

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?

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

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

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

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

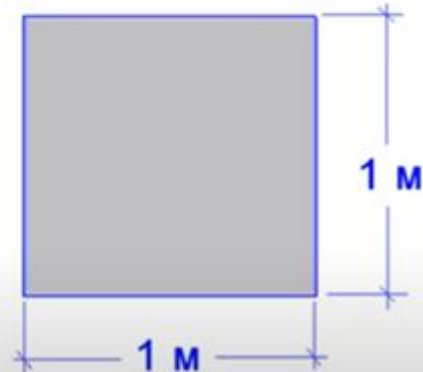
Зададим себе вопрос – 1 Па это много или мало?

- 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

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

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

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

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

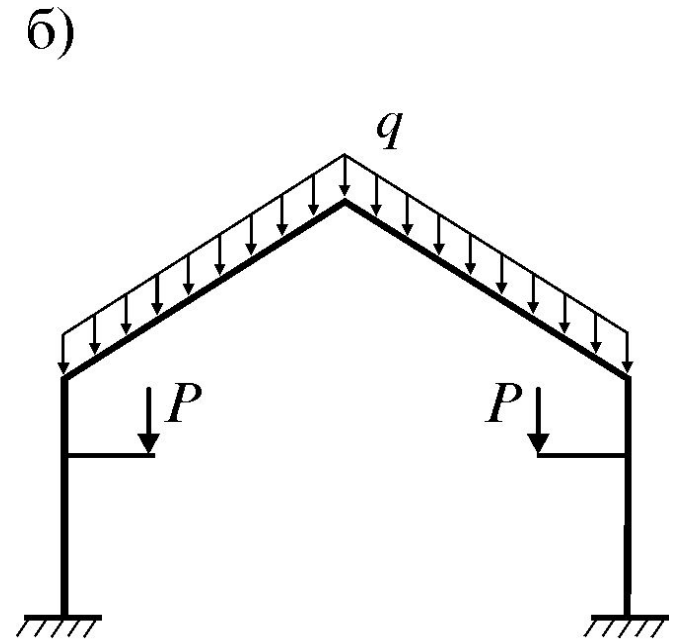
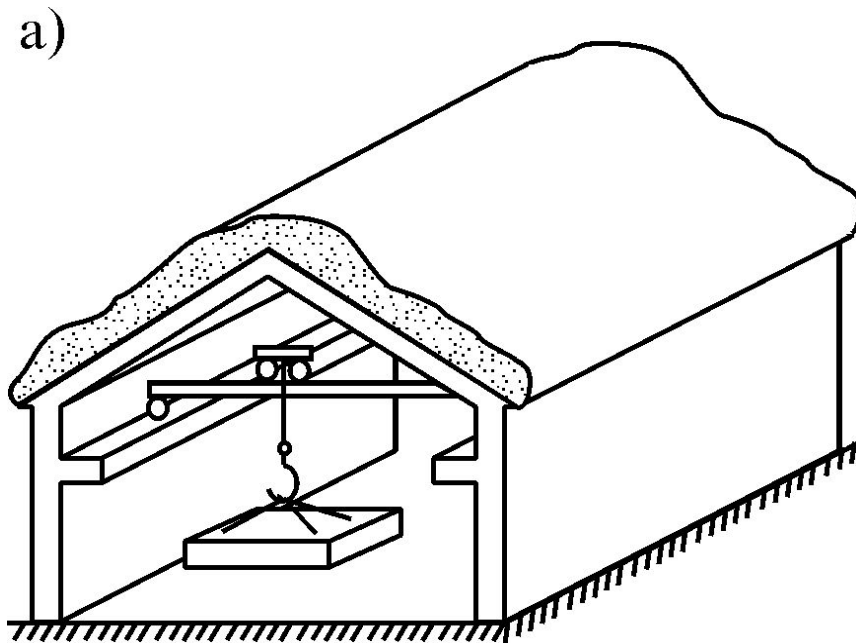
$$100 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2} = (\text{МПа}) = 100 \cdot \frac{10^4 \text{ Н}}{\text{м}^2} = 1000000 \text{ Па} = 1 \text{ МПа}$$

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

Расчетные схемы сооружений и их классификация

Все особенности сооружений учесть невозможно.

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

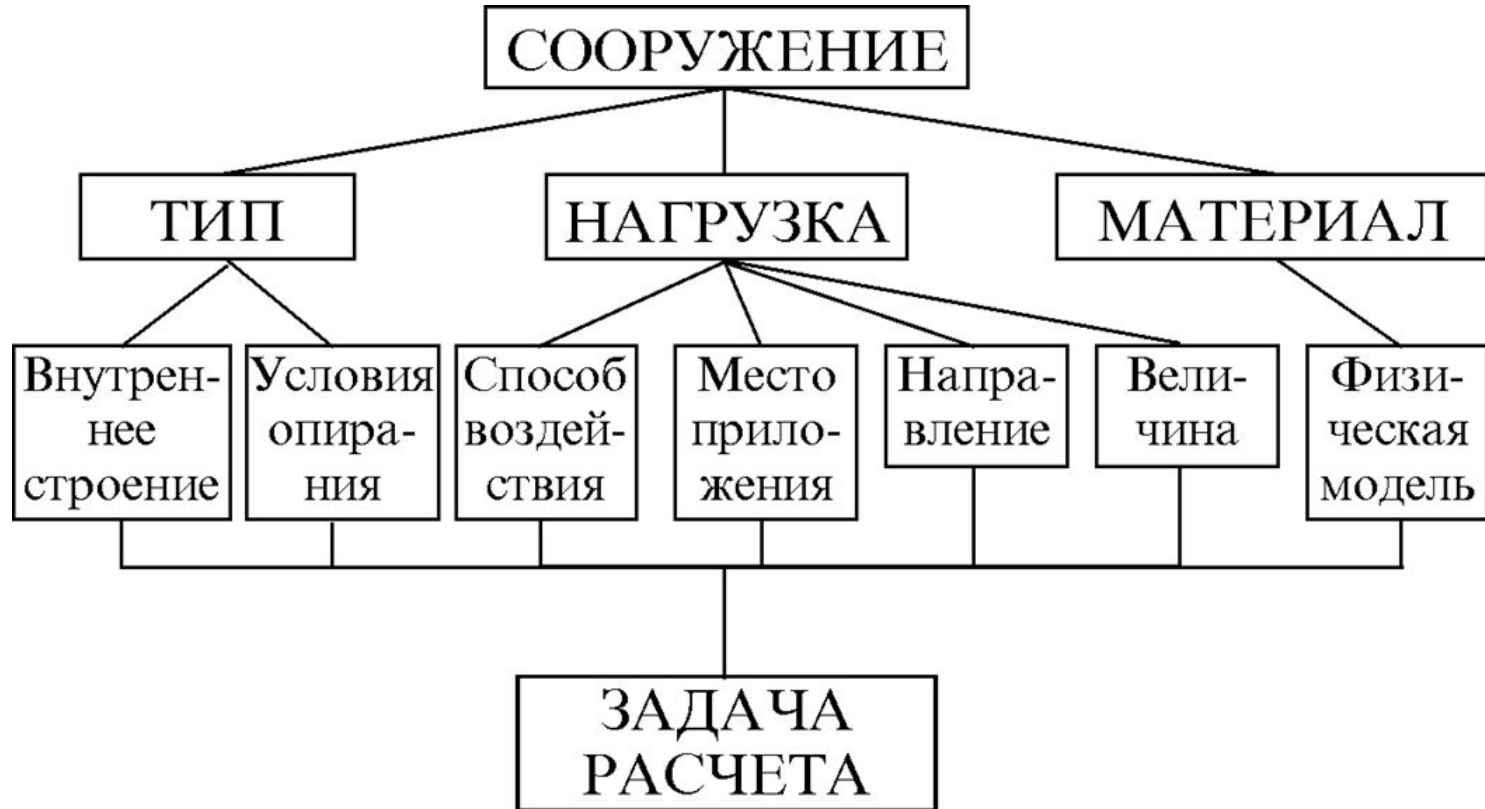


Расчетные схемы сооружений можно классифицировать по-разному. Например, различают плоские и пространственные расчетные схемы, расчетные схемы по типу или способу соединения элементов, по направлению опорных реакций, по статическим и динамическим особенностям и т.д.

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

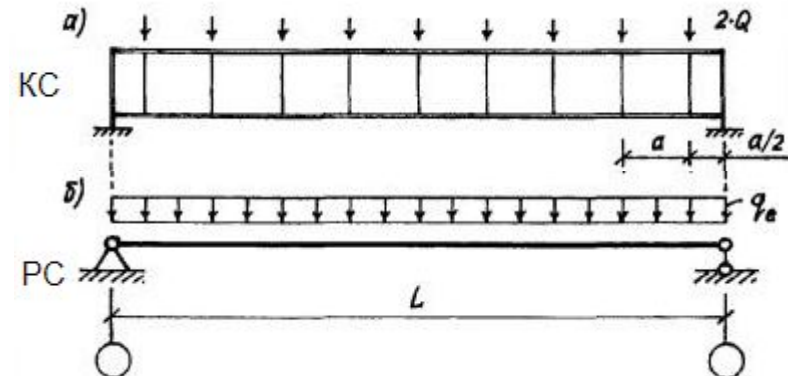
3 Сбор нагрузок

4 Статический расчет
определение внутренних усилий

5 Конструктивный расчет
подбор и проверка сечений

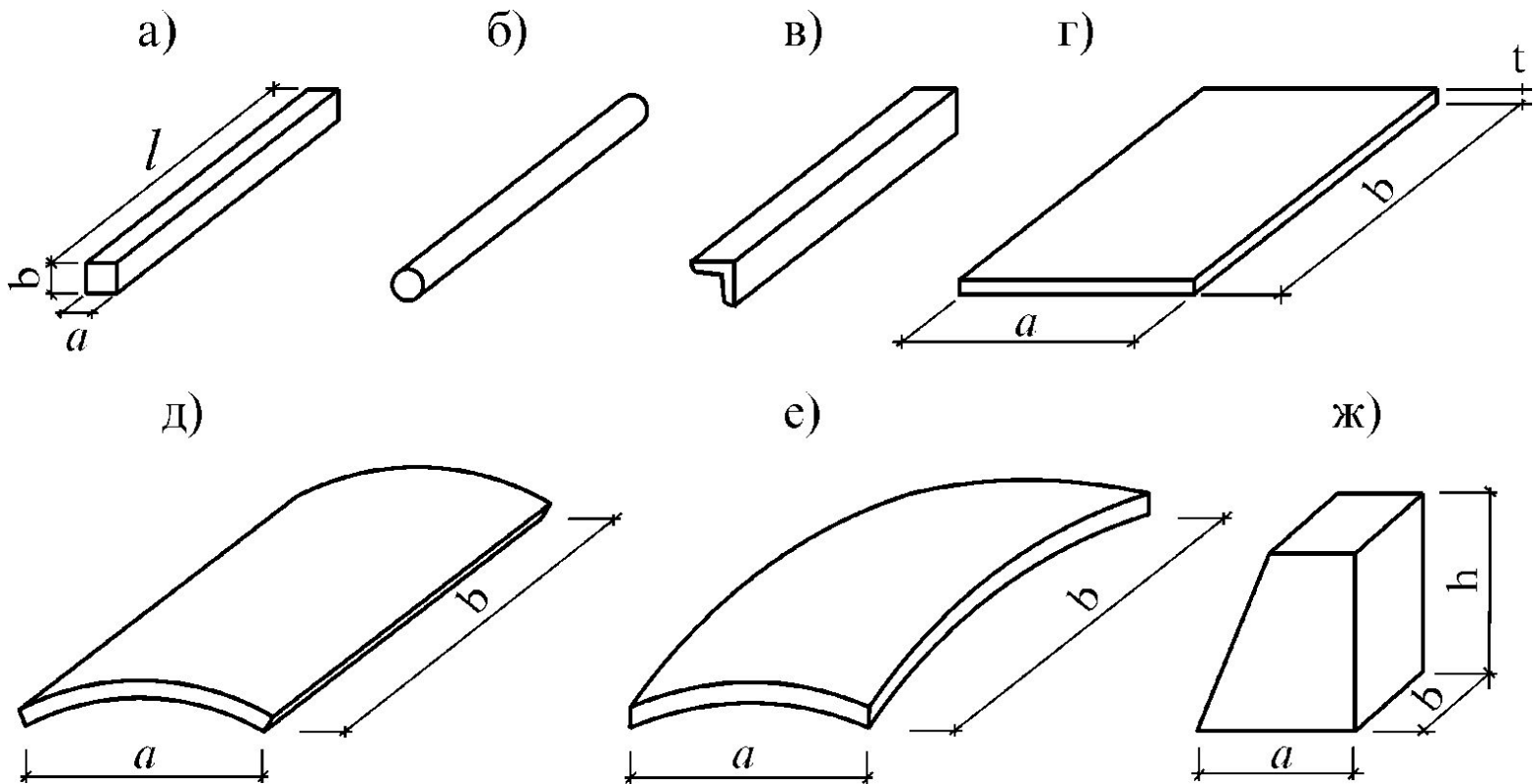
6 Расчет и конструирование узлов

7 Выполнение чертежей



Сооружения и их элементы

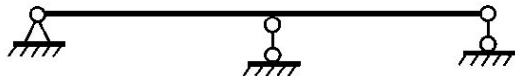
В сооружениях используются элементы разных типов – стержни, плиты, массивные тела:



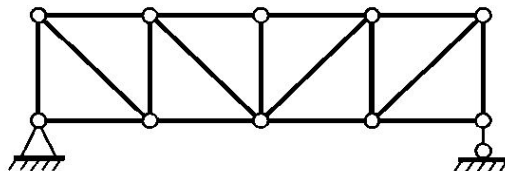
Простейшие сооружения, состоящие из таких элементов, можно подразделять на

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

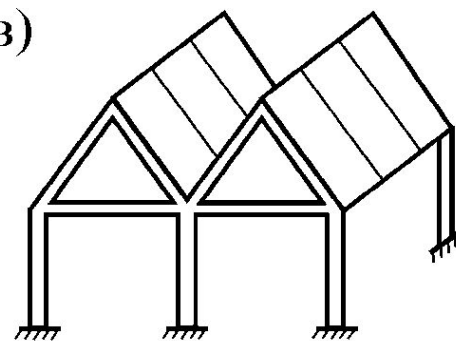
а)



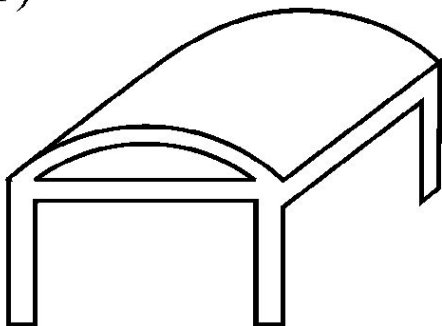
б)



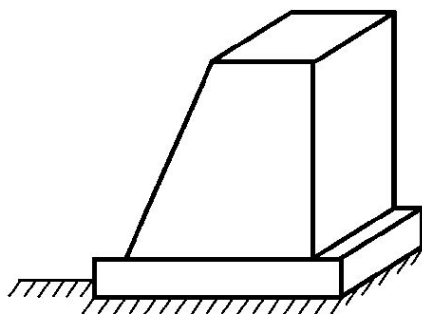
в)



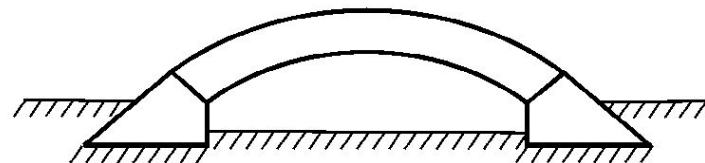
г)



д)



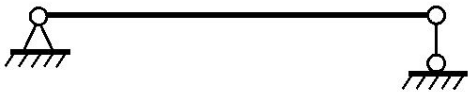
е)



Типы простейших сооружений

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

а)



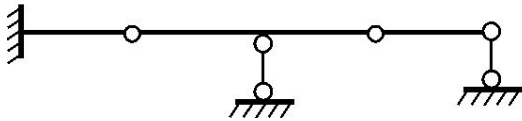
б)



в)



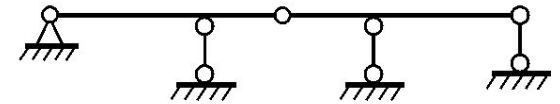
г)



д)



е)



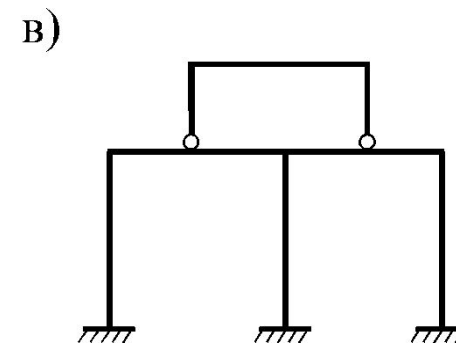
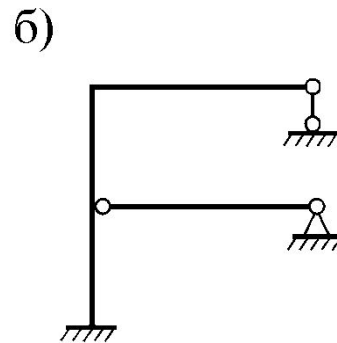
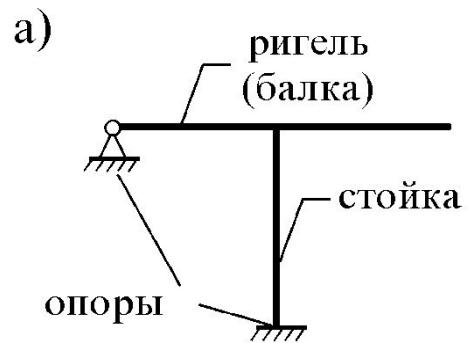




Рама – – система прямых (ломаных или кривых) стержней.

Ее стержни могут соединяться жестко или через шарнир.

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

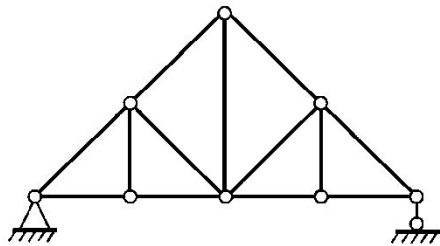




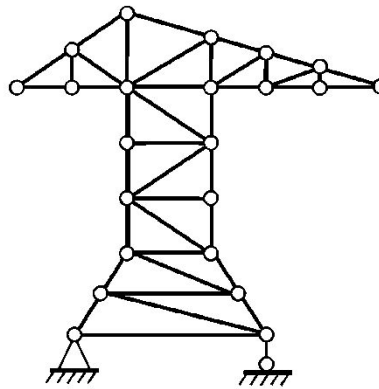
Ферма – система стержней, соединенных шарнирами. Типов ферм много.

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

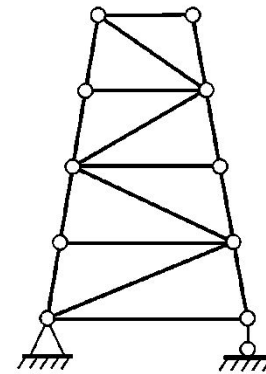
а)



в)



г)



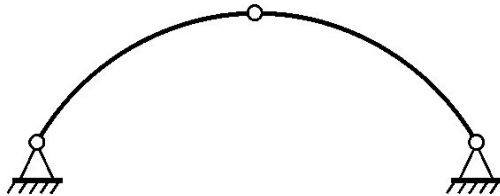




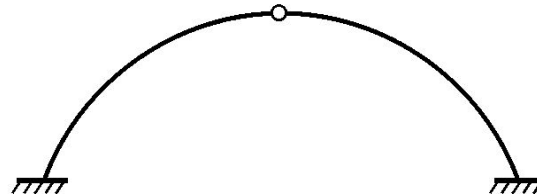
Арка – система из кривых стержней.

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

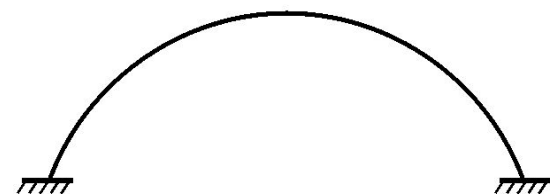
а)



б)

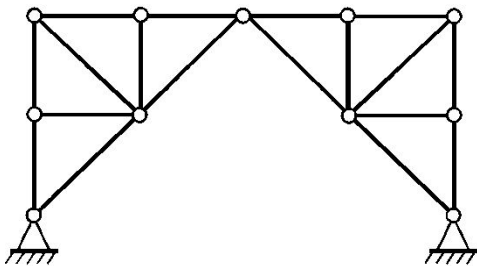


в)

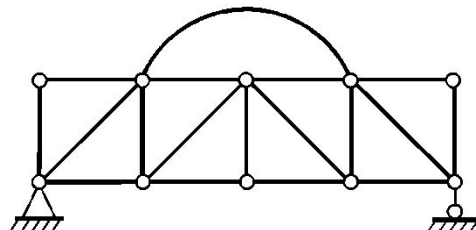


Существуют более сложные системы как комбинации простых систем. Они называются **комбинированными системами**. Например, имеются *арочные фермы*, *фермы с аркой*, *висячие системы*:

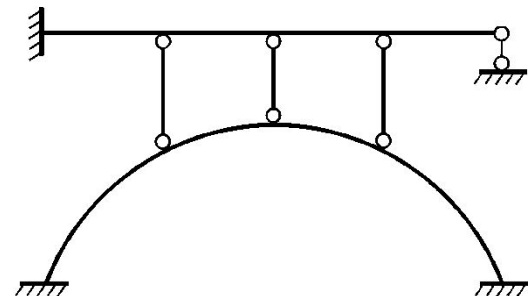
а)



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:

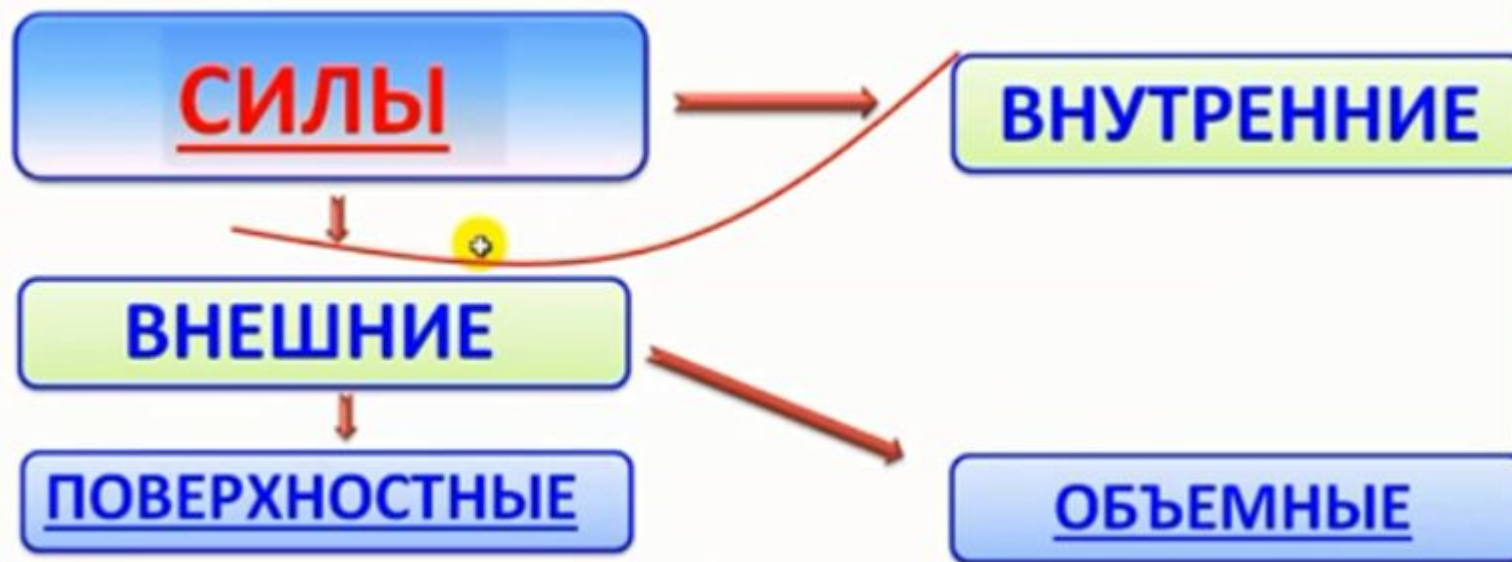
– **по способу приложения.** Объемная нагрузка действует во всех точках (собственный вес, инерционные силы и др.), поверхностная нагрузка распределена по поверхности (снег, ветер и др.).

– **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.

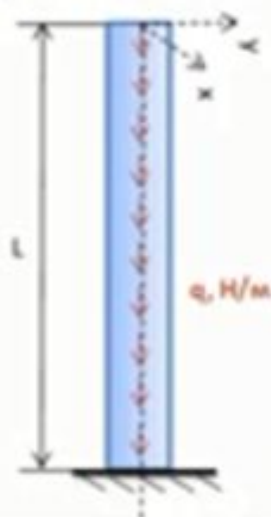
УСЛОВНОЕ ДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВНЕШНИХ СИЛ

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

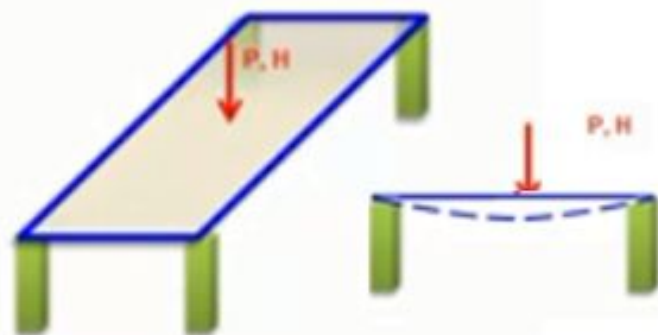
давление воды в бассейне;
давление ветра на стены, кровлю;
давление снега;
давление ленточного, столбчатого фундамента на грунт основания;
давление газа.

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;



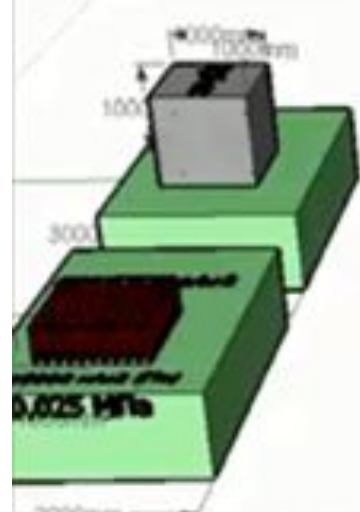
Силы считаются сосредоточенными $P, \text{Н}, \text{тс}, \text{кгс}$ когда площадь контакта несоизмеримо мала в сравнении с площадью тела (малая площадь контакта)



ПРИМЕРЫ ВНЕШНИХ НАГРУЗОК

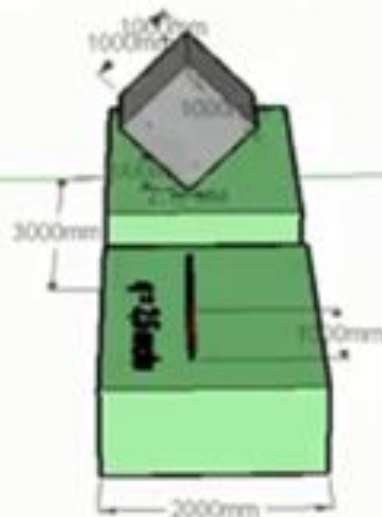
Бетонный куб 1x1x1 м3, плотность 2,5 тс/м3. Вес 2,5 тс.

Распределенная по площади
(равномерная, постоянной интенсивности)

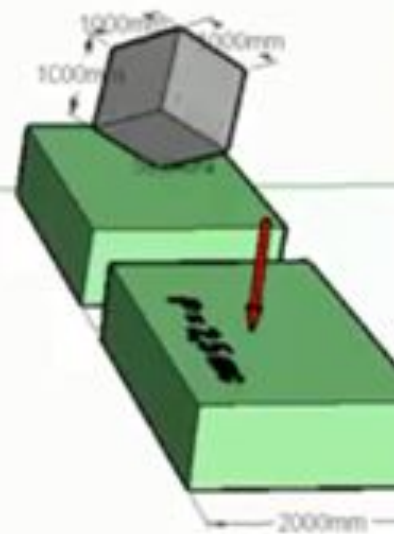


Среднее давление на землю
100000 Н/м2 (Тпа)

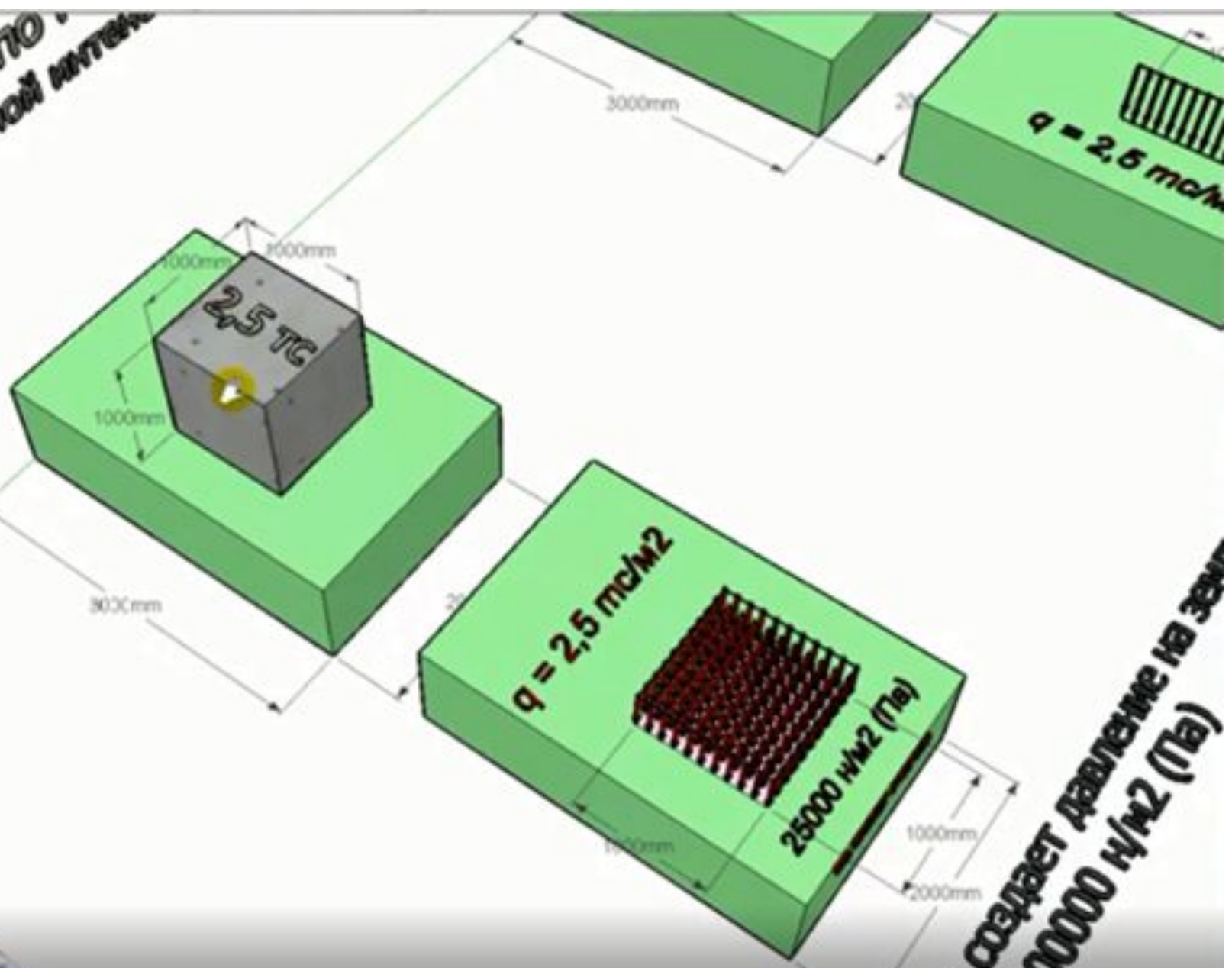
Распределенная по линии
(равномерная, постоянной интенсивности)



Сосредоточенная нагрузка



давление по
постоянной интен



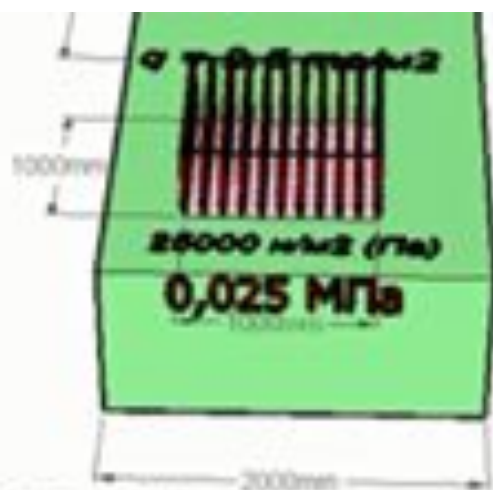
создает давление на земл
000000 Н/м2 (Па)



$q = 2,5 \text{ тс/м}^2$

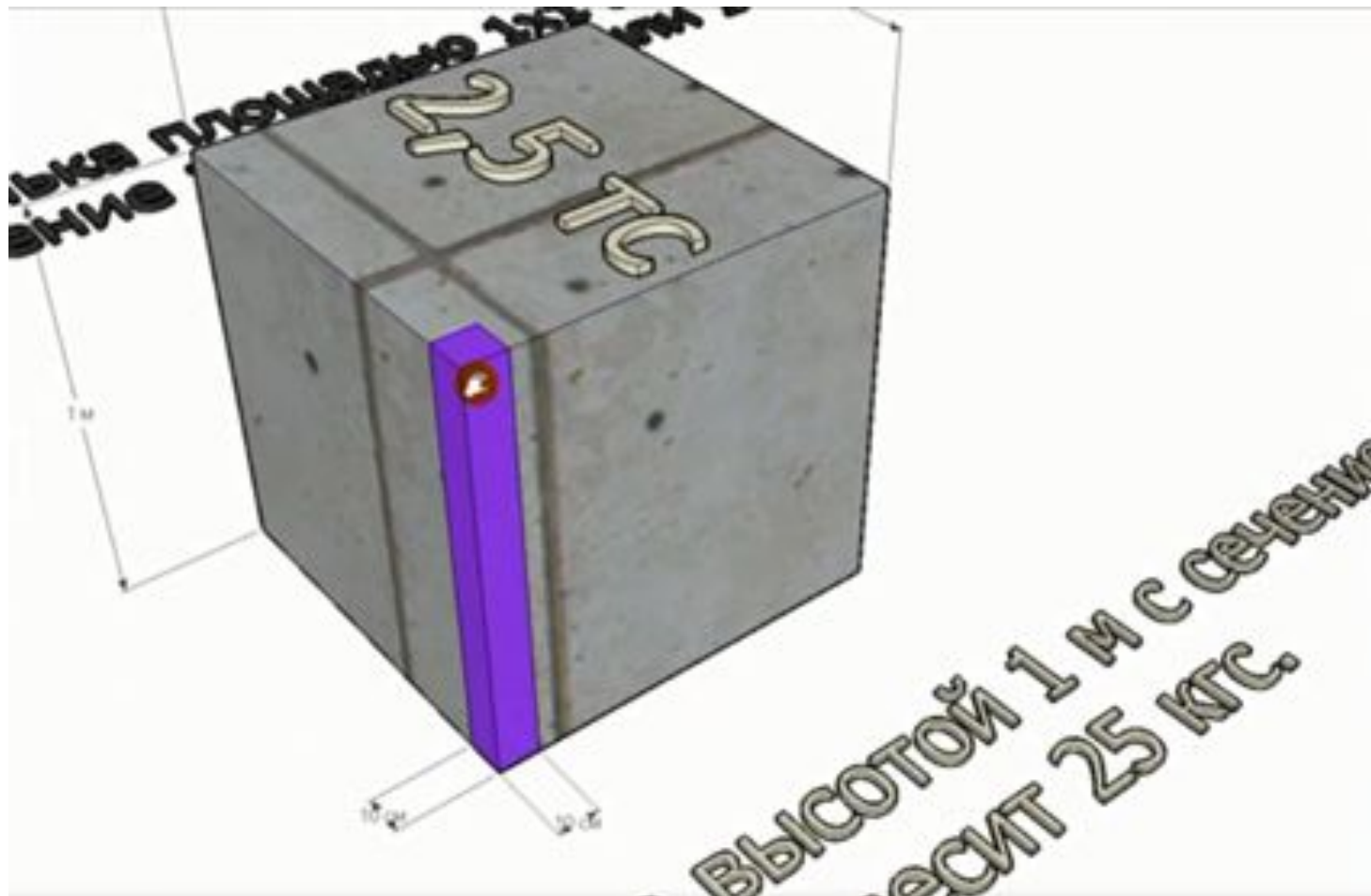
$25000 \text{ н/м}^2 \text{ (Па)}$

$0,025 \text{ МПа}$

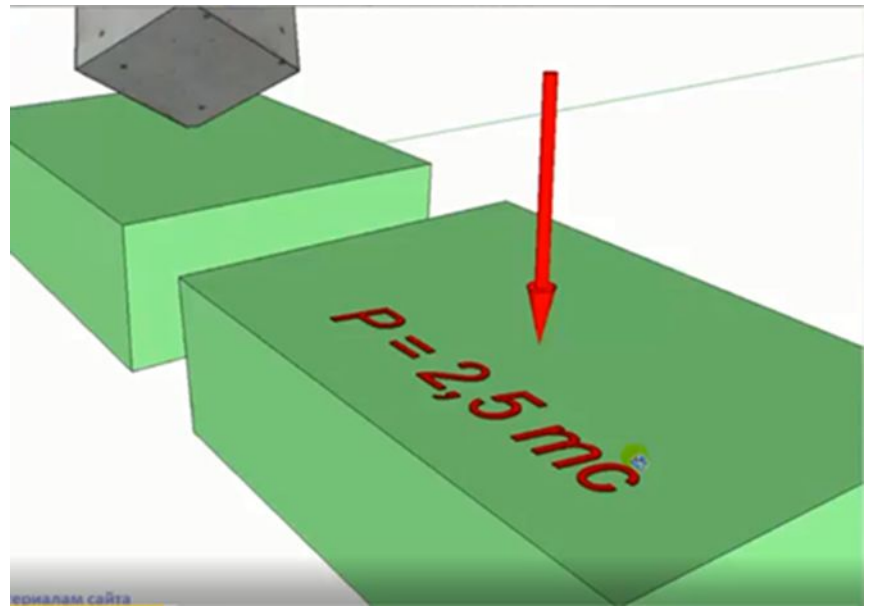
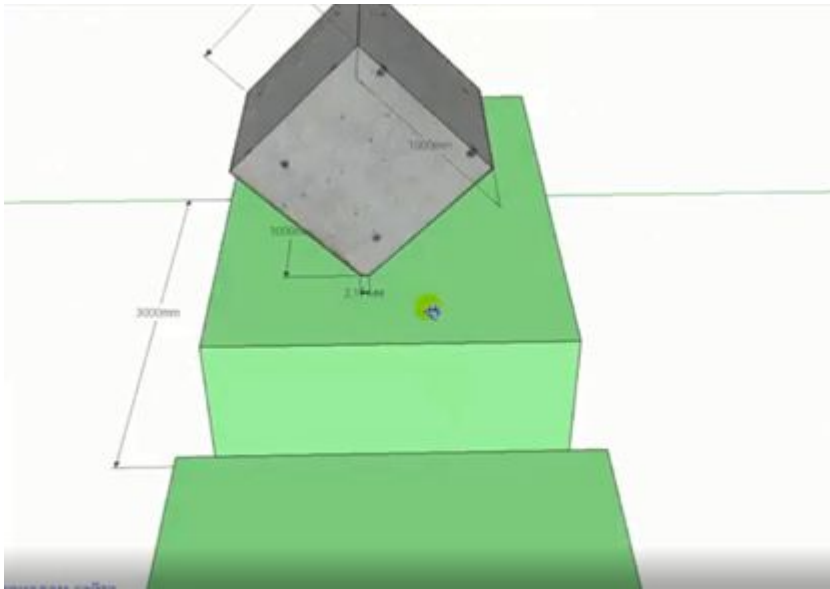


Человек при ходьбе создает давление на землю $100\text{кгс}/0,1 \times 0,1 \text{ м}^2 = 100000 \text{ н/м}^2 \text{ (Па)}$

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

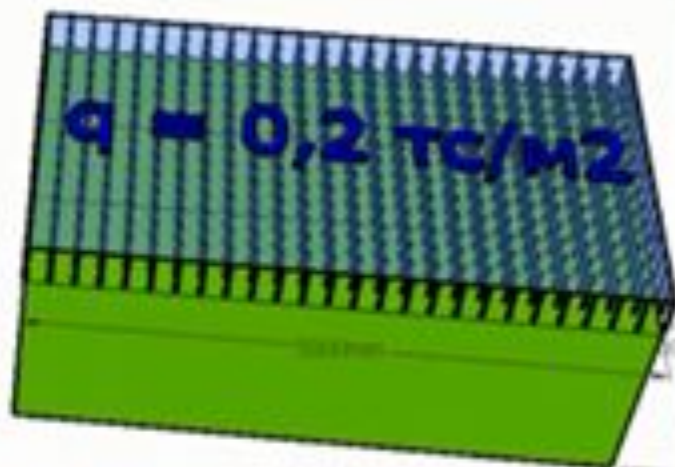
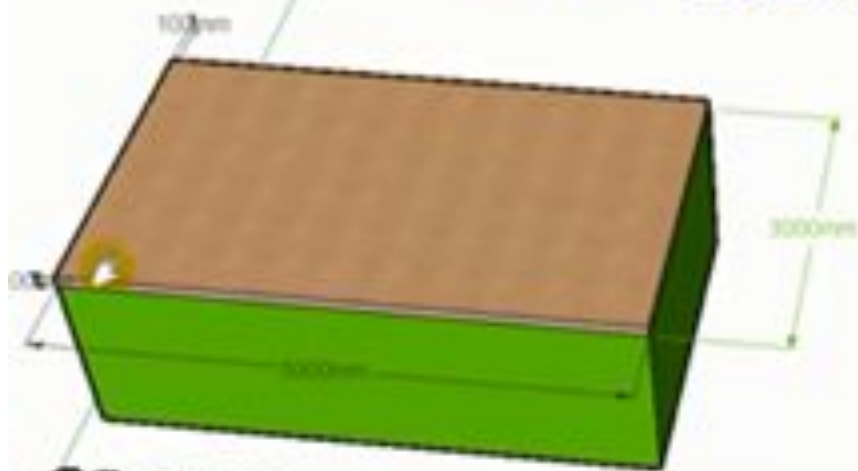


Призма высотой 1 м с сечением 10x10 см весит 25 кгс.



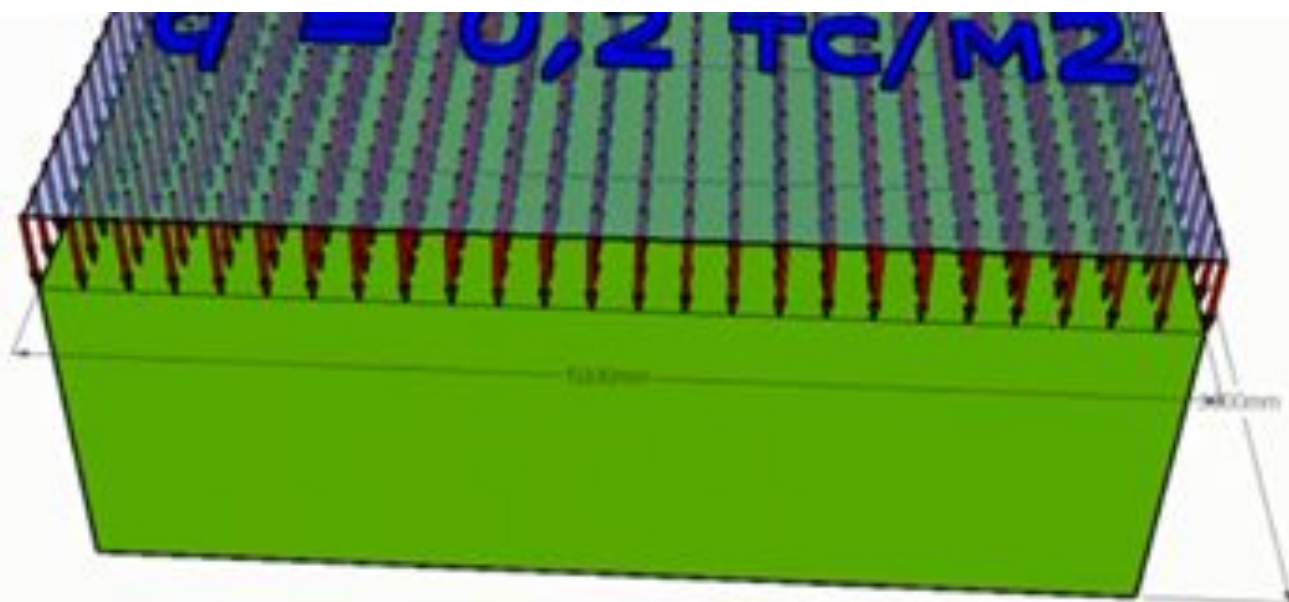
Сбор нагрузки по узкой полоске

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

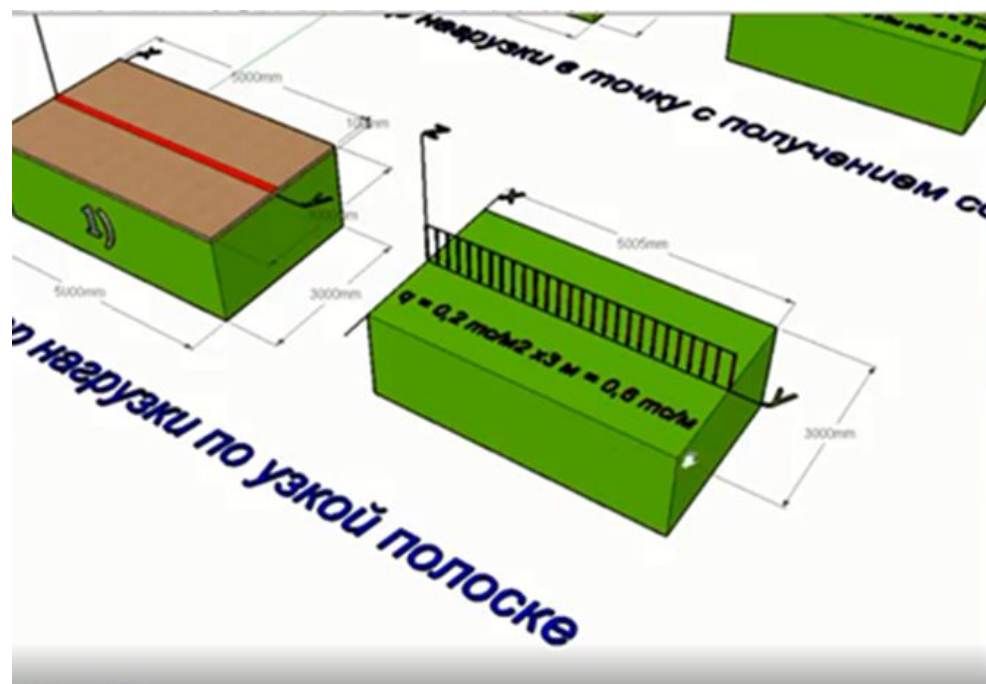
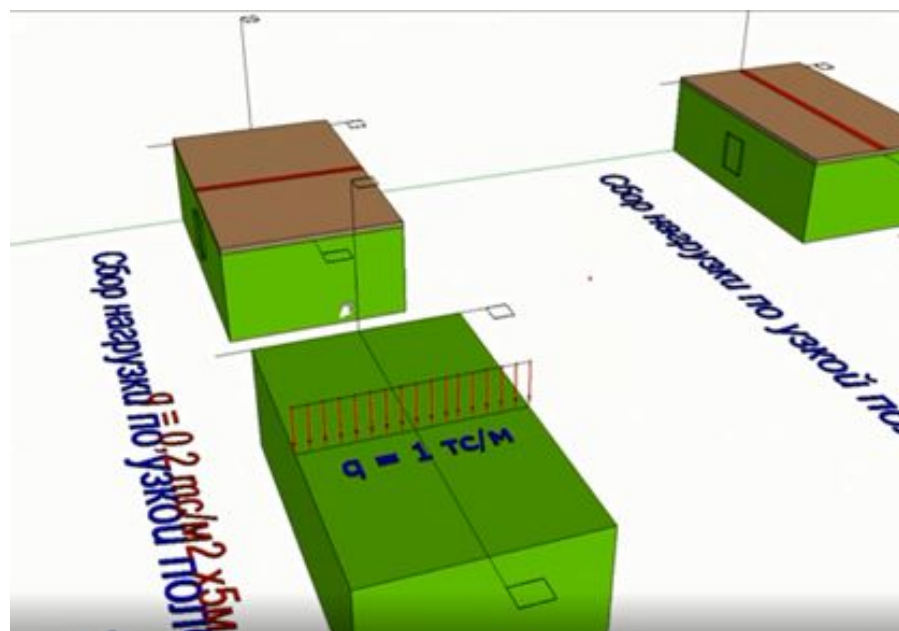


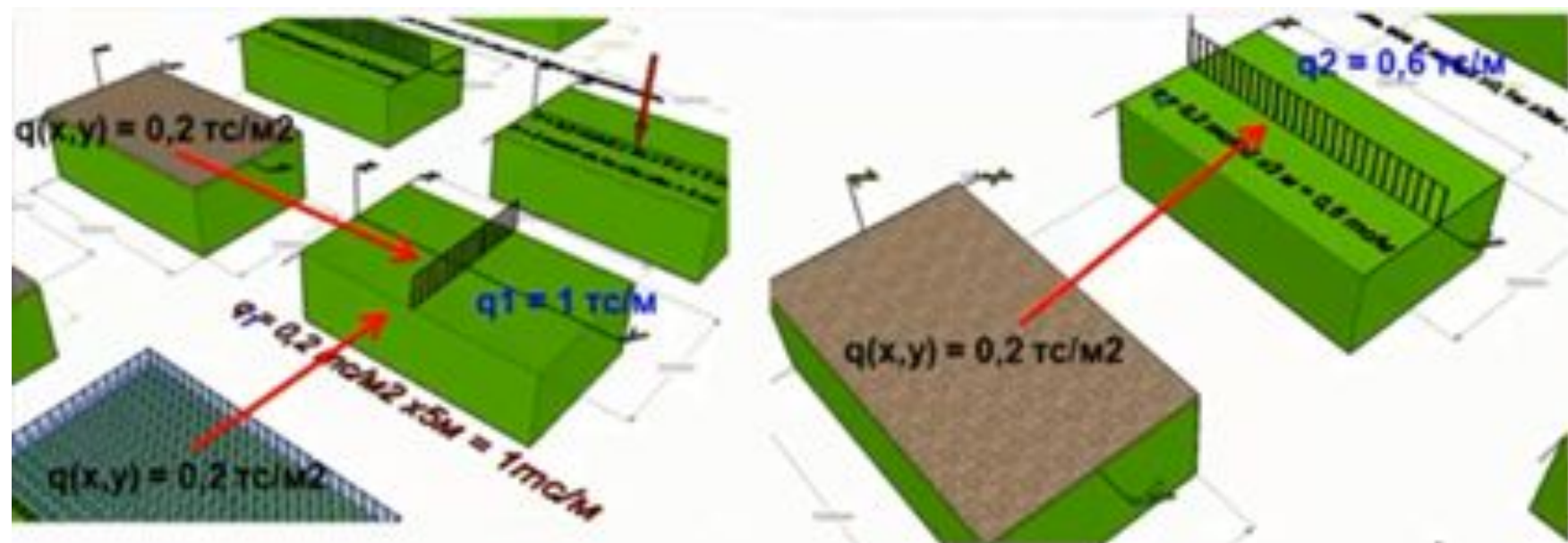
Сбор нагрузок от песка 2 тс/м^3
толщиной слоя 100 мм
Весь песок весит $2 \text{ тс/м}^3 \times V =$
 $= 2 \text{ тс/м}^3 \times 3 \text{ м} \times 5 \text{ м} \times 0,1 \text{ м} = 3 \text{ тс}$.

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

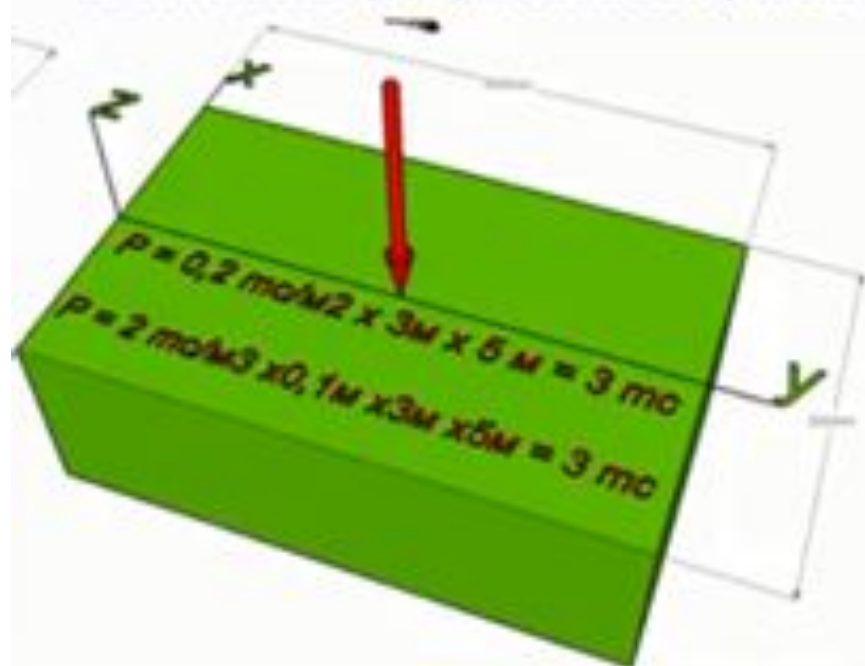
вдоль оси x

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

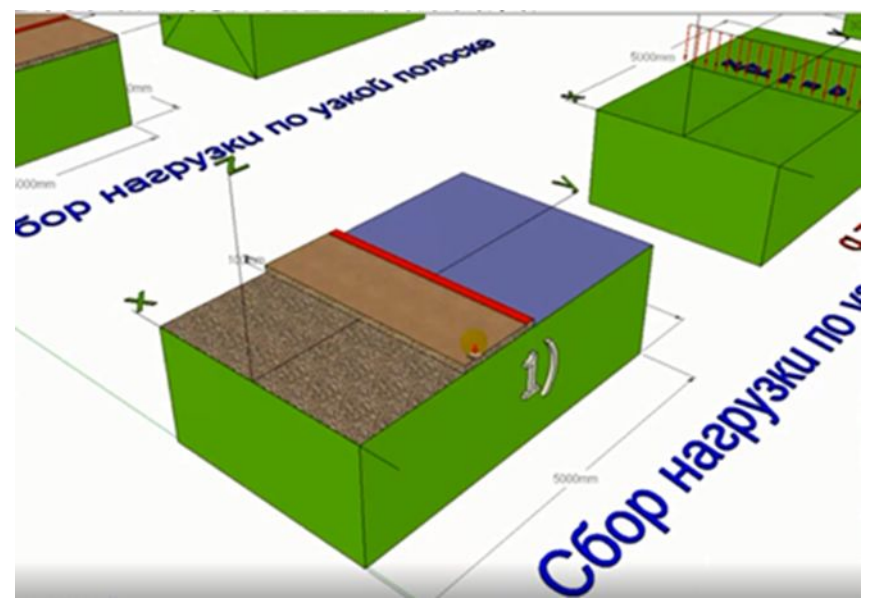
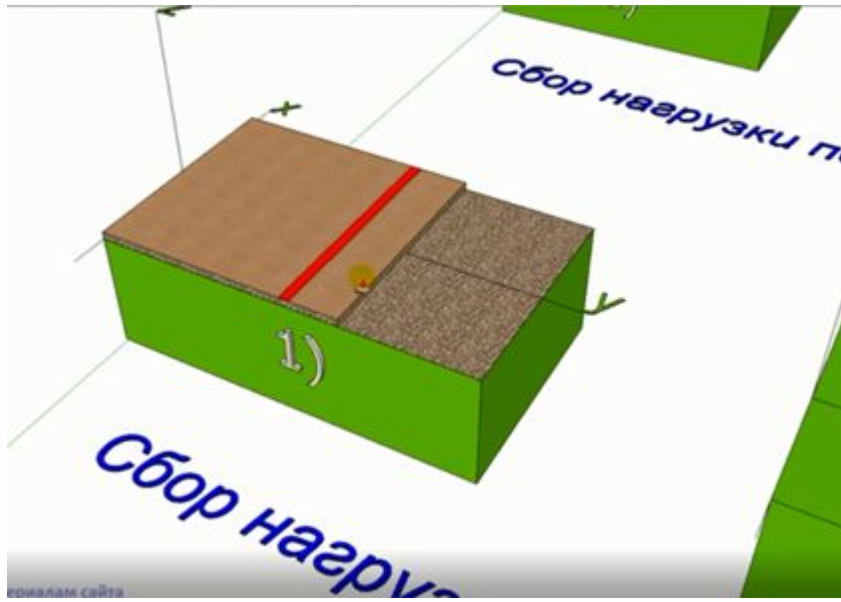
и вдоль оси y

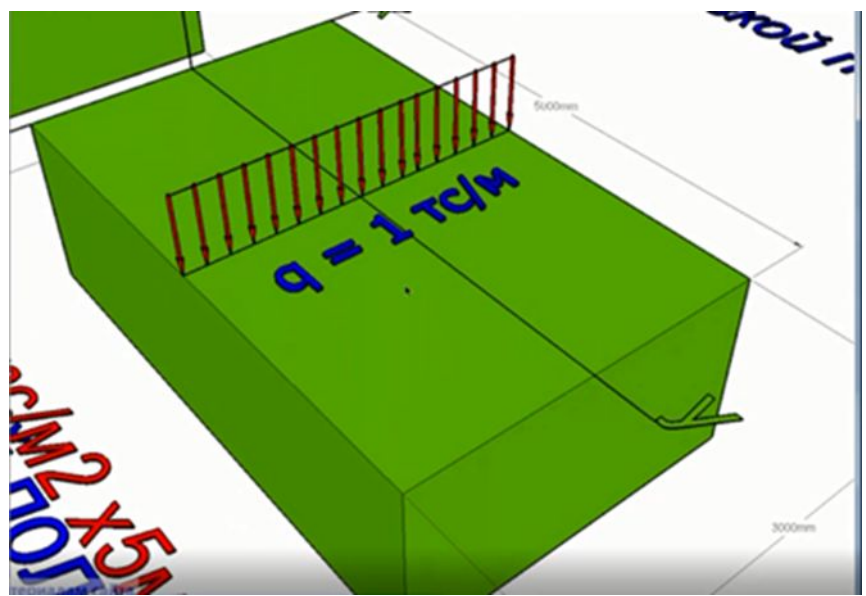
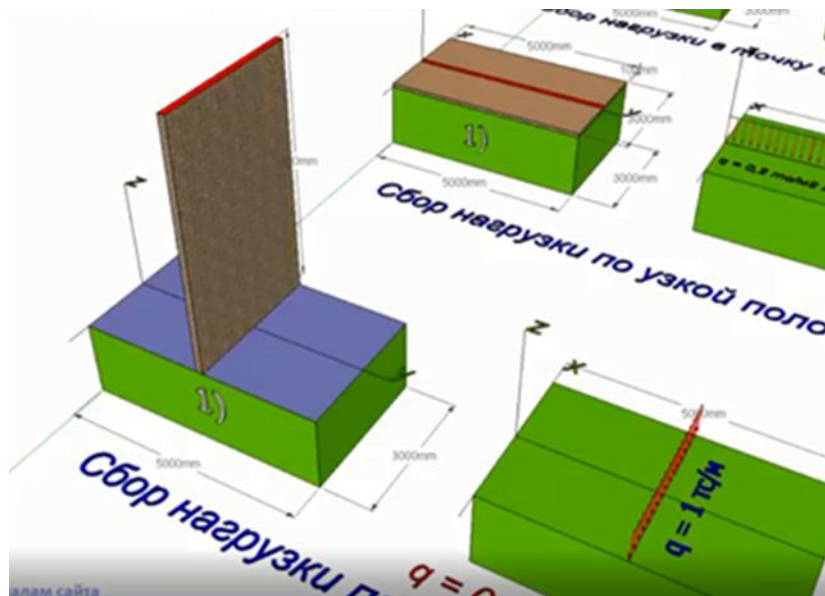
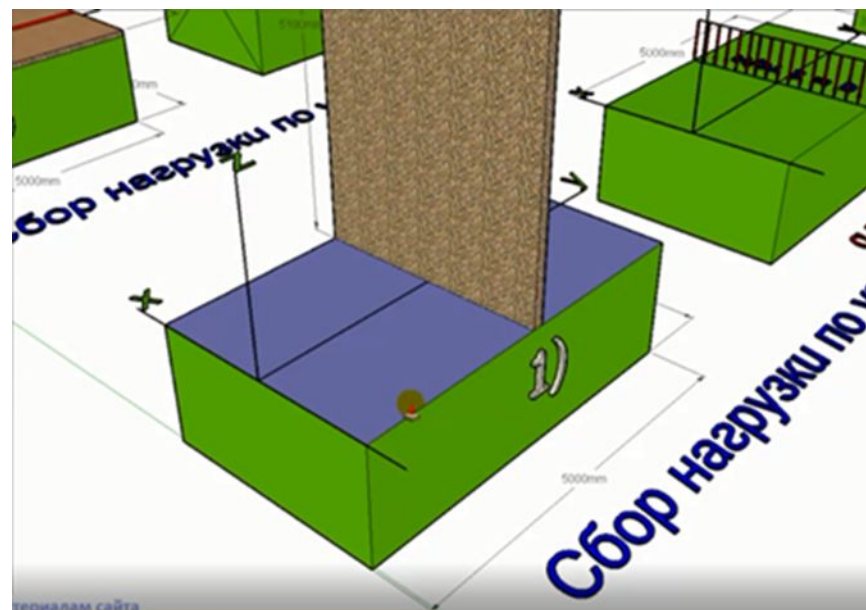
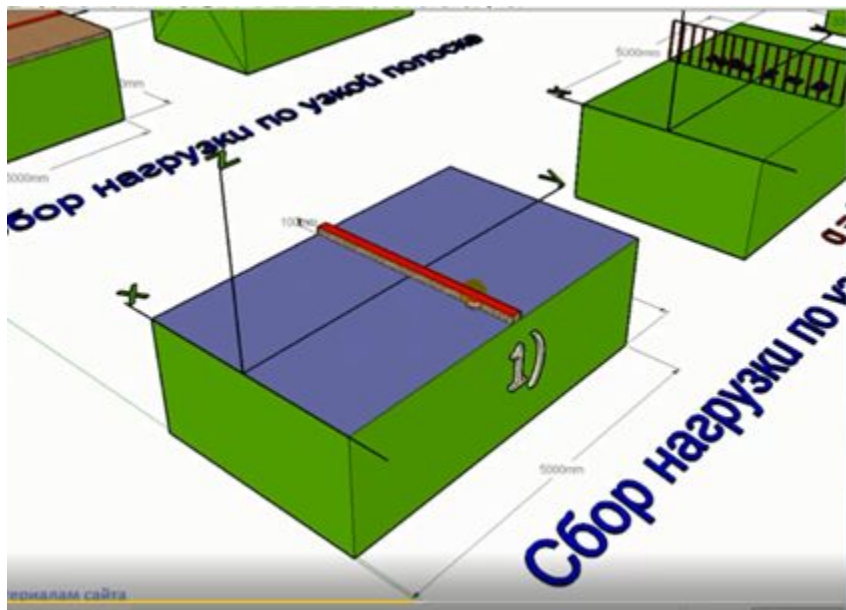
$$q_2 = \int_0^{3\text{ м}} q(x,y) dx = 0,2 \text{ тс/м}^2 \times 3 \text{ м} = 0,6 \text{ тс/м.}$$

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



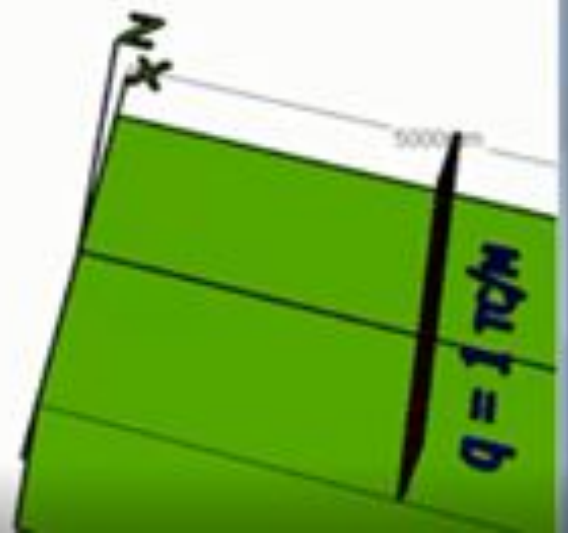
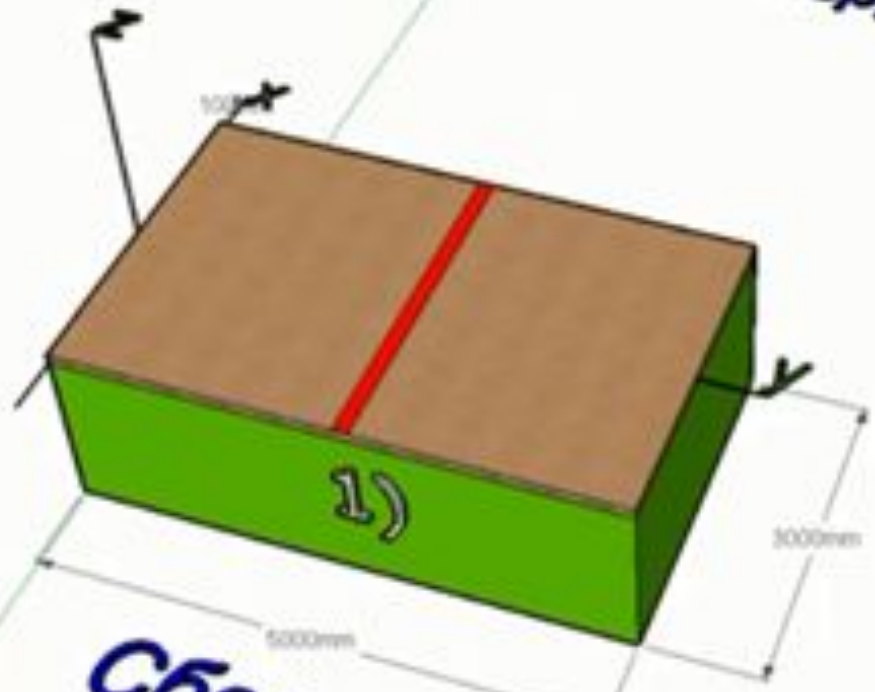
$$P = \int_0^{3\text{ м}} \int_0^{5\text{ м}} q(x,y) dx dy = 0,2 \text{ тс/м}^2 \times 3 \text{ м} \times 5 \text{ м} = 3 \text{ тс.}$$



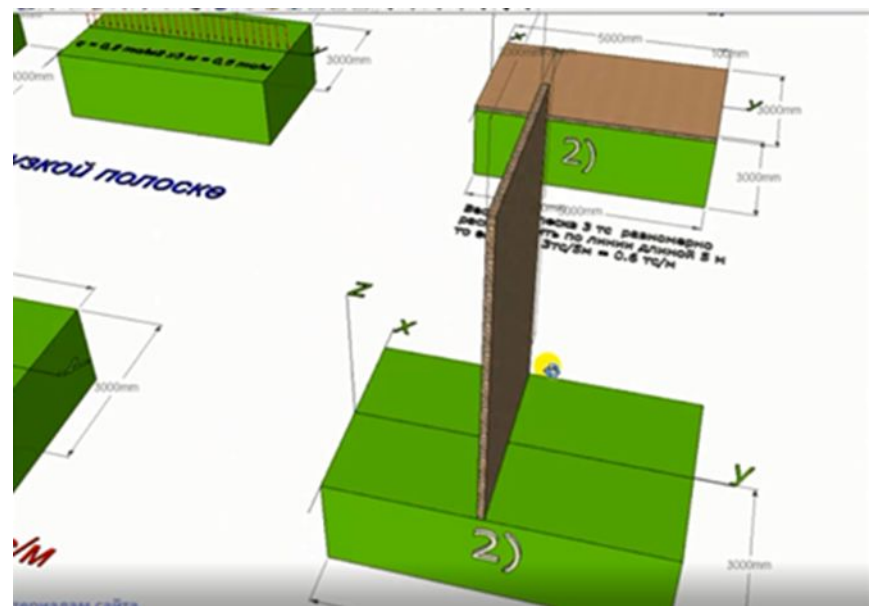


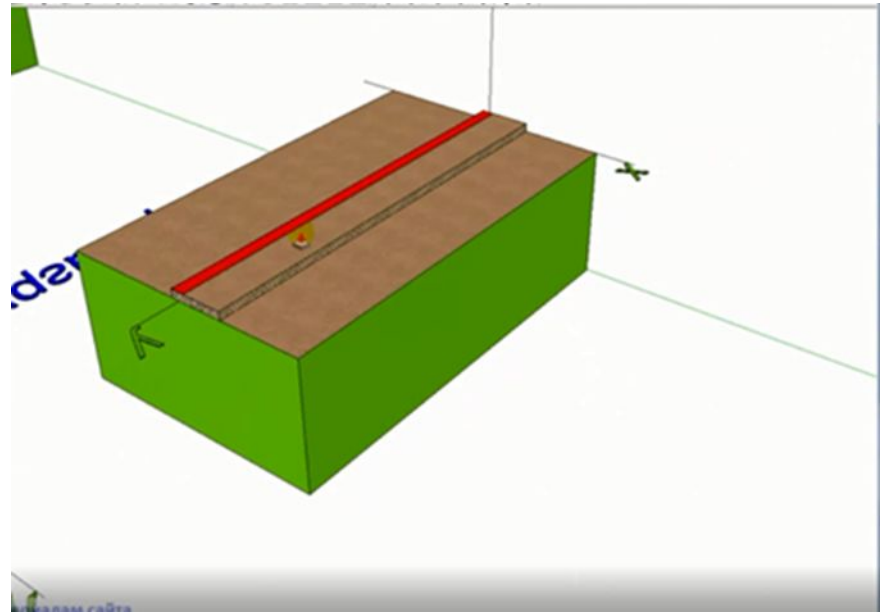
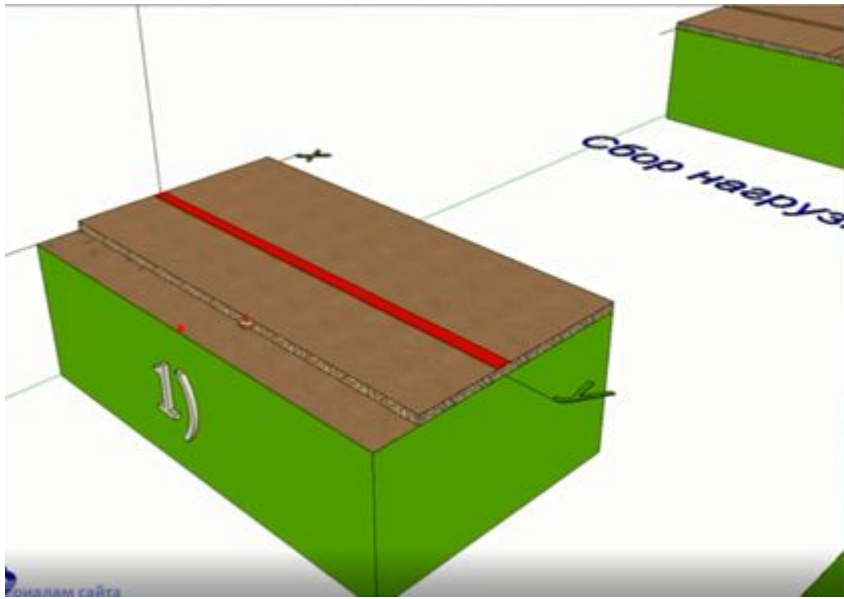


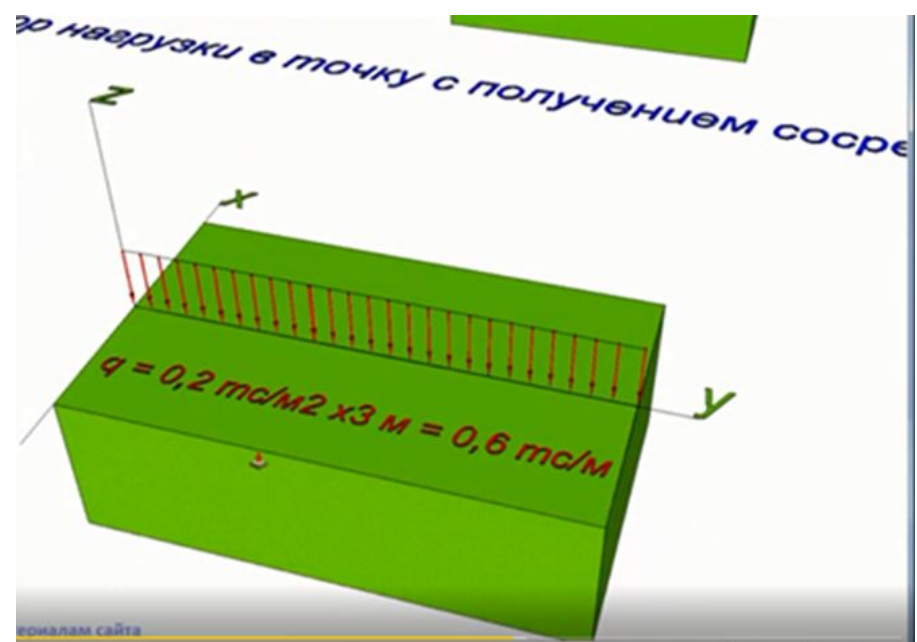
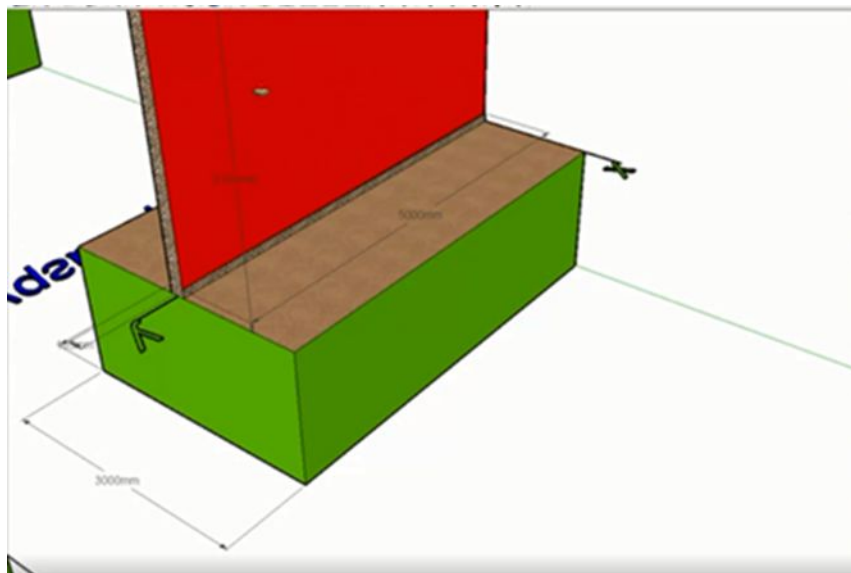
Сбор нарузки по узкой полс



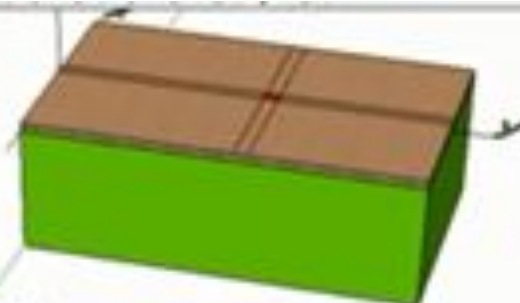
Сбор на



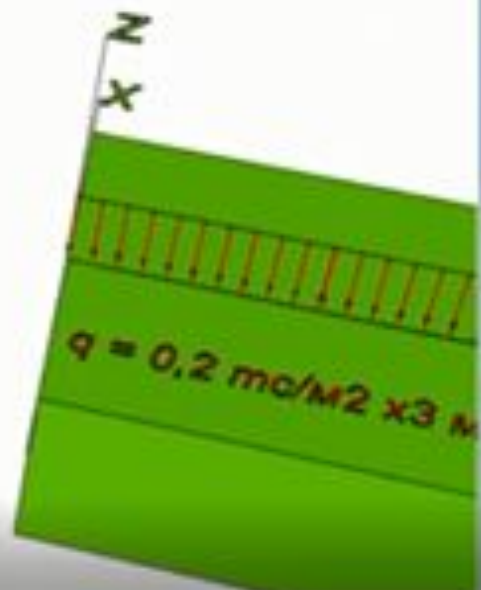
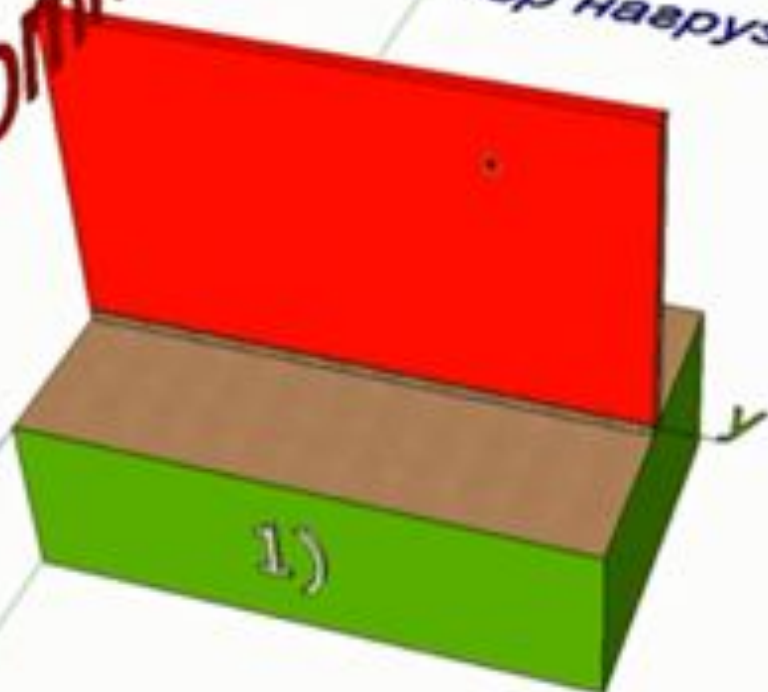




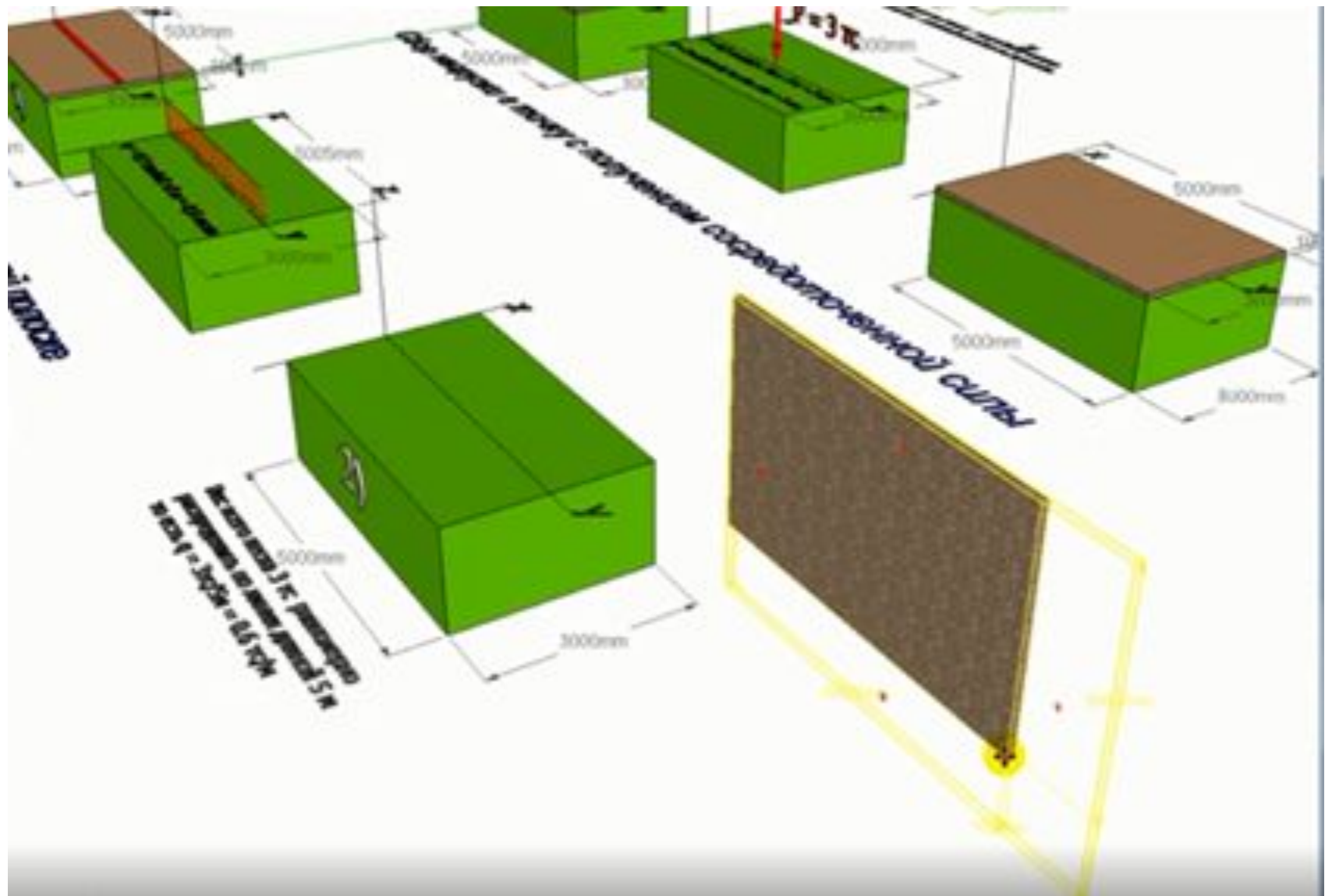
образование
плотность 2 л/м

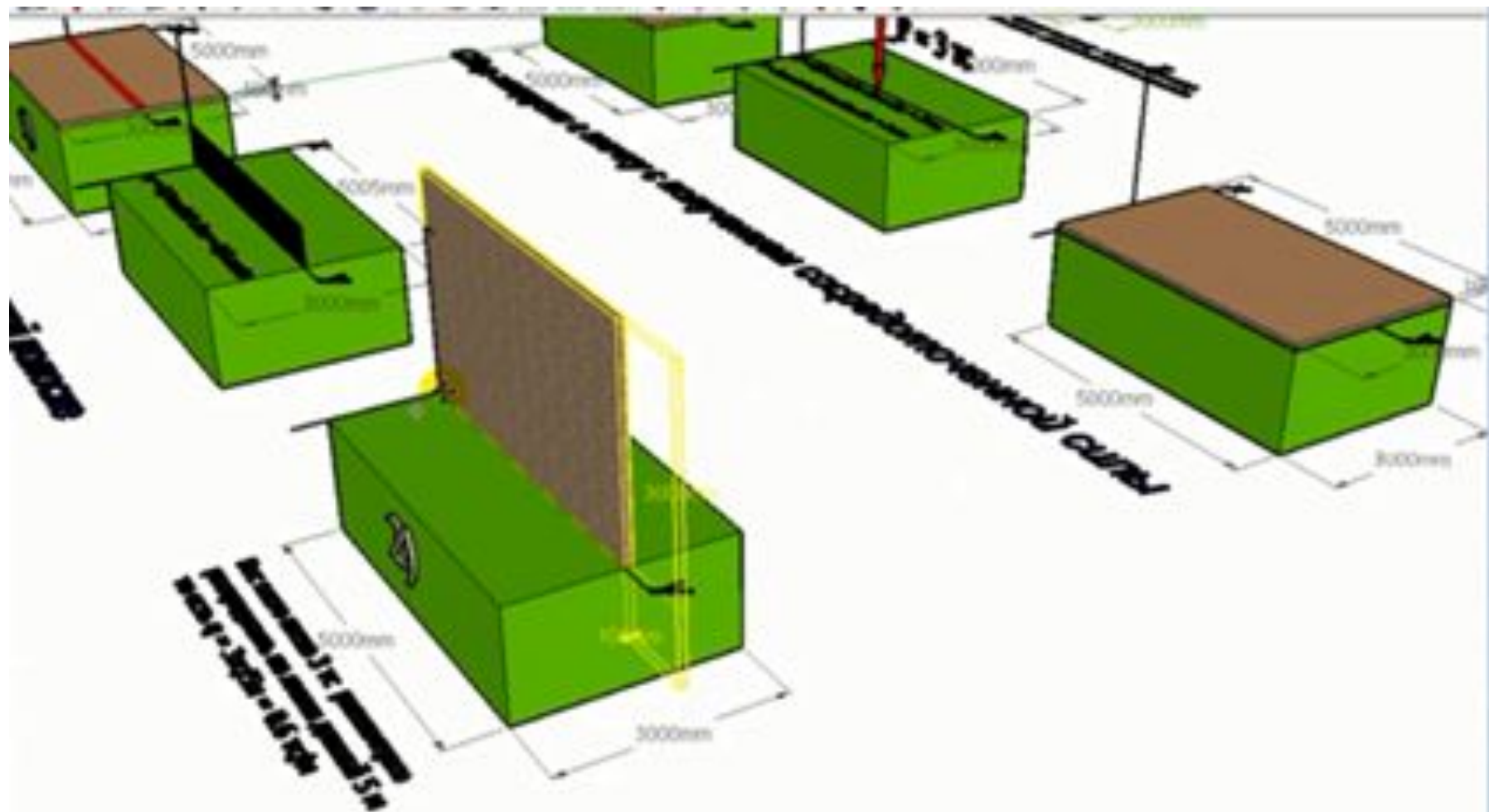


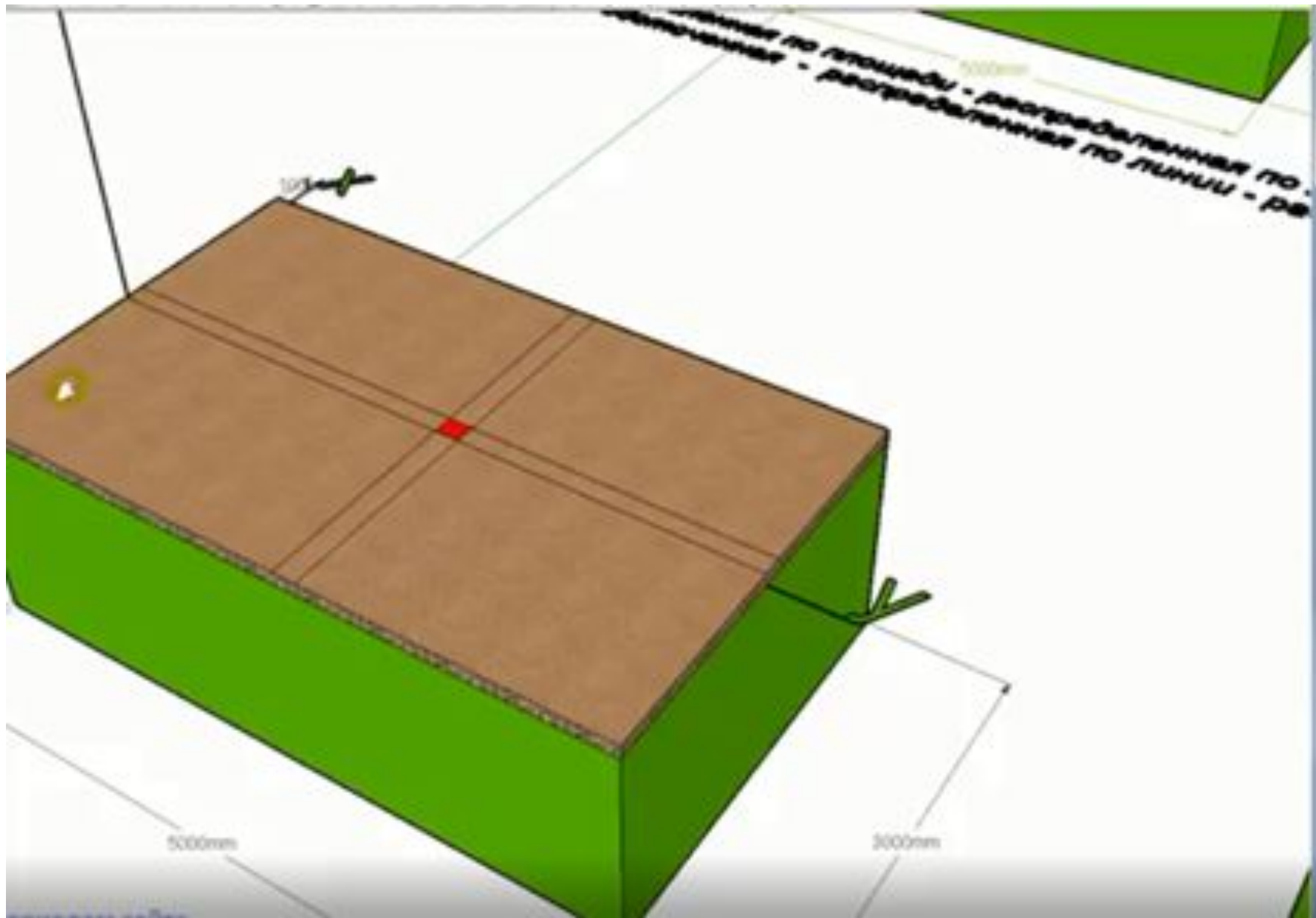
Сбор нагрузки в точку с получе

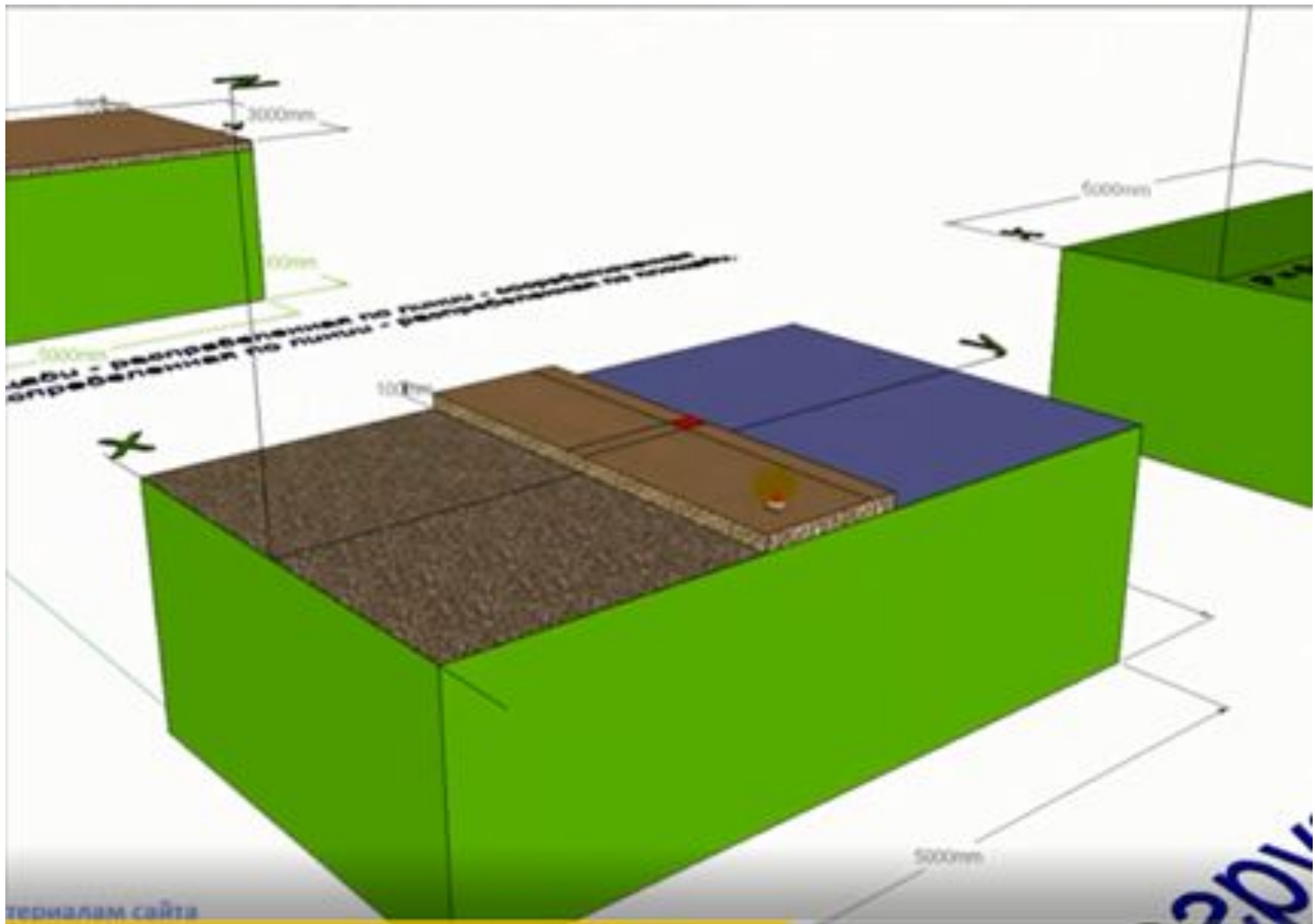


Сбор на

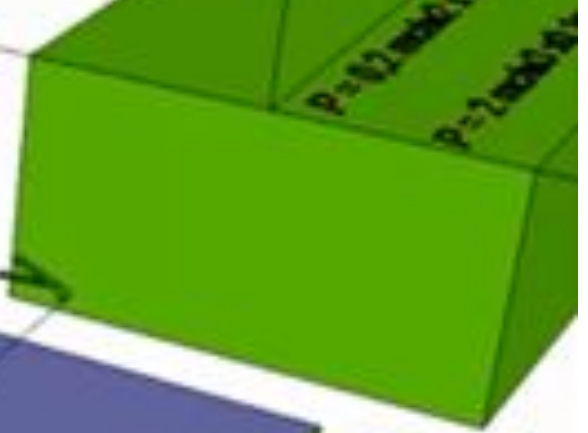
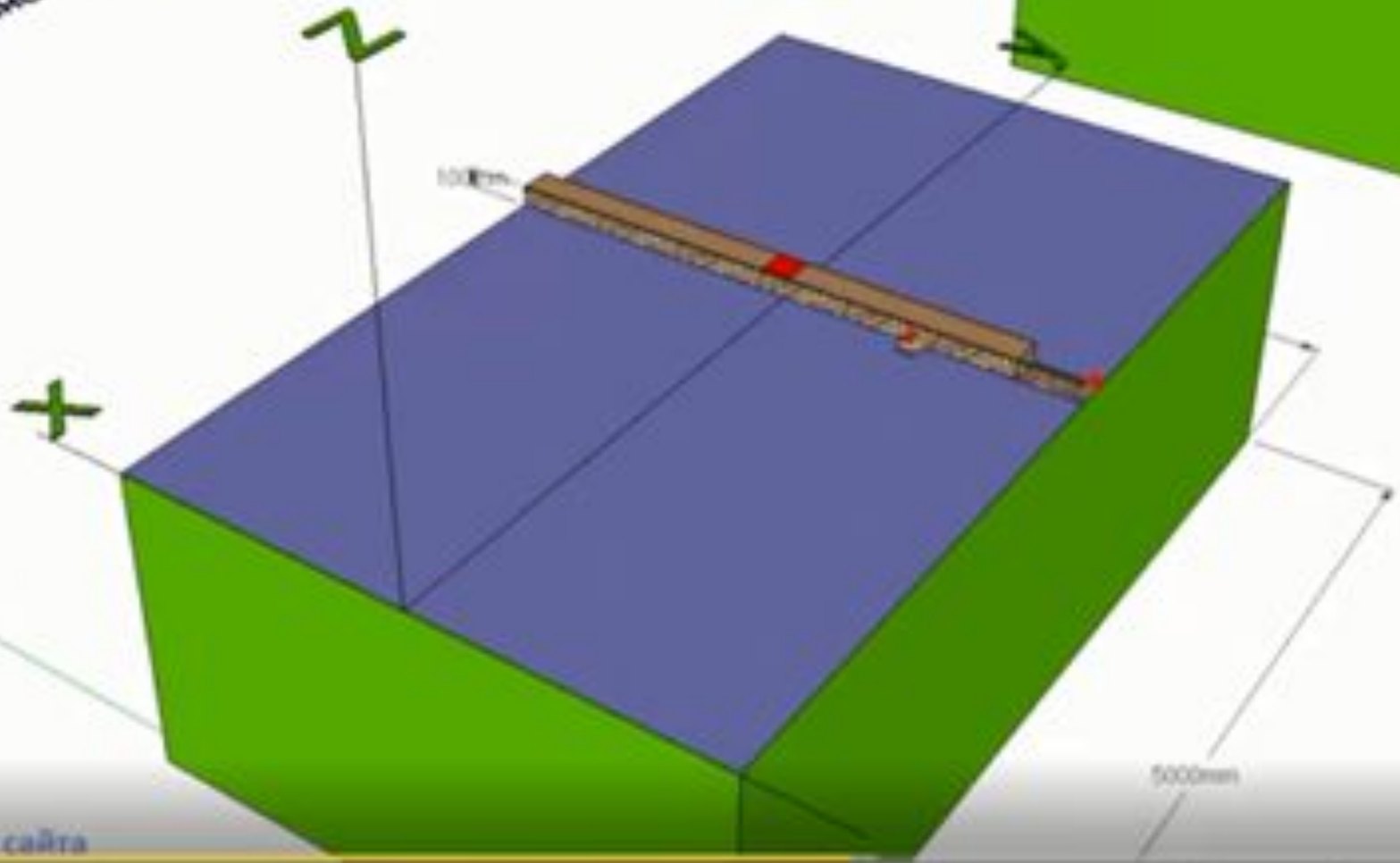


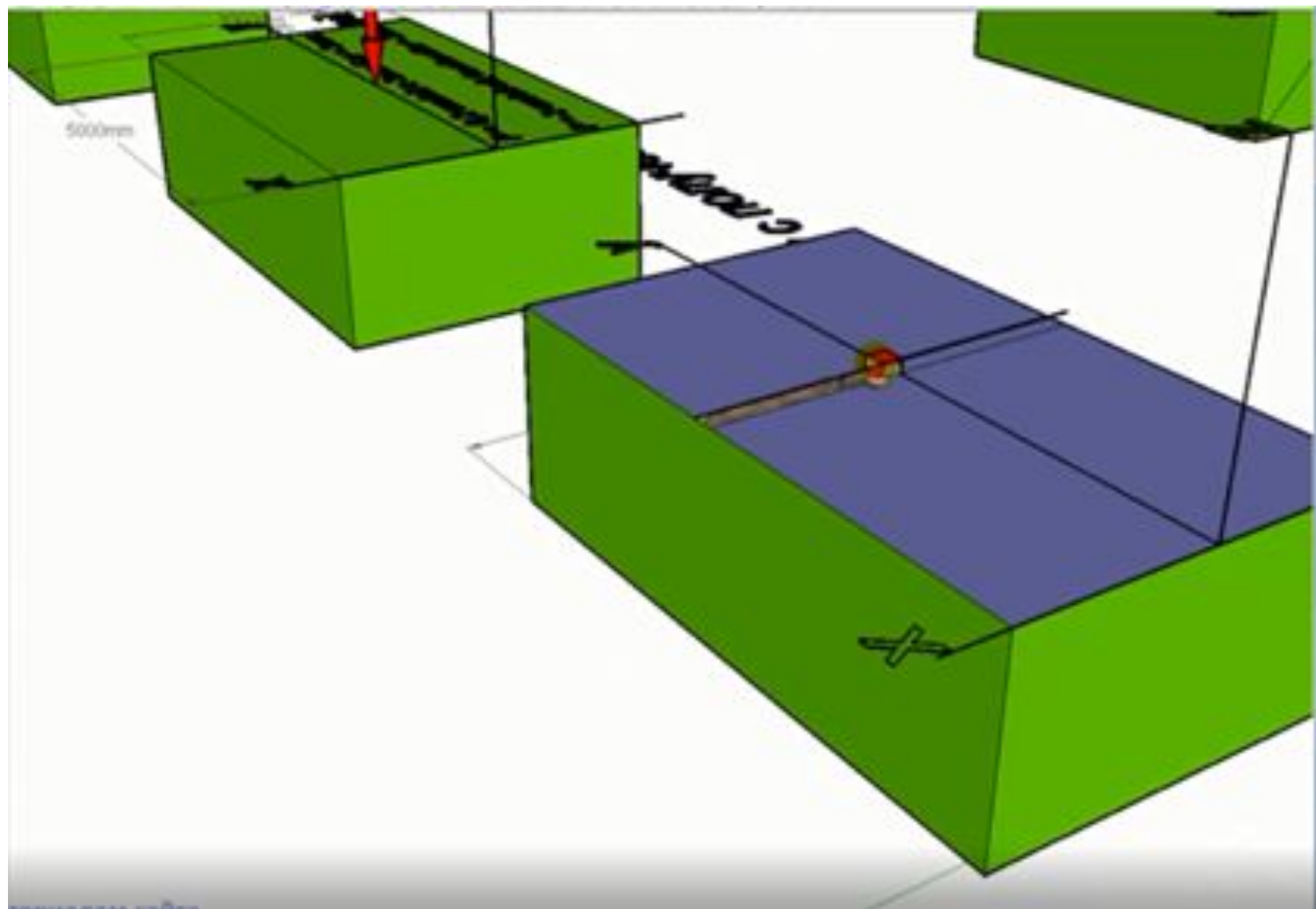


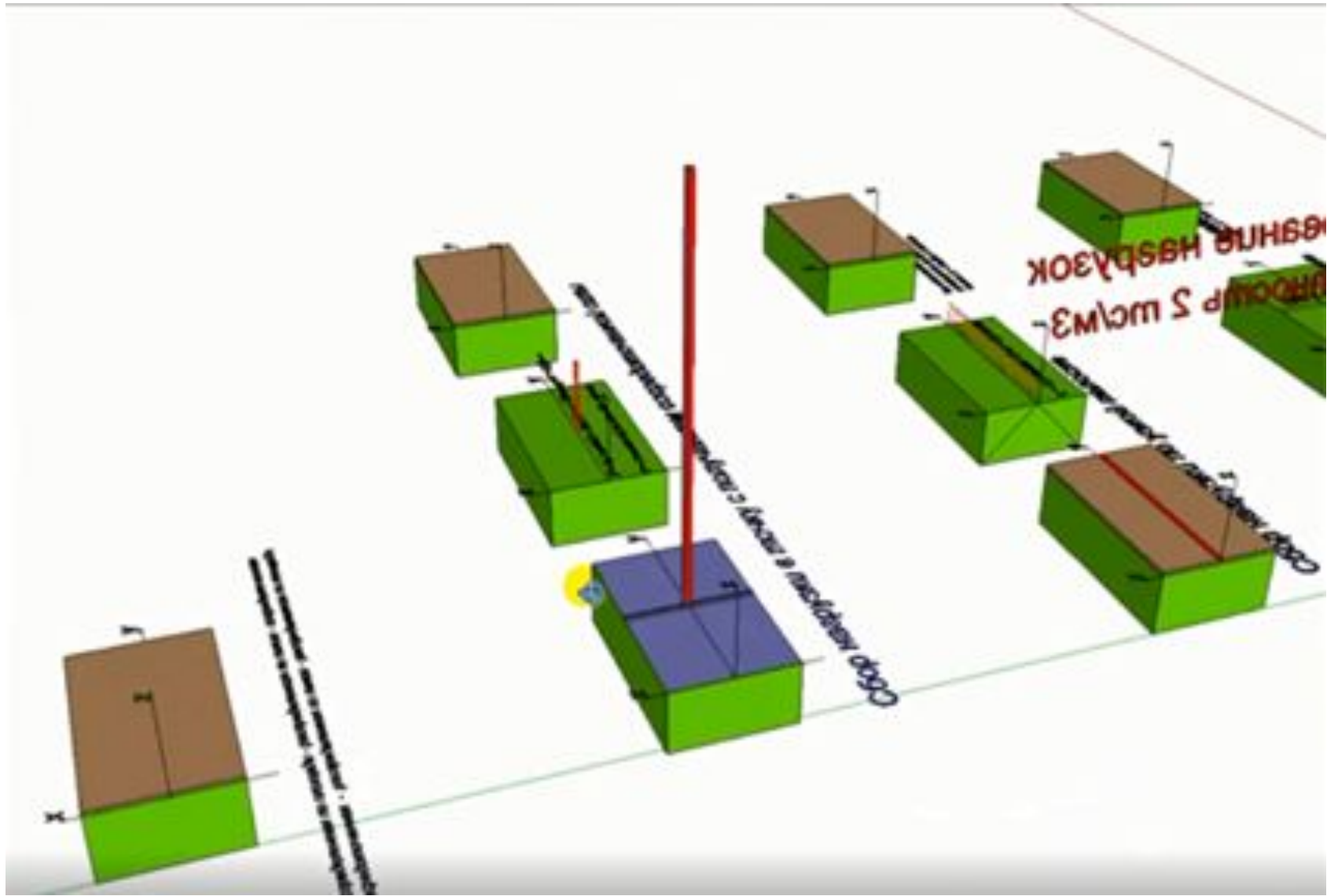


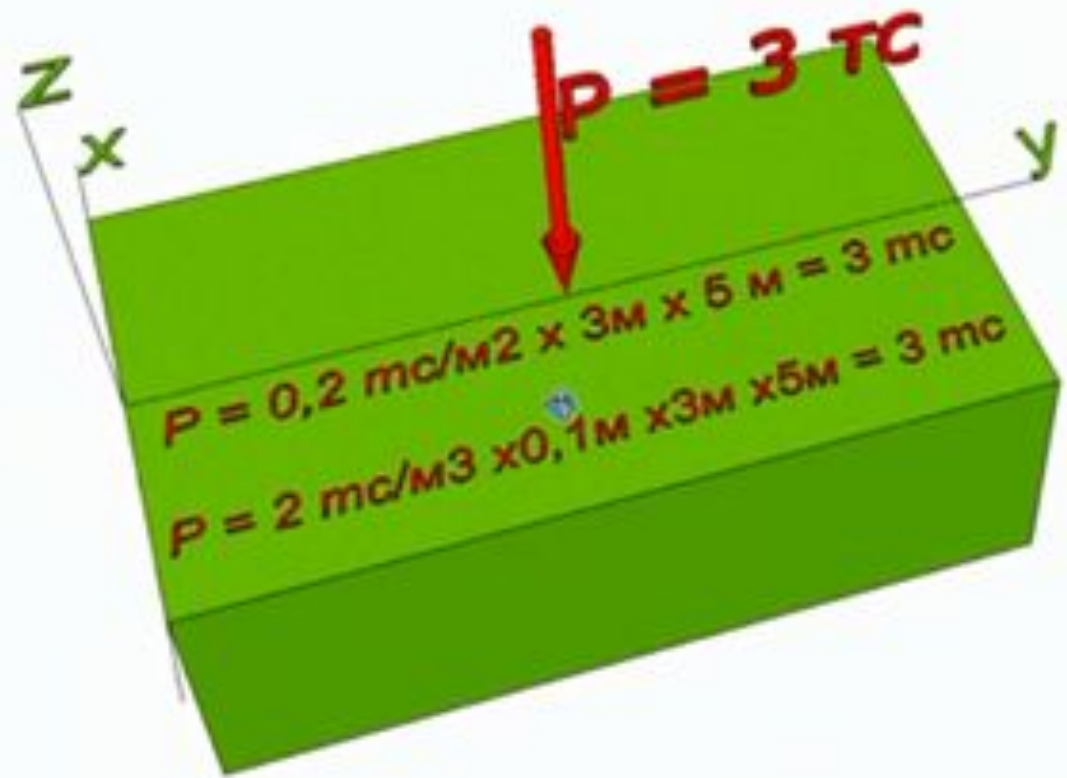


обеспечивая по линии - сбалансированная
ная по линии - распределение по времени.

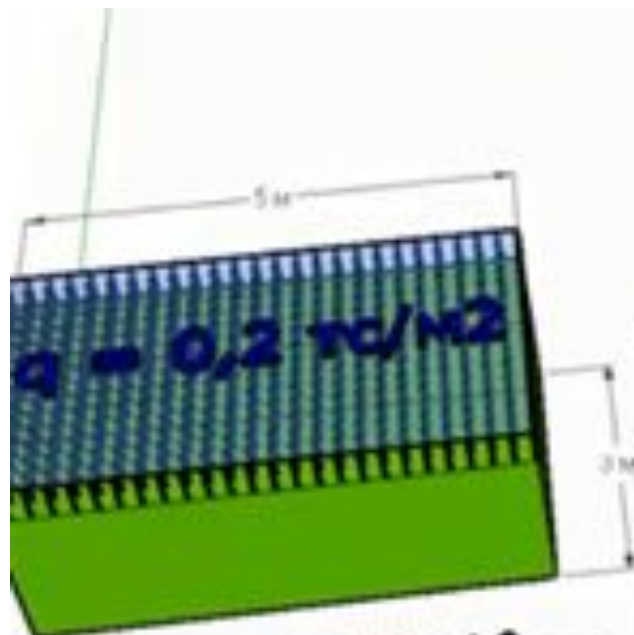






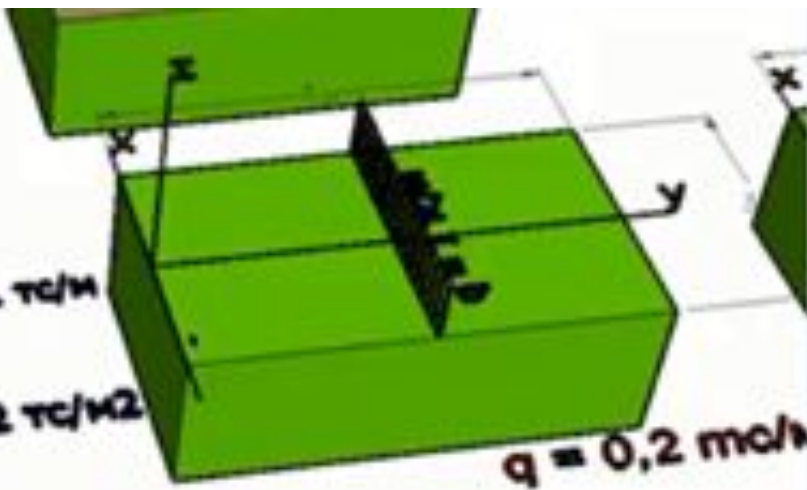


ЕМ СОСР



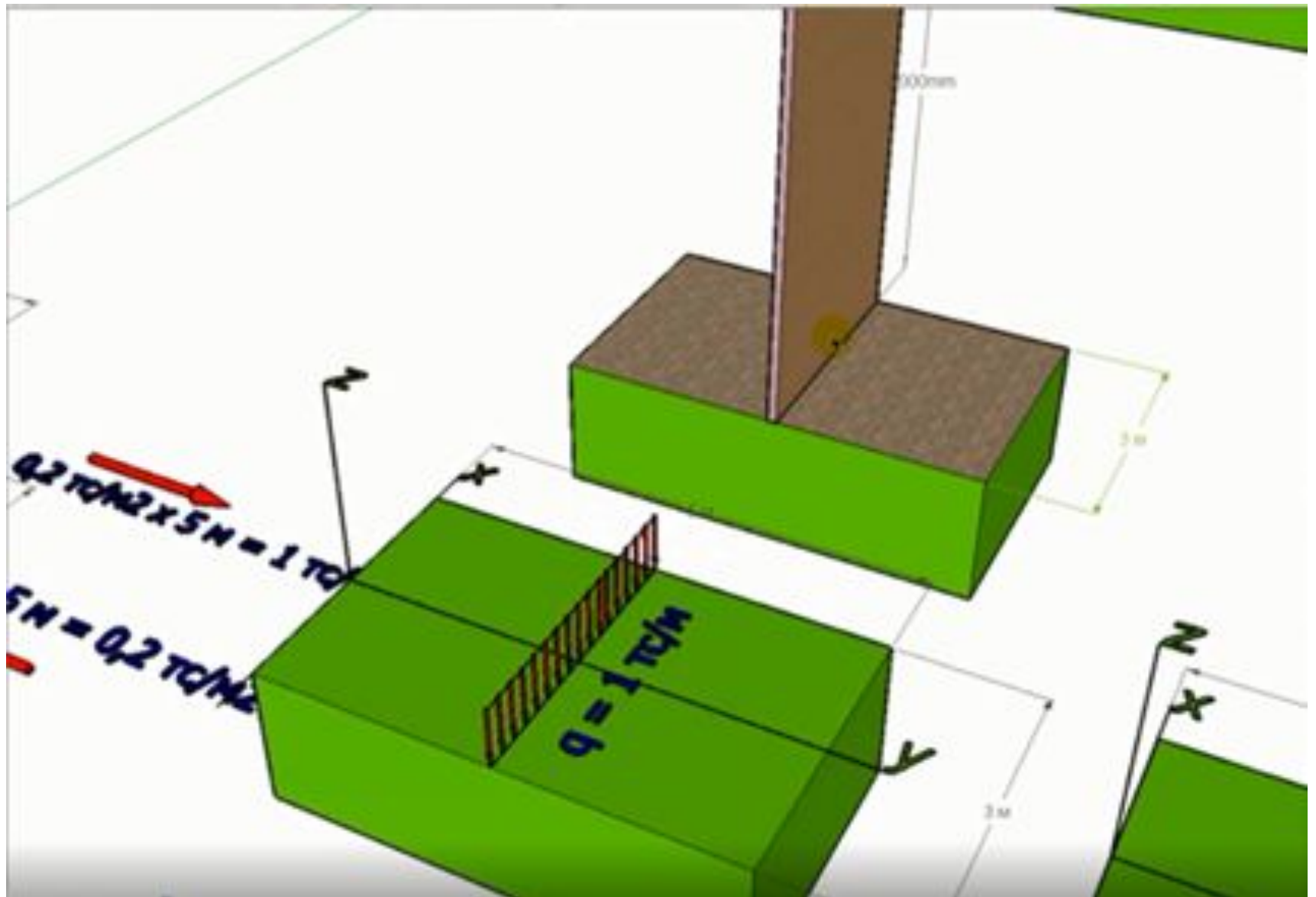
$0,2 \text{ тс/м}^2 \times 5 \text{ м} = 1 \text{ тс/м}$

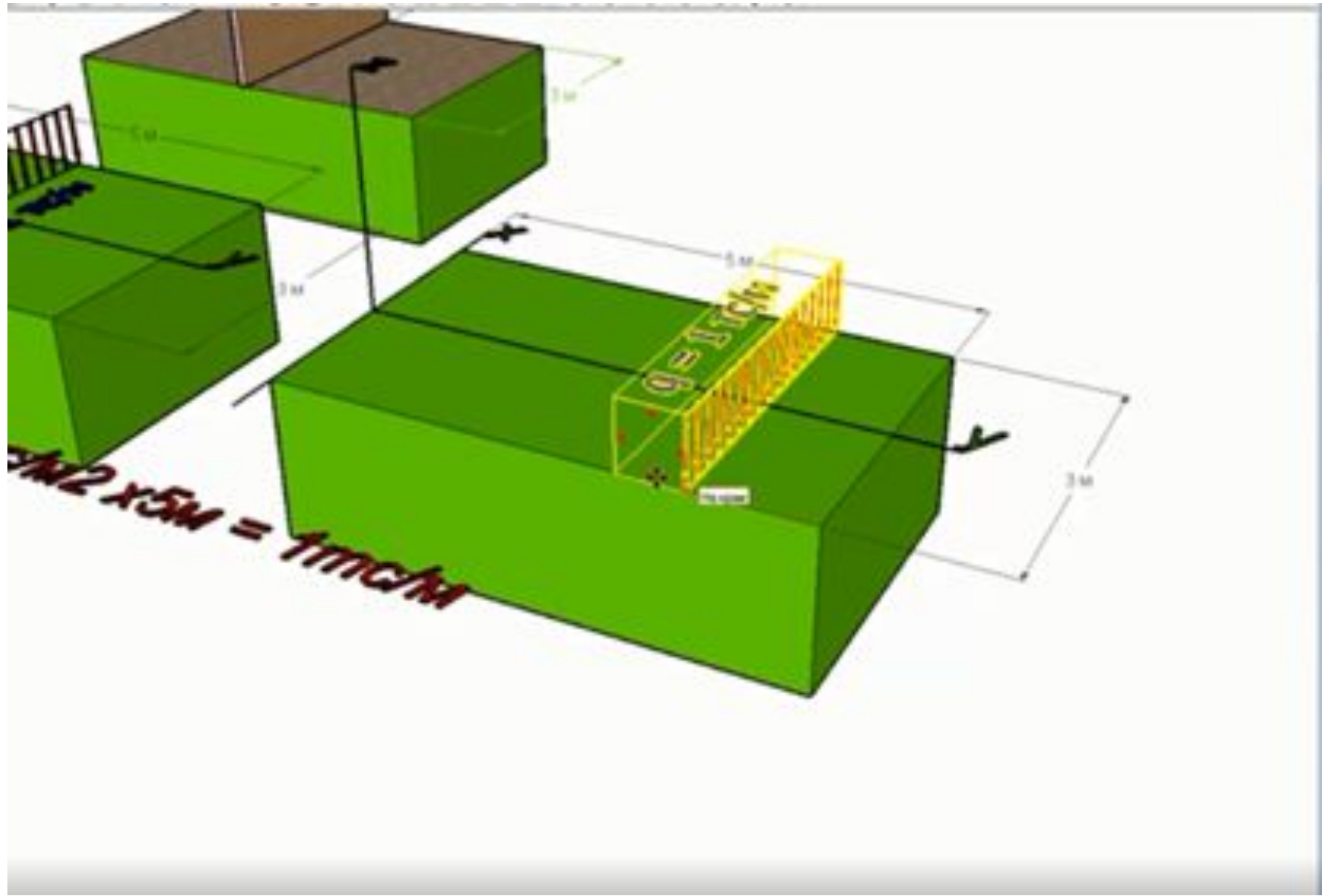
$1 \text{ тс/м} / 5 \text{ м} = 0,2 \text{ тс/м}^2$



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



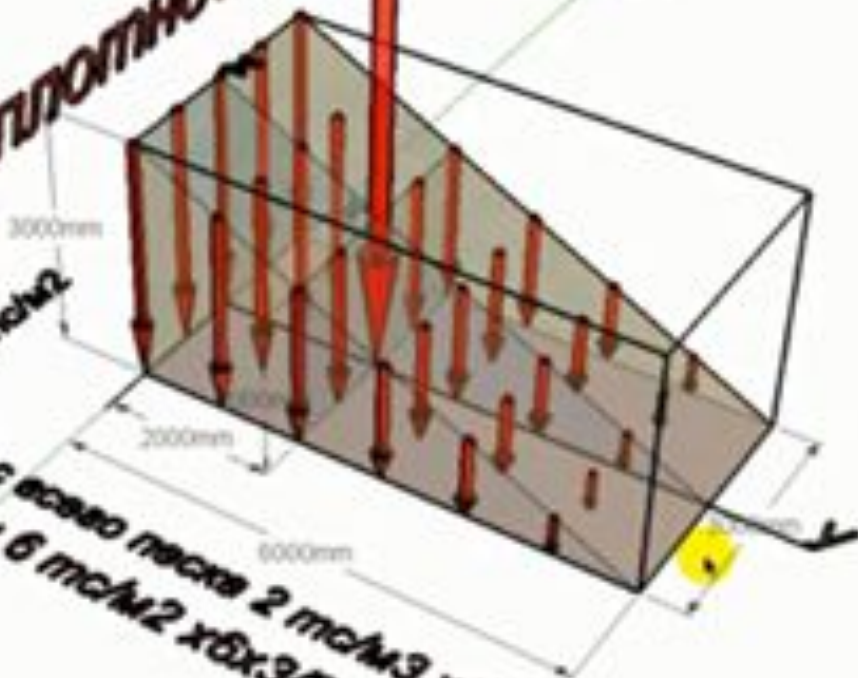


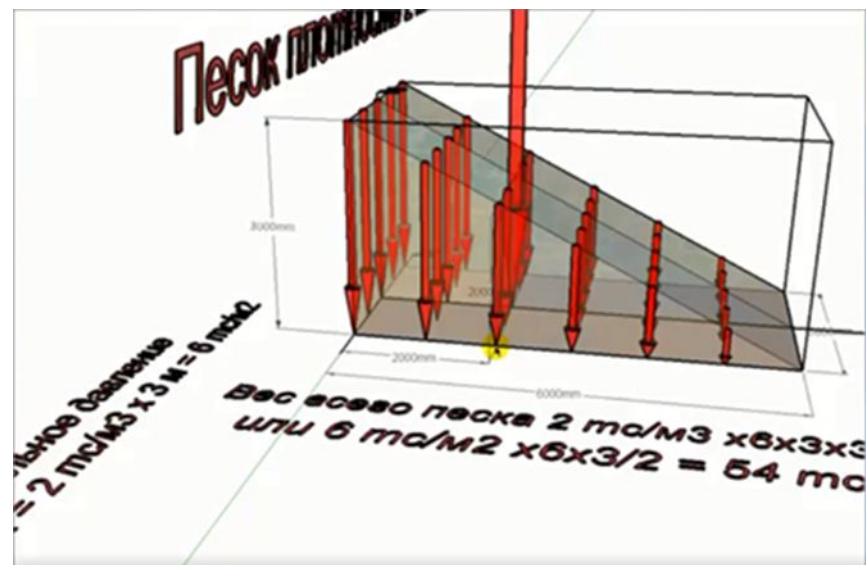
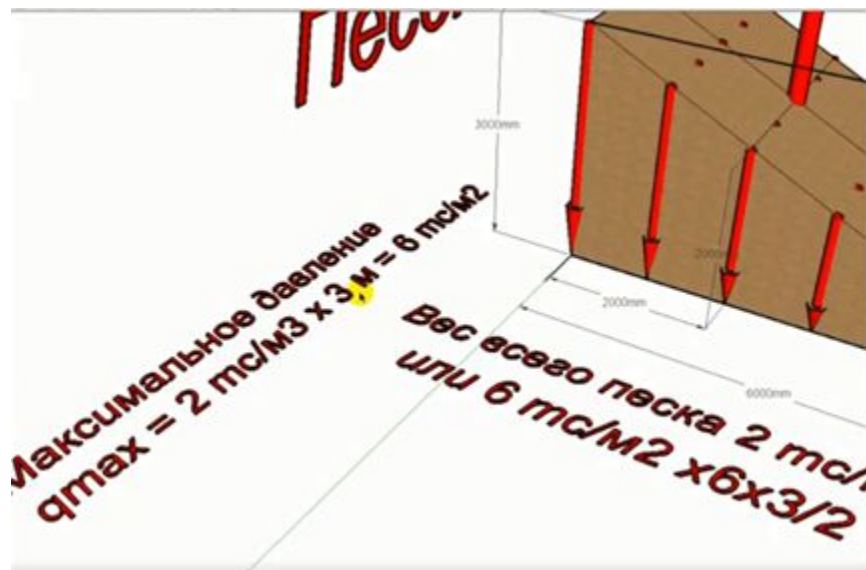


Песок плотность 2 т/м^3
 $P = 54 \text{ тс}$

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



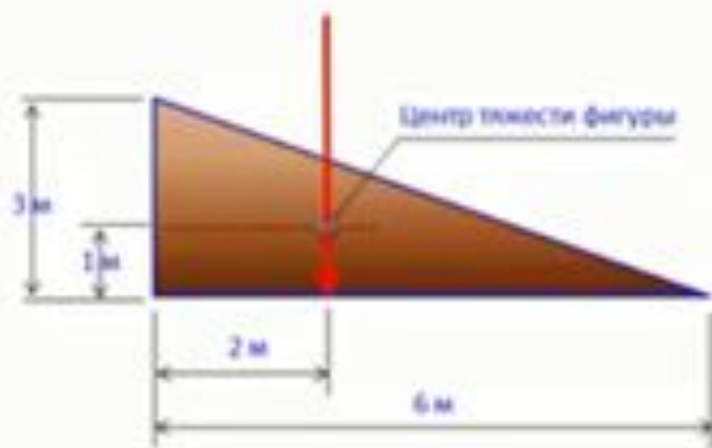


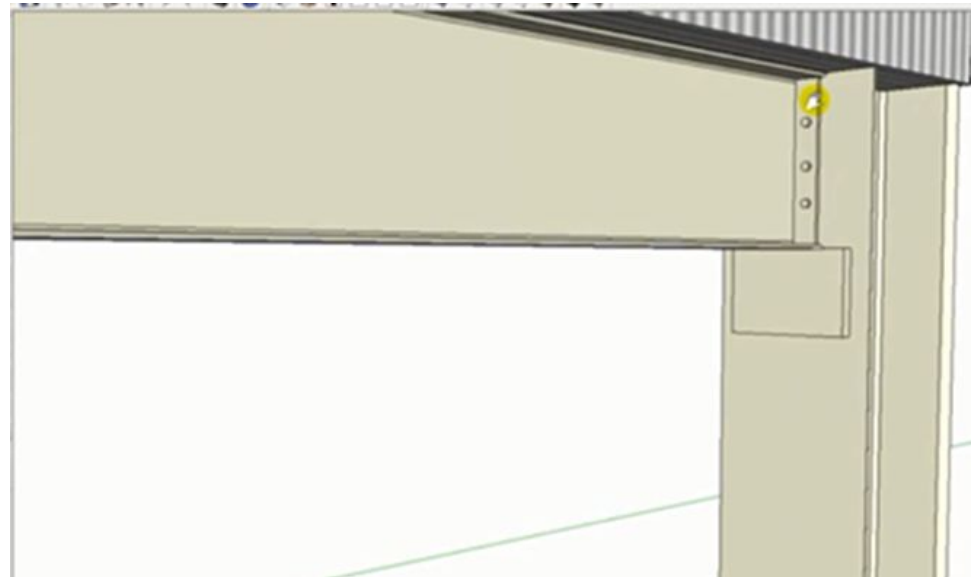
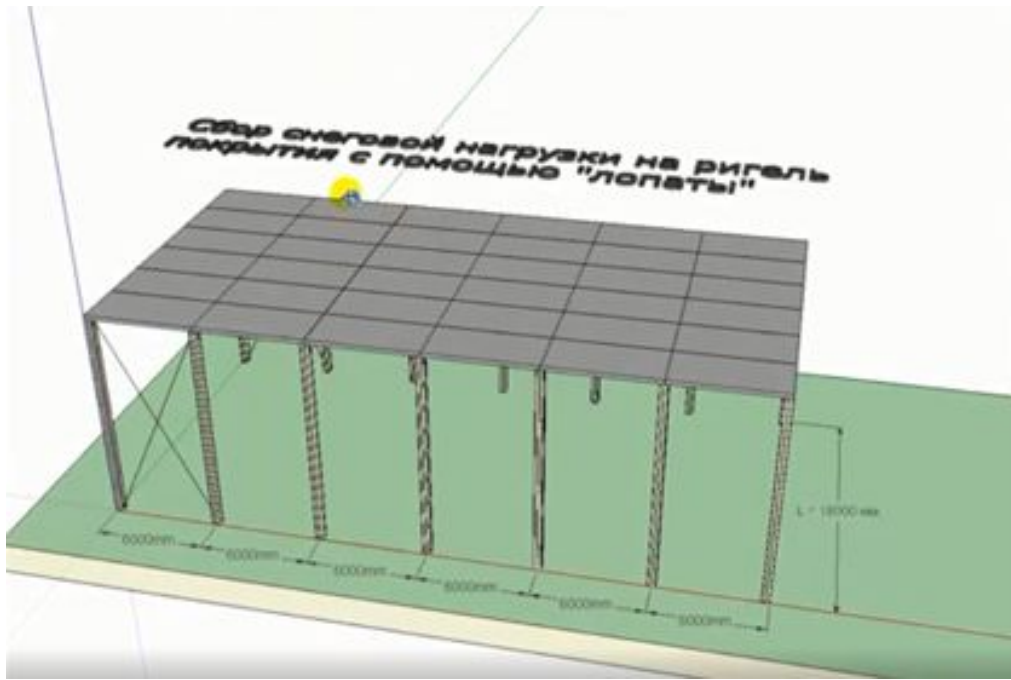
Песок плотность 2 т/м³

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 showing a perspective view of a building's roof and upper walls. The roof is a flat, light blue surface. Below it, the walls are a light green color, supported by several vertical, light-colored columns. The text is written on the roof surface. A small yellow pushpin is visible on the roof surface, near the center of the text.

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

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

A perspective drawing of a roof structure. The roof is a flat surface divided into a grid of 6 columns and 4 rows by thin lines. Below the roof, there are 6 vertical supports (ribs) corresponding to the columns. The entire structure is rendered in a light blue-grey color. A small yellow dot is visible on the right side of the roof surface.

180 кгс 180 кгс 180 кгс

Если равномерно распределенная нагрузка 180 кгс/м², то каждый м² весит 180 кгс.

180 кгс 180 кгс 180 кгс

1000мм

1000мм

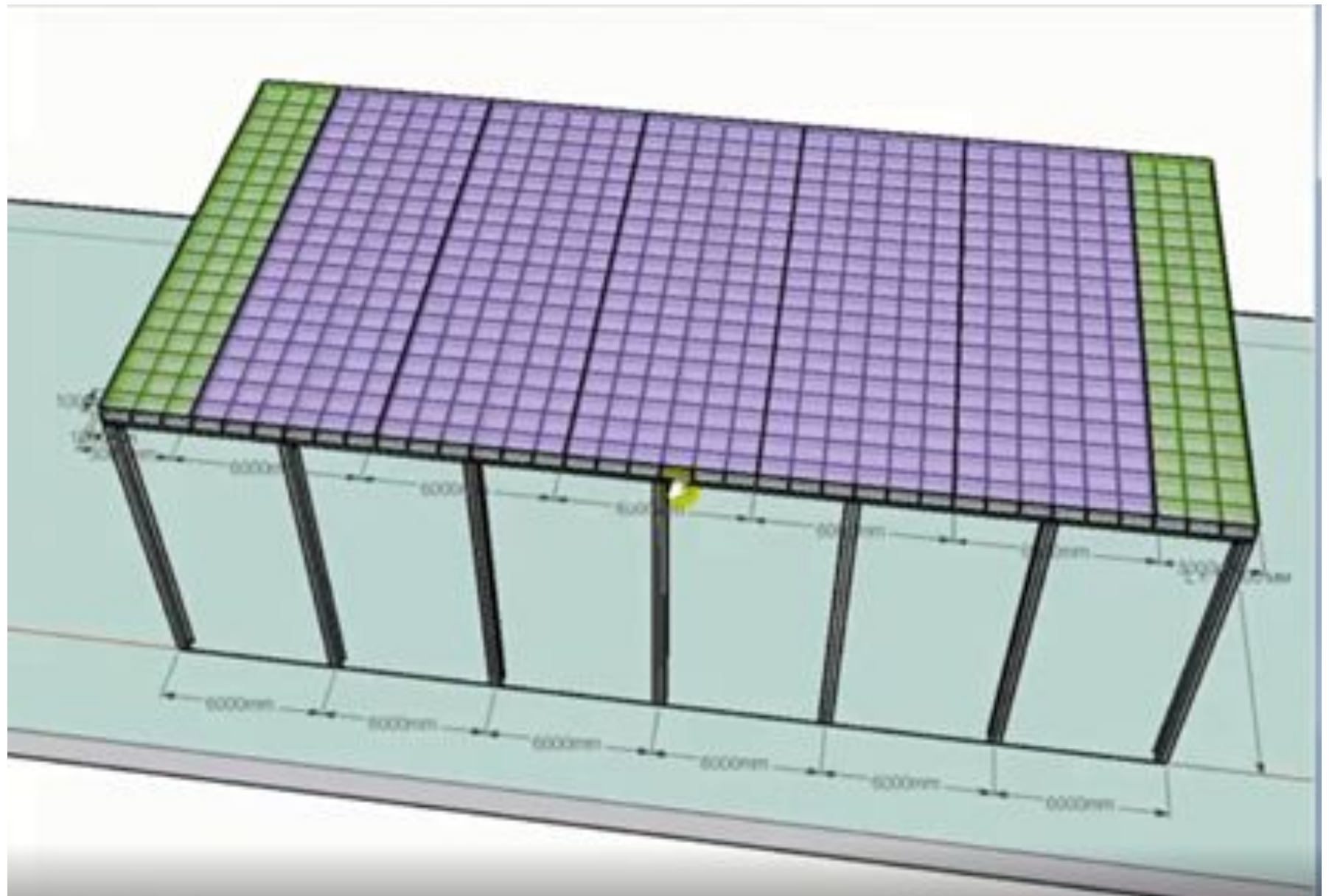
Если равномерно распределена нагрузка 180 кгс/м^2 , то каждый м^2 весит 180

180 кгс

180 кгс

180 кгс





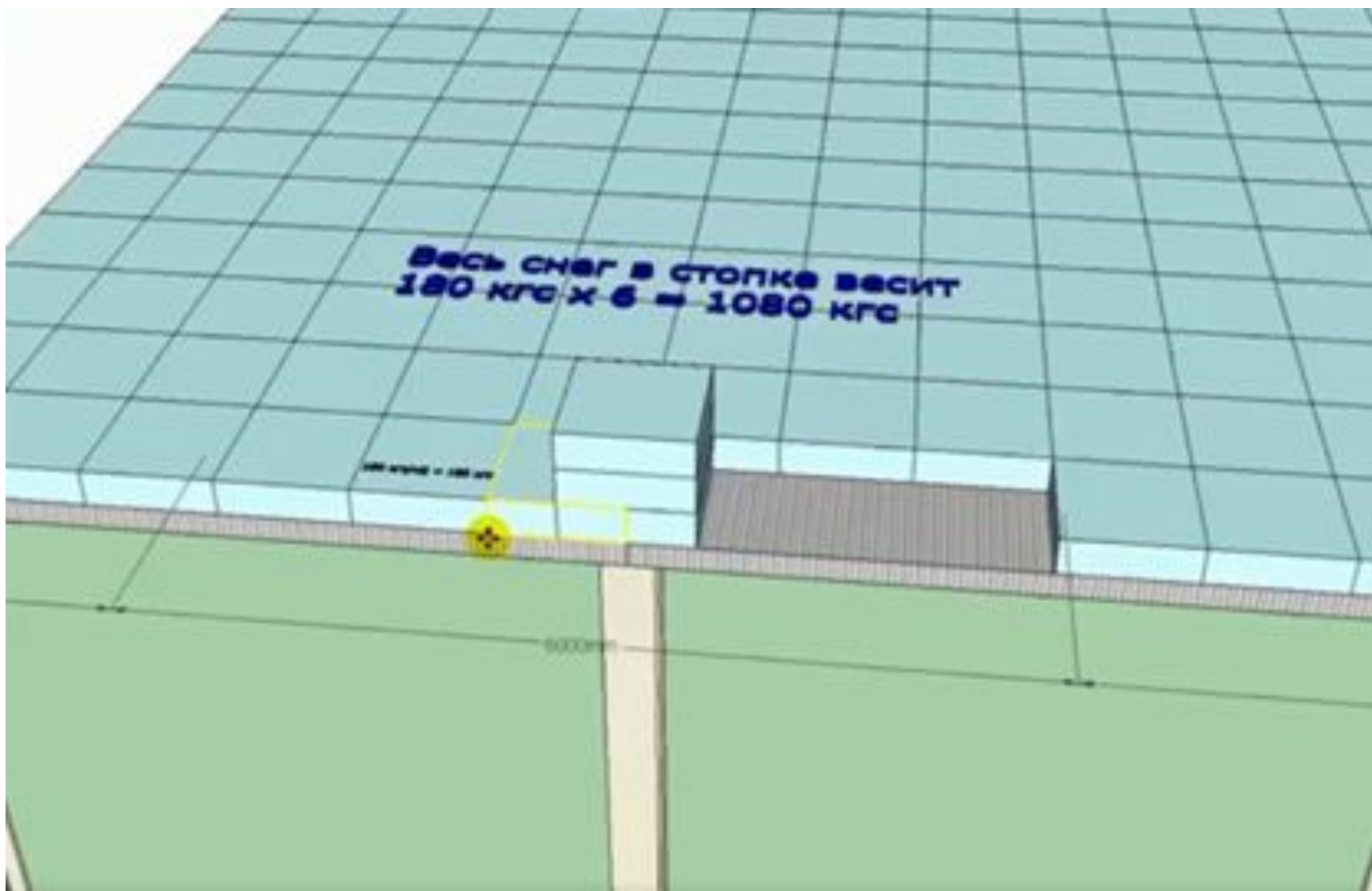
**Весь снег в стопке весит
180 кг/м² × 6 = 1080 кг/м²**



6000 мм

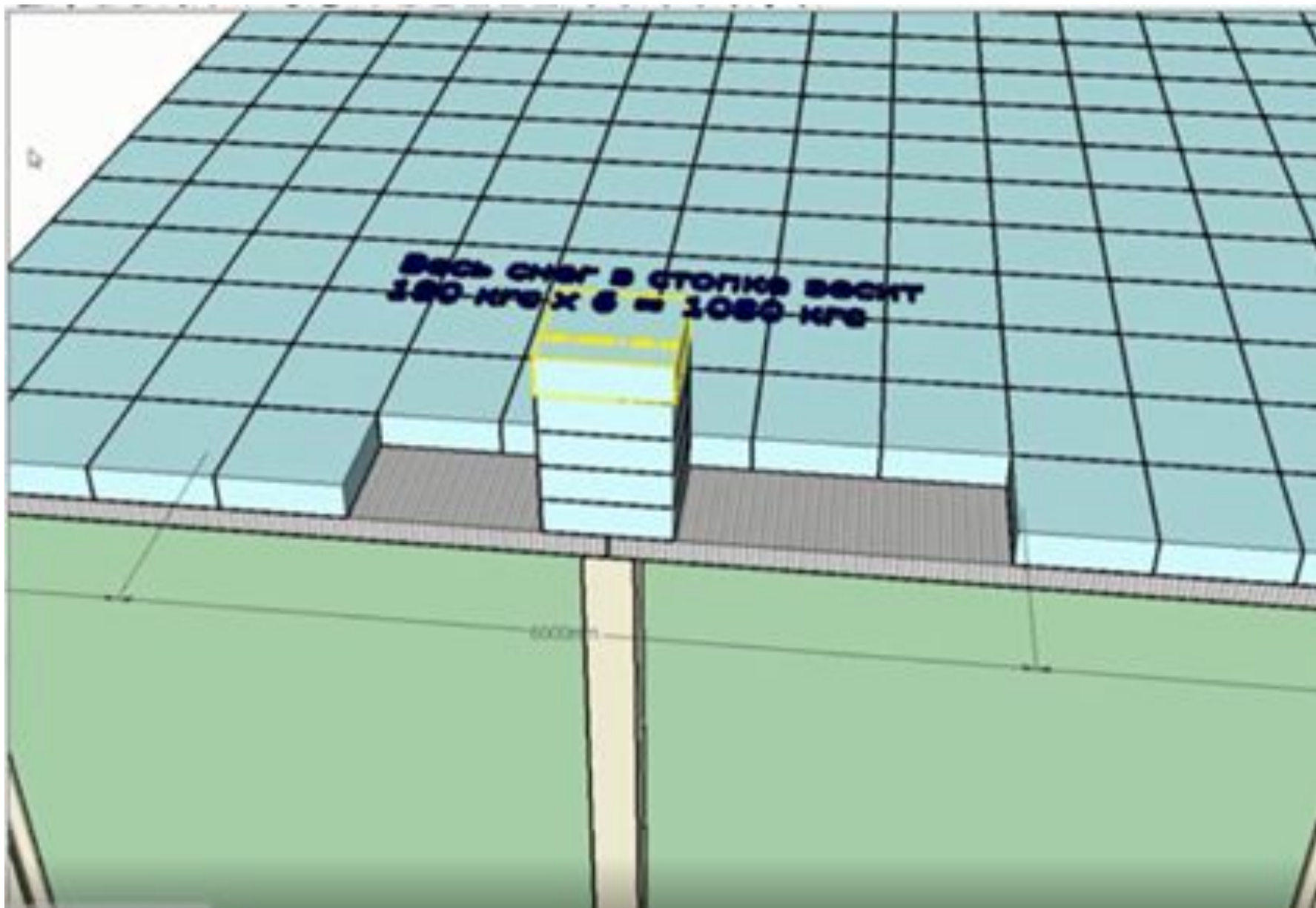
**Весь снег в стопке весит
180 кгс x 6 = 1080 кгс**

180 кгс x 6 = 1080 кгс

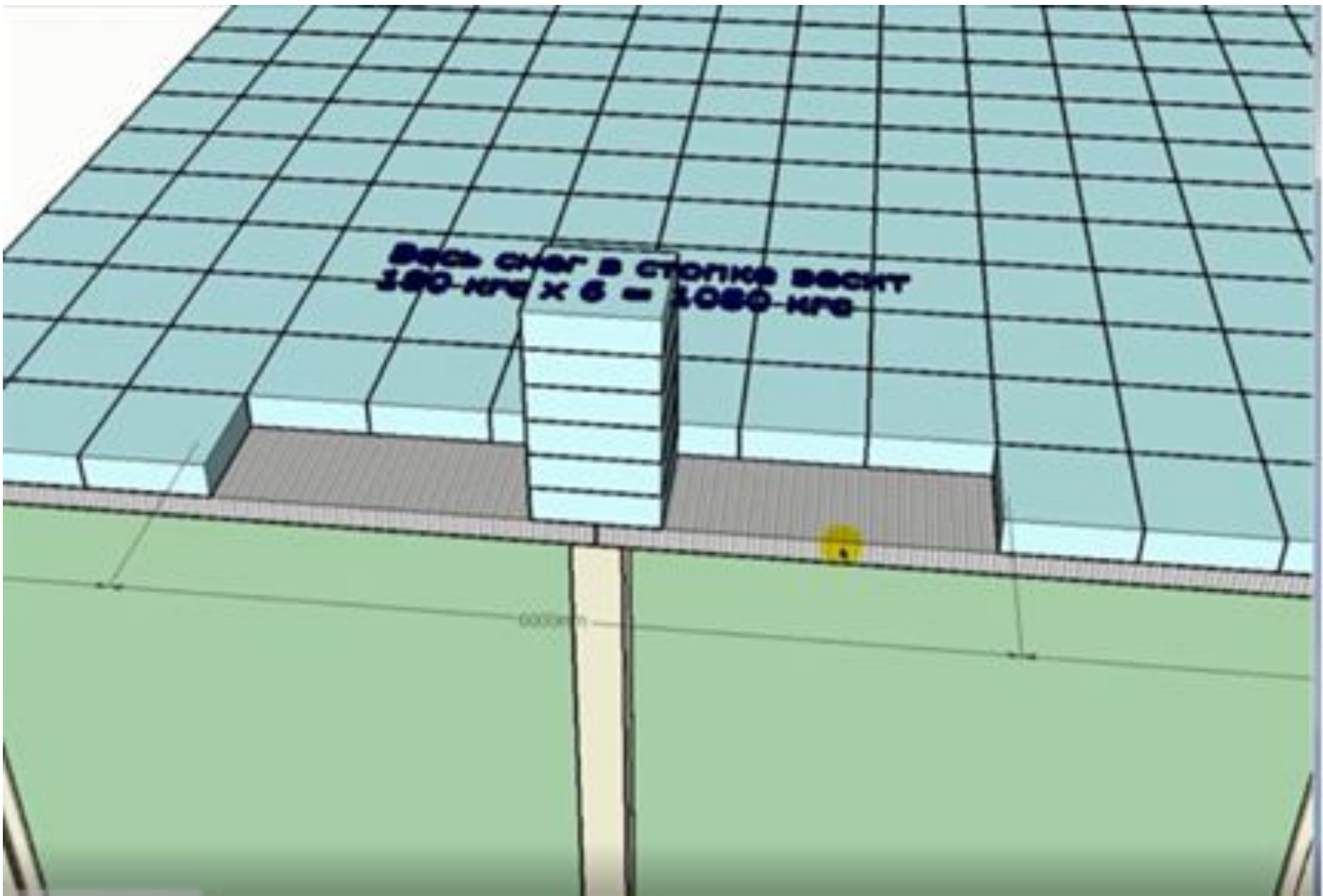


Весь снег в стопке весит
 $100 \text{ кг} \times 6 = 1080 \text{ кг}$

6000



Всего снега в стопке весит
 $180 \text{ кг} \times 6 = 1080 \text{ кг}$

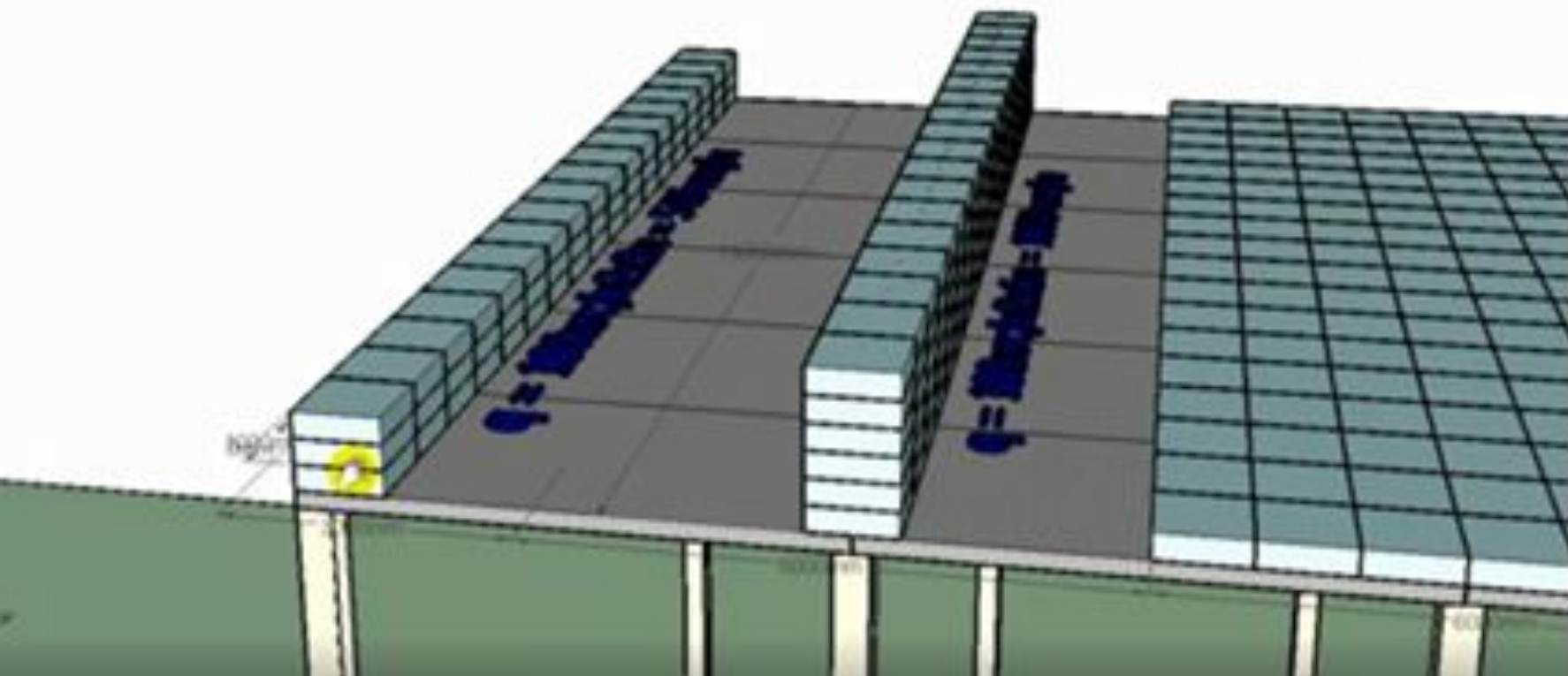


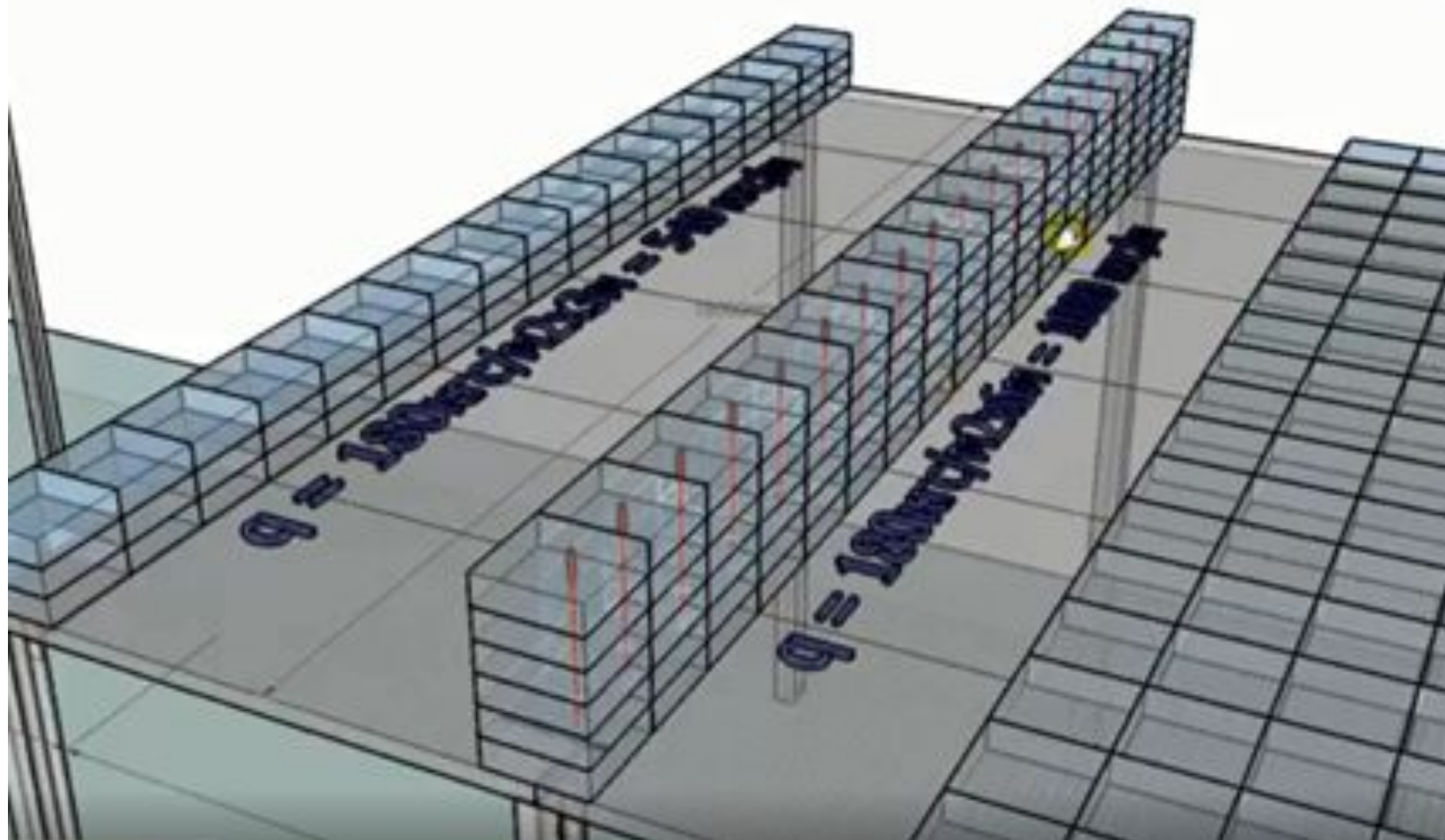
Весь снег в столбе весит
 $180 \text{ кгс} \times 6 = 1080 \text{ кгс}$

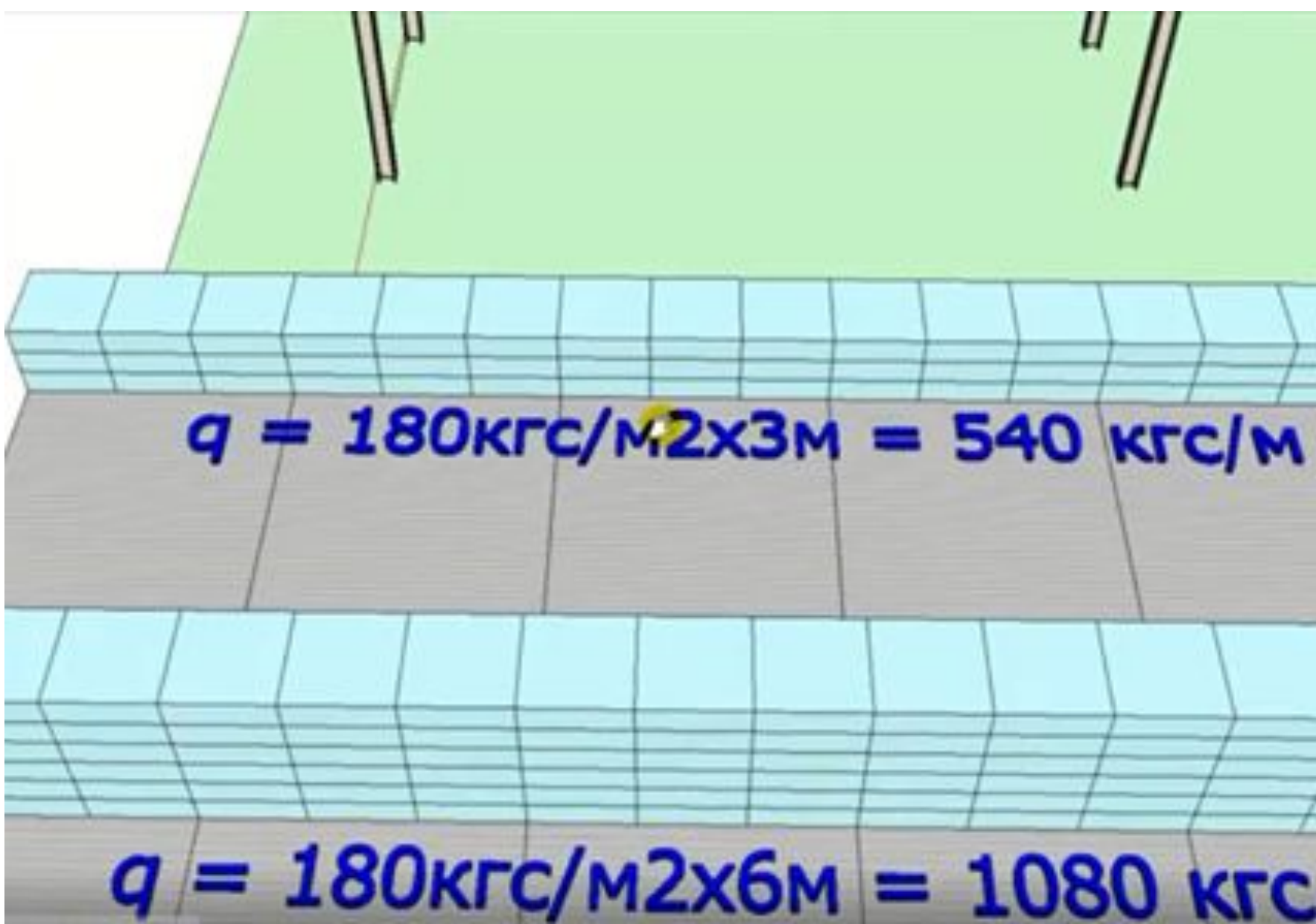
6000mm

$q = 100 \text{ kN/m}^2 = 10000 \text{ kPa}$









The diagram shows a perspective view of a roof structure. A central horizontal band is shaded in light blue and contains two equations. Above and below this band are rows of light blue rectangular tiles. The background is a light green color with two vertical lines representing structural beams or supports.

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

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

