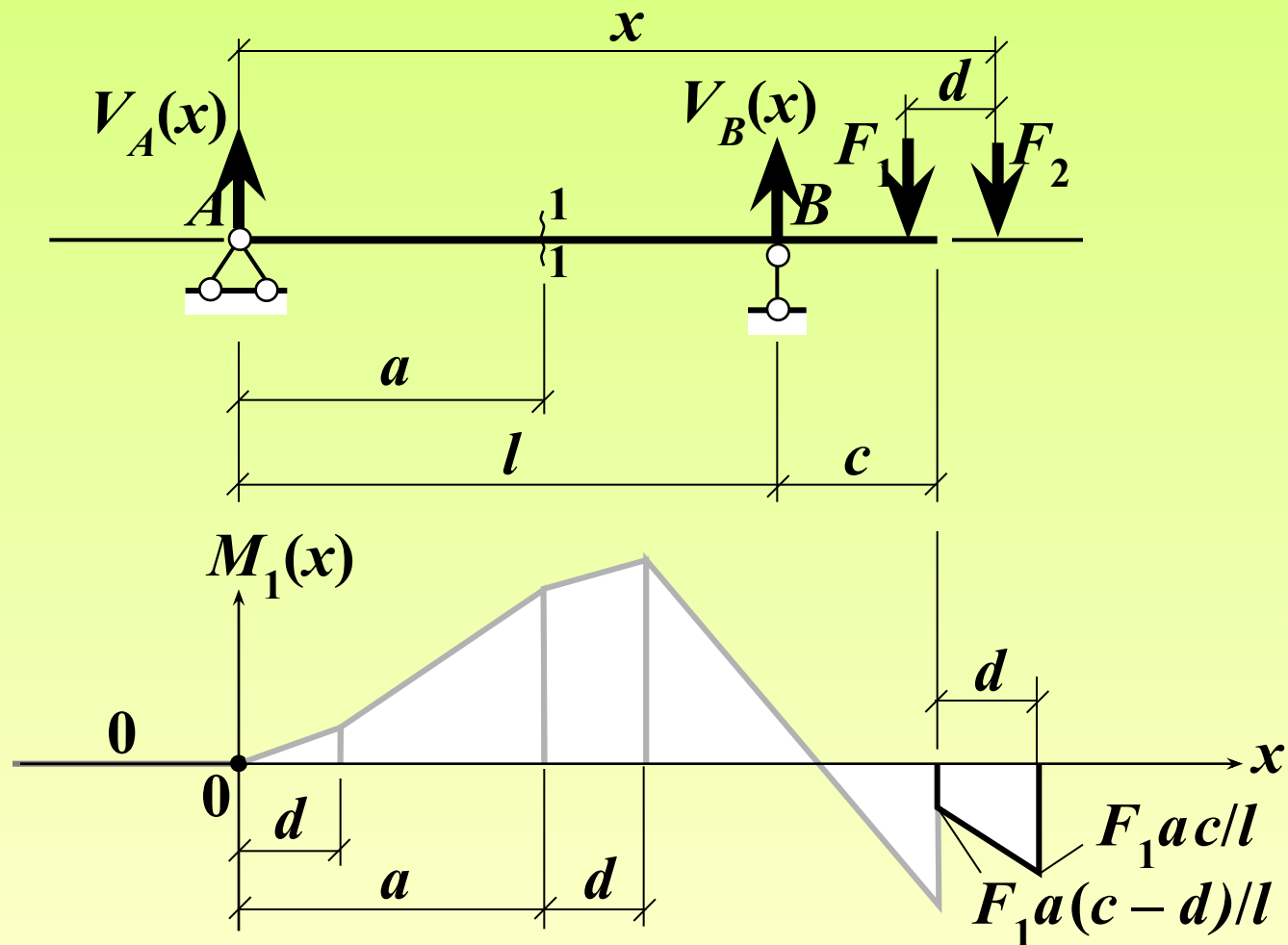
$$a + d < x \leq l + c: \quad M_1(x) = [F_2(l - x) + F_1(l - x + d)] \frac{a}{l}$$



Пример

6-е характерное положение подвижной нагрузки:

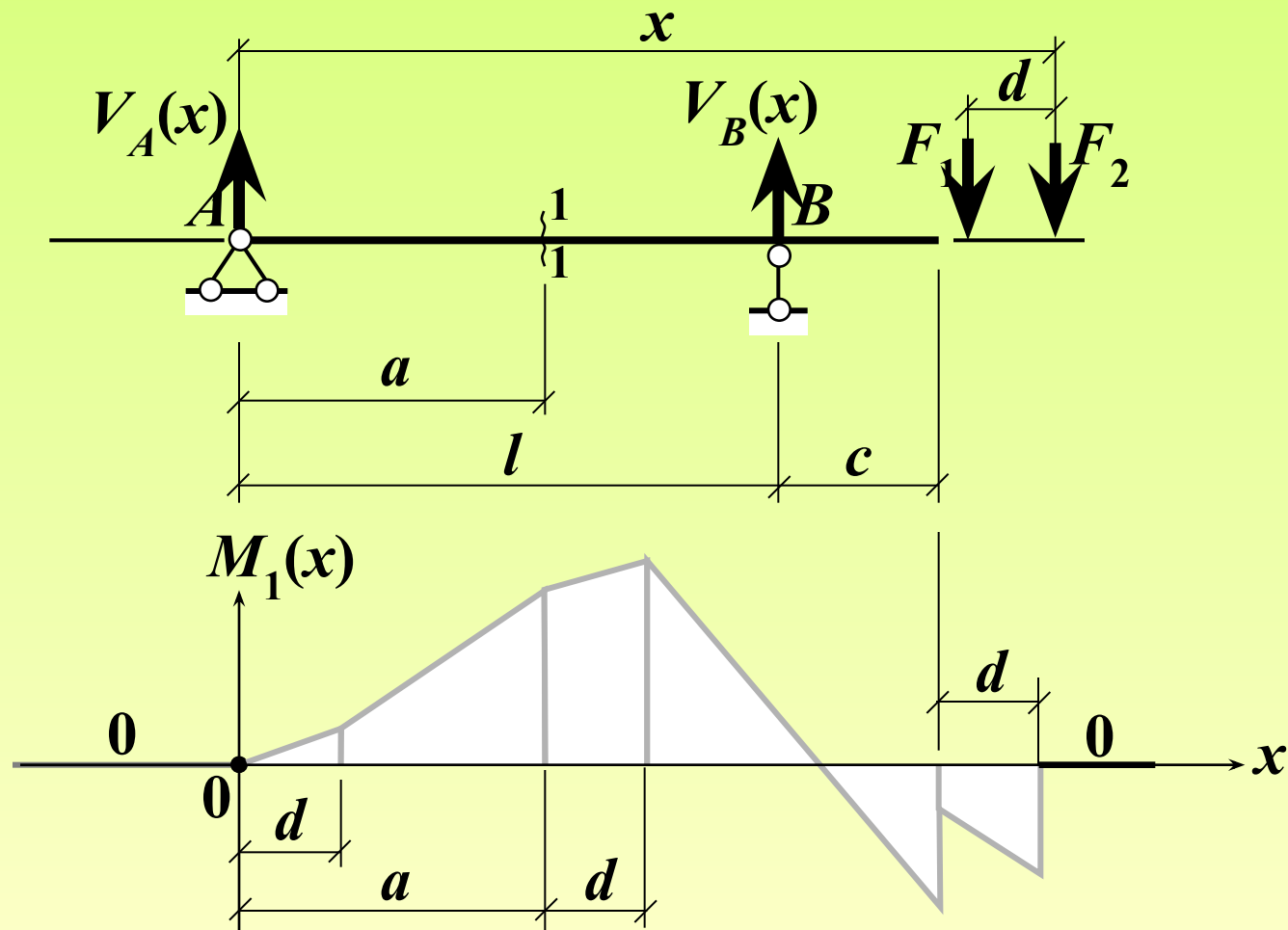
$$l + c < x \leq l + c + d : M_1(x) = F_1 a \left(1 - \frac{x-d}{l}\right)$$



Пример

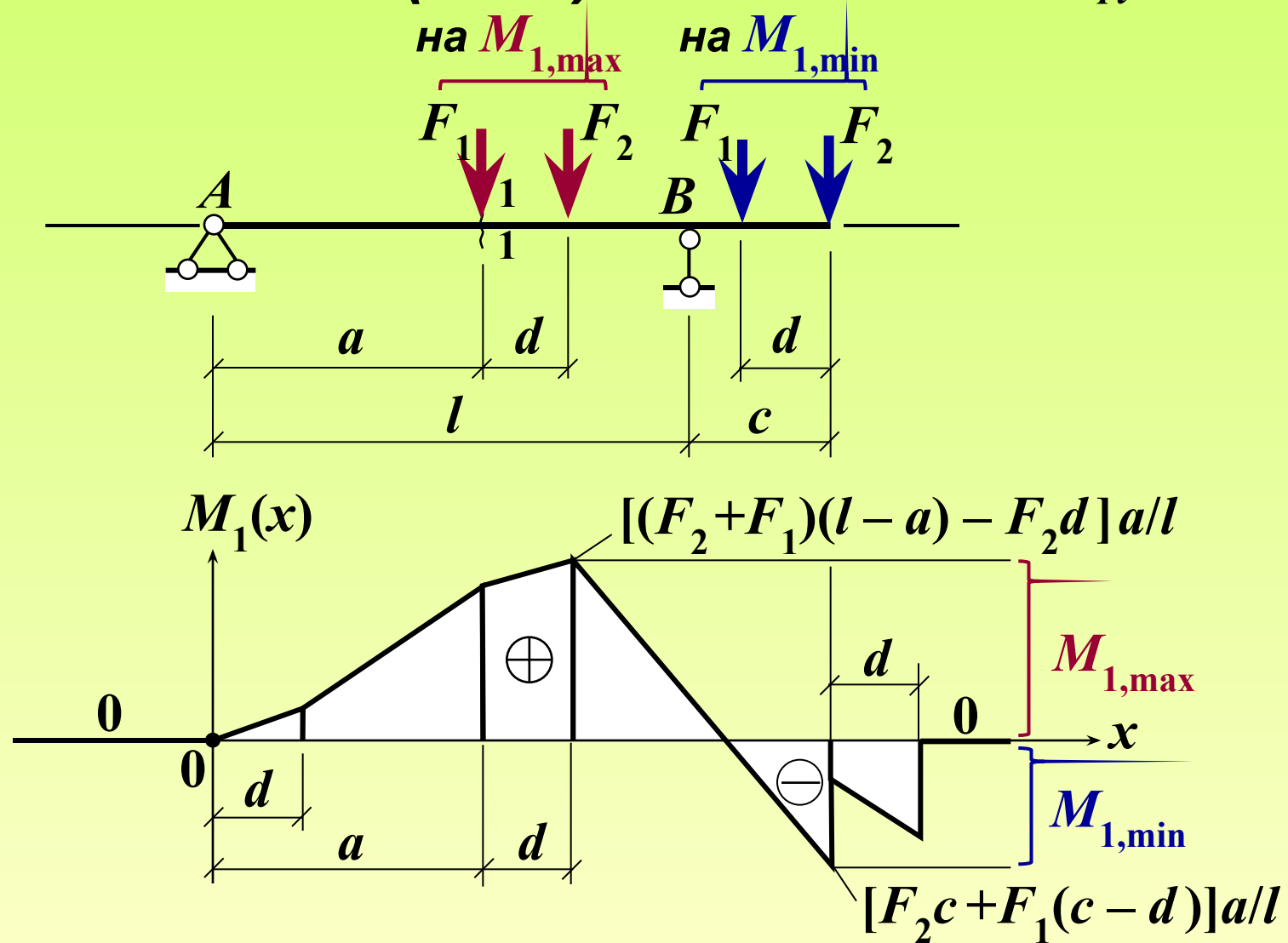
7-е характерное положение подвижной нагрузки:

$$x > l + c + d : M_1(x) = 0$$



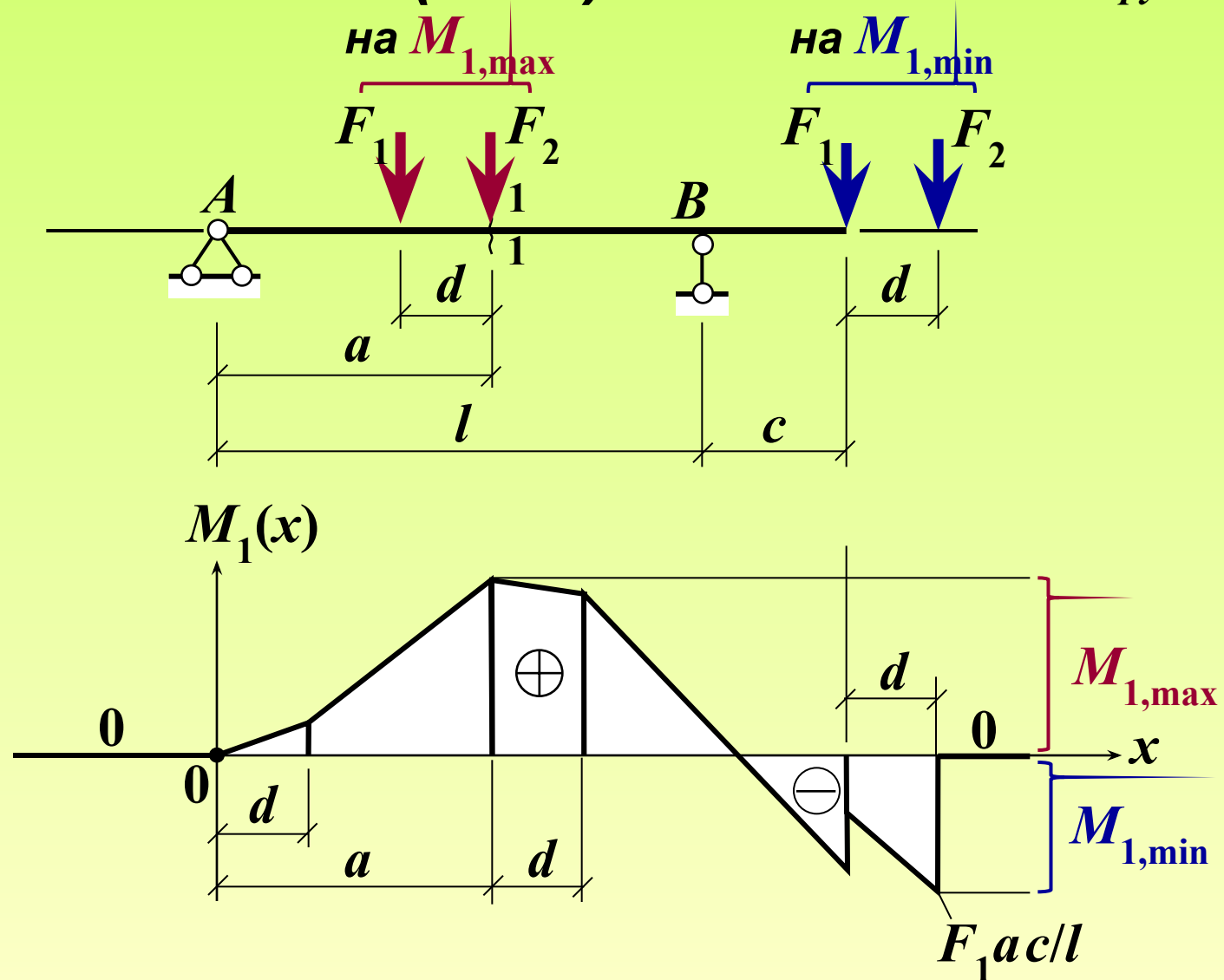
Пример - результаты

Невыгоднейшие (опасные) положения подвижной нагрузки



Возможный вариант:

Невыгоднейшие (опасные) положения подвижной нагрузки



Линией влияния некоторого фактора НДС

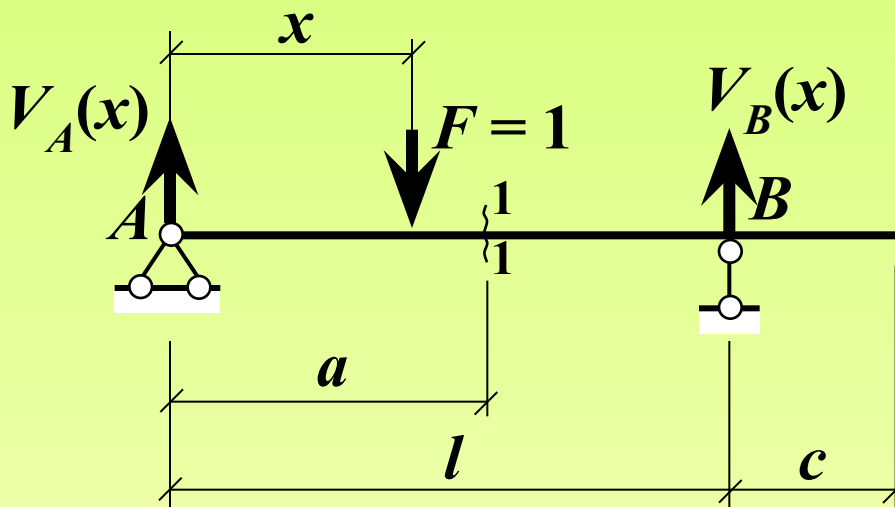
**называется график функции,
выражающей зависимость данного фактора
от координат(ы) точки приложения
одиночного единичного подвижного груза ($F = 1$),
сохраняющего неизменное направление
линии действия при перемещении
по сооружению (конструкции).**

Идея – Е. Winkler (1867 г.)

Примечания:

- 1. Функция, выражающая зависимость
некоторого фактора НДС от координат(ы)
точки приложения единичного подвижного груза $F = 1$,
называется *функцией влияния данного фактора.***
- 2. Единичный груз $F = 1$ – безразмерный.**

Пример построения линии влияния



Требуется:

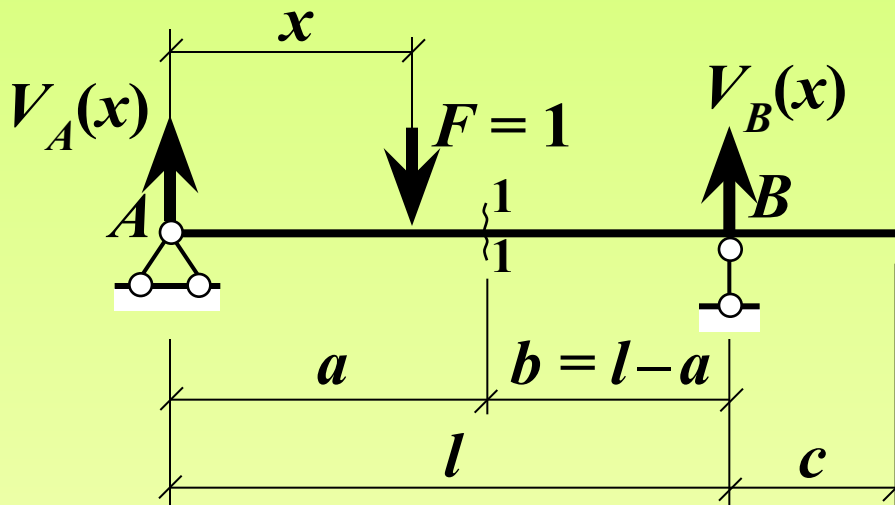
*Построить
линию влияния
изгибающего момента
в сечении 1-1
(Л.В. M_1).*

Характерные положения единичного подвижного груза:

- 1) груз $F = 1$ слева от сечения 1-1 ($0 \leq x \leq a$);
- 2) груз $F = 1$ справа от сечения 1-1 ($a < x \leq l + c$);

Пример построения линии влияния

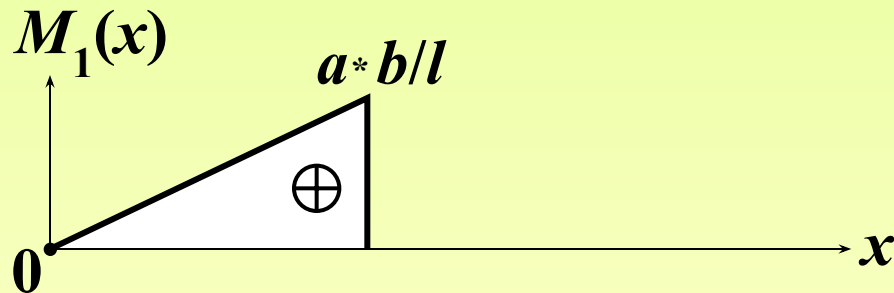
1-е характерное положение подвижного груза $F = 1$: $0 \leq x \leq a$



$$\Sigma m_A = 0:$$

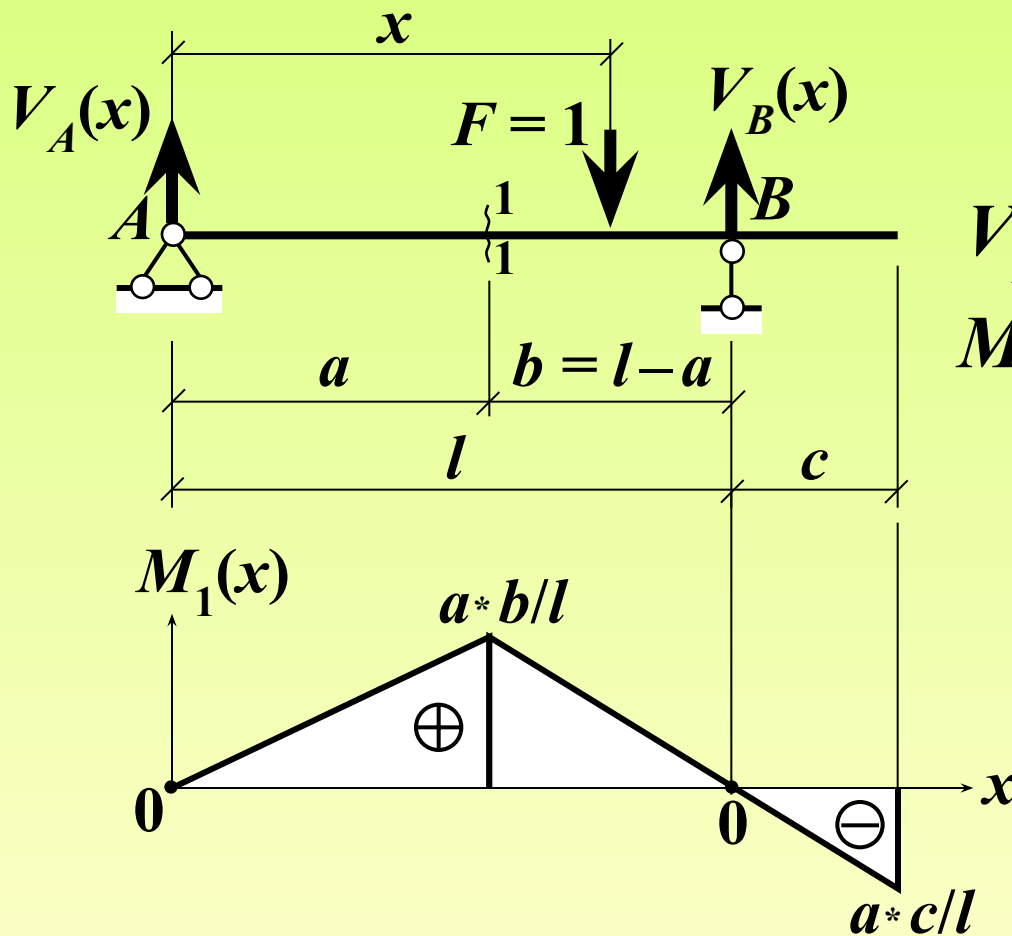
$$V_B(x) = 1 * x / l$$

$$M_1(x) = V_B(x) * b = \\ = x * b / l$$



Пример построения линии влияния

2-е характерное положение подвижного груза $F = 1$: $a < x \leq l + c$



$$\Sigma m_B = 0:$$

$$V_A(x) = 1 \cdot (l - x) / l$$

$$M_1(x) = V_A(x) \cdot a =$$
$$= a \cdot (1 - x/l)$$

Л.В. M_1

Различия

между линией влияния и эпюрой

Признаки различия	Содержание	
	Линия влияния	Эпюра
От какой нагрузки строится	От условной одиночной подвижной нагрузки, равной безразмерной единице ($F=1$)	От реальной неподвижной нагрузки, возможно многокомпонентной, определённым образом расположенной на сооружении
Что показывает в целом	Значения исследуемого фактора при разных положениях единичного подвижного груза $F=1$	Значения исследуемого фактора в разных точках (сечениях) системы при фиксированной нагрузке
Смысл произвольной ординаты	Значение исследуемого фактора при расположении единичного груза $F=1$ в том месте, где читается ордината	Значение исследуемого фактора в том месте (сечении), где читается ордината
Что позволяет определить	Невыгоднейшие (опасные) положения реальных подвижных и других временных нагрузок и соответствующие экстремальные значения исследуемого фактора	Точки (опасные сечения) системы и экстремальные значения исследуемого фактора в них при фиксированной нагрузке

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 19»)*

1. Какие воздействия на сооружения (конструкции) относятся к временным? [\(2\)](#)
2. Какие нагрузки называются подвижными? [\(2\)](#)
3. Каковы основные задачи расчёта сооружения (конструкции) на действие подвижной нагрузки? [\(3\)](#)
4. Что такое невыгоднейшее (опасное) положение подвижной нагрузки? [\(3\)](#)
5. В чём трудность непосредственного расчёта на заданную подвижную нагрузку? [\(4–13\)](#)
6. Для чего в расчётах на временные воздействия используются специальные функции и графики (функции и линии влияния)? *(самостоятельно)*
7. Что такое линия влияния и функция влияния некоторого фактора НДС системы? [\(14\)](#)
8. Что является аргументом функции и линии влияния? [\(14\)](#)
9. От какого воздействия строится линия влияния некоторого фактора НДС? [\(14\)](#)
10. Почему в общем случае функция и линия влияния являются кусочными (имеют разные аналитические выражения на разных участках)? [\(15–17\)](#)
11. Каковы основные различия между линией влияния и эпюрой некоторого силового фактора? [\(18\)](#)
12. Можно ли построить линию влияния некоторой опорной реакции? А её эпюру? [\(18\)](#)
13. Какой смысл имеет отдельная ордината линии влияния? [\(18\)](#)
14. Какие задачи расчёта сооружения (конструкции) можно решать с помощью линий влияния? [\(18\)](#)

*) Только в режиме «Показ слайдов»