

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

ВСЕ О НАГРУЗКАХ

Единица измерения физической величины (англ. unit of measurement) – физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное 1, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

Системой единиц физических величин называется совокупность основных и производных единиц с некоторой системой величин, образованных в соответствии с принятыми принципами.

В 1948 г. Международный союз чистой и прикладной физики представил на IX Генеральную конференцию по мерам и весам (ГКМВ) предложение о принятии *Международной практической системы единиц с основными единицами* — метр, килограмм, секунда и одной единицей Абсолютной практической системы электрических единиц.

В 1960 г. XI ГКМВ приняла решение о создании Международной системы единиц, которой было присвоено международное сокращенное наименование *SI(system Internationale — международная система)* или в русской транскрипции — *СИ*.

**ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения
единства измерений (ГСИ). Единицы величин (с
Поправками)**

ГОСТ 8.417-2002

Группа Т80

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Государственная система обеспечения единства измерений

ЕДИНИЦЫ ВЕЛИЧИН

State system for ensuring the uniformity of measurements. Units of
quantities

Активаци
Чтобы актив

**Об утверждении Положения о единицах величин, допускаемых к применению
в Российской Федерации (с изменениями на 15 августа 2015 года)**

1 Н - это сколько ...?

Ньютон — единица измерения силы.

В системе СИ: сила P – Н, масса m – кг, время t – сек.

Исходя из второго закона Ньютона сила равна
произведению массы на ускорение

$$P = m \cdot a,$$

$$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}^2.$$

По материалам сайта

www.sopromex.ru

То есть, 1 Н это сила, разгоняющая 1 кг массы с ускорением 1 м/с².

*Попытаемся объяснить, как перевести 1 Н в общепринятые
для нас килограммы силы или в граммы силы.*

*Стандартное значение $g = 9,8066 \text{ м/с}^2$ (а в технических расчётах
обычно принимают $g = 9,81 \text{ м/с}^2$) было определено как
ускорение свободного падения на Земле, равное ускорению
свободного падения на широте $45,5^\circ$ на уровне моря.*

Гравитационное ускорение g на различной высоте h над Землёй

<i>h, км</i>	<i>g, м/с²</i>	<i>h, км</i>	<i>g, м/с²</i>
10	9,7759	50 000	0,125
8	9,7820	10 000	1,50
6	9,7882	1000	7,36
5	9,7912	500	8,45
4	9,7943	120	9,447
3	9,7974	100	9,505
2	9,8005	80	9,5644
1	9,8036	50	9,6542
0	9,8066	20	9,7452

*Самой высокой точкой в мире является вершина
горы Эверест в Гималаях, которая находится
на высоте 8850 метров от уровня моря.*

Таким образом, будем считать, что на поверхности Земли сила гравитации разгоняет при свободном падении 1 кг массы с ускорением 9,81 м/с².

Значит, на поверхности Земли имеем примерное равенство

$$P = m \cdot g \approx 1 \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 \approx$$
$$(\approx 1 \text{ кгс}) \approx 9,81 \text{ Н.}$$

$$P = m \cdot g \approx 1 \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 \approx$$
$$(\approx 1 \text{ кгс}) \approx 9,81 \text{ Н.}$$

Один килограмм-силы примерно равен силе, с которой тело массой один килограмм давит на весы на поверхности Земли.

Значит

$$1 \text{ Н} \approx 1 \text{ кгс} / 9,81 \approx 0,1019 \text{ кгс.}$$

$$\underline{100 \text{ гс} \approx 0,981 \text{ Н.}}$$

В расчетах принято считать, что

$$\underline{1 \text{ кгс} \approx 10 \text{ Н,}}$$

$$\underline{1 \text{ Н} \approx 100 \text{ гс.}}$$

На вершине Эвереста 100 г гирька
будет весить примерно 97,82 гс.

1 Па - это много или мало?

$$1 \text{ Па} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па} = 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$1 \text{ Н} \approx 100 \text{ гс} = 0,1 \text{ кгс} = 10^{-1} \text{ кгс}$$

$$1 \text{ кгс} \approx 10 \text{ Н}$$

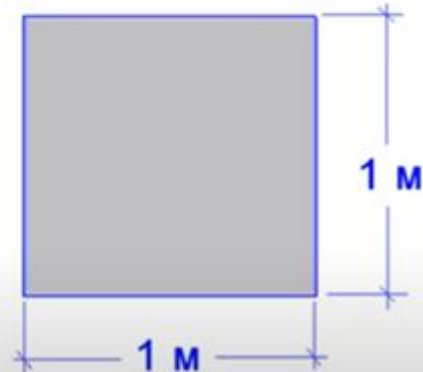
Зададим себе вопрос – 1 Па это много или мало?

- Нарисуем на полу квадратную площадку 1мх1м.

Возьмем половину стакана сахара песка, это примерно 100 гс или 1 Н и равномерно рассыпем этот сахар по этой площадке на полу.

Между песчинками наверное даже останутся незаполненные места.

Давление нашего сахара на пол будет как раз равно 1 Н/м² или 1 Па.



Именно поэтому давление и механические напряжения принято давать в МПа, чтобы не запутаться в большом количестве нулей.

Для сравнения величин подсчитаем давление или напряжение, которое действует на землю под подошвой обуви при обычной ходьбе человека, весящего, допустим $P = 100$ кгс.

Когда человек идет, то весь вес передается на землю одной подошвой, пусть, ботинка.

Для упрощения будем считать, что размеры подошвы ботинка составляют, примерно

$$A = 10 \text{ см} \times 10 \text{ см} = 100 \text{ см}^2.$$

Значит, давление на землю, которое создает наш человек при ходьбе равно примерно

$$\frac{P}{A} = \frac{100 \text{ кгс}}{100 \text{ см}^2} = 1 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = (\text{Па, МПа}) = 1 \cdot \frac{10 \text{ Н}}{10^{-4} \text{ м}^2} = 100000 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа}$$

Технология перевода технических единиц

$$1 \text{ МПа} = \left(\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \right) = 1 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 1 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{10^6 \text{ мм}^2} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$E_{\text{стали}} = 2,06 \cdot 10^5 \text{ МПа} = 2,06 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$R_{\text{устализ}} = 230 \text{ МПа} = 230 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$20 \text{ МПа} = \left(\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \right) = 20 \cdot 10^6 \text{ Па} = 20 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 20 \cdot 10^6 \frac{10^{-1} \text{ кгс}}{10^4 \text{ см}^2} = 200 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$$

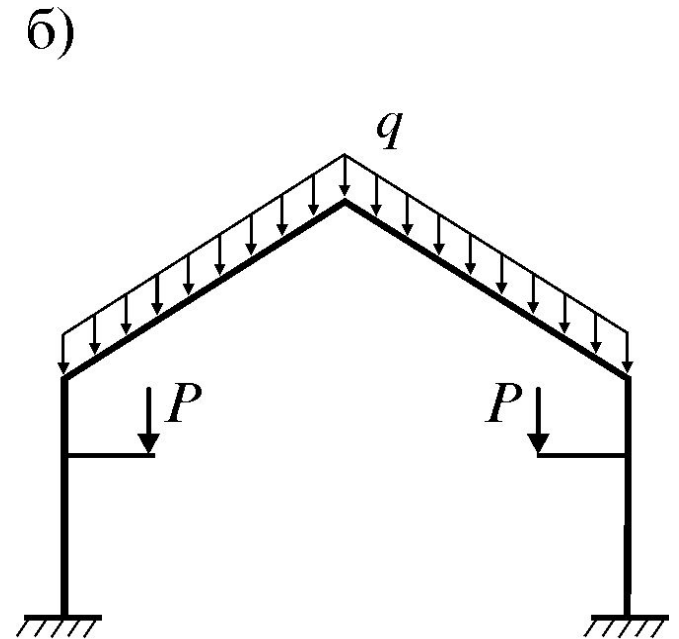
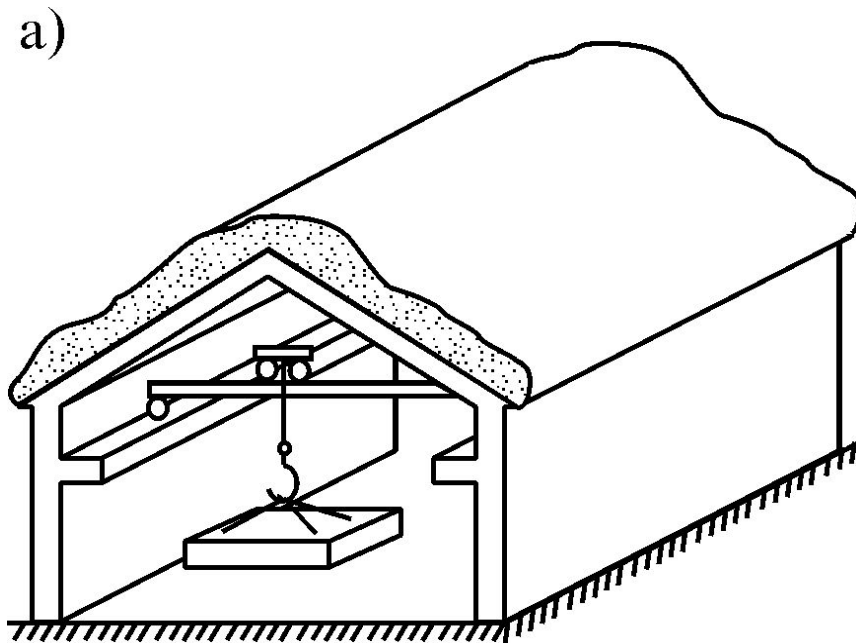
$$100 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2} = (\text{МПа}) = 100 \cdot \frac{10^4 \text{ Н}}{\text{м}^2} = 1000000 \text{ Па} = 1 \text{ МПа}$$

$$20 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = \left(\frac{\text{тс}}{\text{м}^2} \right) = 20 \cdot \frac{10^{-3} \text{ тс}}{10^{-4} \text{ м}^2} = 200 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$$

Расчетные схемы сооружений и их классификация

Все особенности сооружений учесть невозможно.

Поэтому рассматривают их упрощенную модель, которая называется *расчетной схемой*.

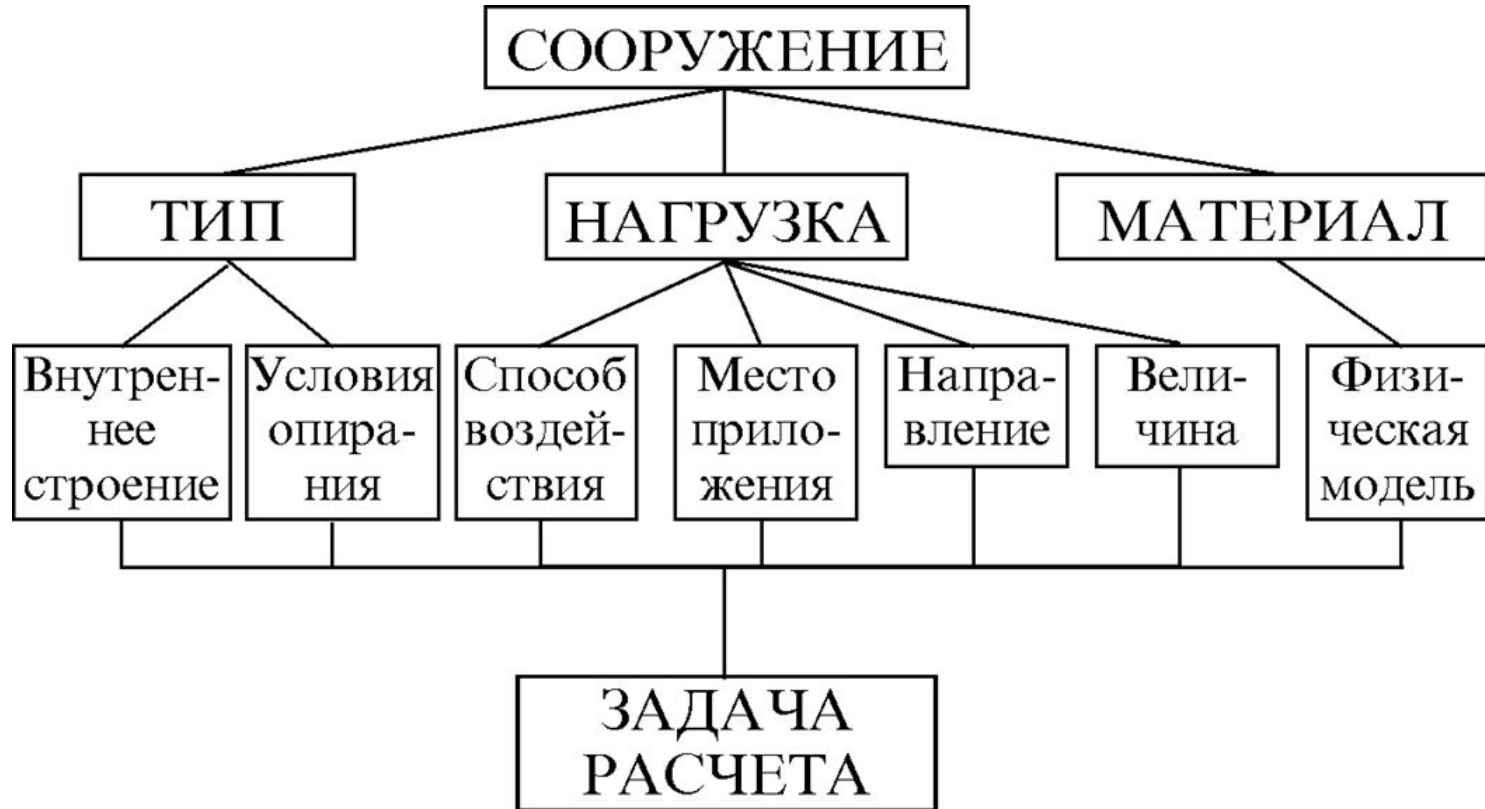


Расчетные схемы сооружений можно классифицировать по-разному. Например, различают плоские и пространственные расчетные схемы, расчетные схемы по типу или способу соединения элементов, по направлению опорных реакций, по статическим и динамическим особенностям и т.д.

Сооружения опираются или закрепляются к основанию через опорные устройства. Взаимосвязь сооружения и основания в расчетных схемах учитывается с помощью специальных знаков – *опор*.

В пространственных и плоских расчетных схемах используются различные типы опор.

Для правильного расчета сооружений следует правильно применять общие законы механики, основные соотношения, учитывающие механические свойства материала, условия взаимодействия элементов, частей и основания сооружения. На их основе формируется *математическая модель* сооружения в виде системы уравнений и ставится задача их решения.



1 Компоновка конструктивной схемы

Конструктивная схема (КС)

отражает действительные размеры элементов и фактические условия их закрепления

2 Формирование расчетной схемы

Расчётная схема (РС)

является упрощённой (условной, идеализированной) и с необходимой степенью точности отражает работу элемента под действием нагрузок

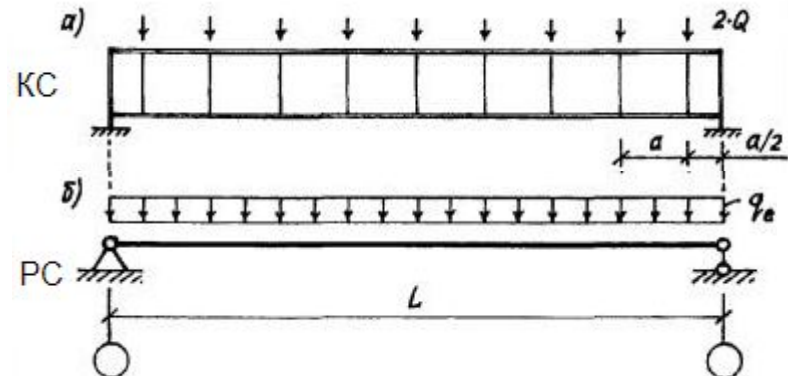
3 Сбор нагрузок

4 Статический расчет
определение внутренних усилий

5 Конструктивный расчет
подбор и проверка сечений

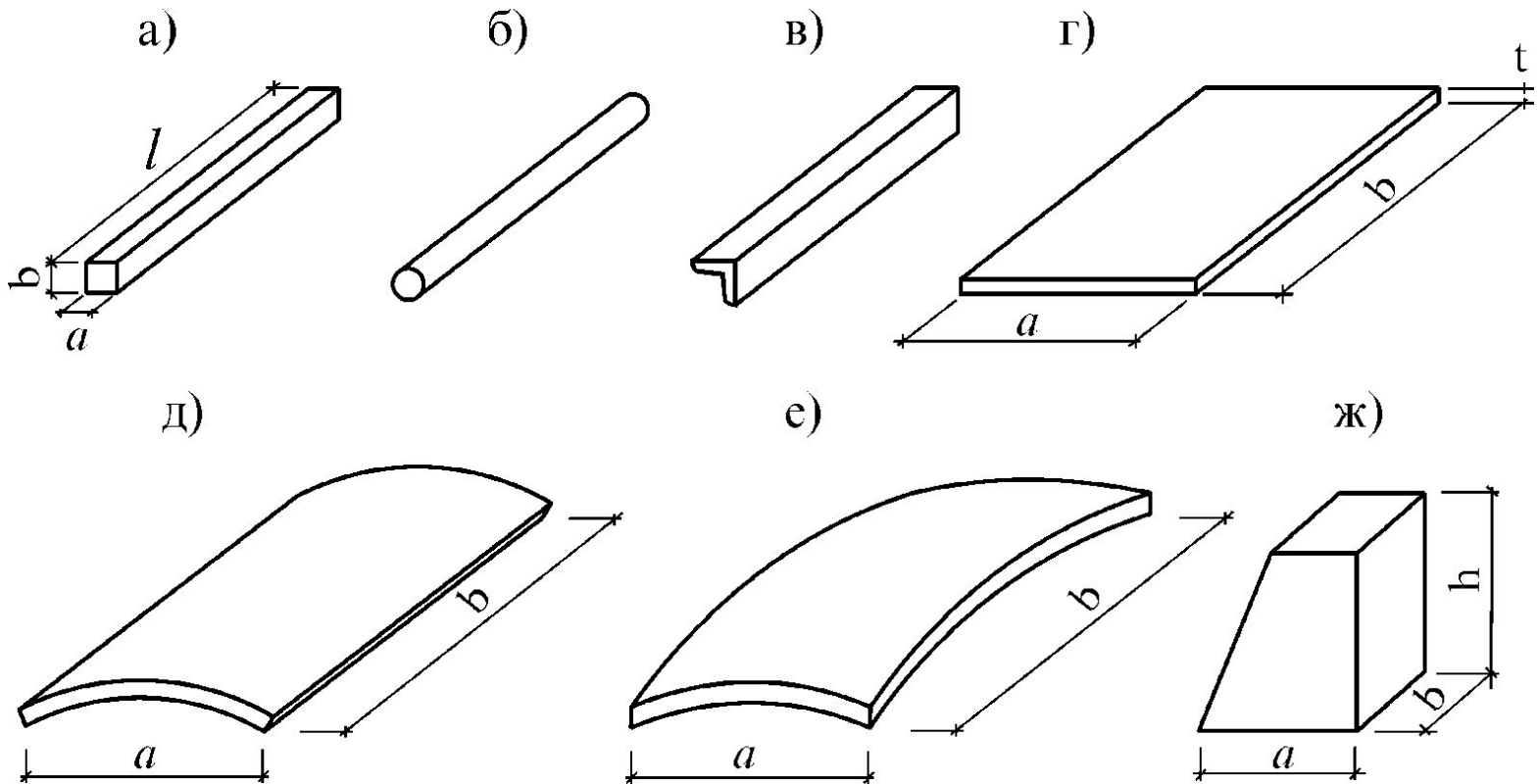
6 Расчет и конструирование узлов

7 Выполнение чертежей



Сооружения и их элементы

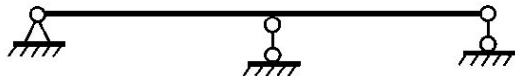
В сооружениях используются элементы разных типов – стержни, плиты, массивные тела:



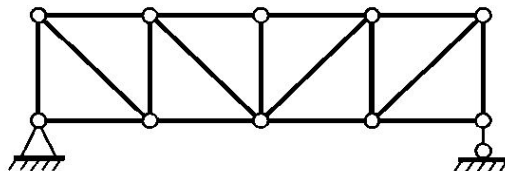
Простейшие сооружения, состоящие из таких элементов, можно подразделять на

- *стержневые сооружения,*
- *складчатые сооружения,*
- *оболочки,*
- *массивные сооружения:* подпорные стенки и каменные своды

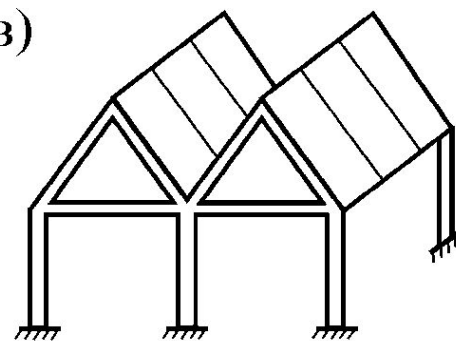
а)



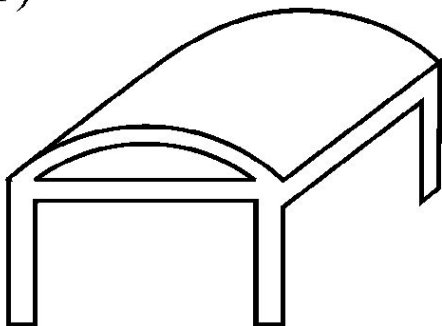
б)



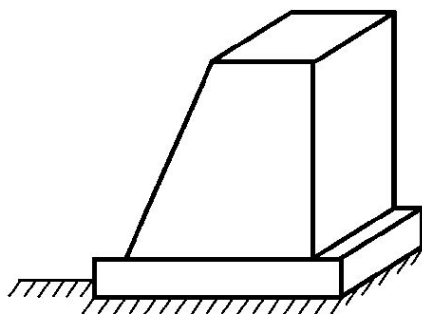
в)



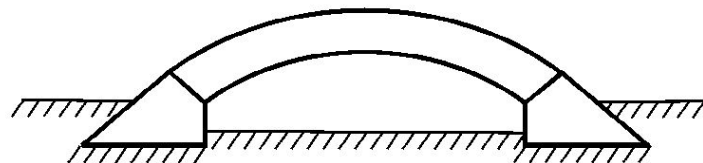
г)



д)



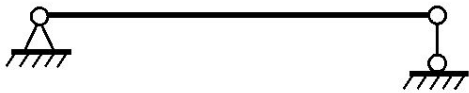
е)



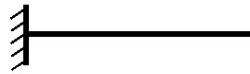
Типы простейших сооружений

Балка – изгибаемый брус. Бывают простая балка, консоль, консольная балка. Многопролетные балки бывают разрезные, неразрезные и составные.

а)



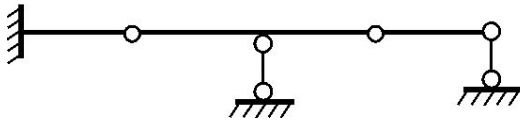
б)



в)



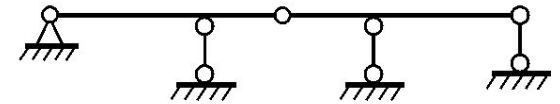
г)



д)



е)



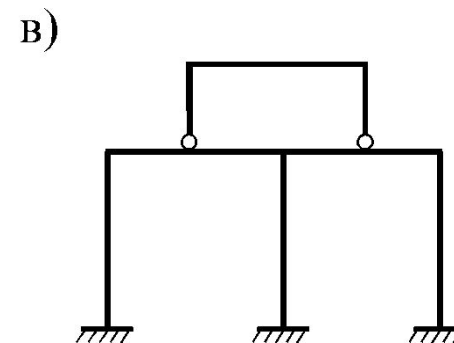
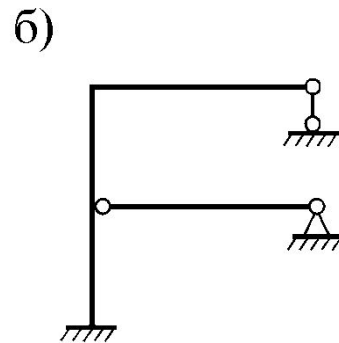
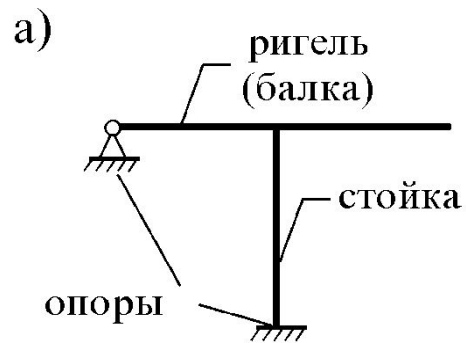




Рама – – система прямых (ломаных или кривых) стержней.

Ее стержни могут соединяться жестко или через шарнир.

Вот некоторые типы рам – *простая рама, составная рама, многоэтажная рама*:

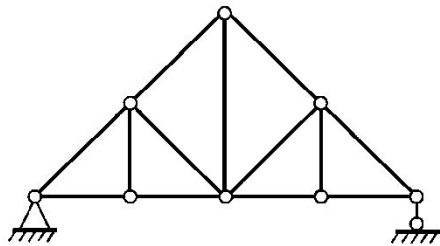




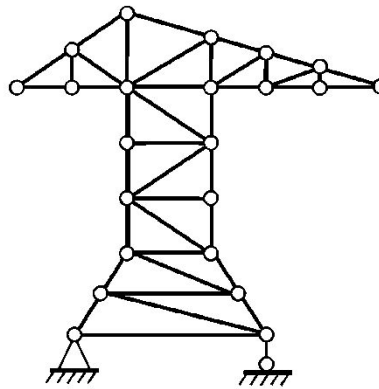
Ферма – система стержней, соединенных шарнирами. Типов ферм много.

Например, *стропильная ферма*, *мостовая ферма*, *крановая ферма*, *башенная ферма*:

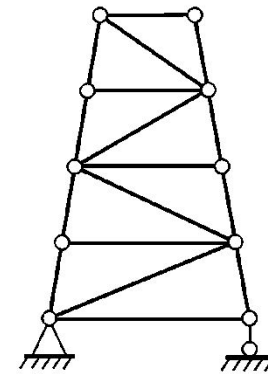
а)



в)



г)



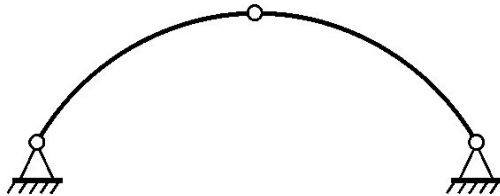




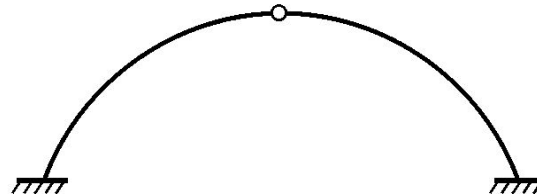
Арка – система из кривых стержней.

Типы арок – *трехшарнирная арка*, *одношарнирная арка*, *бесшарнирная арка*:

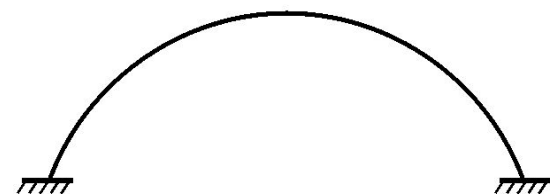
а)



б)

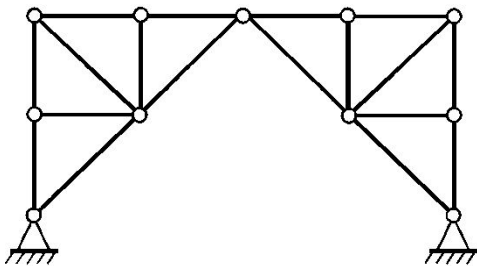


в)

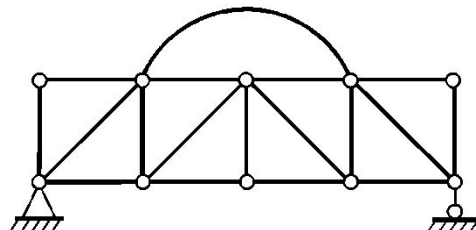


Существуют более сложные системы как комбинации простых систем. Они называются **комбинированными системами**. Например, имеются *арочные фермы*, *фермы с аркой*, *висячие системы*:

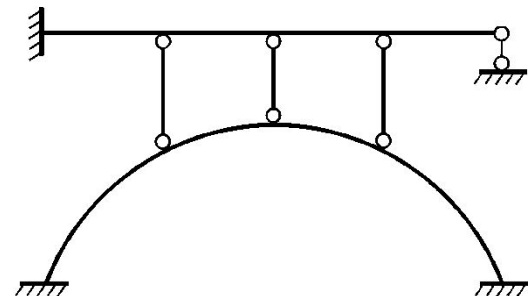
а)



б)



в)



Внешние и внутренние силы. Деформации и перемещения

Внешние силы, действующие на сооружение называются *нагрузкой*. Также за нагрузку принимаются различные сочетания внешних сил, изменение температуры, осадки опор и т.д.

Нагрузки различают:

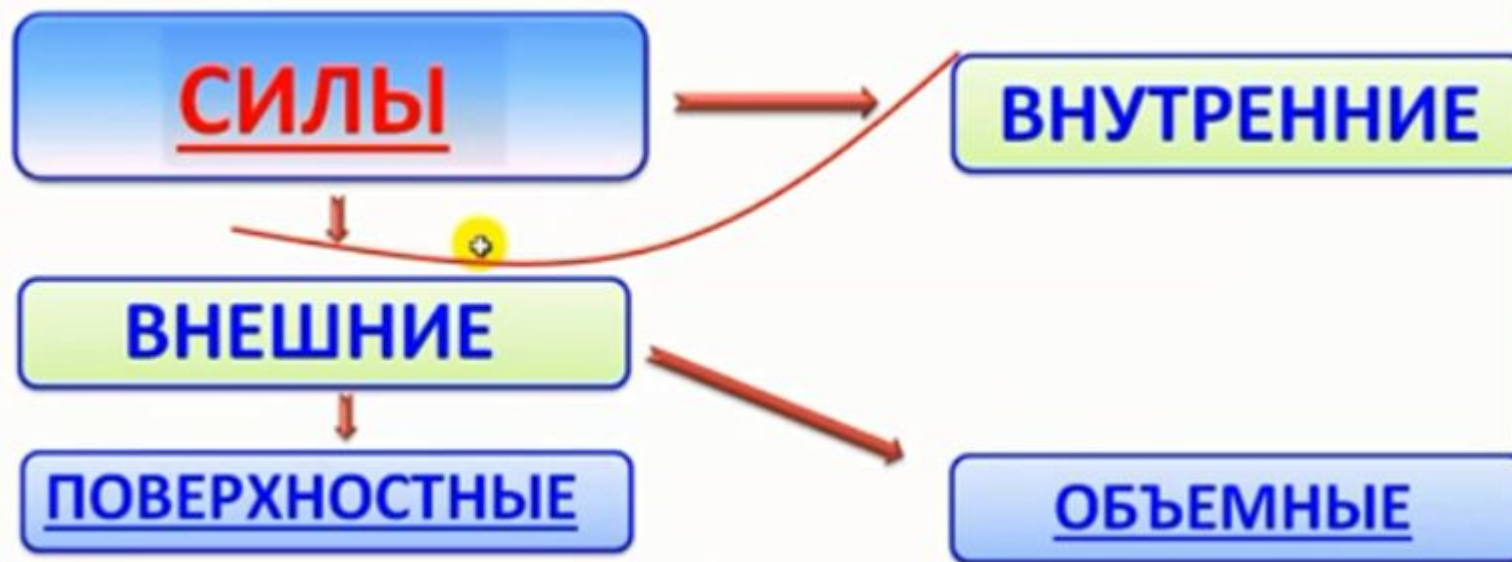
– **по способу приложения.** Объемная нагрузка действует во всех точках (собственный вес, инерционные силы и др.), поверхностная нагрузка распределена по поверхности (снег, ветер и др.).

– **по времени действия.** Постоянная нагрузка действует всегда и часто сохраняется в течение всей жизни сооружения (собственный вес), временная нагрузка действует только в определенный период или момент (снег, ветер).

– **по способу действия.** Например, есть статические, динамические, подвижные нагрузки.

Нагрузка, распределяясь между элементами сооружения, *вызывает внутренние напряжения и деформации.*

Применяются их обобщенные характеристики – *внутренние усилия и перемещения.*



ПОВЕРХНОСТНЫЕ СИЛЫ ВСЕГДА ДЕЙСТВУЮТ ПО ПЛОЩАДИ - СОСРЕДОТОЧЕННЫЕ СИЛЫ P, N , СИЛЫ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ПО ЛИНИИ $q, N/m$ - ЭТО УСЛОВНОСТЬ

Силы, действующие на каждый элемент объема
 $q, N/m^3, тс/м^3, кгс/м^3$
- силы инерции;
- силы тяжести;
- электромагнитные силы.

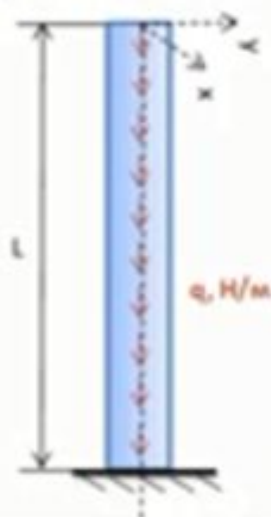
УСЛОВНОЕ ДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВНЕШНИХ СИЛ

Силы считаются распределенными по площади $q, \text{Н/м}^2, \text{тс/м}^2, \text{кгс/м}^2$ когда площадь контакта соизмерима с площадью поверхности тела

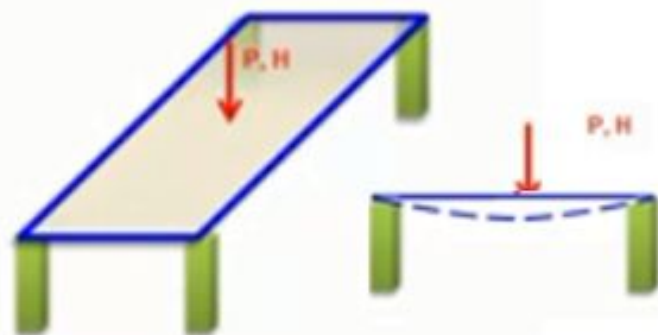
давление воды в бассейне;
давление ветра на стены, кровлю;
давление снега;
давление ленточного, столбчатого фундамента на грунт основания;
давление газа.

Силы считаются распределенными по линии $q, \text{Н/м}, \text{тс/м}, \text{кгс/м}$ когда длина площади контакта значительно превышает ширину (нагрузка приложена по узкой полосе)

- снег на проводах;
- нагрузка на балку от элементов перекрытия;
- собственный вес балок, колонн;
- нагрузка на стены от плит перекрытия;



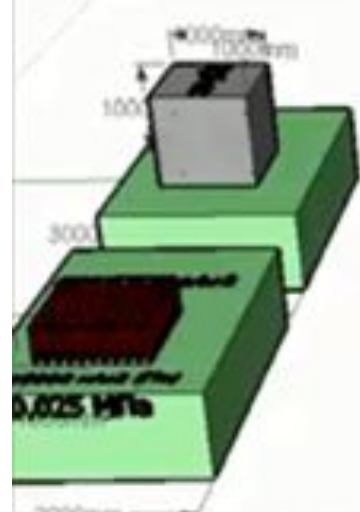
Силы считаются сосредоточенными $P, \text{Н}, \text{тс}, \text{кгс}$ когда площадь контакта несоизмеримо мала в сравнении с площадью тела (малая площадь контакта)



ПРИМЕРЫ ВНЕШНИХ НАГРУЗОК

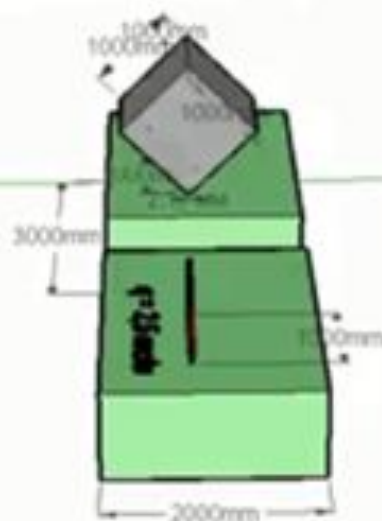
Бетонный куб 1x1x1 м3, плотность 2,5 тс/м3. Вес 2,5 тс.

Распределенная по площади
(равномерная, постоянной интенсивности)

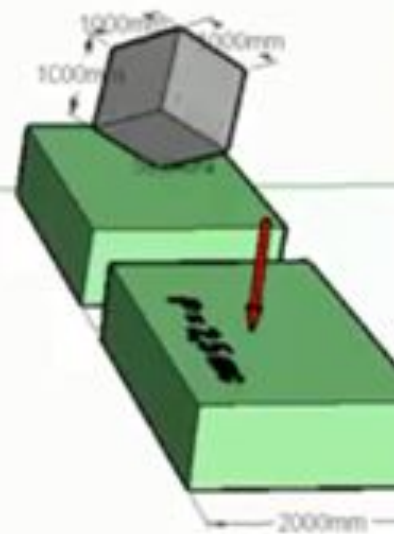


Среднее давление на землю
100000 Н/м2 (Тпа)

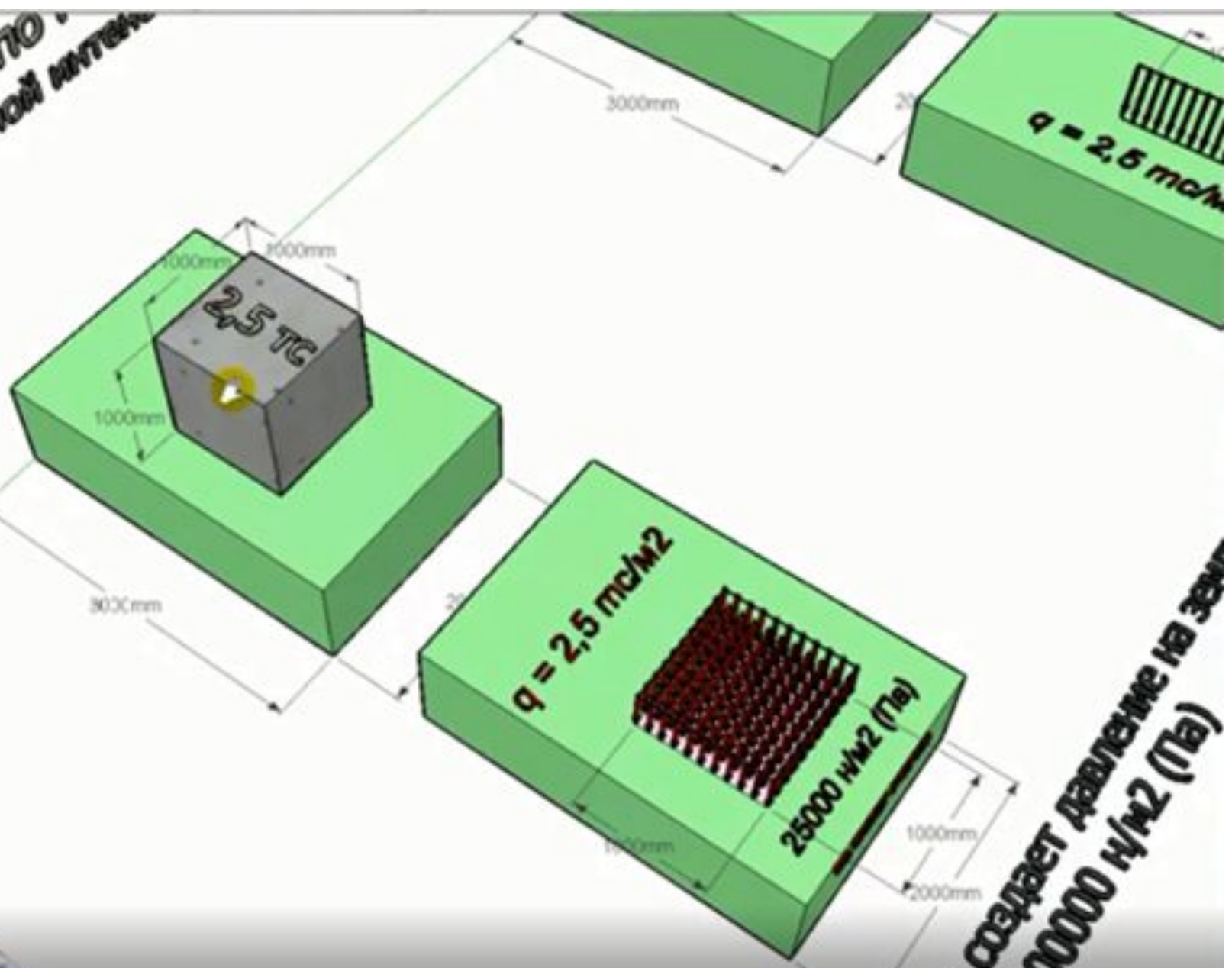
Распределенная по линии
(равномерная, постоянной интенсивности)



Сосредоточенная нагрузка



давление по
постоянной интен



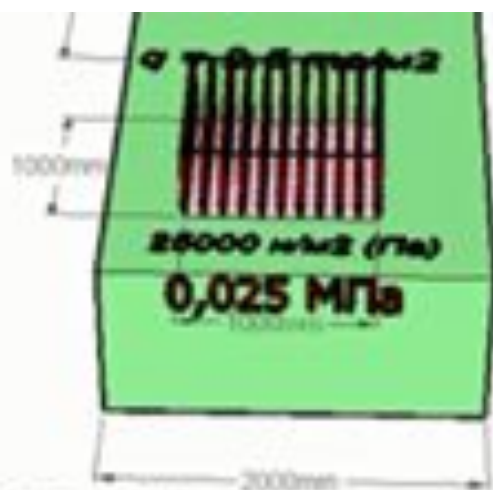
создает давление на земл
000000 Н/м² (Па)



$q = 2,5 \text{ тс/м}^2$

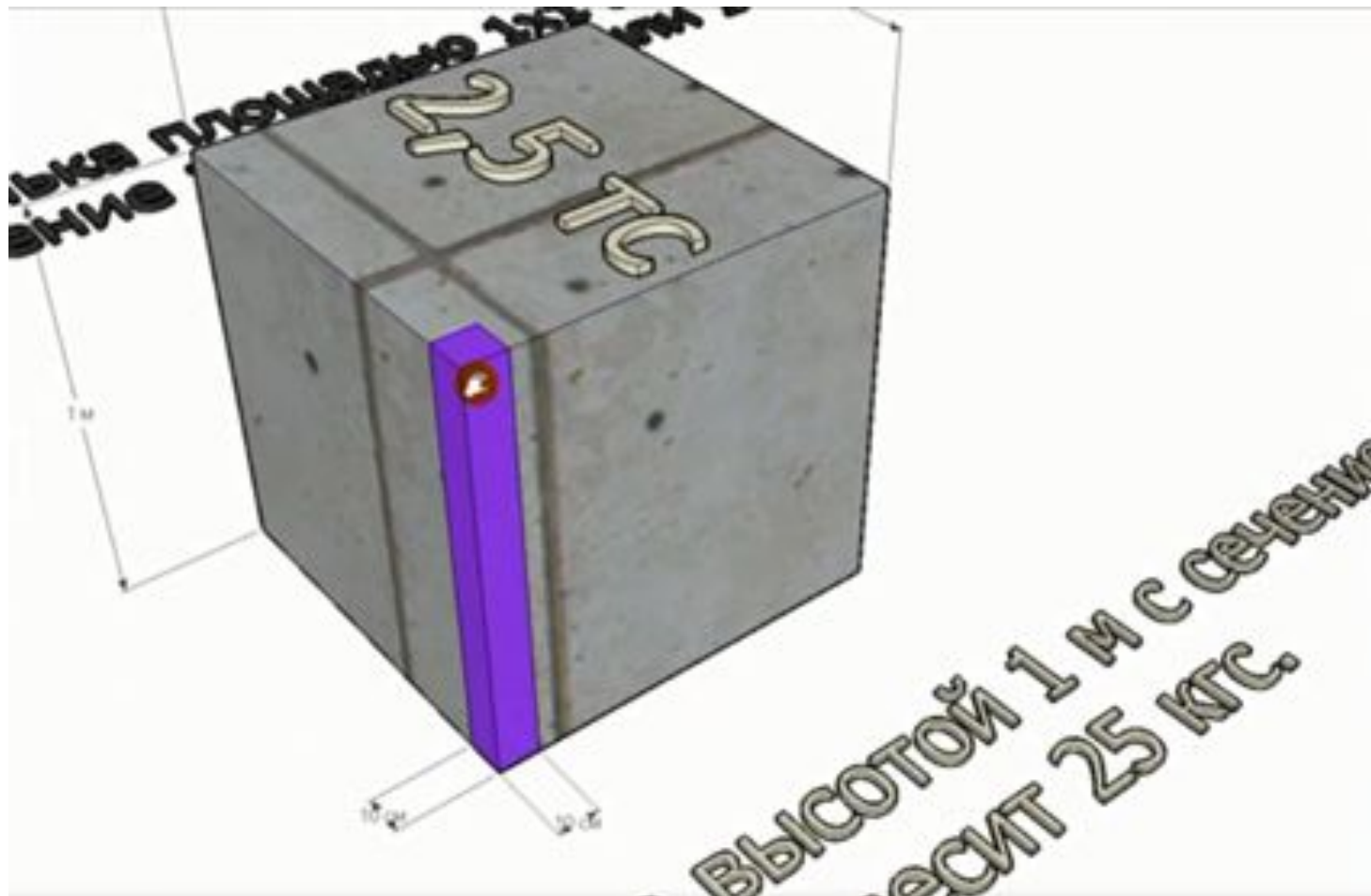
$25000 \text{ н/м}^2 \text{ (Па)}$

$0,025 \text{ МПа}$

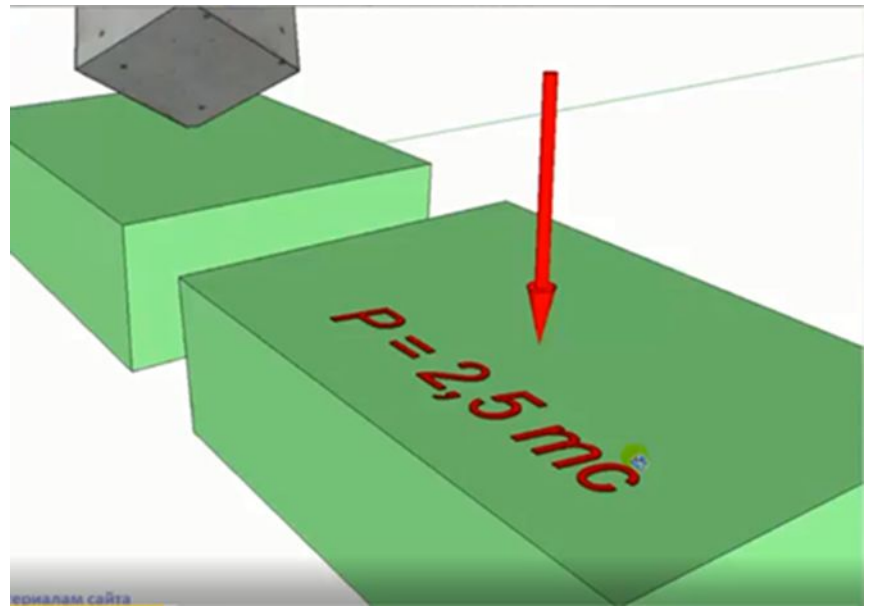
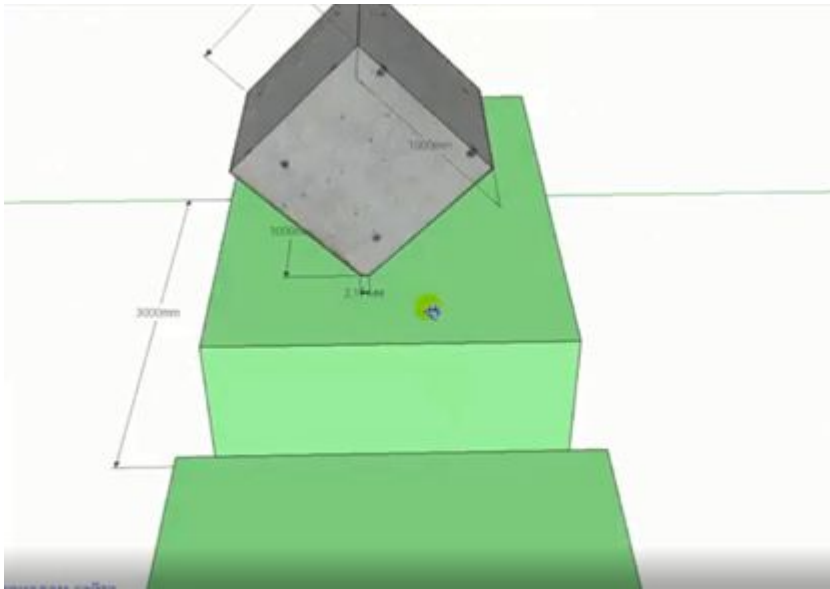


Человек при ходьбе создает давление на землю $100\text{кгс}/0,1 \times 0,1 \text{ м}^2 = 100000 \text{ н/м}^2 \text{ (Па)}$

Женская шпилька площадью $1 \times 1 \text{ см}$ создает давление 100000000 Па или 10 МПа

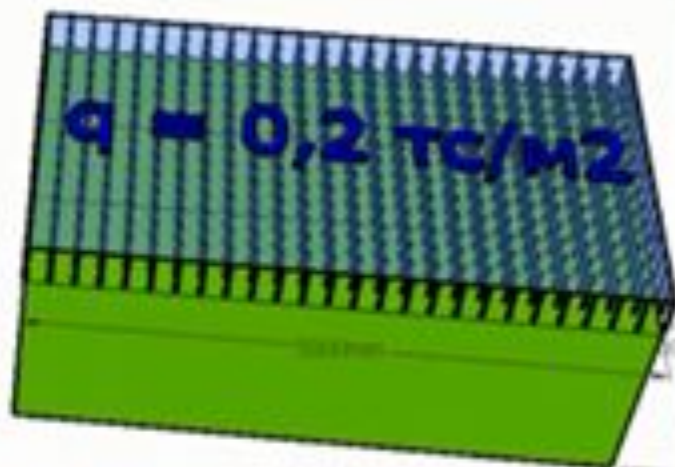
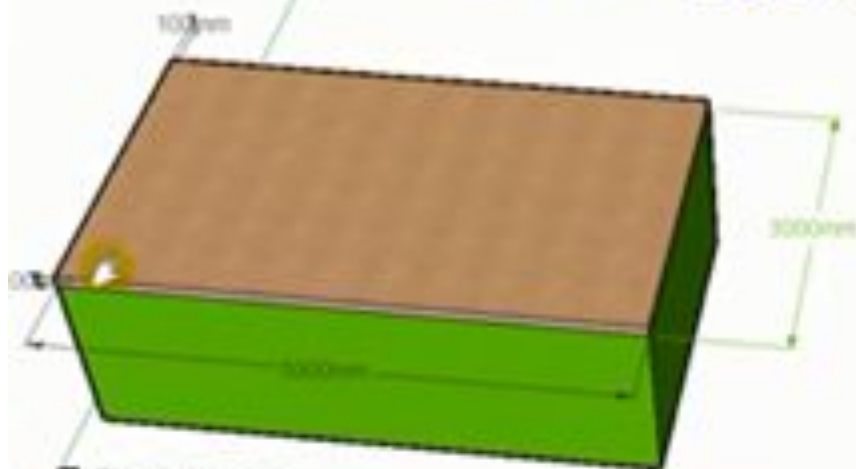


Призма высотой 1 м с сечением 10x10 см весит 25 кгс.



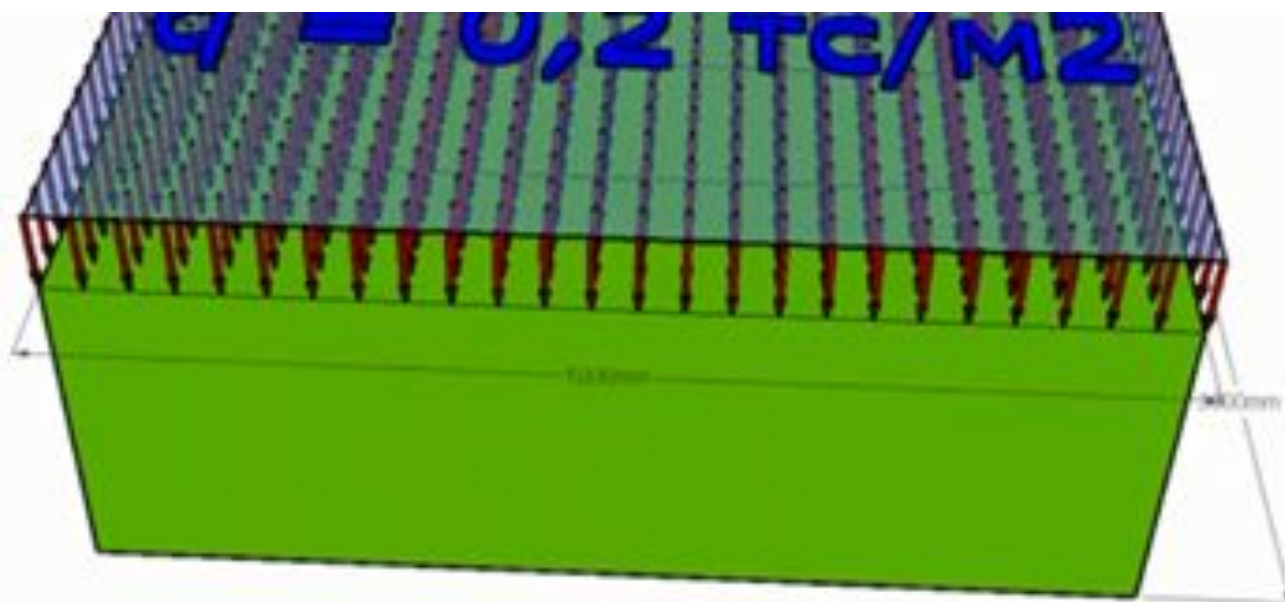
Сбор нагрузки по узкой полоске

$q = 0,2 \text{ тс/м}^2 \times 5 \text{ м} = 1 \text{ тс}$

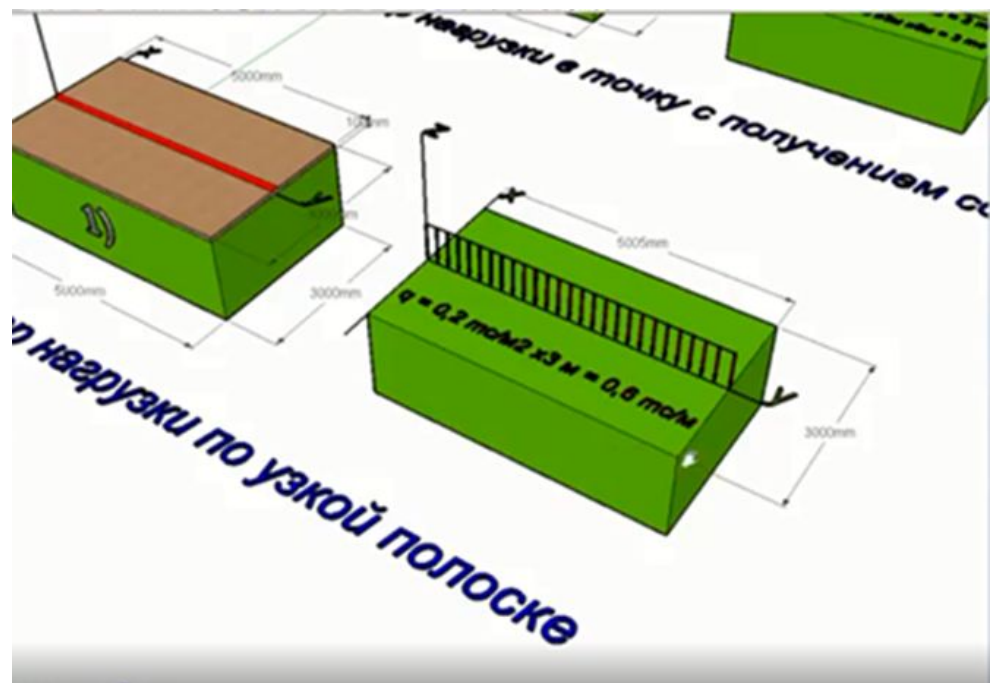
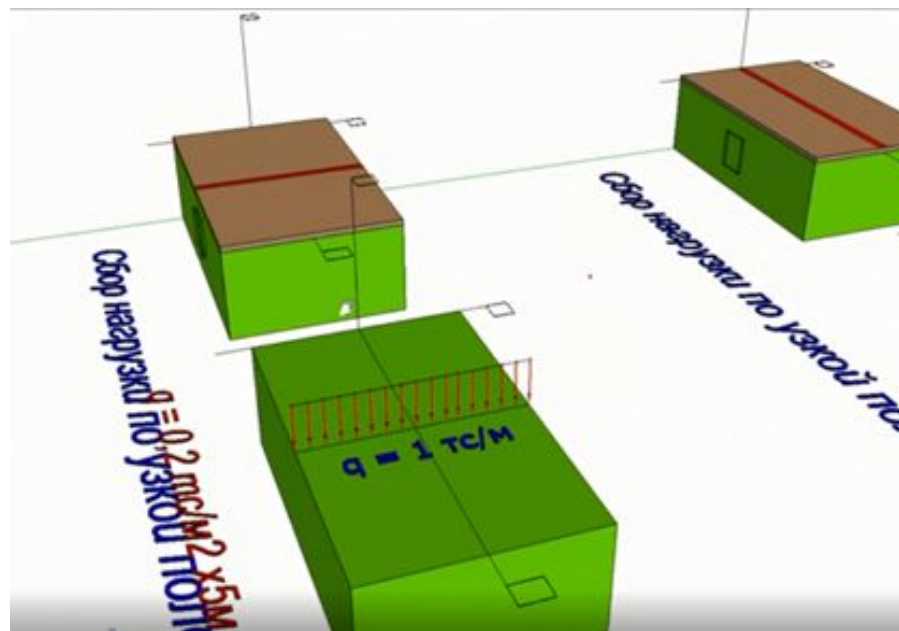


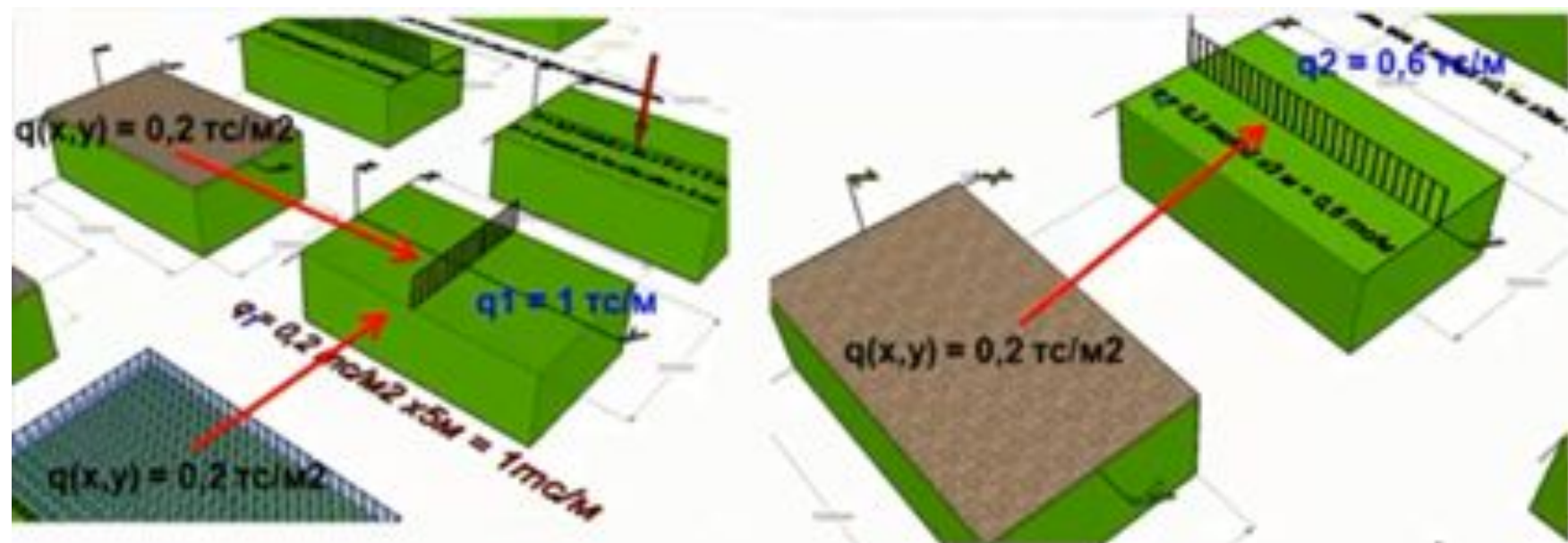
Сбор нагрузок от песка 2 тс/м^3
толщиной слоя 100 мм
Весь песок весит $2 \text{ тс/м}^3 \times V =$
 $= 2 \text{ тс/м}^3 \times 3 \text{ м} \times 5 \text{ м} \times 0,1 \text{ м} = 3 \text{ тс}$.

1. $q = 2 \text{ тс/м}^3 \times 0,1 \text{ м} = 0,2 \text{ тс/м}^2$
2. Весь вес $2 \text{ тс/м}^3 \times 3 \times 5 \times 0,1 \text{ м}^3 = 3 \text{ тс}$
Разделить на площадь $q = 3 \text{ тс} / 3 \times 5$



1. $q = 2 \text{ TC/M}^3 \times 0,1 \text{ м} = 0,2 \text{ TC/M}^2$
2. Весь вес $2 \text{ TC/M}^3 \times 3 \times 5 \times 0,1 \text{ м}^3 = 3 \text{ TC}$
Разделить на площадь $q = 3 \text{ TC} / 3 \times 5 \text{ м}^2$





Равномерно распределена по площади (постоянной интенсивности) нагрузка

$$q(x,y) = 0,2 \text{ тс/м}^2$$

может быть преобразована в любые нагрузки, в том числе:

1. в нагрузку равномерно распределенную (постоянной интенсивности) по линии

вдоль оси x

$$q_1 = \int_0^{5\text{ м}} q(x,y) dy = 0,2 \text{ тс/м}^2 \times 5 \text{ м} = 1 \text{ тс/м.}$$

и вдоль оси y

$$q_2 = \int_0^{3\text{ м}} q(x,y) dx = 0,2 \text{ тс/м}^2 \times 3 \text{ м} = 0,6 \text{ тс/м.}$$

2. может быть преобразована в сосредоточенную силу, если сбор провести по всей площади

может быть преобразована в любые нагрузки, в том числе:

1. в нагрузку равномерно распределенную (постоянной интенсивности) по линии

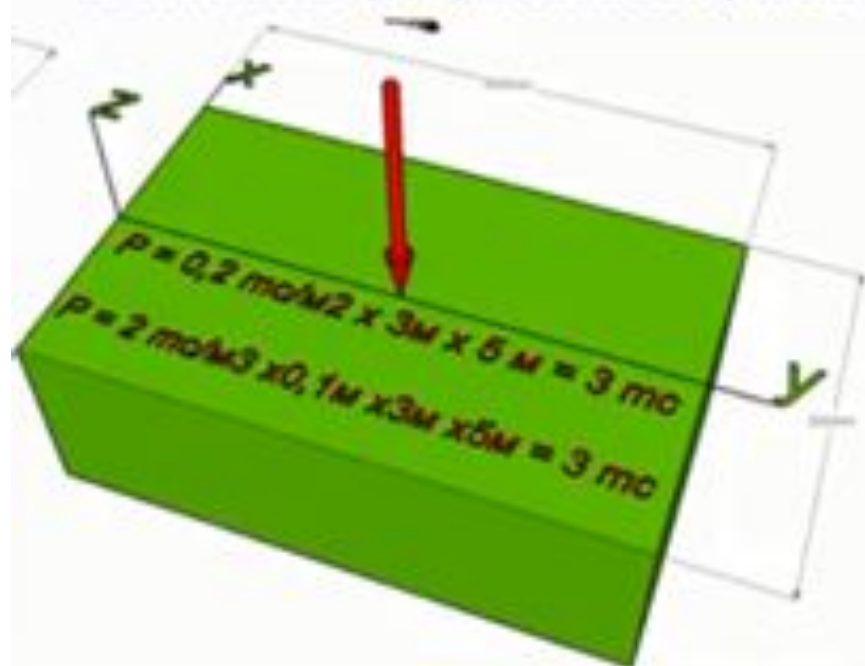
вдоль оси x

$$q_1 = \int_0^{5\text{ м}} q(x,y) dy = 0,2 \text{ тс/м}^2 \times 5 \text{ м} = 1 \text{ тс/м.}$$

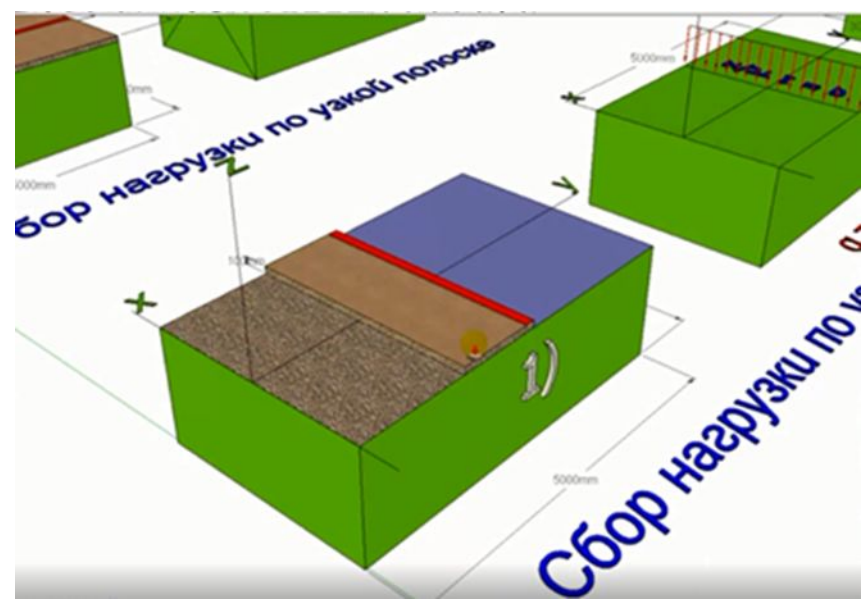
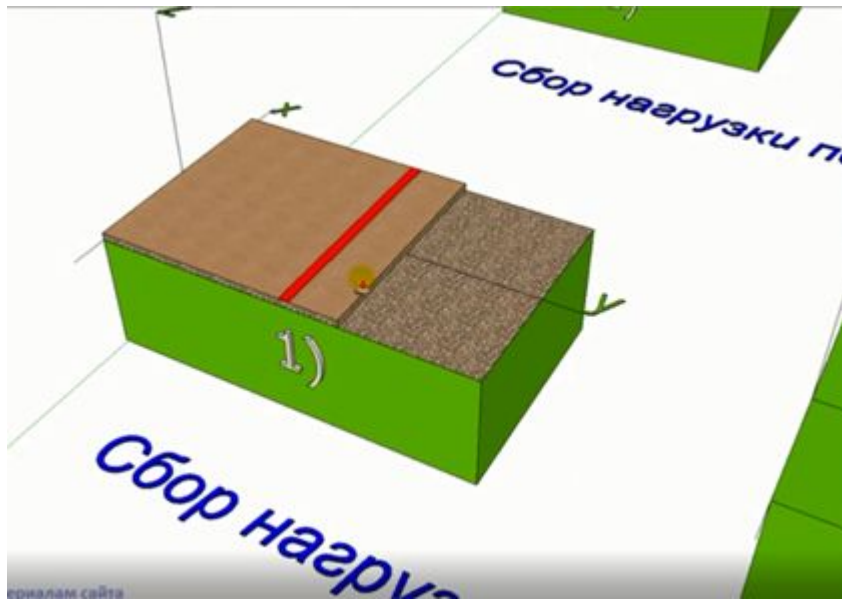
и вдоль оси y

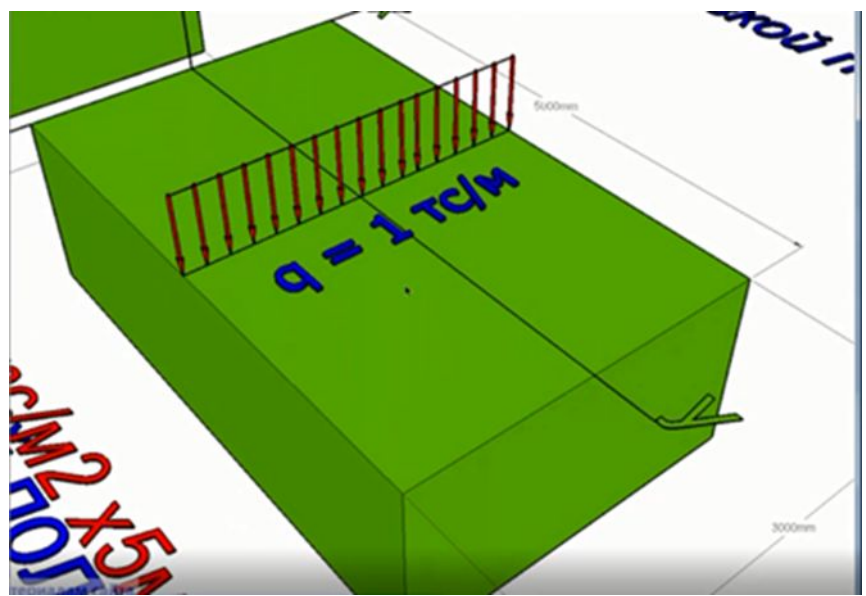
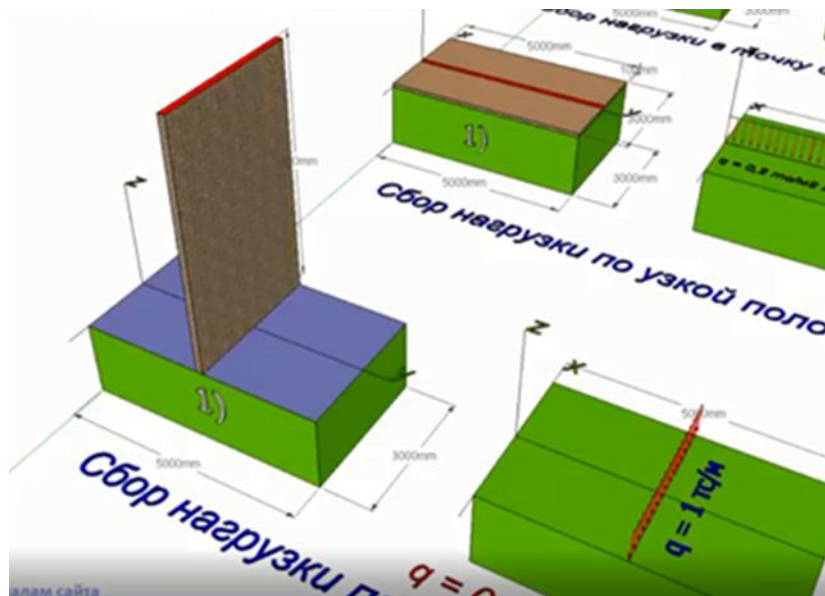
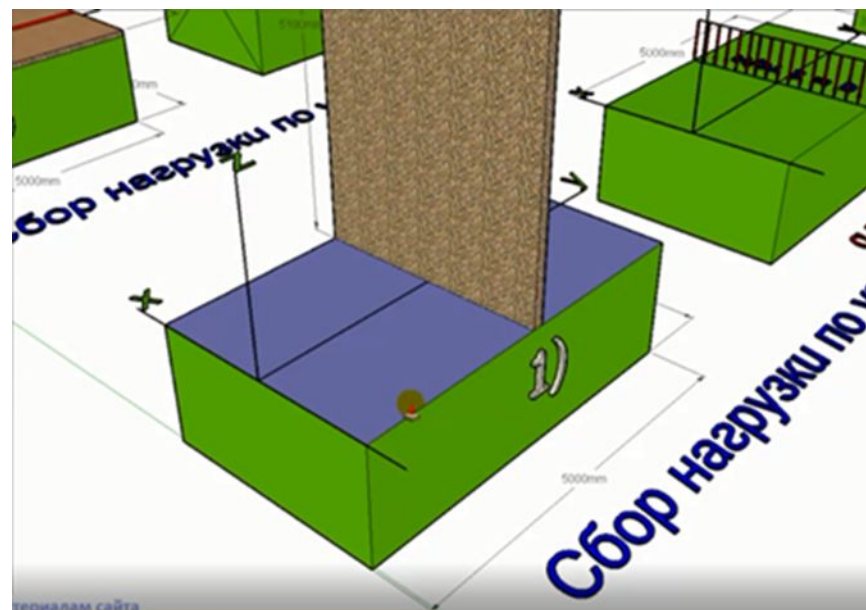
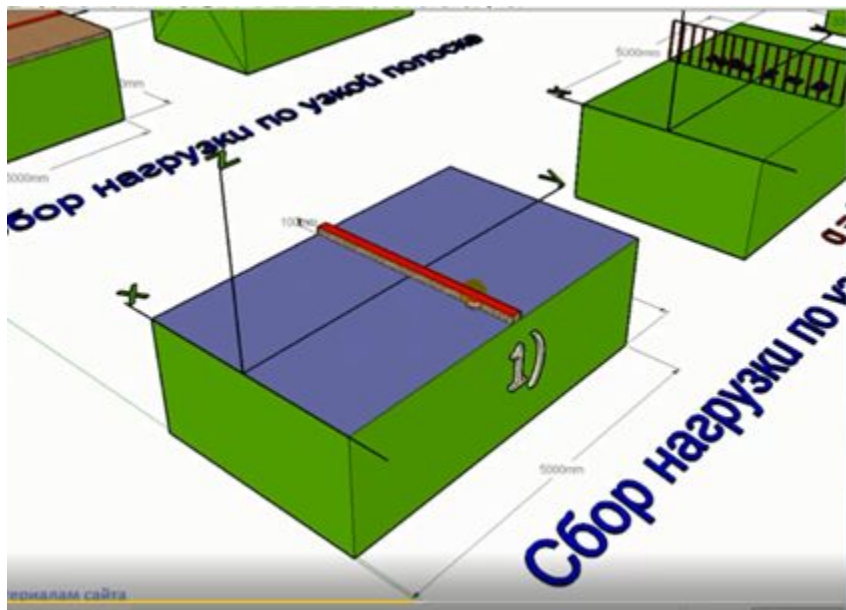
$$q_2 = \int_0^{3\text{ м}} q(x,y) dx = 0,2 \text{ тс/м}^2 \times 3 \text{ м} = 0,6 \text{ тс/м.}$$

2. может быть преобразована в сосредоточенную силу, если сбор провести по всей площади



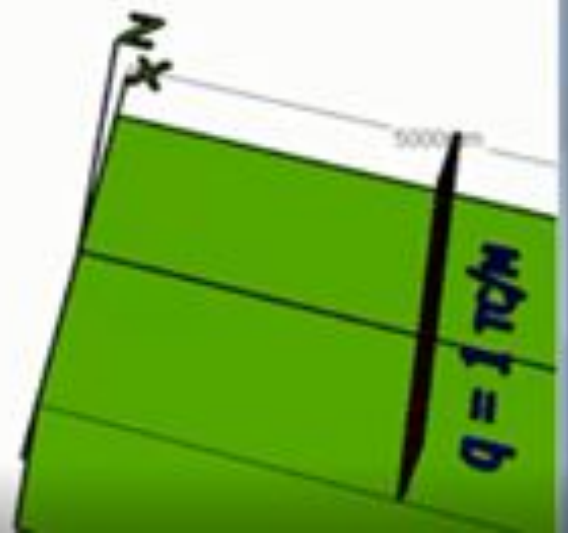
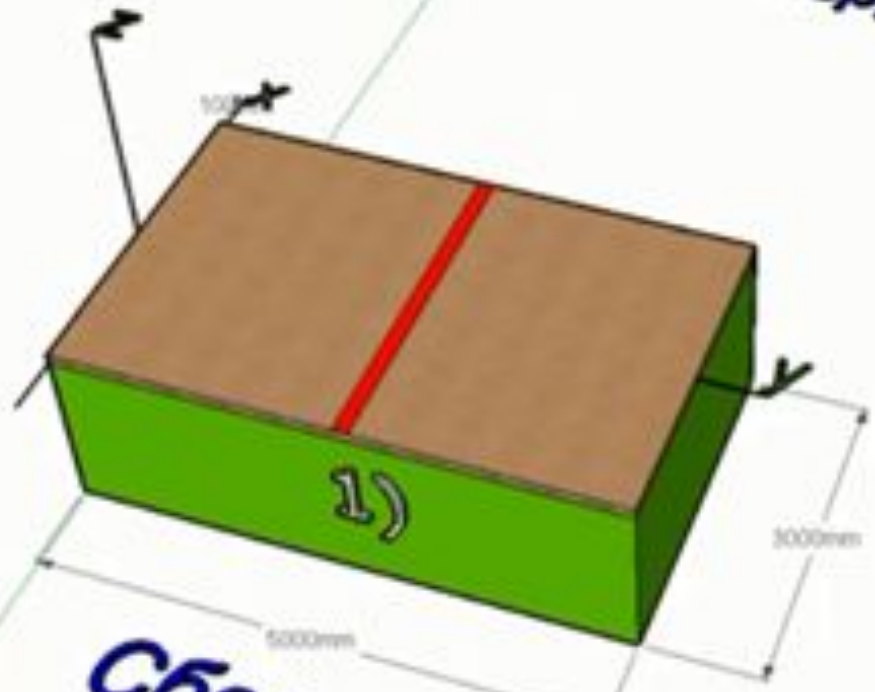
$$P = \int_0^{3\text{ м}} \int_0^{5\text{ м}} q(x,y) dx dy = 0,2 \text{ тс/м}^2 \times 3 \text{ м} \times 5 \text{ м} = 3 \text{ тс.}$$



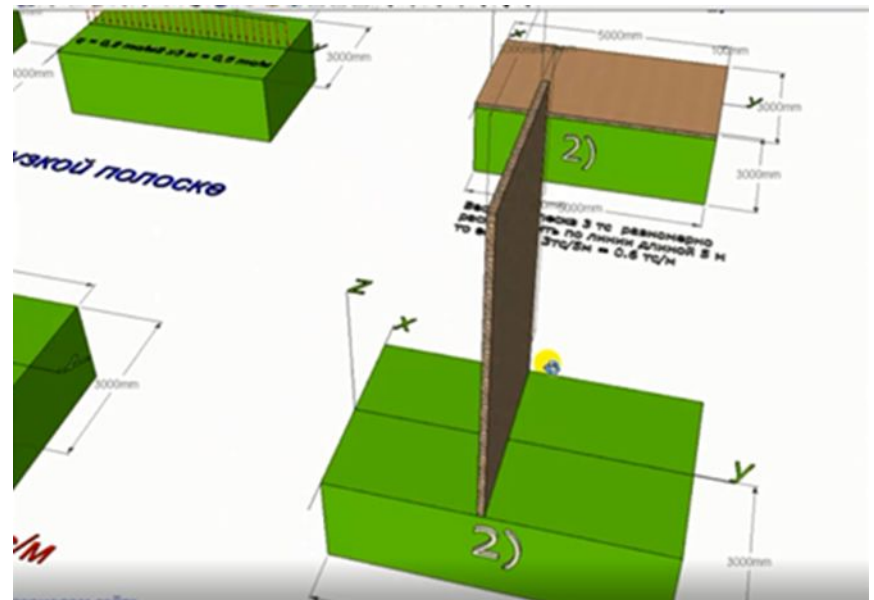


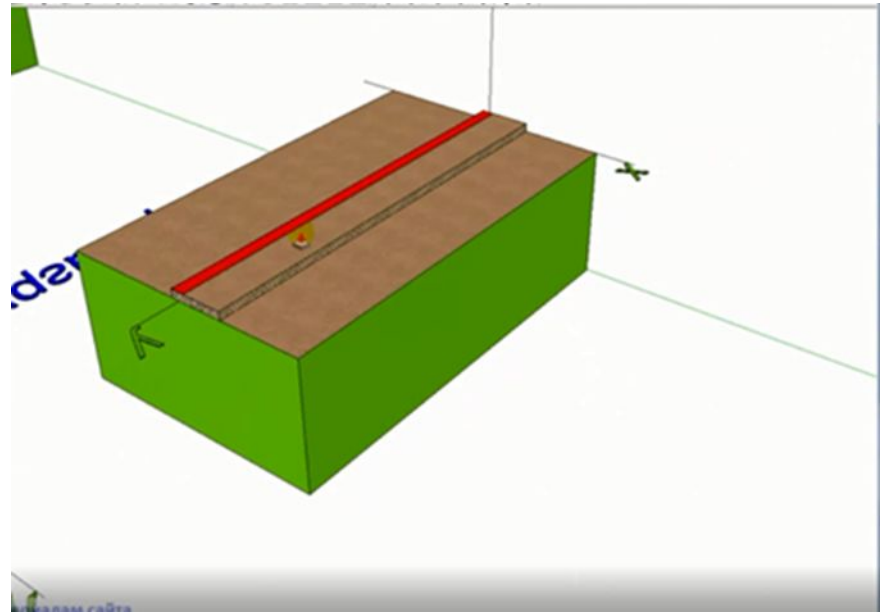
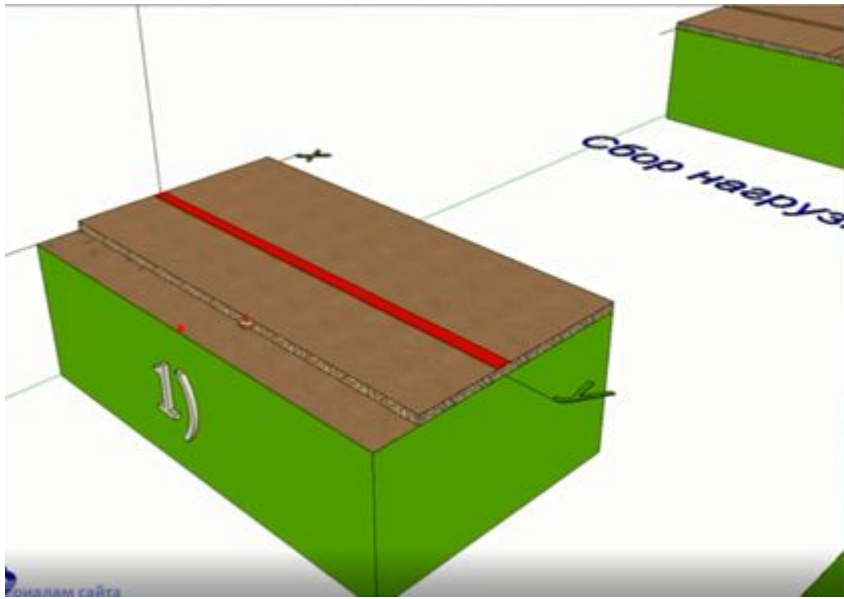


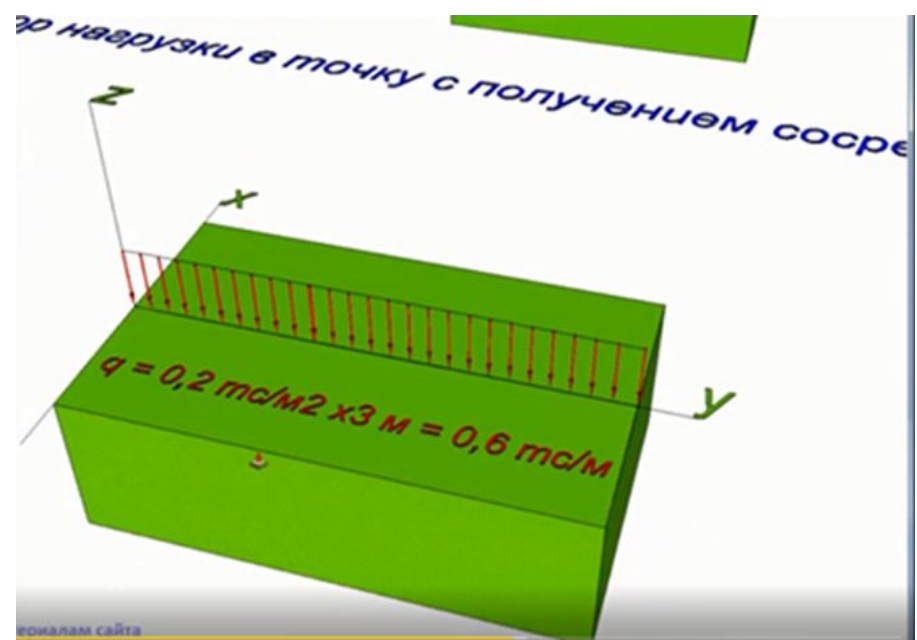
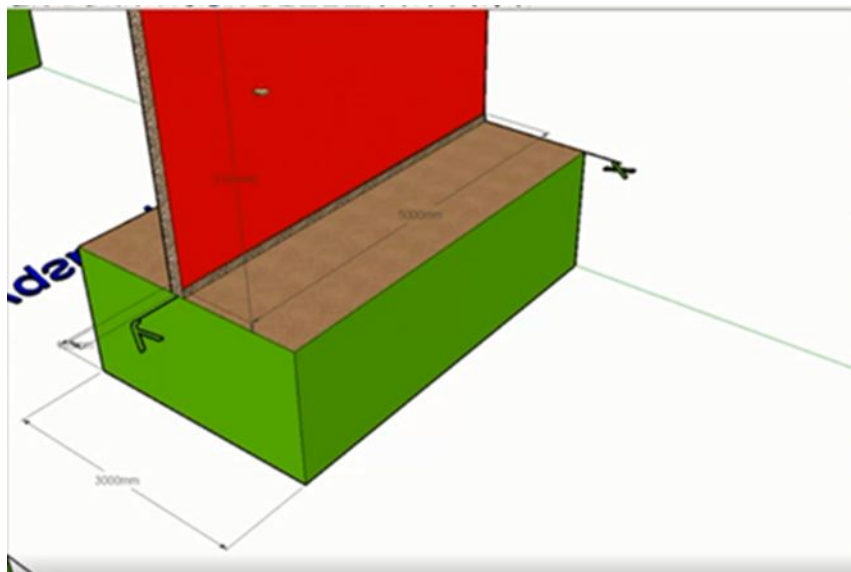
Сбор нарузки по узкой полс



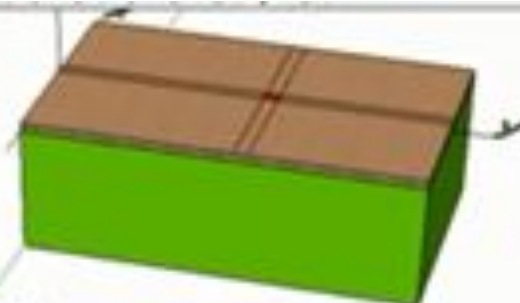
Сбор на



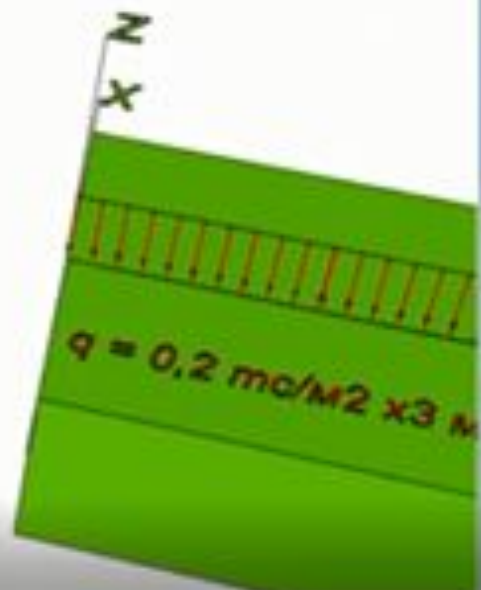
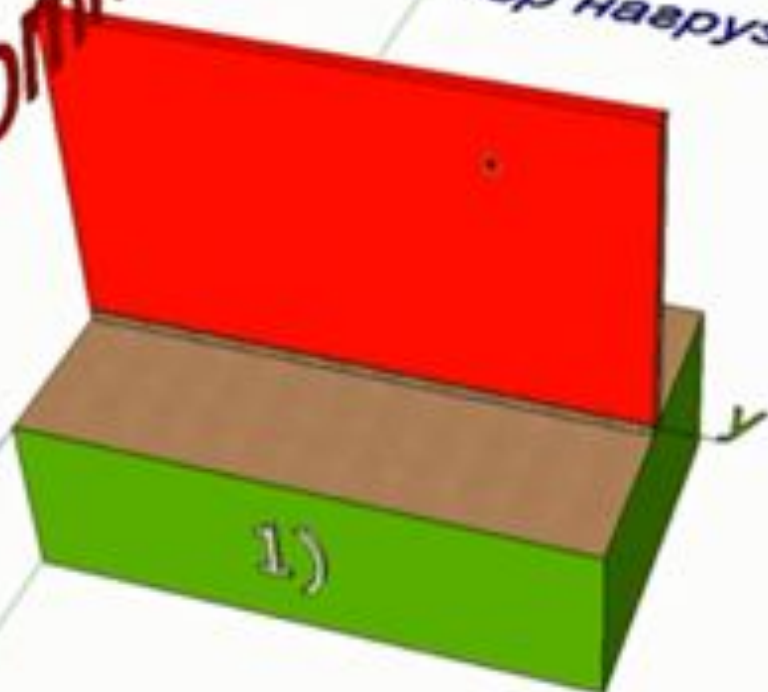




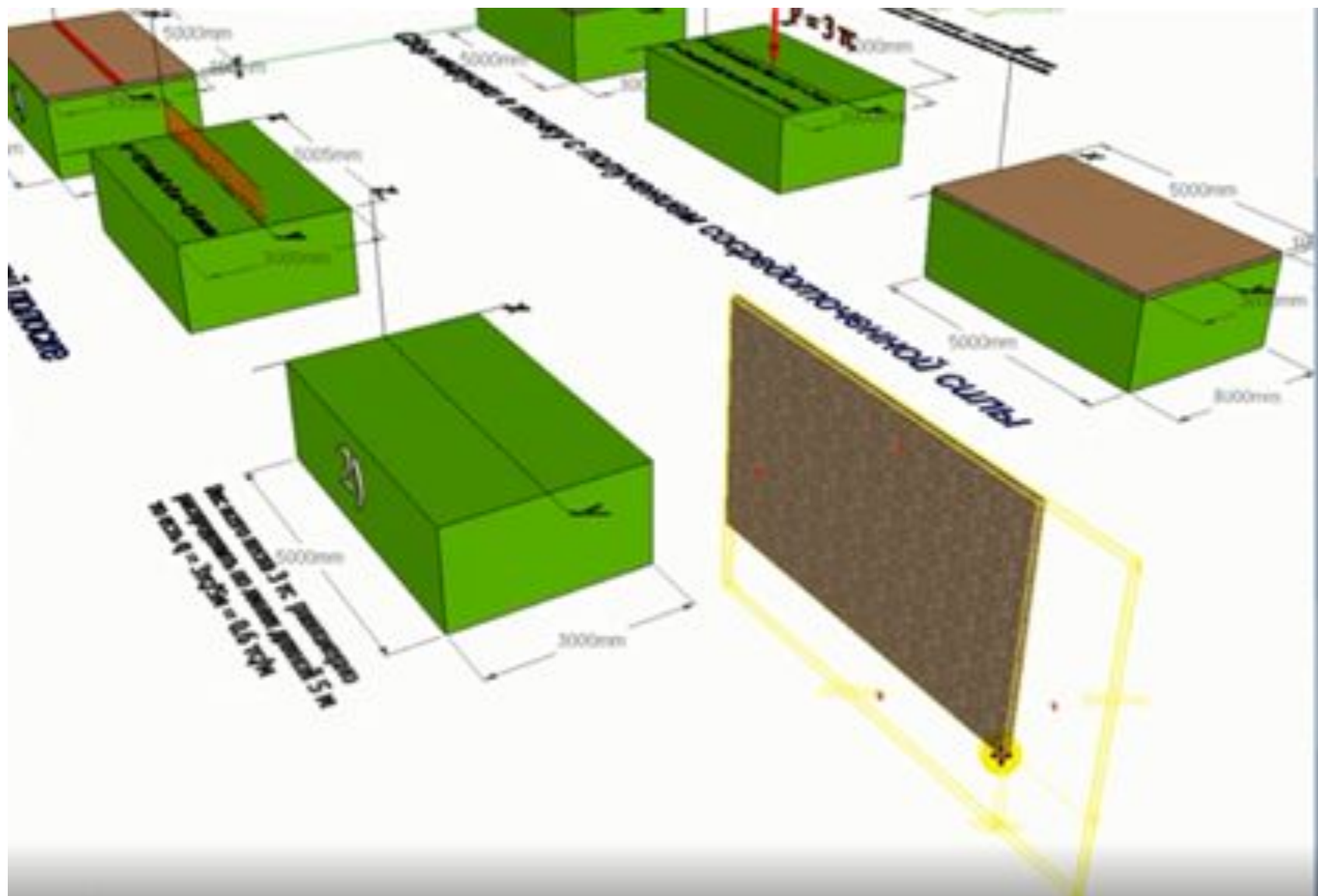
образование
плотность 2 л/м

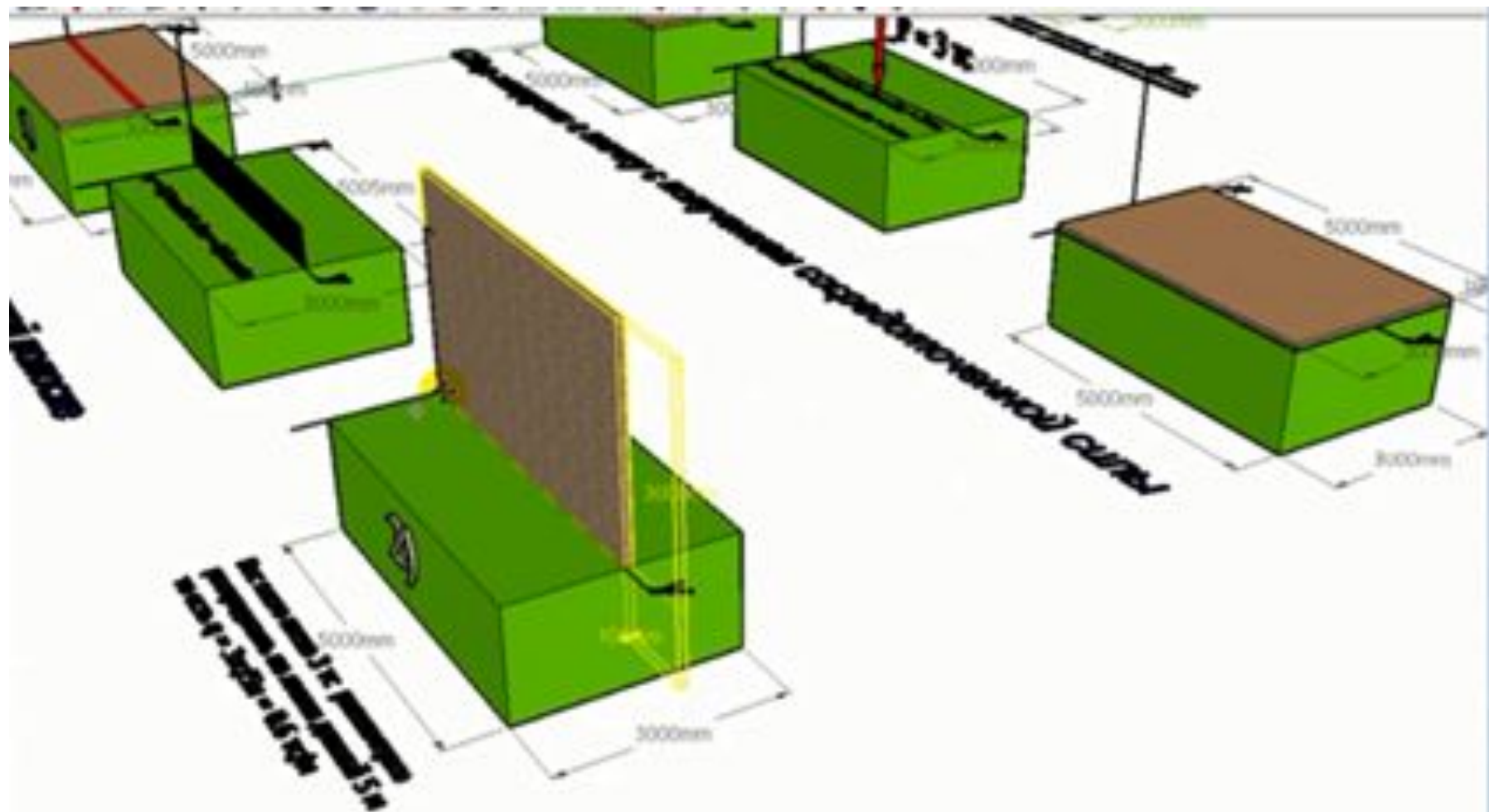


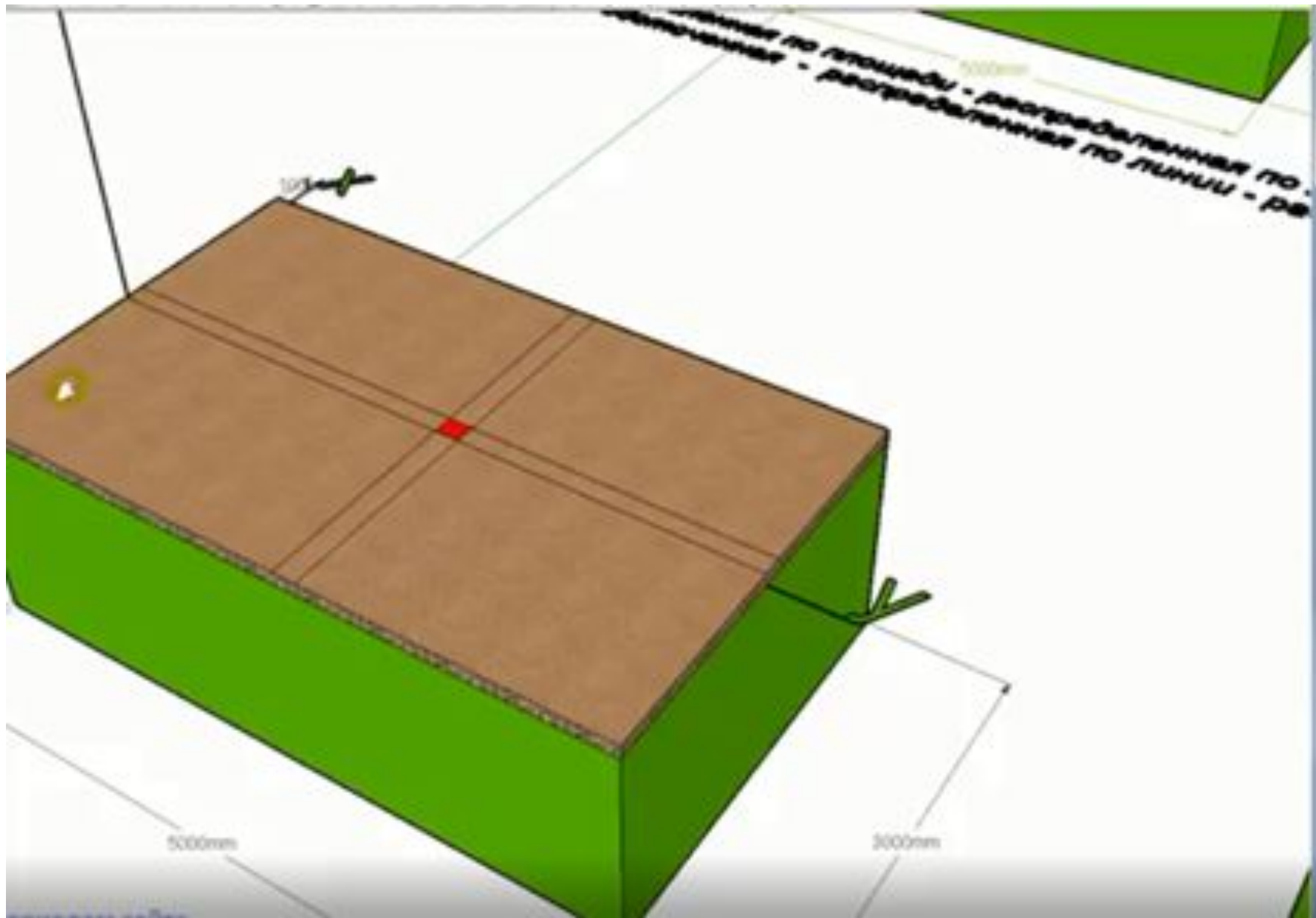
Сбор нагрузки в точку с получе

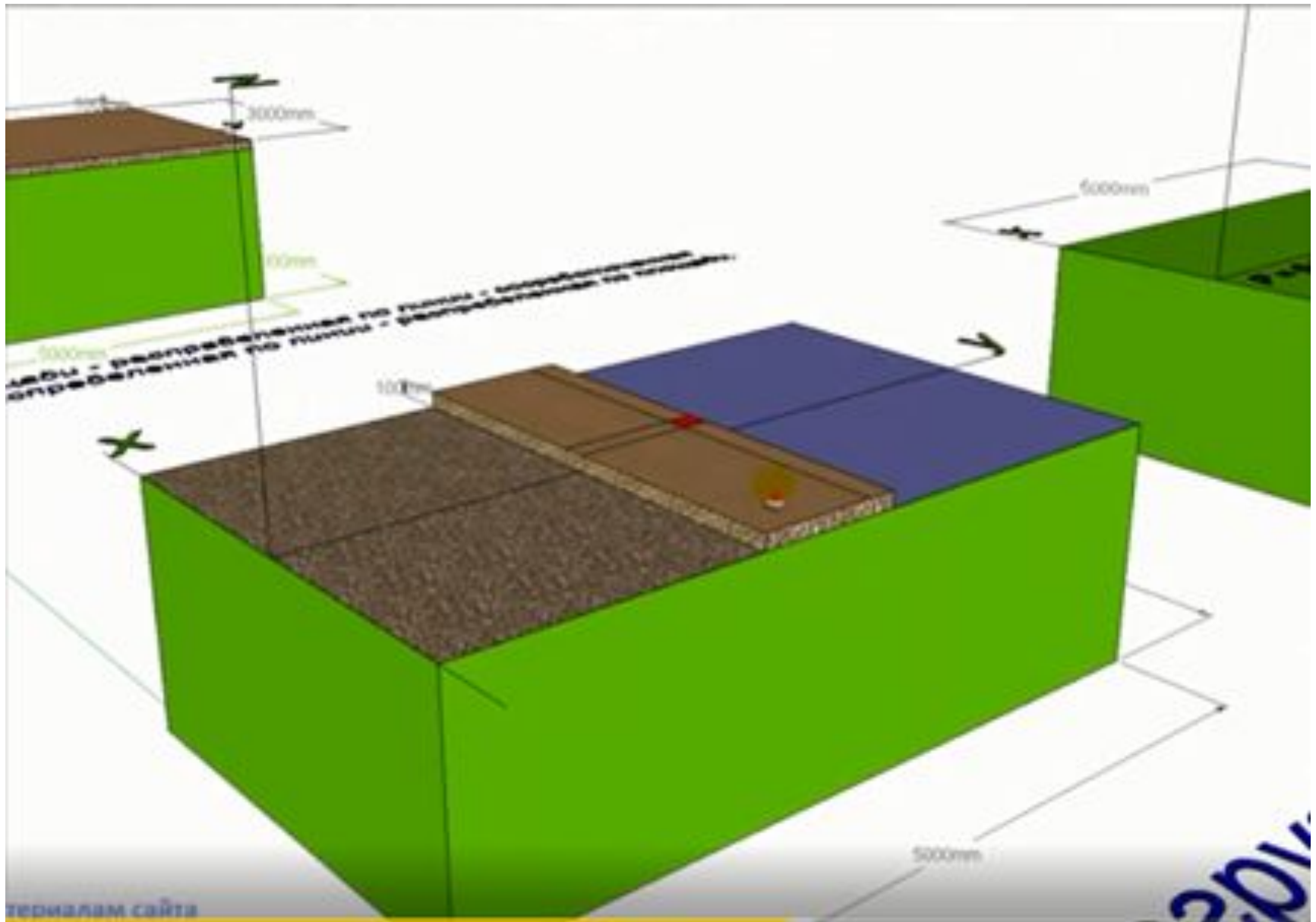


Сбор н

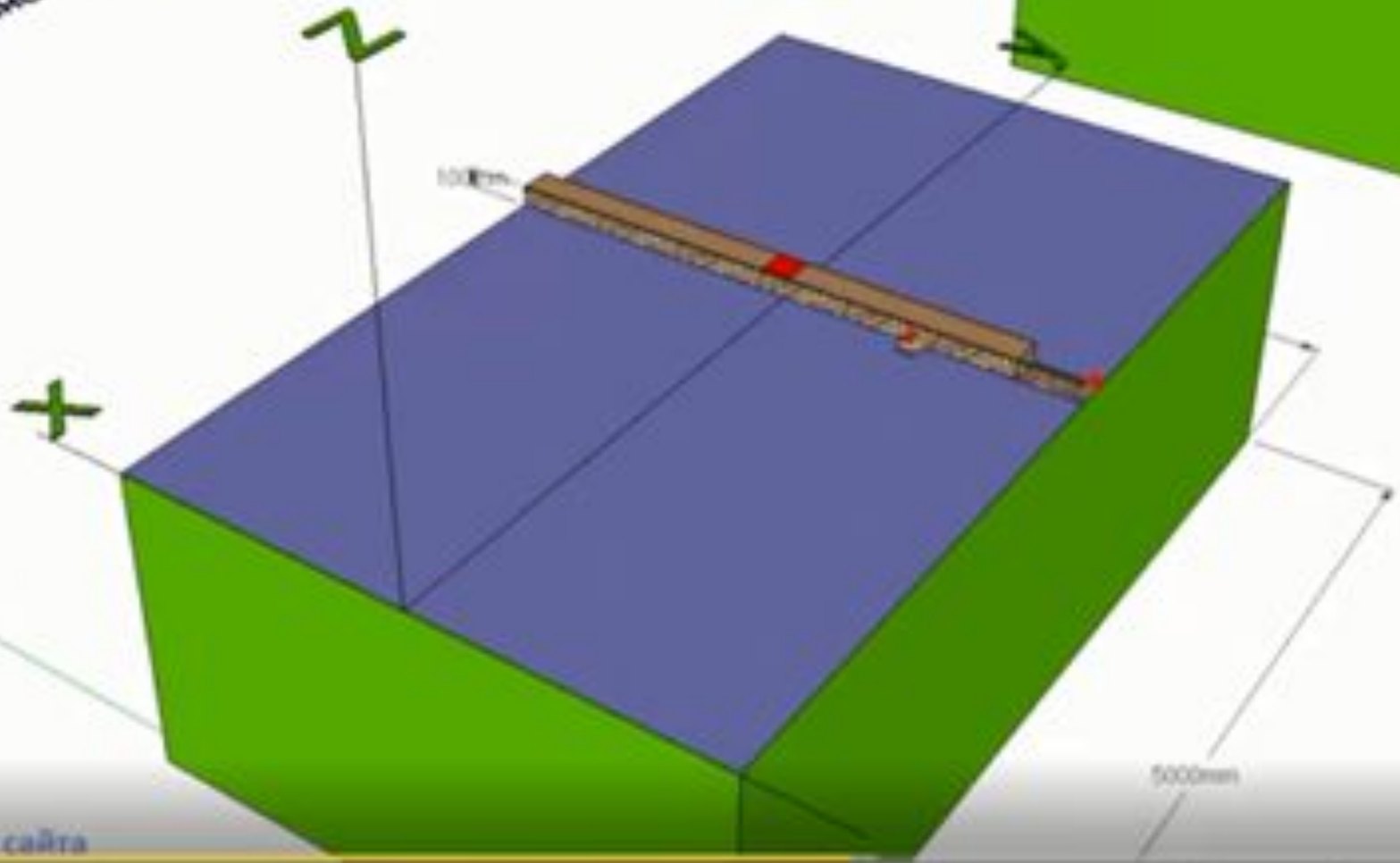


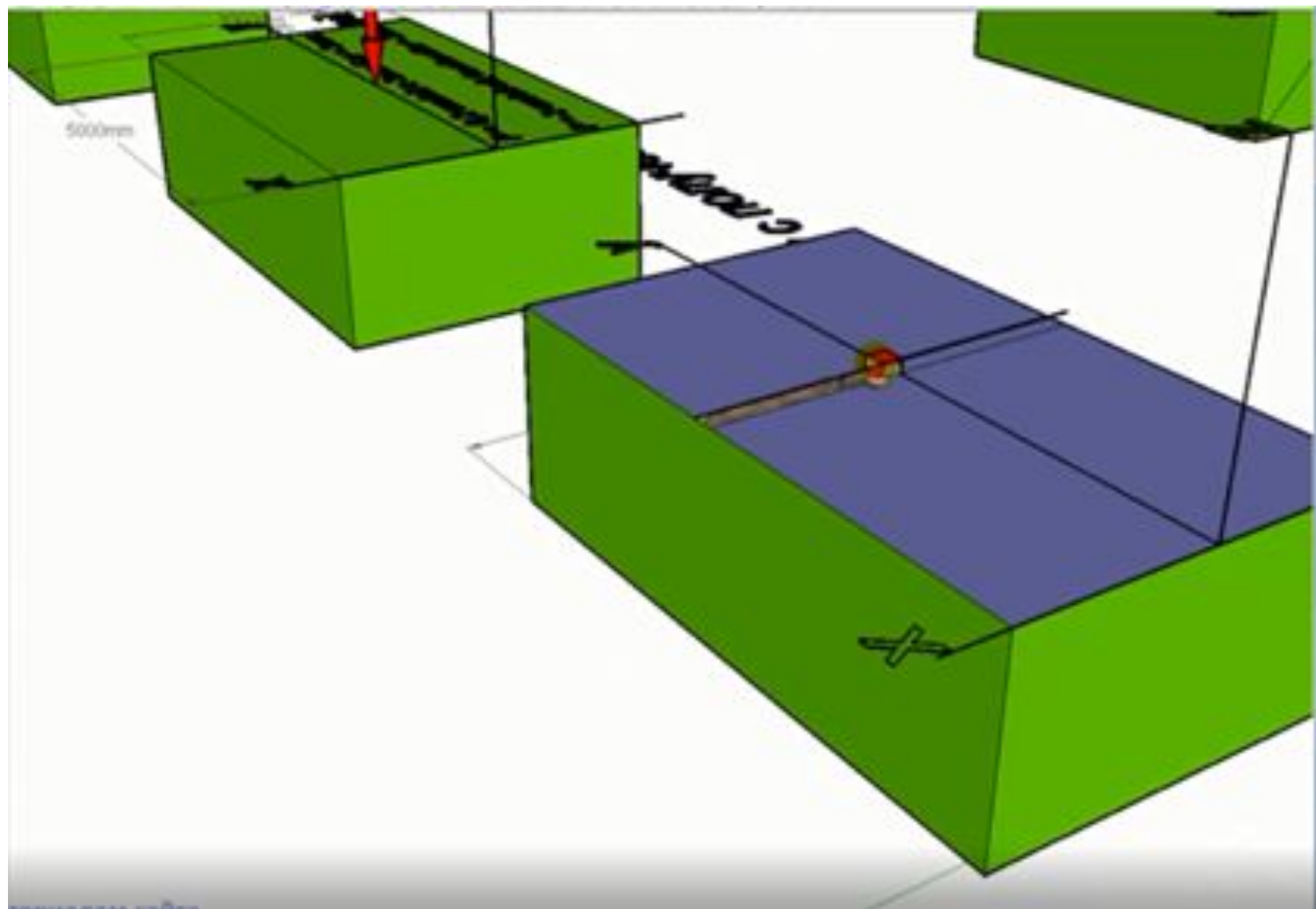


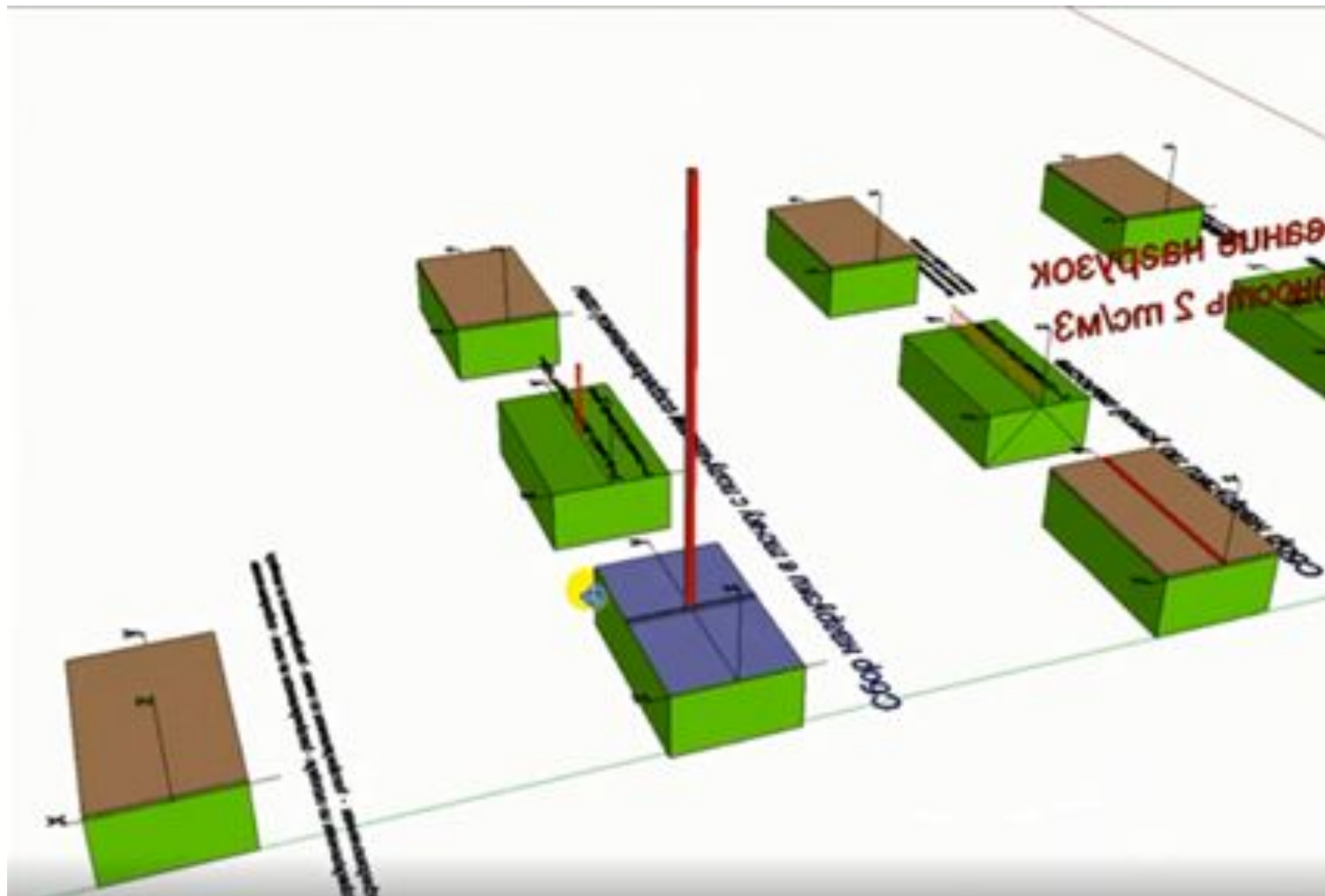


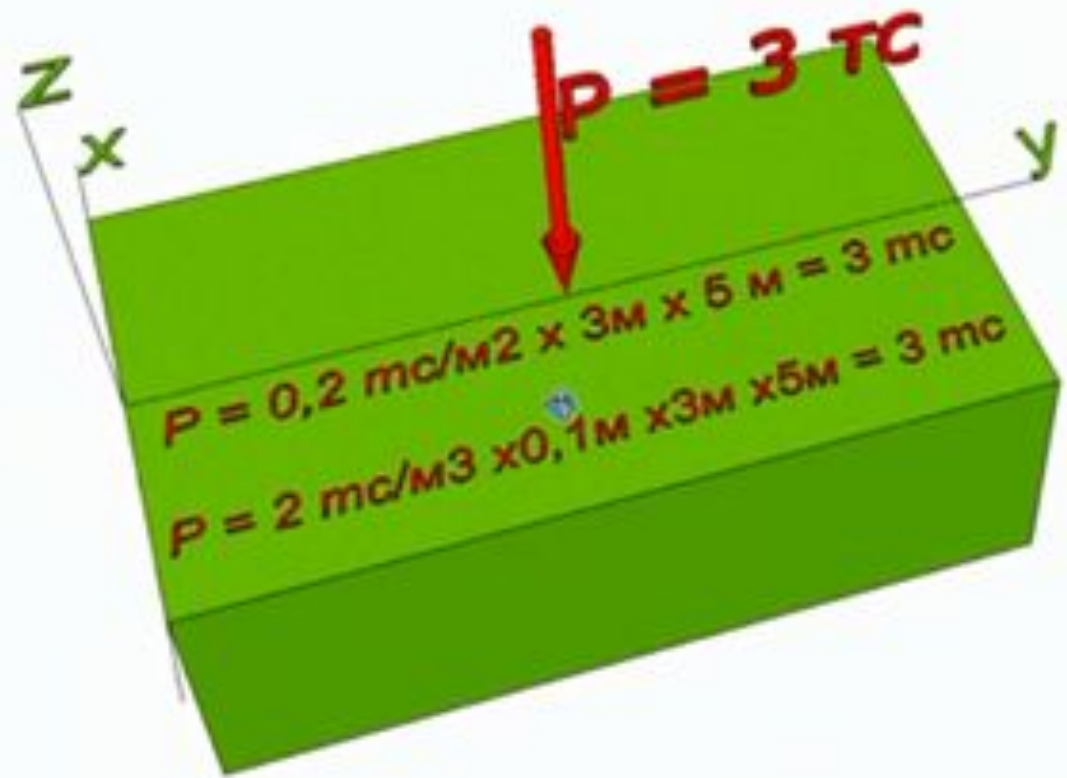


обеспечивая по линии - сбалансированная
ная по линии - распределение по времени.

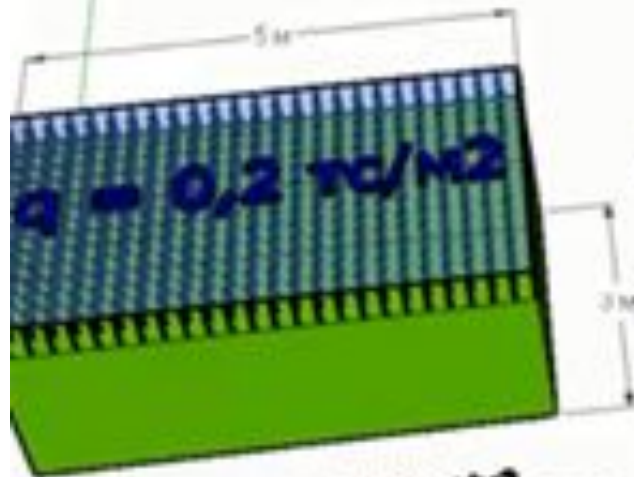






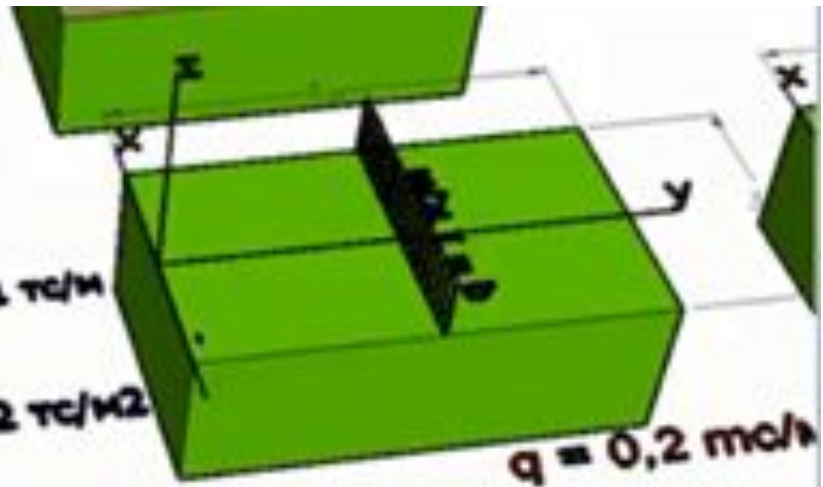


ЕМ СОСР



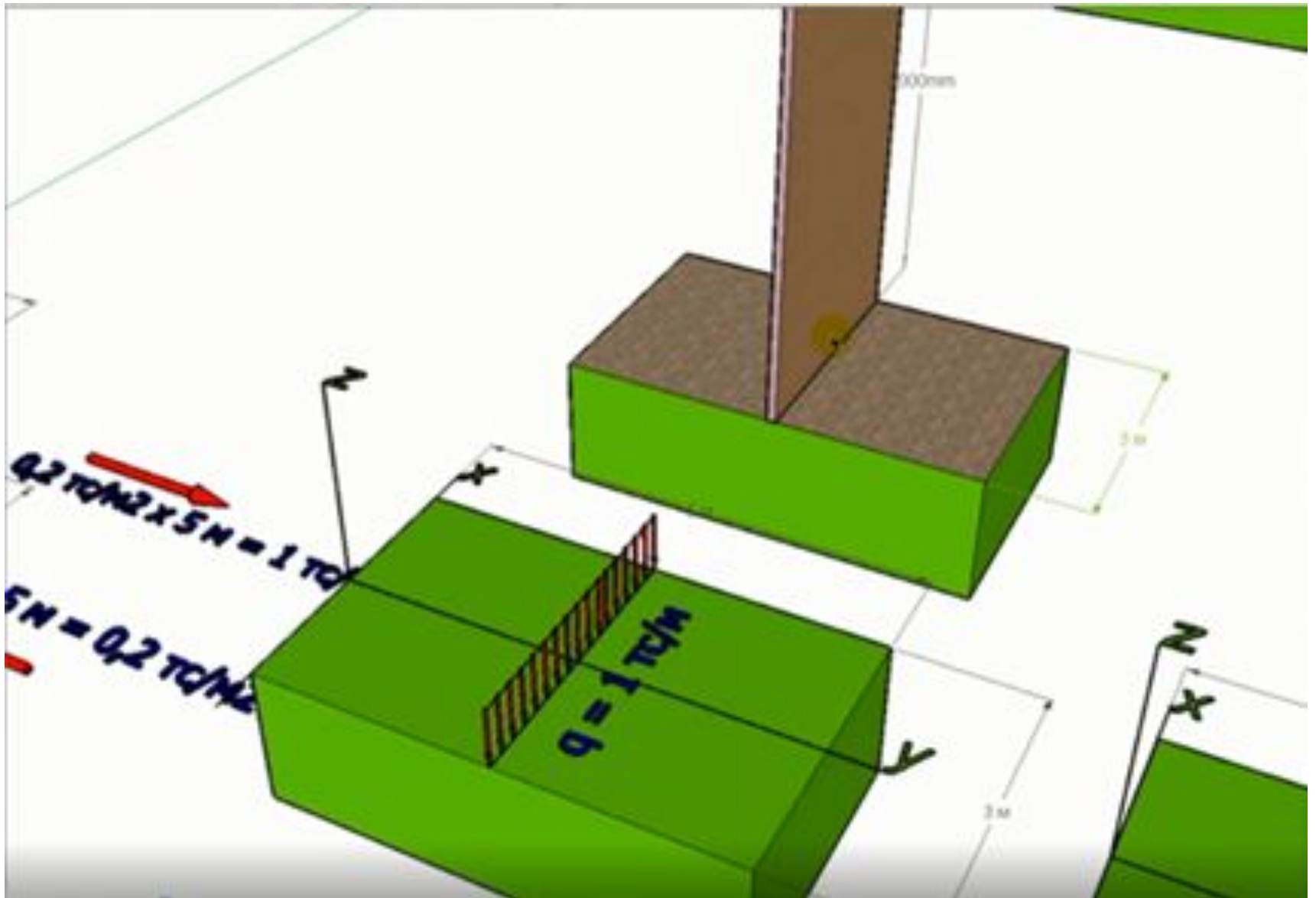
$$0,2 \text{ тс/м}^2 \times 5 \text{ м} = 1 \text{ тс/м}$$

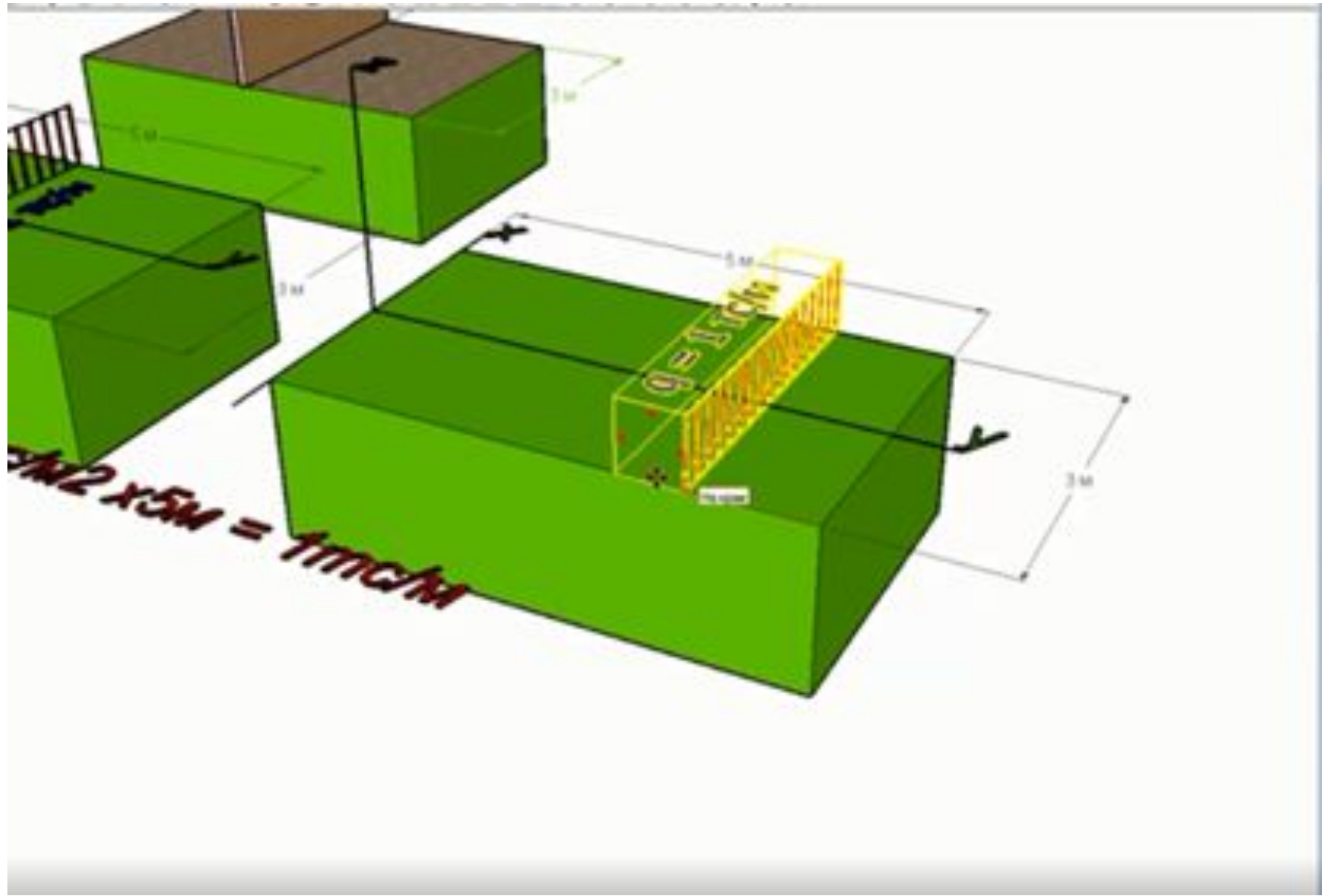
$$1 \text{ тс/м} / 5 \text{ м} = 0,2 \text{ тс/м}^2$$



$q = 2 \text{ тс/м}^3 \times 0,1 \text{ м} = 0,2 \text{ тс/м}^2$
 весь вес $2 \text{ тс/м}^3 \times 3 \text{ м} \times 0,1 \text{ м} = 3 \text{ тс}$
 разделить на площадь $q = 3 \text{ тс} / 3 \times 5 \text{ м}^2 = 0,2 \text{ тс/м}^2$



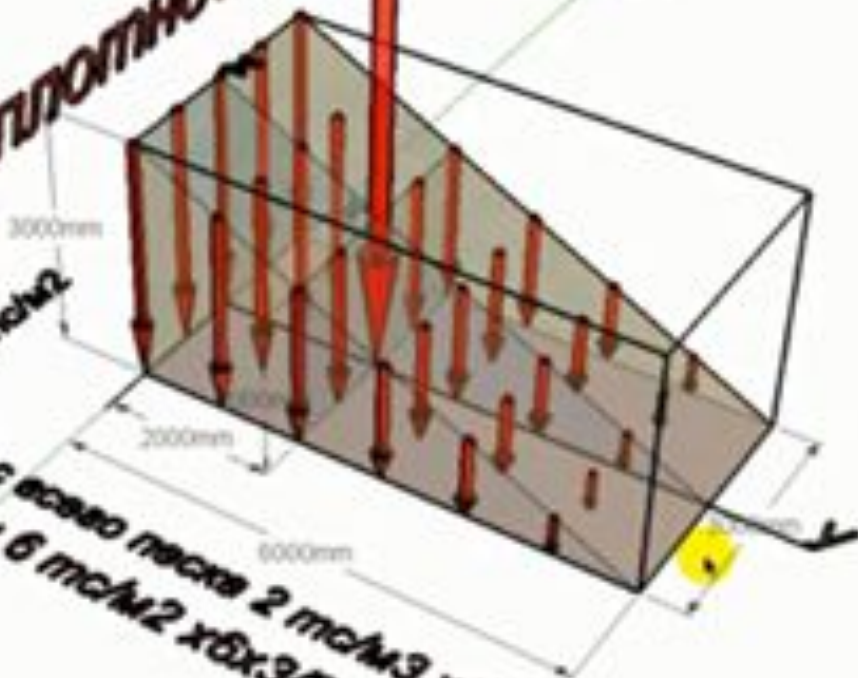


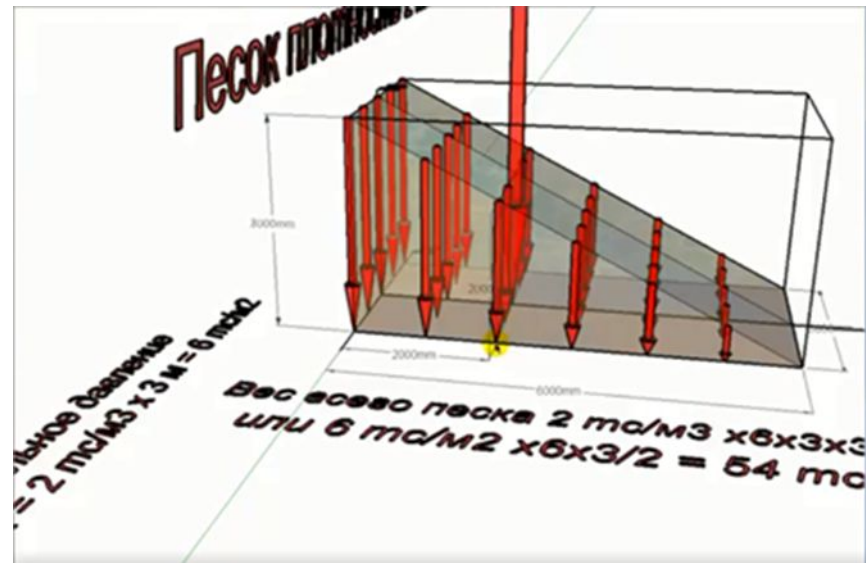
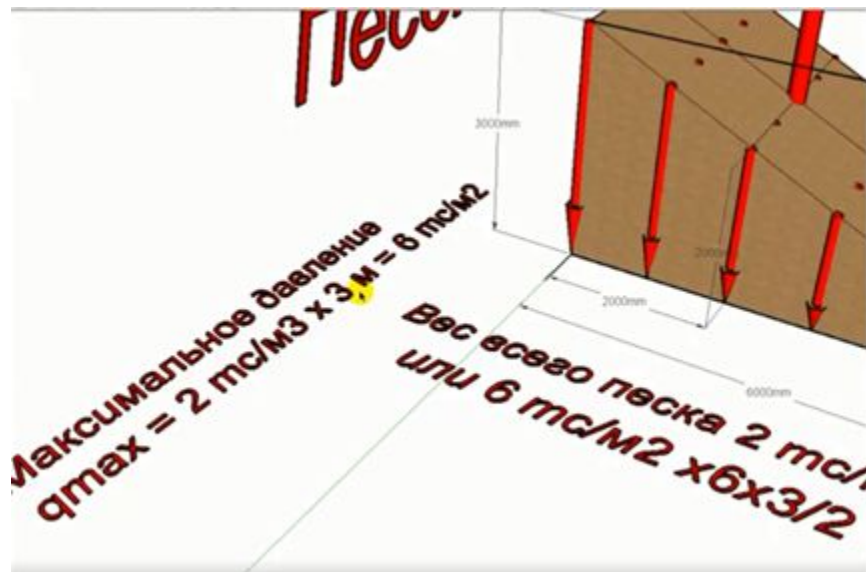


Песок плотность 2 т/м^3
 $P = 54 \text{ тс}$

Максимальное давление
 $q_{\text{max}} = 2 \text{ тс/м}^2 \times 3 \text{ м} = 6 \text{ тс/м}^2$

Вес всего песка $2 \text{ тс/м}^3 \times 6 \times 3 \times 3 / 2 = 54 \text{ тс.}$
или $6 \text{ тс/м}^2 \times 6 \times 3 / 2 = 54 \text{ тс.}$



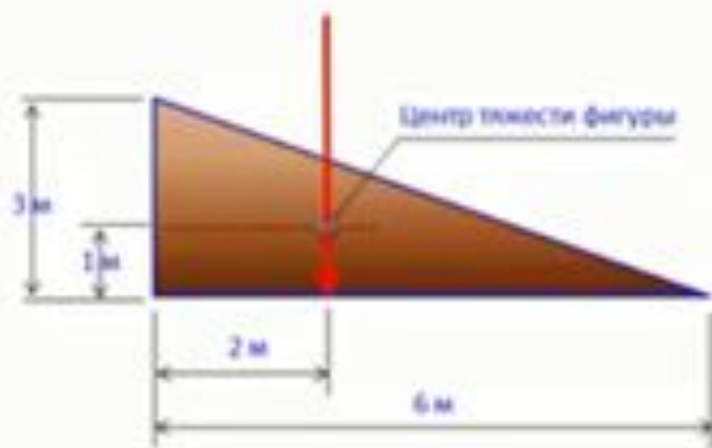


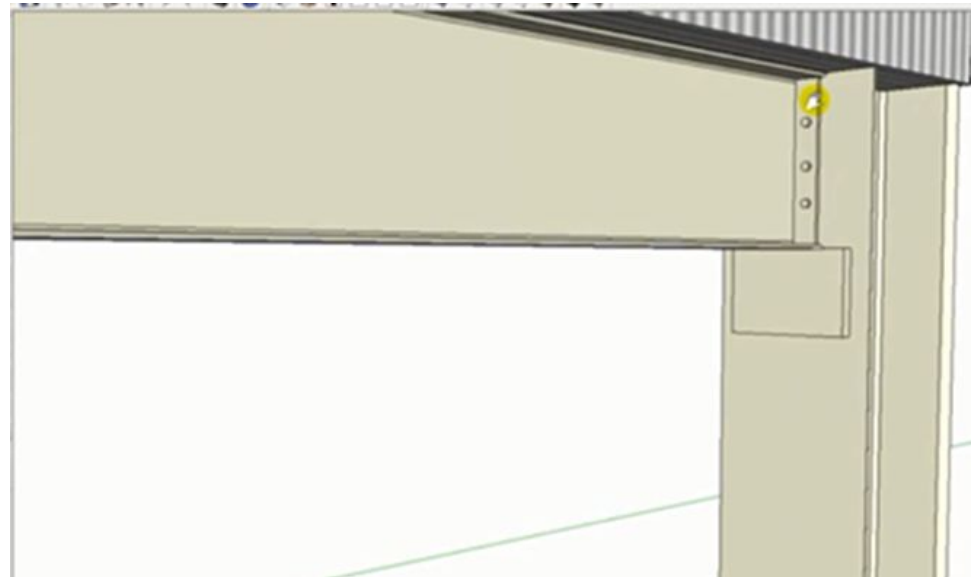
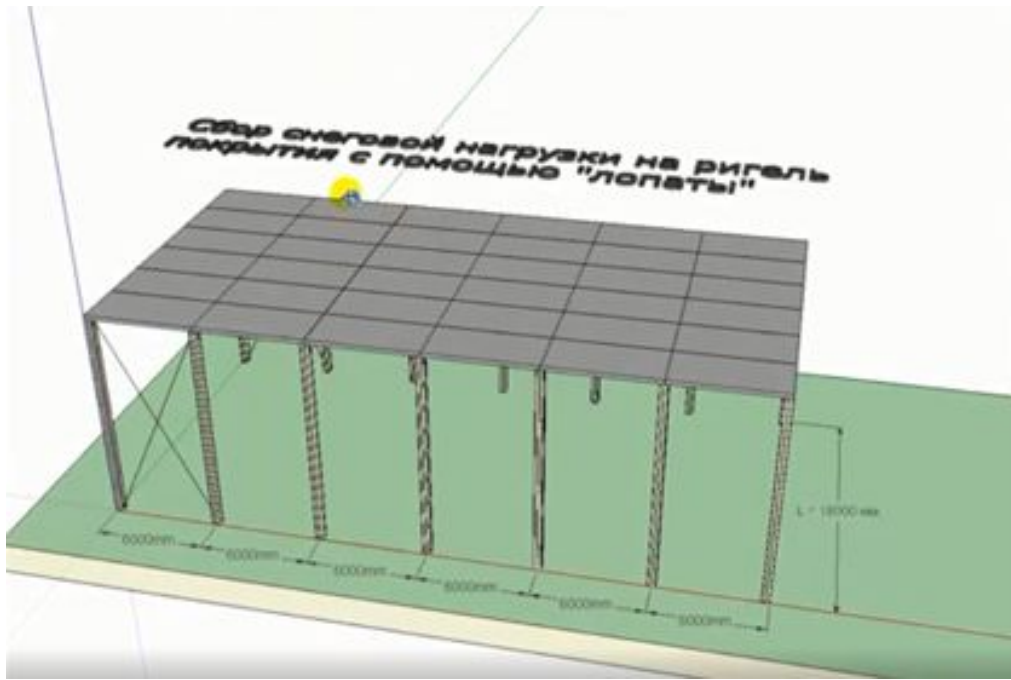
Песок плотность 2 т/м³

Максимальное давление
 $q_{max} = 2 \text{ т/м}^3 \times 3 \text{ м} = 6 \text{ т/м}^2$

Вес всего песка $2 \text{ т/м}^3 \times 6 \times 3 \times 3 / 2 = 54 \text{ т}$,
 или $6 \text{ т/м}^2 \times 6 \times 3 / 2 = 54 \text{ т}$.

Притом, что суммарная сосредоточенная нагрузка
 будет приложена в центре тяжести масс
 (центр тяжести треугольника) - одна треть высоты





**Задача: рассчитать
снеговую нагрузку на ригель.**

Омск (г. Омск) расчетная нагрузка 180 кгс/м².

A diagram of a building's roof structure. The roof is a light blue trapezoidal shape. Below the roof, there are several vertical green columns supporting the structure. The text is written on the roof surface. A small yellow pushpin is visible on the roof surface.

**Задача: рассчитать
снеговую нагрузку на ригель.**

Снег (г. Омск) расчетная нагрузка 180 кгс/м².



180 кгс 180 кгс 180 кгс

Если равномерно распределенная нагрузка 180 кгс/м^2 , то каждый м^2 весит 180 кгс .

180 кгс 180 кгс 180 кгс

1000мм

1000мм

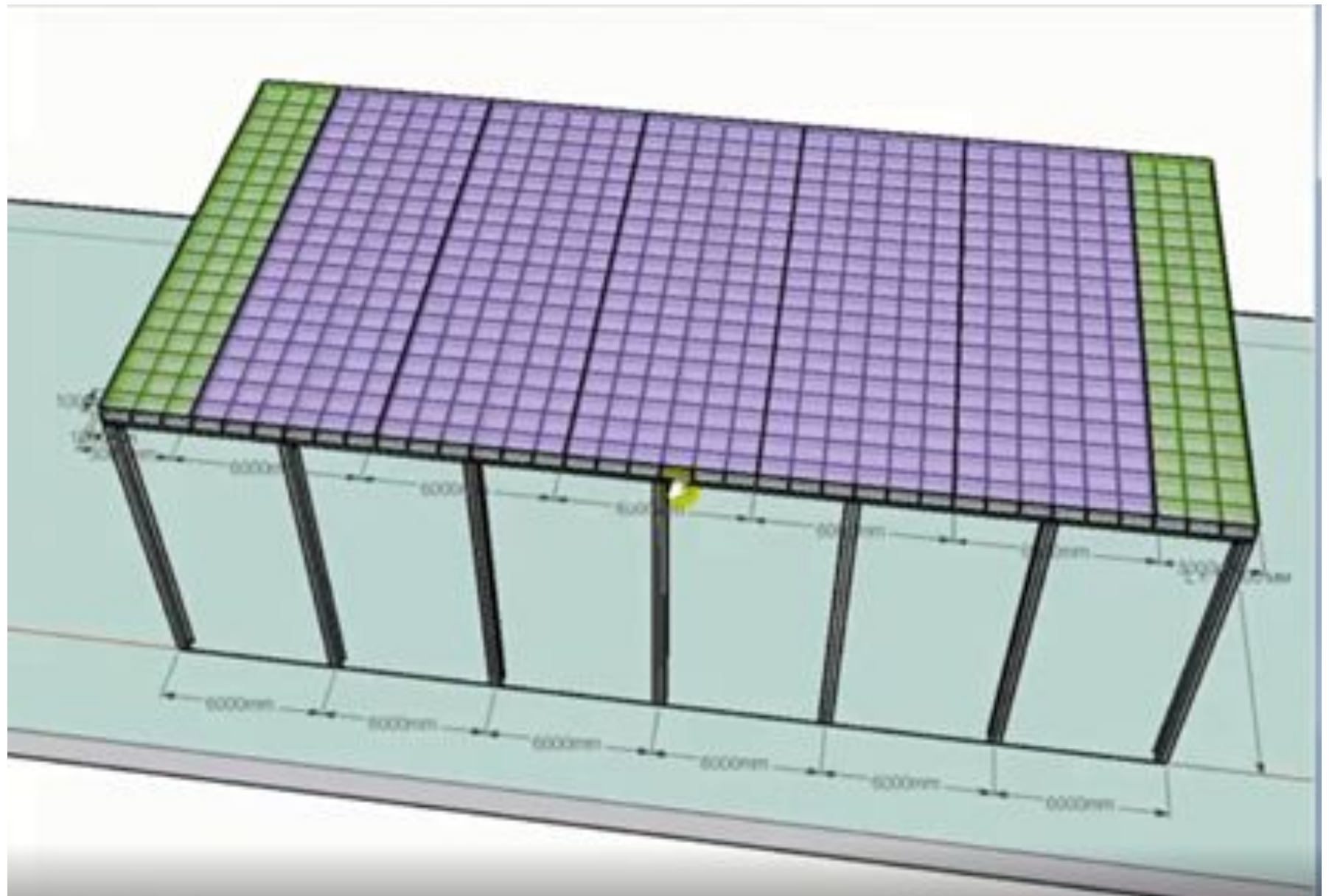
Если равномерно распределена нагрузка 180 кгс/м^2 , то каждый м^2 весит 180

180 кгс

180 кгс

180 кгс

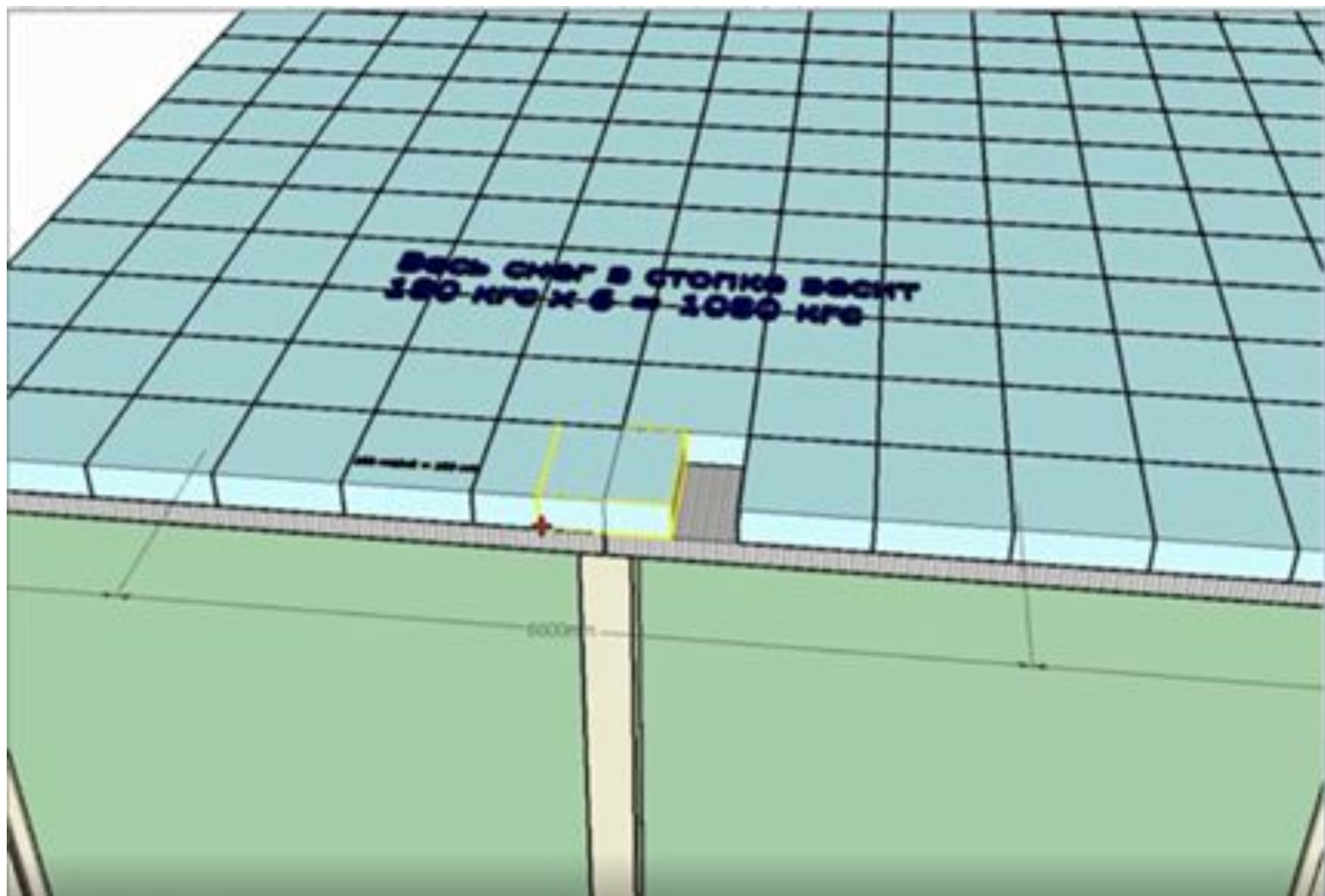




**Весь снег в стопке весит
180 кг/м² × 6 = 1080 кг**

180 кг/м² × 6 = 1080 кг

6000 мм



Весь снег в стопке весит
 $180 \text{ кг} \times 6 = 1080 \text{ кг}$

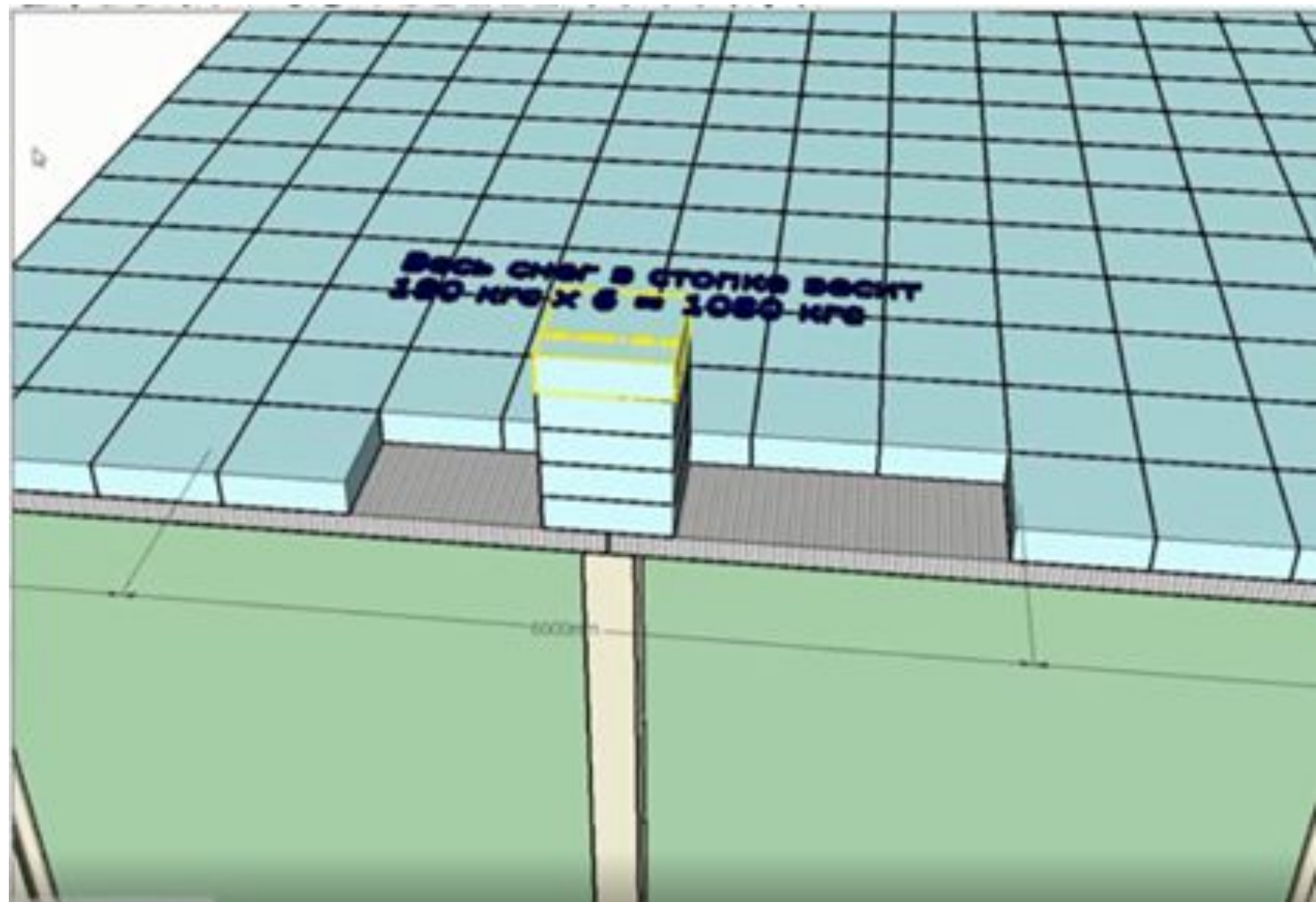
$180 \text{ кг} \times 6 = 1080 \text{ кг}$



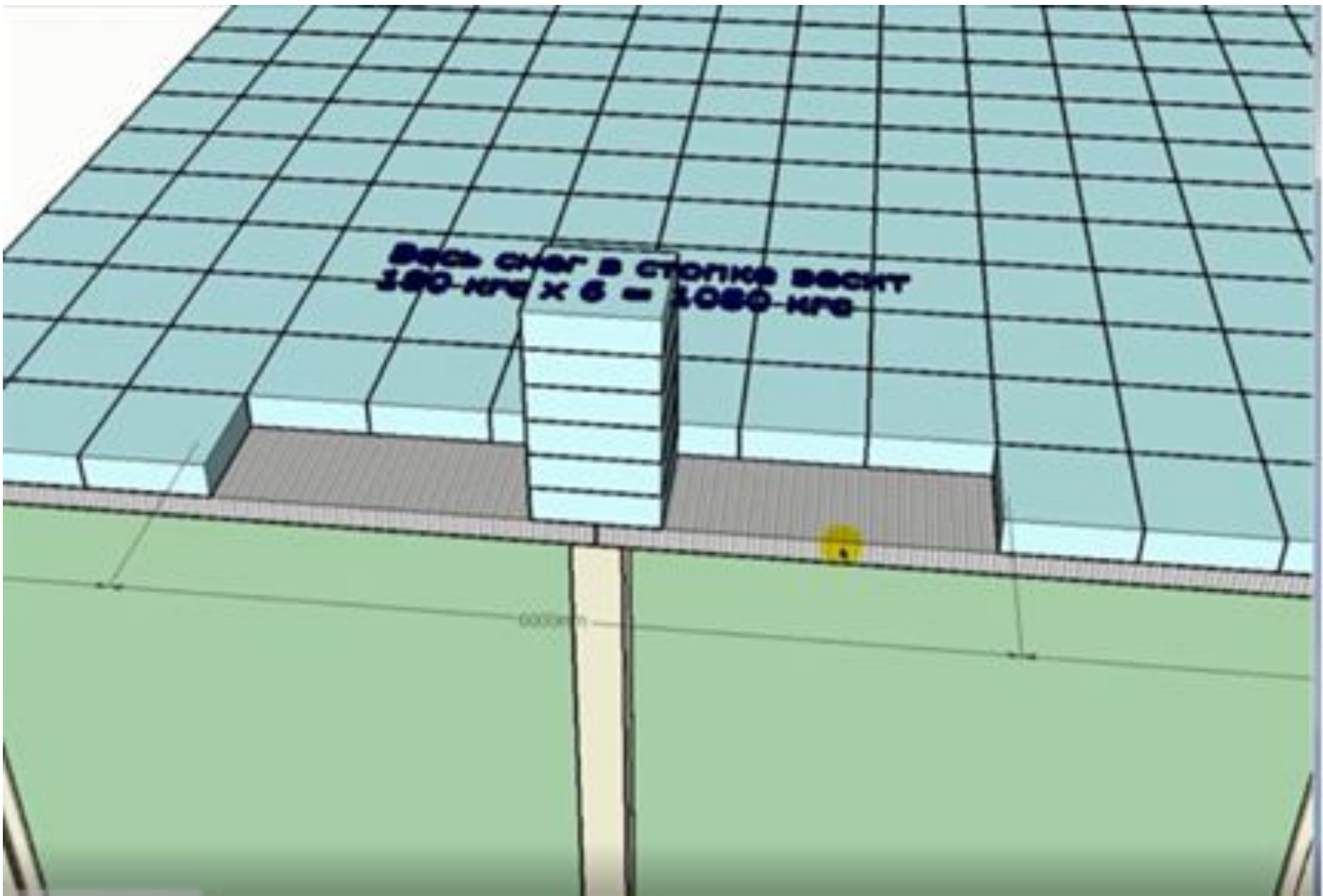
6000

Весь снег в стопке весит
 $100 \text{ кг/м}^2 \times 6 = 1080 \text{ кг/м}^2$

6000



**Всё снег в столбе весит
180 кгс x 6 = 1080 кгс**

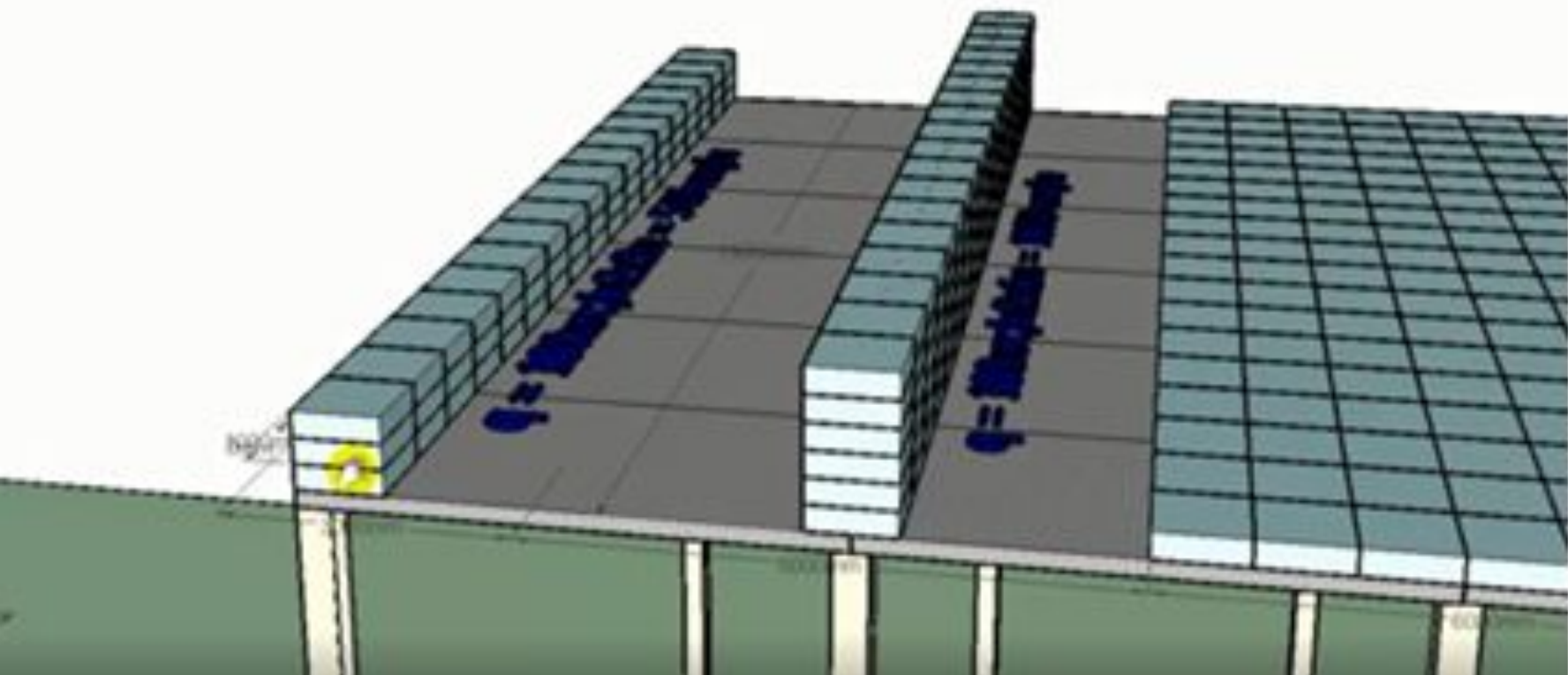


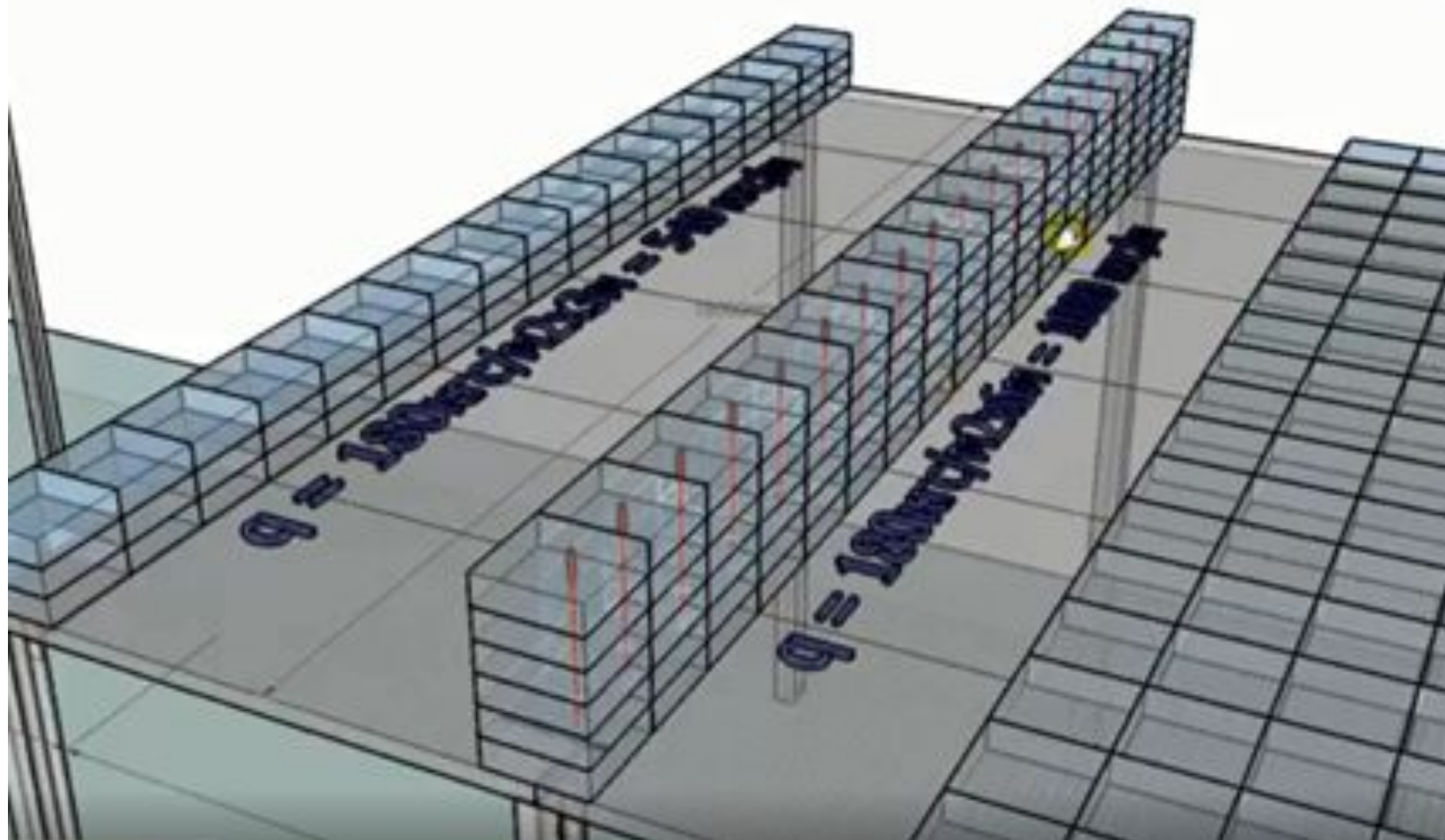
Весь снег в столбе весит
 $180 \text{ кгс} \times 6 = 1080 \text{ кгс}$

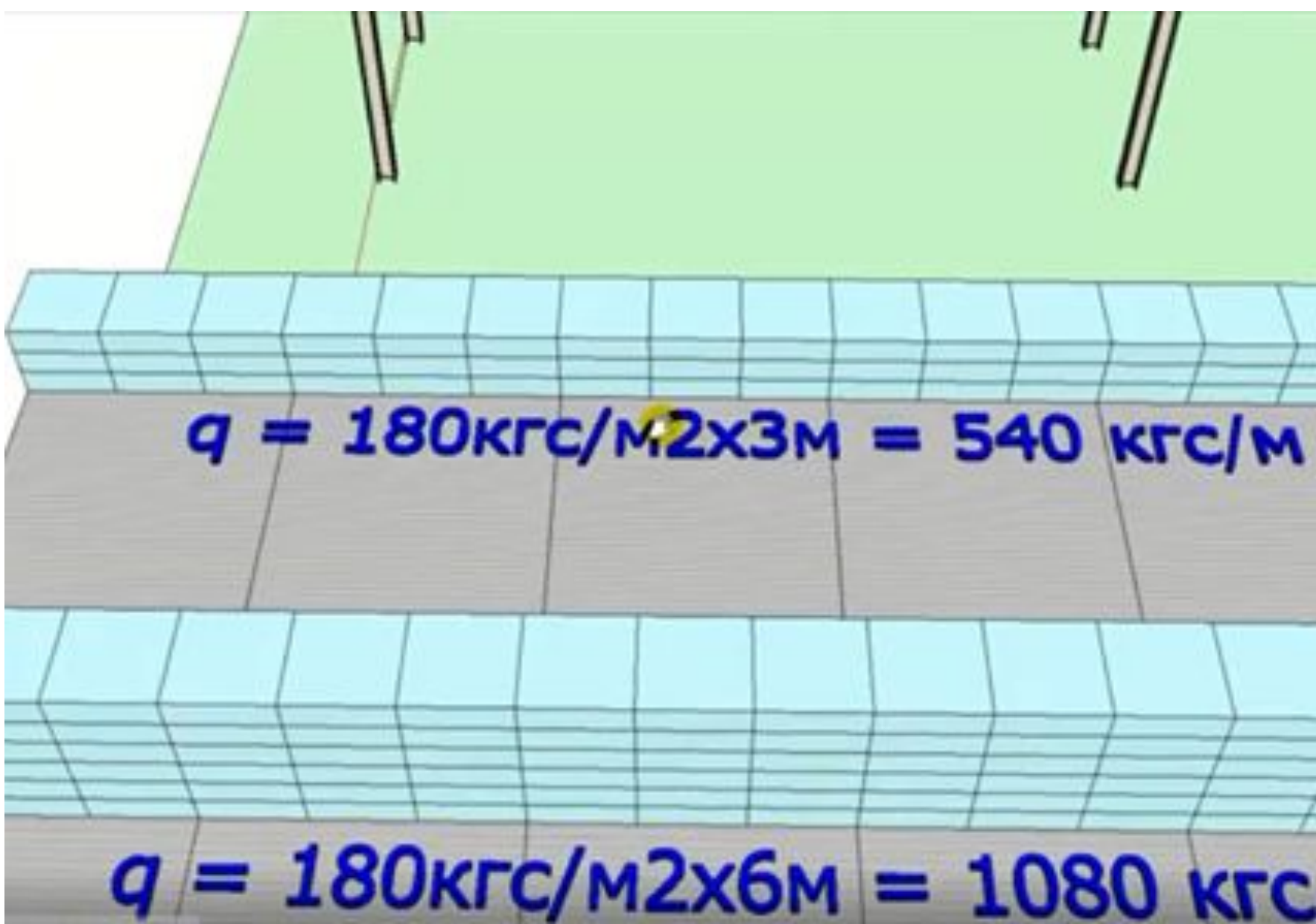
6000mm

$q = 100 \text{ kN/m}^2 \times 2.0 \text{ m} = 200 \text{ kN/m}$









The diagram shows a perspective view of a roof structure. A grid of blue squares is laid out on a brown base. Two vertical beams are shown on the left and right sides. The grid is divided into two horizontal sections. The upper section is narrower, and the lower section is wider. The text is overlaid on the grid.

$$q = 180 \text{ кгс/м}^2 \times 3 \text{ м} = 540 \text{ кгс/м}$$

$$q = 180 \text{ кгс/м}^2 \times 6 \text{ м} = 1080 \text{ кгс}$$

