

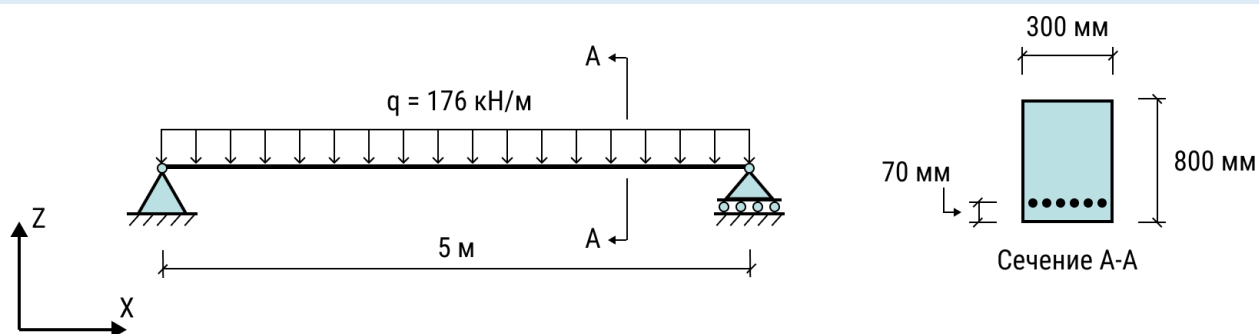
ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ИЗГИБАЕМОЙ БАЛКИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ С РАСТЯНУТОЙ АРМАТУРОЙ

ОПИСАНИЕ ПРИМЕРА

Рассматривается железобетонная балка с сечением шириной $b = 300$ мм и высотой $h = 800$ мм. Используется тяжёлый бетон класса В25 и арматура класса А400. Площадь сечения арматуры $A_s = 2\,945$ мм² (6 \varnothing 25). Защитный слой арматуры $a = 70$ мм.

Изгибающий момент в сечении балки с учётом кратковременных нагрузок $M = 550$ кН·м. Определяется коэффициент использования балки по прочности на изгиб.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ



Свойства сечения

$h = 800$ мм	– высота сечения
$b = 300$ мм	– ширина сечения
$a = 70$ мм	– защитный слой до центра тяжести арматуры
$A_s = 2\,945$ мм ²	– площадь сечения растянутой продольной арматуры

Свойства материалов

Бетон В25	
$E_b = 30\,000\,000$ кН/м ²	– модуль упругости
$R_{bn} = 18\,500$ кН/м ²	– нормативное сопротивление сжатию
Арматура А400 – продольная	
$E_s = 200\,000\,000$ кН/м ²	– модуль упругости
$R_{sn} = 400\,000$ кН/м ²	– нормативное сопротивление

Коэффициенты

$\gamma_b = 1.3$	– коэффициент надёжности по бетону при сжатии
$\gamma_{b1} = 1.0$	– коэффициенты условий работы бетона
$\gamma_{b2} = 1.0$	
$\gamma_{b3} = 1.0$	
$\gamma_{b4} = 1.0$	
$\gamma_{b5} = 1.0$	
$\gamma_s = 1.15$	– коэффициент надёжности по арматуре

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

Расчёт производится с использованием формул раздела 8 [1].

Определяем расчётные характеристики бетона и арматуры.

Согласно формуле 6.1 и положениям п. 6.1.12 [1] определяем расчётное сопротивление бетона осевому сжатию:

$$R_b = \frac{R_{bn}}{\gamma_b} \cdot \gamma_{b1} \cdot \gamma_{b2} \cdot \gamma_{b3} \cdot \gamma_{b4} \cdot \gamma_{b5} = \frac{18\,500}{1.3} \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 14\,231 \text{ кПа.}$$

Согласно формуле 6.10 и положениям п. 6.2.8 [1] определяем расчётное сопротивление продольной арматуры класса А400 на растяжение:

$$R_s = \frac{R_{sn}}{\gamma_s} = \frac{400\,000}{1.15} = 347\,826 \text{ кПа.}$$

Максимальное усилие в элементе $M = 550 \text{ кН} \cdot \text{м}$. Находим коэффициент использования балки по прочности на изгиб.

Вычисляем граничную относительную высоту сжатой зоны бетона согласно формуле 8.1 [1]:

$$\xi_R = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b2}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{1.74 \cdot 10^{-3}}{3.5 \cdot 10^{-3}}} = 0.534,$$

где

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{347\,826}{200\,000\,000} = 1.74 \cdot 10^{-3} \text{ – относительная деформация растянутой арматуры при напряжениях, равных } R_s, \text{ определяемая по формуле 8.2 [1];}$$

$$\varepsilon_{b2} = 3.5 \cdot 10^{-3} \text{ – относительная деформация сжатого бетона при напряжениях, равных } R_b, \text{ принимаемая в соответствии с п. 6.1.20 [1] при непродолжительном действии нагрузки.}$$

Предположим, что $\xi < \xi_R$, тогда по формуле 8.5 [1] высота сжатой зоны бетона находится как:

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b} = \frac{347\,826 \cdot 0.002945}{14\,231 \cdot 0.3} = 0.240 \text{ м,}$$

тогда

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{0.240}{0.73} = 0.329,$$

где

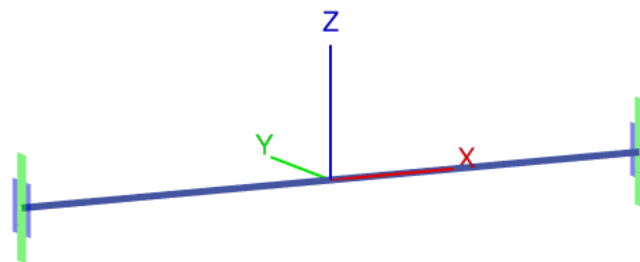
$$h_0 = h - a = 0.8 - 0.07 = 0.73 \text{ м – рабочая высота сечения.}$$

Так как $\xi < \xi_R$, то предположение верно, и сжатая зона бетона $x = 0.240$ м.

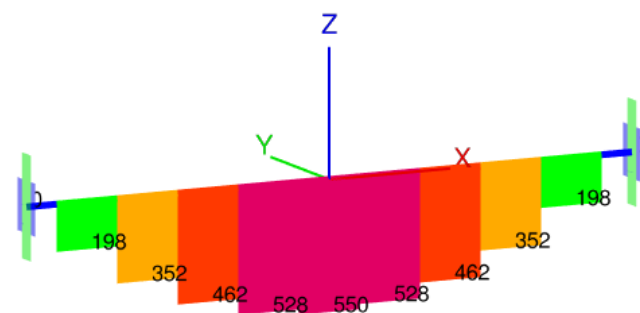
Коэффициент использования балки по прочности находим по формуле 8.4 [1]:

$$K_{\text{исп}} = \frac{M}{R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0.5 \cdot x)} = \frac{550}{14\,231 \cdot 0.3 \cdot 0.240 \cdot (0.73 - 0.5 \cdot 0.240)} = 0.880.$$

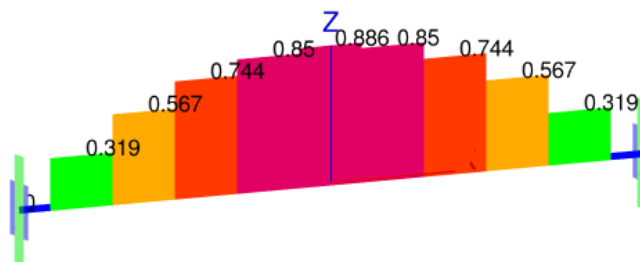
РАСЧЁТ В ПЛАГИНЕ



Общий вид модели



Изгибающие моменты, кН·м



Коэффициенты использования балки по прочности на изгиб

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Параметр для сравнения	SV Plugins	Аналитический расчёт	Отн. погрешность, %
Максимальный коэффициент использования балки по прочности на изгиб	0.886	0.880	0.7

ССЫЛКИ

1. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения (с Изменением N 1). Москва, 2019.